

Mathcad

Benutzerhandbuch mit Referenzteil

Mathcad 2001 Professional

Mathcad

Benutzerhandbuch mit Referenzteil

Mathcad 2001 Professional

MathSoft, Inc.
101 Main Street
Cambridge
Massachusetts 02142
USA
<http://www.mathsoft.com/>

MathSoft International
Knightway House
Park Street
Bagshot, Surrey
GU1 9 5AQ
Großbritannien

MathSoft
 $\Sigma + \sqrt{\quad} - = \times \int \div \delta$

Alle Rechte an der Software Mathcad und an der Dokumentation sind MathSoft, Inc. vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

U.S. Patent Numbers 5.526,475 und 5,468,538

Beachten Sie auch die Lizenzbestimmungen und die Hinweise zur beschränkten Haftung.

MKM entwickelt von Waterloo Maple Software.

VolvoView Express technology, Copyright © 2000 Autodesk, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Mathcad Collaboratory wird unterstützt von O'Reilly WebBoard, Copyright © 1995-2000 Duke Engineering/O'Reilly & Associates, Inc.

Copyright © 1986-2001 Mathsoft, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

MathSoft, Inc.
101 Main Street
Cambridge, MA 02142
USA

Mathcad, *Axum* und *S-PLUS* sind eingetragene Warenzeichen von MathSoft, Inc. *Electronic Book*, *QuickSheets*, *MathConnex*, *ConnexScript*, *Collaboratory*, *IntelliMath*, *LiveSymbolics* und das MathSoft-Logo sind Warenzeichen von MathSoft, Inc.

Microsoft, *Windows*, *IntelliMouse* und das Windows-Logo sind eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corp. *Windows NT* ist ein Warenzeichen der Microsoft Corp.

OpenGL ist ein eingetragenes Warenzeichen von Silicon Graphics, Inc.

MATLAB ist ein eingetragenes Warenzeichen von The Math Works, Inc.

SmartSketch ist ein eingetragenes Warenzeichen von Intergraph Corporation.

IBM techexplorer Hypermedia Browser ist ein eingetragenes Warenzeichen von IBM.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Printed in Germany

© Copyright 2001 by MITP-Verlag GmbH, Bonn

Ein Unternehmen der verlag moderne industrie AG & Co. KG, Landsberg

Druck: Media-Print, Paderborn

Umschlagsentwurf: Mathsoft

Übersetzung: Jobst Giesecke

Satz: reemers publishing services gmbh, Krefeld

Warnung: MATHSOFT, INC. IST NUR BEREIT, IHNEN EINE LIZENZ FÜR DIE VERWENDUNG DER BEILIEGENDEN SOFTWARE ZU GEWÄHREN, WENN SIE SÄMTLICHE IN DIESER LIZENZVEREINBARUNG ENTHALTENEN BEDINGUNGEN ANERKENNEN: LESEN SIE SICH DIESE LIZENZBEDINGUNGEN VOR DEM ÖFFNEN DER CD-ROM-PACKUNG ODER EINES ANDEREN MEDIUMS SORGFÄLTIG DURCH, DA SIE MIT DEM ÖFFNEN DES PAKETS ERKLÄREN, DASS SIE DIE LIZENZBEDINGUNGEN ANERKENNEN. SOLLTEN SIE SICH NICHT MIT DIESEN BEDINGUNGEN EINVERSTANDEN ERKLÄREN, IST MATHSOFT NICHT BEREIT, IHNEN EINE LIZENZ FÜR DIE SOFTWARE ZU GEWÄHREN. IN DIESEM FALL SOLLTEN SIE DAS VOLLSTÄNDIGE PAKET ZUSAMMEN MIT ALLEN MATERIALIEN SOWIE DEM UNGEÖFFNETEN PAKET MIT DER CD-ROM ODER EINEM ANDEREM MEDIUM ZURÜCKGEBEN. SIE ERHALTEN DEN KAUFPREIS DANN ZURÜCKERSTATTET.

LIZENZVEREINBARUNG MIT MATHSOFT, INC.

Software und Dokumentation unterliegen den gültigen Urheberrechtsbestimmungen, Bestimmungen internationaler Verträge und Handelsgeheimnisgesetzen verschiedener Staaten. Diese Vereinbarung gewährt Ihnen eine begrenzte, nichtexklusive, nichtübertragbare Lizenz zur Verwendung der Software und Dokumentation. Dies ist keine Vereinbarung über den Verkauf der Software oder Dokumentation oder einer Kopie der Software oder Dokumentation, und Sie haben weder Rechte noch Eigentum an der Software oder an der Dokumentation oder Kopien oder Teilen davon erworben. Ihr Recht, die Software und die Dokumentation zu benutzen, ist durch die hier beschriebenen Bestimmungen begrenzt.

Die Software und die Dokumentation dürfen ausschließlich für persönliche oder interne Zwecke und für unentgeltliche Demonstrationen (nicht aber für die Lieferung oder den Verkauf) in Zusammenhang mit persönlichen oder internen Zwecken verwendet werden. Dabei gilt Folgendes:

- a) Wenn Sie eine Einzellizenz haben, darf die Software immer nur auf einem Computer bzw. von einem Benutzer verwendet werden.
- b) Wenn Sie Mehrfachlizenzen erworben haben, darf die Software entweder auf Einzelcomputern oder in Computer-Netzwerken von gleichzeitig so vielen oder weniger Benutzern benutzt werden, wie Sie Lizenzen erworben haben.
- c) Die Vertraulichkeit der Software und Dokumentation muss jederzeit gewahrt bleiben.

Kopien der Software dürfen nur für Archivierungszwecke verwendet werden und auch nur dann, wenn Sie jede Sicherungskopie mit einem entsprechenden Urheberrechtsvermerk versehen.

MathSoft, Inc. behält sich alle nicht ausdrücklich in dieser Lizenzvereinbarung Ihnen gegenüber gewährten Rechte vor. Die in dieser Vereinbarung gewährte Lizenz ist ausschließlich auf die oben genannten Verwendungszwecke beschränkt. Ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit des zuvor Gesagten haben Sie KEINE Lizenz, die Software oder die Dokumentation in Zusammenhang mit dem Verkauf, Wiederverkauf, der Lizenzierung oder einer anderen auf Gewinn ausgerichteten persönlichen oder kommerziellen Reproduktion oder dem kommerziellen Vertrieb von Computer-Programmen oder anderen Materialien zu verwenden oder zu kopieren, ohne dass dies zuvor schriftlich von MathSoft, Inc. genehmigt worden ist. Insbesondere dürfen die DLL-Schnittstellenspezifikationen, das HBK-Dateiformat und andere vertrauliche Informationen und urheberrechtlich geschützte Materialien nicht ohne das vorherige schriftliche Einverständnis von MathSoft, Inc. für die Erstellung von Computer-Programmen oder anderen Materialien für den Verkauf, Wiederver-

kauf, die Lizenzierung oder für eine entgeltliche persönliche oder kommerzielle Reproduktion oder den kommerziellen Vertrieb angewendet werden.

Sie müssen über einen angemessenen Mechanismus bzw. über die entsprechenden Verfahren verfügen, mit denen sichergestellt werden kann, dass die Anzahl der Benutzer niemals die Anzahl der von Ihnen bezahlten Lizenzen übersteigt und dass alle Personen, die laut dieser Vereinbarung keine Befugnis zur Nutzung der Software haben, auf diese auch nicht zugreifen können. Sämtliche Kopien, die Sie von der Software anfertigen, ob vollständig oder teilweise, sind Eigentum von MathSoft, Inc. Sie erklären sich einverstanden, alle von Ihnen angefertigten Kopien der Software mit den entsprechenden Verweisen auf MathSofts Urheberrecht, die Warenzeichen und andere geschützte Rechte zu versehen.

Ihre Lizenz zur Verwendung der Software und Dokumentation endet automatisch, wenn Sie sich nicht an die Bestimmungen dieser Vereinbarung halten. Sie erklären sich einverstanden, bei Beendigung der Lizenz alle in Ihrem Besitz befindlichen Kopien oder Exemplare der Software und Dokumentation zu zerstören.

BESCHRÄNKTE HAFTUNG VON MATHSOFT, INC.

MathSoft, Inc. garantiert gegenüber dem ursprünglichen Lizenznehmer für einen Zeitraum von neunzig (90) Tagen ab Kaufdatum, dass die Medien, auf denen die Software aufgezeichnet ist, bei normaler Nutzung keinerlei Material- oder Verarbeitungsfehler aufweisen. Das Kaufdatum muss durch eine Kopie Ihrer Quittung belegt werden. Die Haftung der MathSoft, Inc. gemäß dieser beschränkten Haftung beschränkt sich auf den Ersatz der defekten Medien. Wenn das Nichtfunktionieren des Mediums auf Unfall, Missbrauch oder falsche Anwendung zurückzuführen ist, ist MathSoft, Inc. gemäß dieser beschränkten Haftung nicht verpflichtet, das Medium zu ersetzen.

DIE BESCHRÄNKTE HAFTUNG SOWIE DAS RECHT AUF ERSATZ TRITTS AN DIE STELLE ALLER ANDEREN AUSDRÜCKLICHEN UND IMPLIZIERTEN GARANTIEANSPRÜCHE IN BEZUG AUF DIE SOFTWARE, DIE DOKUMENTATION, DATENTRÄGER UND DIESE LIZENZ, D. H., SIE VERZICHTEN HIERMIT AUF ALLE ANSPRÜCHE, U. A. BEZÜGLICH DER VERKÄUFLICHKEIT UND DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. UNTER KEINEN UMSTÄNDEN IST MATHSOFT, INC. FÜR NEBENSÄCHLICHE SCHÄDEN UND FOLGESCHÄDEN HAFTBAR, HIERZU GEHÖREN U. A. DIE FOLGENDEN SCHÄDEN: AUSFALLZEITEN, EINKOMMENSVERLUSTE, DATENVERLUSTE ODER DATENVERFÄLSCHUNGEN SOWIE VERLUSTE VON DRITTEN, SELBST DANN, WENN MATHSOFT, INC. ÜBER DIE MÖGLICHKEIT SOLCHER VERLUSTE UNTERRICHTET WORDEN IST. **Diese Garantie gibt Ihnen bestimmte Rechte, die sich von Staat zu Staat unterscheiden können. Da diese Art der beschränkten Haftung bzw. Ausschließung der Haftung für Folgeschäden in einigen Staaten nicht zulässig ist, haben die obigen Einschränkungen möglicherweise keine Geltung für Sie.**

Die Lizenzvereinbarung unterliegt den Gesetzen des Commonwealth of Massachusetts und soll MathSoft, Inc., seinen Nachfolgern, Vertretern und Rechtsnachfolgern zugute kommen. Die mit dieser Vereinbarung gewährte Lizenz darf ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von MathSoft, Inc. weder übertragen, unterlizenzieren noch anderweitig weitergeben werden. Wenn eine der Bestimmungen dieser Vereinbarung ungültig, unrechtmäßig oder nicht durchsetzbar ist, werden dadurch die Gültigkeit, Gesetzmäßigkeit und Durchsetzbarkeit der übrigen Bestimmungen in keiner Weise berührt oder beeinträchtigt.

Inhaltsverzeichnis

I Benutzerhandbuch **13**

Wie Sie diesen User Guide nutzen	13
Notationen und Konventionen	14

Teil 1 Grundlagen **17**

1: Willkommen bei Mathcad	19
Was ist Mathcad?	19
Neuerungen in der Mathcad-Version 2001	20
Systemanforderungen	22
Installation	22
MathSoft-Kontaktadressen	22
2: Die ersten Schritte	25
Der Arbeitsbereich von Mathcad	25
Bereiche	29
Eine einfache Berechnung	31
Definitionen und Variablen	32
Texteingabe	34
Iterative Berechnungen	35
Diagramme	38
Speichern, Drucken und Beenden	40
3: Online-Ressourcen	43
Informationszentrum und elektronische Bücher	43
Hilfe	49
Internet-Zugriff in Mathcad	51
Die WWW-Foren	52
Weitere Hilfsquellen	56

Teil 2 Mathcad-Arbeitsblätter	57
4: Mathematische Ausdrücke	59
Mathematische Ausdrücke einfügen	59
Ausdrücke	67
Ausdrücke bearbeiten	71
Mathematische Formate	80
5: Text	85
Text einfügen	85
Text- und Absatzzeigenschaften	89
Textformate	92
Gleichungen im Text	95
Textwerkzeuge	97
6: Grafiken und andere Objekte	101
Überblick	101
Bilder einfügen	102
Objekte einfügen	107
7: Verwaltung von Arbeitsblättern	113
Arbeitsblätter und Vorlagen	113
Neuanordnung des Arbeitsblatts	119
Layout	124
Gesicherte Bereiche auf einem Arbeitsblatt	126
Verweise auf Arbeitsblättern	129
Hyperlinks	131
Erstellen eines elektronischen Buchs	134
Drucken und Mail	134
Teil 3 Programmierung	139
8: Berechnungen	141
Definition und Auswertung von Variablen	141
Definition und Auswertung von Funktionen	149
Einheiten und Dimensionen	152
Ergebnisse	156
Berechnungen steuern	164
Animation	167
Fehlermeldungen	170
9: Operatoren	173
Die Arbeit mit Operatoren	173
Arithmetische und Boole'sche Operatoren	176

Vektor- und Matrix-Operatoren	179
Summationen und Produkte	182
Ableitungen	185
Integrale	188
Benutzerdefinierte Operatoren	193
10: Vordefinierte Funktionen	197
Vordefinierte Funktionen einfügen	197
Wichtige mathematische Funktionen	199
Diskrete Transformationen	205
Vektor- und Matrixfunktionen	207
Funktionen zur Lösung und Optimierung	213
Funktionen für Statistik, Wahrscheinlichkeit und Datenanalyse	220
Finanzfunktionen	231
Funktionen zur Lösung von Differentialgleichungen	235
Verschiedene Funktionen	247
11: Vektoren, Matrizen und Datenfelder	253
Felder anlegen	253
Zugriff auf Feldelemente	259
Felder anzeigen	262
Die Arbeit mit Feldern	265
Verschachtelte Felder	269
12: 2D-Diagramme	271
2D-Diagramme – Überblick	271
Grafische Funktionen und Ausdrücke	273
Diagramme aus Datenvektoren	278
Formatieren von 2D-Diagrammen	282
Änderung der 2D-Diagrammperspektive	286
13: 3D-Diagramme	289
3D-Diagramme – Überblick	289
Erzeugen von 3D-Diagrammen von Funktionen	290
Erzeugen von 3D-Diagrammen aus Daten	294
Formatierung von 3D-Diagrammen	301
Drehen und Zoomen von 3D-Diagrammen	313
14: Symbolische Berechnungen	315
Symbolische Algebra – Überblick	315
Symbolische Auswertung – »live«	316
Das Symbolik-Menü	325
Beispiele für die symbolische Berechnung	327
Symbolische Optimierung	337

15: Programmierung	339
Definition eines Programms	339
Bedingte Anweisungen	342
Schleifen	344
Steuerung des Programmflusses	346
Fehlerbehandlung	349
Programme in Programmen	351
16: Komplexere Berechnungen	355
Daten mit anderen Applikationen austauschen	355
ODBC-Komponente	362
Skripting für benutzerdefinierte	
OLE-Automatisierungsobjekte	367
Verwendung von Scriptable Object-Komponenten	367
Komponenten anpassen und neu verteilen	369
Datenerfassungskomponente (DAK)	372
Zugriff auf Mathcad aus einer anderen Applikation	373
Mathcad-Add-Ins	374

II Referenzteil **375**

17: Funktionen	377
Funktionskategorien	377
Auffinden weiterer Informationen	378
Anmerkung zum Literaturverzeichnis	379
Funktionen	379
18: Operatoren	539
Zugriff auf Operatoren	539
Auffinden weiterer Informationen	540
Anmerkung zum Literaturverzeichnis	540
Arithmetische Operatoren	541
Matrix-Operatoren	546
Rechenoperatoren	550
Auswertungs-Operatoren	558
Boole'sche Operatoren	564
Programmierungsoperatoren	566
19: Symbolische Schlüsselwörter	571
Zugriff auf symbolische Schlüsselwörter	571
Auffinden weiterer Informationen	572
Schlüsselwörter	573

Anhang	585
Sonderfunktionen	586
Funktionsdefinitionen	586
Anmerkungen	588
SI-Einheiten	589
CGS-Einheiten	591
US-spezifische Einheiten	593
MKS-Einheiten	595
Vordefinierte Variablen	597
Suffixe für Zahlen	598
Griechische Buchstaben	599
Pfeil- und Bewegungstasten	600
Funktionstasten	602
ASCII-Codes	603
Literaturverzeichnis	606
Index	607



Wie Sie diesen User Guide nutzen

Dieser *User Guide* ist in die folgenden Abschnitte unterteilt:

Grundlagen

Diese Einführung stellt die Funktionen und die Umgebung von Mathcad vor. Unter anderem erfahren Sie dabei, welche Ressourcen im Produkt bereitstehen und wie Sie mit Hilfe des Internets noch mehr aus Mathcad machen. Wenn Sie Mathcad-Einsteiger sind, sollten Sie diesen Abschnitt unbedingt lesen.

Mathcad-Arbeitsblätter erstellen

Dieser Abschnitt beschreibt detailliert, wie Sie Mathcad-Arbeitsblätter erstellen und bearbeiten. Hier lernen Sie, Gleichungen, Text und Grafiken zu bearbeiten und zu formatieren. Außerdem erfahren Sie, wie man Mathcad-Arbeitsblätter und Vorlagen öffnet, bearbeitet, speichert und druckt.

Berechnungen

Dieser Abschnitt beschreibt, wie von Mathcad Gleichungen interpretiert werden. Außerdem werden hier die rechentechnischen Funktionen von Mathcad erklärt: Maßeinheiten, komplexe Zahlen, Matrizen, eingebaute Funktionen, Gleichungssysteme, Programmierung usw. Außerdem erfahren Sie hier, wie symbolische Berechnungen ausgeführt werden und wie Mathcad zwei- und dreidimensionale Diagrammdarstellungen unterstützt.

Der *User Guide* endet mit einem Referenzteil und einem umfassenden Index.

So weit wie möglich werden die Themen in diesem Buch unabhängig voneinander beschrieben. Wenn Sie also mit der grundlegenden Arbeitsweise des Programms vertraut sind, können Sie die verschiedenen Kapitel in beliebiger Reihenfolge lesen.

Wenn Sie versuchen, Beispiele aus diesem User Guide nachzuvollziehen, beachten Sie, dass das zum Teil sehr kompliziert sein kann, weil diese Beispiele auch Gleichungen enthalten können, die hier nicht gezeigt werden, weil nicht immer die Standards für Ausgabeformate und numerische Formate verwendet wurden, weil dabei Zufallszahlen verwendet werden können, oder weil Ihnen die dafür verwendeten Datendateien nicht zur Verfügung stehen. Darüber hinaus kann das Mathcad-Fenster abhängig von der Konfiguration in den Symbolleisten Standard, Rechnen und Format anders aussehen als hier gezeigt.

Online-Ressourcen

Im Informationszentrum von Mathcad (wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM) finden Sie Anleitungen, Beispiele und Anwendungsdateien, die Sie direkt für Ihre eigenen Mathcad-Arbeitsblätter verwenden können. Bei den Quick-Sheets des Informationszentrums von Mathcad handelt es sich um Vorlagen mit praktischen Beispielen, die Sie eigenen Zwecken anpassen können.

Die Autoren-Info (wählen Sie im HILFE-Menü von Mathcad die Option AUTOREN-INFO) enthält Informationen zum Erstellen elektronischer Bücher mit Mathcad. Ein elektronisches Buch besteht aus einer Reihe von Mathcad-Arbeitsblättern, die über Hyperlinks miteinander verknüpft sind und durchsucht werden können sowie über ein eigenes Inhaltsverzeichnis und einen eigenen Index verfügen.

Die Entwickler-Info (wählen Sie im HILFE-Menü die Option ENTWICKLER-INFO) bietet Informationen zur Entwicklung eigener Mathcad-Komponenten oder spezieller OLE-Objekte für Mathcad-Arbeitsblätter, über die auf Funktionen anderer Anwendungen und auf Daten aus entfernten Quellen zugegriffen werden kann.

Außerdem wird das Objektmodell von Mathcad beschrieben, über welches Sie von anderen Anwendungen oder OLE-Containern auf die Funktionen von Mathcad zugreifen können (weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt »Online-Ressourcen«).

Notationen und Konventionen

In diesem User Guide werden die folgenden Notationen und Konventionen verwendet:












Variablenamen, Funktionsnamen und Fehlermeldungen werden *kursiv* dargestellt.






Courier Fett kennzeichnet Eingaben, die Sie vornehmen sollen.


■ Gliederungspunkte kennzeichnen die Schritte, nach denen Sie vorgehen sollen.

Mit KAPITÄLCHEN werden Menübefehle dargestellt. Außerdem werden Vektoren- und Matrizenvariablen im **Fettdruck** ausgezeichnet.

Ein Pfeil, wie beispielsweise in DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, bezeichnet einen Menübefehl mit weiteren Unterbefehlen.

Funktionstasten und andere spezielle Tasten sind in eckige Klammern eingeschlossen. Beispielsweise stellen , ,  und  die Pfeiltasten auf der Tastatur dar. ,  usw. sind die Funktionstasten.  ist die Backspace-Taste, mit der links vom Cursor stehende Zeichen gelöscht werden;  ist die Entfernen-Taste, mit der rechts vom Cursor stehende Zeichen gelöscht werden;  ist die Einfügen-Taste, mit der Zeichen links vom Cursor eingefügt werden;  ist die Tabulator-Taste, und  ist die Leertaste.

,  und  sind die Strg-, Shift- und Alt-Tasten. Wenn zwei Tasten nebeneinander angezeigt werden, beispielsweise +, halten Sie die erste Taste gedrückt und drücken dann die zweite.

Das Symbol  und Eingabetaste bezeichnen dieselbe Taste.

Darüber hinaus werden im User Guide in allen Situationen, wo dies möglich ist, die folgenden Schreibweisen verwendet:

- x und y stehen für reale Zahlen.
- z und w stehen entweder für reale oder komplexe Zahlen.
- m, n, i, j und k stehen für ganze Zahlen.
- S und alle Bezeichnungen, die mit S beginnen, kennzeichnen eine Zeichenfolge.
- \mathbf{u}, \mathbf{v} und alle Bezeichnungen, die mit \mathbf{v} beginnen, stehen für Vektoren.
- \mathbf{A} und \mathbf{B} stehen für Matrizen oder Vektoren.
- \mathbf{M} und \mathbf{N} stehen für quadratische Matrizen.
- f steht für eine Skalarfunktion.
- \mathbf{F} steht für eine Vektorfunktion.
- *Datei* ist eine Zeichenfolgenvariable, die einen Dateinamen oder Pfad angibt.
- X und Y stehen für Variablen oder Ausdrücke beliebigen Typs.

Werden in einer Gleichung Leerzeichen angezeigt, brauchen Sie diese nicht einzugeben. Mathcad fügt automatisch die korrekten Leerzeichen in eine Gleichung ein.

Dieser User Guide beschreibt außerdem einige Produktfunktionen, die es nur in bestimmten Add-On-Paketen für Mathcad gibt. Beispielsweise bietet der Expert Solver von MathSoft, Inc. einige ganz besondere Funktionen zur numerischen Gleichungslösung an.

Teil 1

Grundlagen

Kapitel 1

Willkommen bei Mathcad

Was ist Mathcad?

Neu in Mathcad 2001

Systemanforderungen

Installation

Kontaktaufnahme mit MathSoft

Was ist Mathcad?

Mathcad ist eine Software, die Technikern, Lehrern und Studenten die Ausführung von Berechnungen ermöglichen soll. Sie folgt dem Industriestandard. Mathcad ist so flexibel und leistungsfähig wie eine Programmiersprache, jedoch nicht so schwer zu erlernen wie ein Tabellenkalkulationsprogramm. Außerdem ist es in der Lage, die Vorteile des Internets und anderer Applikationen, die Sie täglich einsetzen, zu nutzen.

Mathcad ermöglicht es Ihnen, Gleichungen so einzugeben, wie Sie sie kennen, und zwar in der korrekten Darstellung auf Ihrem Bildschirm. In einer Programmiersprache könnte eine Gleichung beispielsweise wie folgt aussehen:

$$x = (-B + \text{SQRT}(B^2 - 4 \cdot A \cdot C)) / (2 \cdot A)$$

In einer Tabellenkalkulation sehen die Gleichungen, die Sie in Zellen eingeben, beispielsweise folgendermaßen aus:

$$+ (B1 + \text{SQRT}(B1^2 - 4 \cdot A1 \cdot C1)) / (2 \cdot A1)$$

Dabei wird vorausgesetzt, dass Sie die Gleichungen überhaupt sehen. Normalerweise wird nur eine Zahl angezeigt.

In Mathcad sieht dieselbe Gleichung so aus, wie Sie sie auf einer Tafel oder in Ihren Notizen aufzeichnen. Sie brauchen keine schwierige Syntax zu erlernen; Sie zeigen und klicken – und Ihre Gleichung erscheint:

Aber die Mathcad-Gleichungen sehen nicht nur gut aus: Sie können sie einsetzen, um fast jedes mathematische Problem zu lösen, das Sie sich vorstellen können – symbolisch oder numerisch. Sie können an jeder beliebigen Stelle ergänzenden Text einfügen, um Ihre Arbeit zu dokumentieren. Außerdem können Sie die Gleichungen in zwei- und dreidimensionalen Grafiken anzeigen. Sie können Ihre Arbeit sogar mit Grafiken aus

$$x := \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

anderen Windows-Programmen ergänzen. Außerdem unterstützt Mathcad den Microsoft-Standard OLE 2 (Object Linking and Embedding) für die Zusammenarbeit mit anderen Programmen. Damit werden Drag&Drop sowie die Inplace-Aktivierung sowohl auf dem Client als auch auf dem Server möglich.

Mathcad beinhaltet ein eigenes Online-Hilfesystem, das so genannte Informationszentrum. Dort haben Sie Zugriff auf viele praktische Formeln, Datenwerte und Referenzmaterial sowie auf Lernprogramme. Ein Mausklick genügt.

Mathcad vereinfacht die Dokumentation, was für die Veröffentlichung und die Erfüllung von Geschäfts- und Qualitätssicherungsstandards ganz wesentlich ist. Durch die Kombination von Gleichungen, Text und Grafiken auf einem einzigen Arbeitsblatt bietet Mathcad Überblick auch über komplizierte Berechnungen. Das ausgedruckte Arbeitsblatt sieht genau so aus wie die Bildschirmausgabe. Durch den Ausdruck haben Sie damit eine dauerhafte und exakte Aufzeichnung Ihrer Arbeit.

Neuerungen in der Mathcad-Version 2001

Leistungsfähigere Rechenmaschine

Mathcad 2001 verfügt über eine verbesserte Rechenmaschine, die schneller arbeitet. Darüber hinaus gibt es dokumentspezifische Optionen, mit denen Sie Ihre Berechnungen weiter anpassen können, beispielsweise durch eine genaue Singularitätsprüfung für Matrizen und durch Abwärtskompatibilität.

Neue Komponenten und Add-Ins

Zahlreiche neue Komponenten, Erweiterungen und Funktionen erleichtern Ihnen das Einbinden anderer Anwendungen, Datenquellen und Dateitypen in Mathcad-Arbeitsblätter.

- **ODBC-Lesekomponente.** Diese Komponente ermöglicht eine direkte Verbindung zu Ihren Datenbanken. Die ODBC-Lesekomponente erlaubt das Lesen und Filtern von Daten aus einer beliebigen ODBC-fähigen Datenbank, die SQL unterstützt.
- **Datenerfassungskomponente.** Diese Komponente ermöglicht das Einholen oder Senden von Daten im Zusammenhang mit unterstützten Messgeräten. Mit dieser Komponente können Sie Einzelpunktdata und wellenförmige analoge Daten in »Echtzeit« abfragen oder senden.
- **MathSoft-Steuerkomponenten.** Hiermit können Sie eigene Formularsteuerelemente wie Schaltflächen oder Eingabefelder anlegen. Mit den MathSoft-Steuerkomponenten können Sie die Interaktion mit den Arbeitsblättern steuern.
- **Neue SDK-Komponente.** Diese Komponente ermöglicht den schnellen Aufbau eigener Mathcad-Komponenten sowie den einfachen Einsatz der neuen Mathcad-Komponente Visual Studio-Assistent, welche die Shell einer Komponente einschließlich Dokumentation und Beispiel Quellcode erzeugt.
- **Unterstützung für WAV-Dateien.** Mit den neuen WAV-Funktionen von Mathcad können Formatinformationen von WAV-Dateien im PCM-Format (Pulse Code Modulated) von Microsoft gelesen, geschrieben und abgerufen werden.

- **Anpassung und Neuverteilung von Komponenten.** Mit der neuen Komponenteneigenschaft **SPEICHERN UNTER** von Mathcad können Sie Skriptobjekte anpassen und verteilen. Auf diese Weise können den eigenen Bedürfnissen angepasste Komponenten schnell und einfach für die gemeinsame Nutzung freigegeben oder wiederverwendet werden.
- **Neue Add-Ins.** Die Eigenschaften von Mathcad können in Verbindung mit anderen Anwendungen genutzt werden. Auf der Web-Site von Mathcad unter der Adresse <http://www.mathcad.com/add-ins/> finden Sie eine vollständige Liste der aktuellen Mathcad-Add-Ins sowie Hinweise zum Herunterladen. Es werden immer wieder neue Add-Ins veröffentlicht.

Verbesserte Web-Integration

Mit Mathcad 2001 können Sie Ihre Arbeitsblätter mit der Mathematical Markup Language (MathML) als HTML-Dokument speichern und im Browser anzeigen lassen. Mit dem Hypermedia-Browser Techexplorer, einer Plug-In-Anwendung von IBM, die zum Lieferumfang von Mathcad gehört, können Sie beliebige Mathcad-Arbeitsblätter anzeigen lassen, die im HTML/MathML-Format gespeichert wurden. Diese Dokumente können anschließend wieder ohne irgendeinen Informationsverlust in Mathcad eingelesen werden.

Werkzeuge für Veröffentlichungen

Mit den neuen und verbesserten Werkzeugen können Sie elektronische Bücher schneller und einfacher veröffentlichen. Zu diesen Möglichkeiten gehört unter anderem:

- Bereichsverküpfungen über Hyperlinks
- Automatische Indexerstellung, wobei Bereiche mit Schlüsselwörtern verknüpft werden können
- Ein HBK-Debug-Programm, mit dem ein elektronisches Buch nach Fehlern durchsucht werden kann

Weitere Eigenschaften

Weitere neue Eigenschaften sind:

- **Neue Möglichkeiten zum Einbetten von Bildern.** Sie können Bilder in Ihre Mathcad-Arbeitsblätter in einer Vielzahl von Formaten importieren, u. a. in den Formaten JPEG, GIF und PCX. Nach dem Import können Sie die Bilder über die Optionen einer neuen Menüleiste bearbeiten, beispielsweise die Größe verändern, zuschneiden oder Helligkeit, Kontrast und die Graustufenzuordnung der Bilder verändern.
- **Weitere neue Funktionen.** Es wurden zahlreiche, leicht zu verwendende neue Funktionen hinzugefügt, unter anderem ein System zur Koordinatentransformation sowie Suchfunktionen zur rationellen Suche nach Werten in umfangreichen Matrizen.

Systemanforderungen

Um Mathcad installieren und benutzen zu können, werden folgende Voraussetzungen empfohlen:

- Ein IBM oder vergleichbarer Rechner mit einem Pentium 133-Prozessor
- Ein CD-ROM-Laufwerk
- Mindestens Windows 95 bzw. Windows NT 4.0
- Mindestens 32 MB Speicherkapazität, 64 MB empfohlen
- Eine optimale Funktion der Online-Hilfe wird erst durch den Internet Explorer 4.0 gewährleistet, welcher nicht gleichzeitig Standard-Browser sein muss.

Installation

Vor der Installation von Mathcad sollten Sie den auf den ersten Seiten des Mathcad Benutzerhandbuchs aufgeführten Lizenzvertrag lesen und unterzeichnen.

1. Legen Sie zunächst die CD-ROM in das CD-ROM-Laufwerk Ihres Computers. Das Installationsprogramm wird jetzt automatisch gestartet, anderenfalls können Sie es auch mit dem Befehl AUSFÜHREN im Startmenü, der Eingabe des Befehls D:\SETUP (wenn »D« Ihr CD-ROM-Laufwerk bezeichnet) und dem Klicken auf OK starten.
2. Klicken Sie auf das Mathcad-Symbol auf der ersten Installationsseite.
3. Geben Sie dann die Produktseriennummer an, die auf der Hülle Ihrer CD-ROM vermerkt ist.
4. Folgen Sie nun den Anweisungen auf dem Monitor.

Für die Installation anderer Produkte wie SmartSketch LE, Online VolvoView oder Online-Dokumentationen klicken Sie dann auf das entsprechende Symbol.

MathSoft-Kontaktadressen

USA und Kanada:

MathSoft, Inc.

101 Main Street

Cambridge, MA 02142

Telefon: 001-617-577-1017

Fax: 001-617-577-8829

alle anderen Länder:

MathSoft International

Knightway House

Park Street

Bagshot, Surrey

GU119 5AQ

United Kingdom

Telefon: +44 1276 452299

Fax: +44 1276 451224

Web: <http://www.mathsoft.com>

Technischer Support

MathSoft bietet allen Benutzern von Mathcad einen kostenlosen technischen Support. In den USA und Kanada haben Sie die folgenden Möglichkeiten, mit MathSoft Kontakt aufzunehmen:

- E-Mail: support@mathsoft.com
- Fax: 617-577-8829
- Automatischer Support und Fax-Back-System: 617-577-1778
- Web: <http://www.mathsoft.com/support/support.htm>
- Telefon: 617- 577-1778

Wenn Sie außerhalb der USA oder Kanada wohnen, finden Sie in der Dokumentation zum Produkt Informationen über Ihr lokales Support-Zentrum. Sie können sich auch an die folgenden Adressen wenden:

- Zentrum für automatisierte Lösungen und Fax-Back-System: +44 1276 475350
- Fax: +44 1276 451224 (Attn: TechSupport)
- E-Mail: help@mathsoft.co.uk

Weitere Informationen über Site-Lizenzen erhalten Sie bei MathSoft oder Ihrem Händler.

Kapitel 2

Die ersten Schritte

Der Mathcad-Arbeitsbereich

Bereiche

Eine einfache Berechnung

Definitionen und Variablen

Texteingabe

Iterative Berechnungen

Diagramme

Speichern, Drucken und Beenden

Der Arbeitsbereich von Mathcad

Informationen über die Systemanforderungen und die Installation von Mathcad auf Ihrem Computer finden Sie in Kapitel 1 »Willkommen bei Mathcad«.

Beim Starten von Mathcad sehen Sie ein Fenster, wie es in Abbildung 2.1 gezeigt wird. Standardmäßig wird der Arbeitsblatt-Bereich weiß dargestellt. Um eine andere Farbe dafür zu verwenden, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FARBE⇒HINTERGRUND.

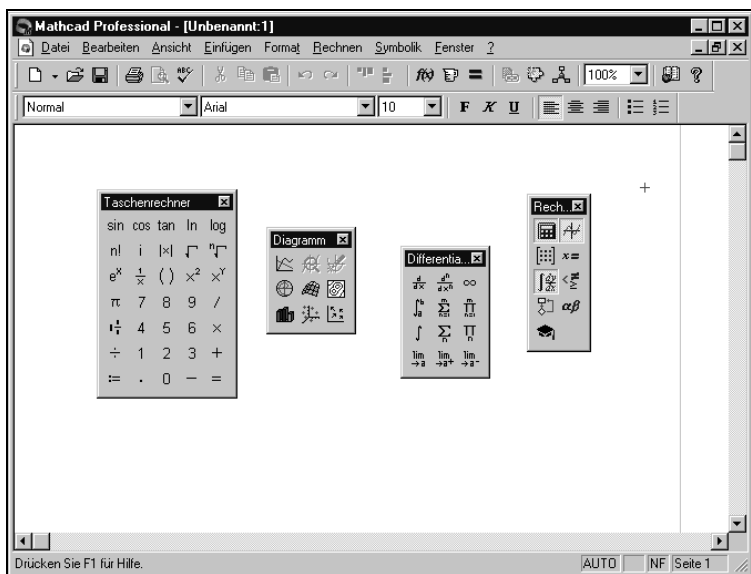


Abbildung 2.1: Mathcad mit verschiedenen Symbolleisten

Jede Schaltfläche in der **Rechnen-Palette**, die Sie in Abbildung 2.1 sehen, öffnet eine weitere Symbolleiste mit Operatoren und Symbolen. Durch Anklicken der Schaltflächen auf diesen Symbolleisten können Sie zahlreiche Operatoren, griechische Buchstaben oder Diagramme einfügen:

Schaltfläche ...

... öffnet diese Symbolleiste



Taschenrechner – allgemeine arithmetische Operatoren



Diagramm – Verschiedene zwei- und dreidimensionale Diagrammtypen



Matrix – Matrizen- und Vektoroperatoren



Auswertung – Gleichheitszeichen für die Auswertung und Definition



Differential/Integral – Ableitungen, Integrale, Grenzwerte und iterierte Summen und Produkte



Boole'sche Werte – Komparative und logische Operatoren für Boole'sche Ausdrücke



Programmierung – Programmierkonstrukte (nur Mathcad)



Griechische Symbole – Griechische Buchstaben

Schaltfläche öffnet diese Symbolleiste



Symbolische Schlüsselwörter – Symbolische Schlüsselwörter

Die **Standard-Symbolleiste** enthält die folgenden Schaltflächen unmittelbar unterhalb des in Abbildung 2.1 gezeigten Hauptmenüs:



Viele Menübefehle können durch Anklicken einer Schaltfläche in der Standard-Symbolleiste schneller ausgeführt werden.

Die **Format-Symbolleiste** wird in Abbildung 2.1 unmittelbar unterhalb der Standard-Symbolleiste angezeigt. Sie enthält Listenfelder und Schaltflächen zur Zuweisung von Schrifteigenschaften für Gleichungen und Text.



Tipp

Um zu erfahren, welche Aufgabe eine Schaltfläche in einer der Symbolleisten hat, schieben Sie den Mauszeiger über diese Schaltfläche. Nach einem kurzen Moment sehen Sie einen Tooltipp mit einer kurzen Beschreibung neben dem Zeiger.

Um Platz auf dem Bildschirm zu sparen, können Sie die einzelnen Symbolleisten mit Hilfe des ANSICHT-Menüs unabhängig voneinander anzeigen oder ausblenden. Die Symbolleisten können außerdem an beliebigen Positionen im Fenster abgelegt werden. Dazu platzieren Sie den Mauszeiger in der Symbolleiste, aber nicht über einer Schaltfläche oder einem Textfeld. Anschließend drücken Sie die Maustaste, halten sie gedrückt und verschieben die Maus. Sie werden feststellen, dass die Symbolleisten automatisch neu angeordnet werden, abhängig davon, wohin Sie sie verschieben. Außerdem merkt sich Mathcad, wo Sie die Symbolleisten abgelegt hatten, wenn Sie das Programm später wieder starten.

Tipp

Die Standard-, Format- und Math-Symbolleisten sind benutzerdefinierbar. Um Schaltflächen hinzuzufügen oder daraus zu entfernen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Symbolleiste und wählen im Kontextmenü den Eintrag ANPASSEN aus, um das Dialogfeld SYMBOLLEISTE ANPASSEN anzuzeigen.

Das Arbeitsblatt-Lineal ist auf Abbildung 2.1 oben abgebildet. Mit dem Eintrag LINEAL im ANSICHT-Menü können Sie das Lineal wahlweise anzeigen oder ausblenden. Die Maßeinheiten des Lineals können durch Klicken der rechten Maustaste und der Wahl von Zoll, Zentimeter, Punkt oder Pica im Kontextmenü geändert werden. Mehr Informationen zum Formatieren Ihres Arbeitsblatts mit einem Lineal finden Sie unter »Arbeitsblatt-Lineal« auf Seite 121.

Die Arbeit mit Fenstern


Beim Starten von Mathcad wird ein Fenster auf einem Mathcad-*Arbeitsblatt* geöffnet. Sie können beliebig viele Arbeitsblätter öffnen – die Anzahl ist nur durch Ihre Systemressourcen begrenzt. Damit ist es möglich, auf mehreren Arbeitsblättern gleichzeitig zu arbeiten. Sie klicken einfach mit der Maus das Dokumentfenster an, in dem Sie gerade arbeiten möchten.

Es kann vorkommen, dass ein Mathcad-Arbeitsblatt nicht vollständig angezeigt werden kann, weil das Fenster zu klein ist. Um den nicht angezeigten Abschnitt eines Arbeitsblatts auf dem Bildschirm anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

- Sie vergrößern das Fenster so, wie Sie es aus anderen Windows-Programmen kennen.
- Sie wählen im ANSICHT-Menü den Eintrag ZOOM oder klicken auf die STANDARD-Symbolleiste, und wählen dort einen Wert, der kleiner ist als 100%.






Sie können sich im Mathcad-Fenster auch mit Hilfe der Bildlaufleisten, der Maus und der Tastatur bewegen, genau wie in anderen Windows-Programmen. Wenn Sie beispielsweise den Mauszeiger verschieben und mit der Maustaste klicken, springt der Cursor von der vorherigen an die aktuelle Position.

Tipp

Mathcad unterstützt die IntelliMouse von Microsoft und kompatible Zeigegeräte. Für jeden Klick beim Drehen an dem Rad wird das Fenster um eine Zeile vertikal verschoben. Wenn Sie die -Taste drücken und dabei das Rad drehen, wird das Fenster horizontal verschoben.

Tastenkombinationen, die den Cursor auf dem Arbeitsblatt verschieben, sind auf Seite 600 beschrieben. Wenn Sie mit einem größeren Arbeitsblatt arbeiten, wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag GEHE ZU SEITE und geben in das Dialogfeld die betreffende Seitennummer an. Wenn Sie auf OK klicken, positioniert Mathcad den Anfang der ausgewählten Seite oben im Fenster.

Tipp

Mathcad unterstützt die Standardtastenkombinationen, die Windows zum Öffnen von Dateien , zum Speichern , zum Drucken , zum Kopieren  und zum Einfügen  verwendet. Wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag OPTIONEN, und markieren Sie auf der Registerkarte ALLGEMEIN das Kontrollkästchen STANDARDMÄSSIGE WINDOWS-TASTATURBEFEHLE, um alle Windows-Shortcuts zu aktivieren. Wenn Sie die in Mathcad 2000 unterstützten Tastaturbefehle verwenden möchten, entfernen Sie die Markierung.

Bereiche

Mathcad erlaubt, an jeder beliebigen Position des Arbeitsblatts Gleichungen, Diagramme und Text einzugeben. Jede Gleichung, jeder Textabschnitt und jedes andere Element stellen *Bereiche* dar. Für jeden dieser Bereiche erzeugt Mathcad ein unsichtbares Rechteck, das ihn umschließt. Ein Mathcad-Arbeitsblatt setzt sich aus lauter solchen Bereichen zusammen. Um einen neuen Bereich anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie im Arbeitsblatt auf eine beliebige, freie Stelle. Sie sehen einen kleinen Fadenkreuz-Cursor. Was Sie jetzt eingeben, erscheint an der Position dieses Fadenkreuzes.
2. Wenn ein mathematischer Bereich angelegt werden soll, beginnen Sie Ihre Eingabe einfach an der Position des Fadenkreuzes. Mathcad interpretiert Ihre Eingaben automatisch als Mathematik. Ein Beispiel dafür finden Sie im Abschnitt »Eine einfache Berechnung« auf Seite 31.
3. Um einen Textbereich anzulegen, wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag TEXTBEREICH und beginnen danach Ihre Eingabe. Ein Beispiel dafür finden Sie im Abschnitt »Texteingabe« auf Seite 34.



Neben Gleichungen und Text unterstützt Mathcad auch zahlreiche Diagrammbereiche. Ein Beispiel für das Einfügen eines zweidimensionalen Diagramms finden Sie im Abschnitt »Diagramme« auf Seite 38.

Tipp

Mathcad zeigt um den aktuell bearbeiteten Bereich einen Rahmen an. Wenn Sie außerhalb des Bereichs klicken, verschwindet dieser Rahmen. Wenn Sie einen ständigen Rahmen um einen Bereich herum haben möchten, klicken Sie den Bereich mit der rechten Maustaste an und wählen Sie den Befehl EIGENSCHAFTEN aus dem Kontextmenü. Klicken Sie auf die Registerkarte ANZEIGE und klicken Sie in den Rahmen neben RAHMEN ANZEIGEN.

Bereichsauswahl

Um einen einzelnen Bereich auszuwählen, klicken Sie mit der Maus darauf. Mathcad zeigt den Rahmen für diesen Bereich an.

Um mehrere Bereiche auszuwählen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie die linke Maustaste, und halten Sie sie gedrückt, um eine Ecke des Auswahlrechtecks zu verankern.
2. Verschieben Sie die Maus bei gedrückter Maustaste, um so alles einzuschließen, was in Ihrem Auswahlrechteck erscheinen soll.
3. Lassen Sie die Maustaste los. Mathcad zeigt ein gestricheltes Rechteck um die von Ihnen ausgewählten Bereiche an.

Tipp

Sie können auch mehrere Bereiche an beliebigen Positionen im Arbeitsblatt auswählen, indem Sie beim Anklicken die **[Strg]**-Taste gedrückt halten. Wenn Sie einen Bereich anklicken und mit **[Shift]**-Mausklick eine weitere auswählen, werden diese beiden und alle dazwischen liegenden Bereiche ausgewählt.

Bereiche verschieben und kopieren

Nachdem die Bereiche ausgewählt sind, können Sie sie verschieben oder kopieren.

Bereiche verschieben


Bereiche werden mit der Maus oder mit Hilfe von AUSSCHNEIDEN und EINFÜGEN verschoben.


Um Bereiche mit der Maus zu verschieben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Selektieren Sie die Bereiche so, wie im vorigen Abschnitt beschrieben.
2. Platzieren Sie den Zeiger auf dem Rahmen eines der ausgewählten Bereiche. Der Zeiger wird in Form einer kleinen Hand angezeigt.
3. Drücken Sie die Maustaste, und halten Sie sie gedrückt.
4. Verschieben Sie die Maus bei gedrückter Maustaste. Der Umriss des Rechtecks für die ausgewählten Bereiche folgt dem Mauszeiger.

Jetzt können Sie die ausgewählten Bereiche entweder an eine andere Position auf dem Arbeitsblatt verschieben oder aber auch auf ein anderes Arbeitsblatt. Um die ausgewählten Bereiche auf ein anderes Arbeitsblatt zu verschieben, drücken Sie die Maustaste und halten sie gedrückt, ziehen den rechteckigen Umriss in das betreffende Arbeitsblatt und lassen die Maustaste los.

Um die ausgewählten Bereiche mit AUSSCHNEIDEN und EINFÜGEN zu verschieben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Selektieren Sie die Bereiche so, wie im vorigen Abschnitt beschrieben.
2. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag AUSSCHNEIDEN (Tastenkombination **[Strg] + [X]**), oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf . Damit werden die ausgewählten Bereiche gelöscht und in der Zwischenablage abgelegt.
3. Klicken Sie mit der Maus an die Position, an der die Bereiche wieder eingefügt werden sollen. Achten Sie darauf, dass es sich dabei um eine freie Position handeln muss. Dabei ist es egal, ob Sie auf dem aktuellen oder einem anderen Arbeitsblatt klicken. Jetzt sollte ein Fadenkreuz zu sehen sein.
4. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag EINFÜGEN (Tastenkombination



[Strg] + [V]), oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf .

Hinweis

Sie können einen Bereich auf einen anderen verschieben. Durch das Anklicken eines bestimmten Bereichs mit der rechten Maustaste und die Befehle NACH VORNE oder NACH HINTEN aus dem Kontextmenü können Bereiche nach oben oder unten verschoben werden.

Bereiche kopieren

Bereiche werden mit den Befehlen KOPIEREN und EINFÜGEN kopiert:


1. Selektieren Sie die Bereiche so, wie auf Seite 29 beschrieben.
2. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN (Tastenkombination $\text{[Strg]} + \text{[C]}$), oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf . Damit werden die ausgewählten Bereiche in die Zwischenablage kopiert.
3. Klicken Sie mit der Maus an die Position, an der die Bereiche wieder eingefügt werden sollen. Achten Sie darauf, dass es sich dabei um eine freie Position handeln muss. Dabei ist es egal, ob Sie auf dem aktuellen oder einem anderen Arbeitsblatt klicken. Jetzt sollte ein Fadenkreuz zu sehen sein.
4. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag EINFÜGEN (Tastenkombination $\text{[Strg]} + \\text{[V]}$) oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf .

Tip

Wenn die Bereiche, die Sie kopieren möchten, innerhalb eines gesperrten Bereichs (siehe "Gesicherte Bereiche auf einem Arbeitsblatt" Seite 126) oder in einem elektronischen Buch liegen, kopieren Sie sie, indem Sie sie einfach mit der Maus auf Ihr Arbeitsblatt ziehen.

Bereiche löschen

Um einen oder mehrere Bereiche zu löschen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Selektieren Sie die Bereiche so, wie auf Seite 29 beschrieben.
2. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag AUSSCHNEIDEN (Tastenkombination $\text{[Strg]} + \text{[X]}$) oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf .

Mit AUSSCHNEIDEN werden die ausgewählten Bereiche von Ihrem Arbeitsblatt entfernt und in der Zwischenablage abgelegt. Wenn Sie den Inhalt Ihrer Zwischenablage nicht überschreiben möchten oder wenn Sie die ausgewählten Bereiche nicht aufbewahren möchten, wählen Sie stattdessen im BEARBEITEN-Menü den Eintrag LÖSCHEN (Tastenkombination $\text{[Strg]} + \text{[D]}$).


Eine einfache Berechnung

Mathcad ist in der Lage, komplexe Mathematik darzustellen, aber Sie können es auch einfach als Taschenrechner benutzen. Um Ihre erste Berechnung auszuführen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie an einer beliebigen Stelle in Ihr Arbeitsblatt. Sie sehen ein kleines Fadenkreuz. Alle Ihre Eingaben erscheinen an diesem Fadenkreuz.

+


2. Geben Sie **15-8/104.5=** ein. Sobald Sie das

Gleichheitszeichen eingeben oder auf  klicken, berechnet Mathcad das Ergebnis und zeigt es an.

$$15 - \frac{8}{104.5} = 14.923$$

+

Diese Berechnung demonstriert die Arbeitsweise von Mathcad:

- Mathcad zeigt Gleichungen so an, wie Sie sie in einem Buch oder auf einer Tafel sehen. Mathcad passt die Größe von Bruchstrichen, Klammern und anderen Symbolen an, um die Gleichungen so anzuzeigen, wie Sie sie auf Papier schreiben würden.
- Mathcad weiß, welche Operation als erste ausgeführt werden soll. In diesem Beispiel erkennt es, dass die Division vor der Subtraktion stattfinden soll – und zeigt die Gleichung entsprechend an.
- Sobald Sie das Gleichheitszeichen eingeben oder auf  klicken, gibt Mathcad das Ergebnis zurück. Falls nicht anders angegeben, verarbeitet Mathcad die Gleichungen unmittelbar nach der Eingabe. Wie Sie das ändern können, erfahren Sie in Kapitel 8.
- Wenn Sie einen Operator eingeben (in diesem Fall – und /), zeigt Mathcad ein kleines Rechteck an, einen so genannten *Platzhalter*. Platzhalter bieten Raum für Zahlen oder Ausdrücke, die noch nicht geschrieben wurden. Sobald Sie eine Zahl eingeben, ersetzt diese den Platzhalter in dem Ausdruck. Der Platzhalter, der am Ende des Ausdrucks erscheint, wird für Umwandlungen verwendet, wie auf Seite 162 noch genauer beschrieben werden wird.

Nachdem Sie eine Gleichung auf dem Bildschirm geschrieben haben, bearbeiten Sie sie, indem Sie an die entsprechende Position klicken und neue Buchstaben, Ziffern oder Operatoren eingeben. Viele Operatoren und griechische Buchstaben können mit Hilfe der Rechnen-Symboleiste eingegeben werden, die Sie in diesem Kapitel bereits kennen gelernt haben. Kapitel 4 bietet detaillierte Erklärungen zur Bearbeitung von Gleichungen in Mathcad.


Definitionen und Variablen

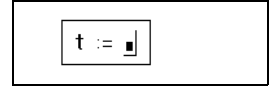
Sie werden die Leistungsfähigkeit und Flexibilität von Mathcad schnell erkennen, wenn Sie *Variablen* und *Funktionen* nutzen. Durch die Definition von Variablen und Funktionen können Sie Gleichungen verknüpfen und Zwischenergebnisse in weiteren Berechnungen wiederverwenden.

Die folgenden Beispiele zeigen, wie Variablen definiert und verwendet werden.

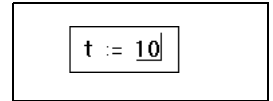
Variablendefinitionen




Um die Variable t zu definieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie t ein, gefolgt von einem Doppelpunkt (:), oder klicken Sie in der Taschenrechner-Symbolleiste auf . Mathcad zeigt den Doppelpunkt als Definitionssymbol an, $:=$.




2. Geben Sie für den leeren Platzhalter die Zahl 10 ein, um die Definition von t abzuschließen.





Wenn Sie einen Fehler gemacht haben, klicken Sie in die Gleichung und drücken Sie die -Taste, bis der gesamte Ausdruck zwischen den beiden Bearbeitungslinien steht, wie oben bereits beschrieben. Löschen Sie die Eingabe mit dem Eintrag AUSSCHNEIDEN aus dem BEARBEITEN-Menü (Tastenkombination  + ). Weitere Methoden zur Korrektur von Ausdrücken werden in Kapitel 4 beschrieben.

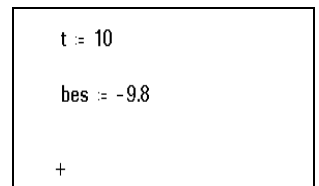
Zur Variablendefinition gehen Sie also wie folgt vor:

1. Geben Sie den Namen der zu definierenden Variablen ein.
2. Geben Sie einen Doppelpunkt (:) ein, oder klicken Sie in der Taschenrechner-Symbolleiste auf , um das Definitionssymbol einzufügen. Für die folgenden Beispiele sollten Sie jeweils den Doppelpunkt eingeben, weil das normalerweise schneller geht.
3. Geben Sie den Wert ein, der der Variablen zugewiesen werden soll. Dabei kann es sich um eine Zahl handeln, wie im obigen Beispiel gezeigt, es kann aber auch eine komplexere Kombination aus Zahlen und bereits definierten Variablen zugewiesen werden.

Mathcad-Arbeitsblätter werden von oben nach unten und von links nach rechts gelesen. Nachdem Sie eine Variable wie t definiert haben, können Sie sie an jeder Stelle unterhalb und rechts von der definierenden Gleichung weiterverwenden.

Jetzt geben Sie eine weitere Definition ein.

1. Drücken Sie die -Taste. Das Fadenkreuz wird unter die erste Gleichung gesetzt.
2. Um bes als -9.8 zu definieren, geben Sie **bes** : - 9 . 8 ein. Drücken Sie die -Taste. Mathcad zeigt den Fadenkreuz-Cursor unterhalb der von Ihnen eingegebenen Gleichung an.



Ergebnisse berechnen


Nachdem die Variablen bes und t definiert sind, können Sie sie in anderen Ausdrücken weiterverwenden.

1. Klicken Sie mit der Maus ein paar Zeilen unterhalb der beiden Gleichungen.

2. Geben Sie **bes/2** [Leerzeichen] ***t^2** ein. Das Caret-Symbol (^) steht für die Potenzierung, der Stern (*) für die Multiplikation und der Schrägstrich (/) für die Division.

3. Geben Sie das Gleichheitszeichen ein (=).

Diese Anweisung berechnet die Distanz, die ein fallender Körper in der Zeit t mit der Beschleunigung bes zurücklegt. Nachdem Sie die Gleichung eingegeben und das Gleichheitszeichen (=)

gedrückt oder in der Auswertung-Symboleiste  angeklickt haben, gibt Mathcad das Ergebnis zurück.

Mathcad aktualisiert Ergebnisse, falls Sie Änderungen vornehmen. Wenn Sie beispielsweise auf Ihrem Bildschirm auf die 10 klicken und stattdessen eine andere Zahl eingeben, berücksichtigt Mathcad das im Ergebnis, sobald Sie die Enter-Taste drücken oder an irgendeine Stelle außerhalb der Gleichung klicken.

$$t := 10$$

$$bes := -9.8$$

$$\frac{bes}{2} \cdot t^2 = -490$$

Texteingabe

Mathcad behandelt Text ähnlich wie Gleichungen. Sie können damit beliebige Kommentare für Ihre Gleichungen bereitstellen.

So geben Sie Text ein:

1. Klicken Sie an eine leere Stelle rechts neben den eingegebenen Gleichungen. Sie sehen einen Fadenkreuz-Cursor.

+

2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag TEXTBEREICH, oder drücken Sie **»** (doppeltes Anführungszeichen). Daran erkennt Mathcad, dass Sie Text eingeben möchten. Statt des Fadenkreuz-Cursors wird jetzt eine vertikale Linie angezeigt, der so genannte Einfügekursor.

Alle Zeichen, die Sie eingeben, erscheinen hinter dieser Linie. Der Einfügekursor wird umrahmt dargestellt, woran Sie erkennen, dass Sie sich in einem Textbereich befinden. Dieser Rahmen wird auch als Textfeld bezeichnet. Er passt seine Größe während der Texteingabe automatisch an.


3. Geben Sie **Bewegungsgleichungen** ein. Mathcad zeigt den Text im Arbeitsblatt neben den beiden Gleichungen an.

Bewegungsgleichungen





Hinweis

Wenn das Lineal im ANSICHT-Menü aktiviert ist und sich der Cursor in einem Textbereich befindet, verändert das Lineal seine Größe, um die Größe Ihres Textbereichs anzugeben. Weitere Informationen zum Setzen von Tabstopps und Einrückungen in einem Textbereich mit dem Lineal finden Sie im Kapitel »Absatzzeigenschaften ändern« auf Seite 90.

Tipp





Wenn Sie im Arbeitsblatt an eine leere Stelle klicken und sofort mit der Eingabe beginnen, wird ein mathematischer Bereich angelegt. Mathcad wandelt den mathematischen Bereich in einen Textbereich um, wenn Sie die -Taste drücken.

Um eine zweite Textzeile einzugeben, drücken Sie einfach die Enter-Taste und schreiben weiter:

1. Drücken Sie die -Taste.
2. Geben Sie **für einen fallenden Körper unter Schwerkrafteinwirkung** ein.
3. Klicken Sie an eine andere Stelle im Arbeitsblatt, oder drücken Sie  +  + , um den Textbereich zu verlassen. Das Textfeld verschwindet und der Cursor wird wieder als Fadenkreuz dargestellt.

**Bewegungsgleichungen
für einen fallenden Körper
unter Schwerkrafteinwirkung**

Hinweis

Mit  +  +  bewegen Sie sich aus dem Textbereich an eine leere Stelle in Ihrem Arbeitsblatt. Wenn Sie dagegen die -Taste drücken, fügt Mathcad einen Zeilenumbruch in den aktuellen Textbereich ein.

Sie können die Breite eines Textbereichs festlegen, ebenso wie die darin verwendete Schrift, die Schriftgröße und den Schriftstil. Weitere Informationen darüber erhalten Sie in Kapitel 5.

Iterative Berechnungen

Wiederholte oder iterative Berechnungen sind unter Mathcad genauso einfach auszuführen wie voneinander unabhängige Berechnungen. Dazu wird eine spezielle Variable verwendet, die so genannte Bereichsvariable.

Bereichsvariablen nehmen einen bestimmten Wertebereich auf, beispielsweise alle ganzen Zahlen von 0 bis 10. Immer wenn in einer Mathcad-Gleichung eine Bereichsvariable erscheint, berechnet Mathcad die Gleichung nicht nur einmal, sondern für jeden Wert der Bereichsvariablen.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Bereichsvariablen für iterative Berechnungen eingesetzt werden.

Bereichsvariablen anlegen

Um Gleichungen für einen bestimmten Wertebereich zu berechnen, legen Sie dafür eine Bereichsvariable an. Wir betrachten hier noch einmal das Beispiel von Seite 23, berechnen aber hier die Ergebnisse für t -Werte im Bereich zwischen 10 und 20 mit der Schrittweite 1. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Machen Sie t zu einer Bereichsvariablen. Klicken Sie in der Gleichung $t := 10$ auf die **10**. Der Einfügepunkt sollte sich jetzt hinter der 10 befinden, wie in der Abbildung gezeigt.

$t := 10$

2. Geben Sie **, 11** ein. Daran erkennt Mathcad, dass die nächste Zahl im Bereich die 11 ist.

$t := 10, 11$

3. Geben Sie **;** als Bereichsvariablenoperator ein, oder klicken Sie in der Taschenrechner-Symbol-

$t := 10, 11 .. 20$

leiste auf $m..n$, und geben Sie die letzte Zahl im Bereich ein, **20**. Daran erkennt Mathcad, dass die letzte Zahl im Bereich 20 ist. Mathcad zeigt den Bereichsvariablenoperator als zwei hintereinander liegende Punkte an.

4. Klicken Sie an eine Stelle außerhalb der Gleichung für t . Mathcad beginnt die Berechnung mit t als Bereichsvariable. Da t jetzt elf Werte annimmt, muss es auch elf verschiedene Ergebnisse geben. Diese Ergebnisse werden in einer *Ausgabetable* angezeigt. Möglicherweise müssen Sie Ihr Fenster vergrößern oder nach unten blättern, um die ganze Tabelle zu sehen.

- 490	+
- 592.9	
- 705.6	
- 828.1	
- 960.4	
- 1.103 · 10 ³	
- 1.254 · 10 ³	
- 1.416 · 10 ³	
- 1.588 · 10 ³	
- 1.769 · 10 ³	
- 1.96 · 10 ³	

Funktionsdefinition

Durch die Definition von Funktionen gewinnen Sie zusätzliche Flexibilität. So fügen Sie Ihrem Arbeitsblatt eine Funktion hinzu:

1. Löschen Sie die Tabelle. Dazu markieren Sie den gesamten Bereich, bis alles zwischen den beiden Bearbeitungslinien steht. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag AUSSCHNEIDEN (Tastenkombination $\text{Strg} + \text{X}$), oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf $\frac{\forall}{\text{ab}}$.

2. Definieren Sie die Funktion $d(t)$, indem Sie $d(t) :=$ eingeben.

$d(t) :=$

3. Geben Sie den folgenden Ausdruck für die Definition ein: $1600 + \text{acc}/2 \cdot t^2$

$d(t) := 1600 + \frac{\text{acc}}{2} \cdot t^2$

Diese Definition definiert eine Funktion. Der Funktionsname ist d , das Argument der Funktion ist t . Mit dieser Funktion berechnen Sie den obigen Ausdruck für verschiedene Werte von t . Dazu ersetzen Sie t einfach durch die entsprechende Zahl, zum Beispiel so:

1. Um die Funktion mit einem bestimmten Wert zu berechnen, beispielsweise 3.5, geben Sie **d(3.5)** = ein. Mathcad gibt das richtige Ergebnis zurück, wie rechts zu sehen ist:

$$d(3.5) = 939.975$$

2. Um die Funktion für jeden Wert der zuvor definierten Bereichsvariablen t zu berechnen, klicken Sie unterhalb aller anderen Gleichungen und geben **d(t)** = ein. Mathcad zeigt eine Ausgabetablelle an, wie rechts zu sehen ist:

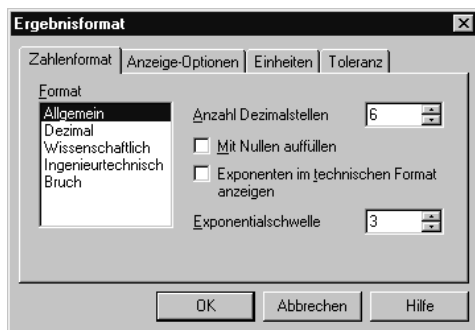
$d(t)$
$1.11 \cdot 10^3$
$1.007 \cdot 10^3$
894.4
771.9
639.6
497.5
345.6
183.9
12.4
-168.9
-360

Ergebnisformatierung

Alle Zahlen, die Mathcad berechnet und anzeigt, können formatiert werden. Dabei werden beispielsweise die Anzahl der Dezimalstellen geändert, statt der Exponentialschreibweise eine normale Dezimalnotation verwendet usw.

Im oben gezeigten Beispiel sind die beiden ersten Werte, $1.11 \cdot 10^3$ und $1.007 \cdot 10^3$, in Exponentialschreibweise (in Potenzen von 10) dargestellt. Diese Tabelle kann so geändert werden, dass keine der Zahlen in Exponentialschreibweise dargestellt wird:

1. Klicken Sie mit der Maus irgendwo in die Tabelle.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag **ERGEBNIS**. Das Dialogfeld **ERGEBNISFORMAT** wird angezeigt. In diesem Dialogfeld legen Sie fest, wie die Ergebnisse angezeigt werden sollen, unter anderem die Anzahl der Dezimalstellen, die Verwendung der Exponentialschreibweise, die Basis usw.



3. Das Standardformatschema ist Allgemein und hat die Exponentialschwelle 3. Das bedeutet, nur Zahlen größer oder gleich 10^3 werden in Exponentialschreibweise dargestellt. Setzen Sie die Exponentialschwelle mit Hilfe der im Textfeld bereitgestellten Pfeile auf den Wert 6.

4. Klicken Sie auf OK. Die Tabelle zeigt das neue Ergebnisformat an.

Weitere Informationen zur Ergebnisformatierung finden Sie im Abschnitt »Ergebnisse formatieren« auf Seite 158.

$d(t)$
1110
1007.1
894.4
771.9
639.6
497.5
345.6
183.9
12.4
-168.9
-360

Hinweis Die Ergebnisformatierung bezieht sich nur auf das Ergebnis. Mathcad verwendet intern die vollständige Genauigkeit (bis zu 15 Ziffern).

Diagramme

Mathcad kann zweidimensionale Kartesische oder polare Diagramme, Umrissdiagramme, Flächendiagramme und zahlreiche dreidimensionale Diagramme anzeigen. Sie werden in so genannten Diagrammbereichen angelegt.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie ein einfaches zweidimensionales Diagramm erzeugen, das die im vorigen Abschnitt berechneten Punkte anzeigt.

Ein Diagramm anlegen


Um in Mathcad ein X-Y-Diagramm anzulegen, klicken Sie an eine freie Stelle, wo das Diagramm erscheinen soll. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, oder klicken Sie in der Diagramm-Symbolleiste auf

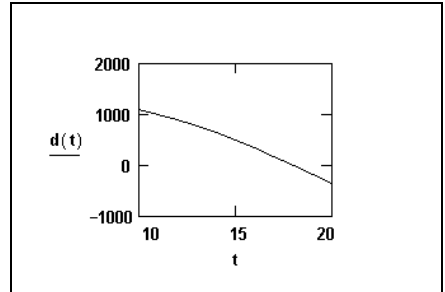
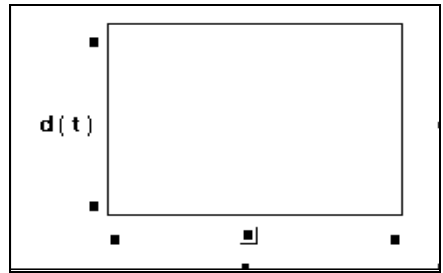


. Ein leeres Diagramm wird angezeigt, mit Platzhaltern neben den x - und y -Achsen, wo die darzustellenden Ausdrücke eingegeben werden. X-Y- und polare Diagramme werden normalerweise durch die von Ihnen definierten Bereichsvariablen beschrieben: Mathcad zeichnet für jeden Wert der Bereichsvariable einen Punkt im Diagramm. Normalerweise geben Sie für die x -Achse des Diagramms die Bereichsvariable oder einen von der Bereichsvariablen abhängigen Wert an. Das folgende Beispiel zeigt einen QuickPlot für die im vorigen Abschnitt definierte Funktion $d(t)$:

1. Positionieren Sie das Fadenkreuz an einer Leerstelle und geben Sie $d(t)$ ein. Zeigen Sie für den Ausdruck die Bearbeitungslinien an.

$d(t)$

2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM**⇒**X-Y-DIAGRAMM**, oder klicken Sie in der Diagramm-Symbolleiste auf . Mathcad zeigt einen Rahmen für das Diagramm an.
3. Geben Sie t in den Platzhalter unten in der Mitte des Diagramms ein.
4. Klicken Sie auf eine beliebige Stelle außerhalb des Diagramms. Mathcad berechnet die Punkte und zeigt sie an. Unter der Angabe $d(t)$ erscheint die für die Verbindung der Punkte verwendete Linienform. Anhand dieser können Sie Kurven unterscheiden, wenn Sie mehrere Funktionen innerhalb eines Diagramms darstellen. Falls nicht anders angegeben, zeichnet Mathcad gerade Linien zwischen den Punkten und trägt die entsprechenden Achsenbeschriftungen ein.



Detaillierte Informationen über das Anlegen und die Formatierung von Diagrammen finden Sie in Kapitel 12. Dort erhalten Sie insbesondere Informationen zur *QuickPlot*-Funktion von Mathcad, mit der Sie Ausdrücke zeichnen können, ohne den Variablenbereich direkt im Diagramm anzugeben.

Größenänderung eines Diagramms

Um die Größe eines Diagramms zu ändern, wählen Sie es durch Anklicken aus. Bewegen Sie dann den Cursor zu einem Ziehpunkt am Rand des Diagramms, bis der Cursor zu einem Pfeil mit zwei Spitzen wird. Halten Sie die Maustaste gedrückt und ziehen Sie die Maus in die Richtung, in die Sie das Diagramm vergrößern möchten.

Diagrammformatierung

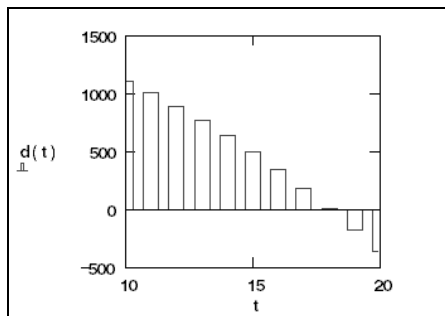
Ein Diagramm hat zunächst seine *Standardeigenschaften*: Es zeigt beschriftete Achsen an, verwendet keine Gitterlinien, und die Punkte werden mit durchgezogenen Linien verbunden. Durch die Formatierung des Diagramms werden diese Eigenschaften geändert, wie Sie es bereits von der Ergebnisformatierung her kennen.

Um das oben erstellte Diagramm zu formatieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in das Diagramm, und wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, oder doppelklicken Sie in das Diagramm, um das Dialogfeld STANDARDFORMATE anzuzeigen. Dort finden Sie die Einstellungen für alle Diagrammformate. Mehr über diese Einstellungen erfahren Sie in Kapitel 12.



2. Gehen Sie auf die Registerkarte SPUREN.
3. Klicken Sie unter der Überschrift »Legendenname« auf den Listeneintrag SPUR 1. Mathcad zeigt die aktuellen Einstellungen für Spur 1 in den Feldern unterhalb des Listenfelds an.
4. Klicken Sie auf den Pfeil unterhalb der Spalte FORMAT. Eine Dropdown-Liste mit Spurformaten wird angezeigt. Wählen Sie den Eintrag BALKEN.
5. Klicken Sie auf OK, um die Einstellung zu übernehmen. Mathcad zeigt das Diagramm jetzt als Balkendiagramm an, statt die Punkte mit Linien zu verbinden. Beachten Sie, dass die Beispiellinie unter der Angabe $d(t)$ jetzt auch einen Balken anzeigt.
6. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, um die Markierung aufzuheben.




Speichern, Drucken und Beenden

Nachdem Sie ein Arbeitsblatt angelegt haben, wollen Sie es sehr wahrscheinlich speichern oder ausdrucken.

Ein Arbeitsblatt speichern

Um ein Arbeitsblatt zu speichern, gehen Sie wie folgt vor:



1. Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag SPEICHERN (Tastenkombination

[Strg] + [S]), oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf . Wenn die Datei noch nie gespeichert wurde, wird das Dialogfeld SPEICHERN UNTER angezeigt. Andernfalls speichert Mathcad die Datei ohne weitere Nachfrage.

2. Geben Sie den Namen der Datei in das bereitgestellte Textfeld ein. Um sie in einem anderen Ordner abzulegen, wählen Sie diesen im Dialogfeld **SPEICHERN UNTER** aus.

Standardmäßig speichert Mathcad die Datei im Mathcad-Format (MCD). Sie haben jedoch auch die Möglichkeit, andere Formate auszuwählen, beispielsweise RTF oder HTML, auch als eine Vorlage für zukünftige Mathcad-Arbeitsblätter oder in ein zu früheren Mathcad-Versionen kompatibles Format. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 7.

Drucken

Zum Ausdrucken einer Datei wählen Sie im **DATEI**-Menü den Eintrag **DRUCKEN**, oder Sie klicken in der Standard-Symbolleiste auf . Mit der Auswahl **SEITE EINRICHTEN** im **DATEI**-Menü oder durch Anklicken von  zeigen Sie eine Vorschau auf die gedruckte Seite an.

Weitere Informationen über das Drucken finden Sie in Kapitel 7.

Mathcad beenden

Wenn Sie mit Ihrer Arbeit in Mathcad fertig sind, wählen Sie im **DATEI**-Menü den Eintrag **BEENDEN**. Mathcad schließt alle Fenster und bringt Sie auf Ihren Desktop zurück. Falls Sie seit dem letzten Speichern Änderungen an Ihren Arbeitsblättern vorgenommen haben, werden Sie in einem Dialogfeld gefragt, ob Sie sie verwerfen oder speichern möchten. Wenn Sie Symbolleisten verschoben haben, merkt sich Mathcad ihre Position und zeigt sie beim nächsten Programmaufruf genau dort wieder an.

Hinweis Um ein bestimmtes Arbeitsblatt zu schließen, wenn Mathcad geöffnet bleiben soll, wählen Sie aus dem **BEARBEITEN**-Menü den Befehl **SCHLIESSEN**.

Kapitel 3

Online-Ressourcen

Informationszentrum und elektronische Bücher

Hilfe

Internet-Zugriff in Mathcad

WWW-Foren

Andere Ressourcen

Informationszentrum und elektronische Bücher

Wenn Sie zu den Menschen gehören, die am besten aus Beispielen lernen, Informationen brauchen, die Sie sofort auf Ihren Mathcad-Arbeitsblättern umsetzen können, oder direkt aus Mathcad auf das World Wide Web zugreifen möchten, wählen Sie im HILFE-Menü das INFORMATIONSZENTRUM, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf



. Das Informationszentrum ist ein elektronisches Buch, das in einem eigenen Fenster mit eigenen Menüs und Symbolleisten angezeigt wird, wie in Abbildung 3.1 dargestellt.

Hinweis

In der über das Informationszentrum zugänglichen Mathcad-Internet-Bibliothek sind einige elektronische Bücher erhältlich. Darüber hinaus gibt es bei MathSoft oder Ihrem Softwarehändler viele weitere elektronische Bücher zu Mathcad. Um ein elektronisches Buch zu öffnen, wählen Sie im HILFE-Menü BUCH ÖFFNEN und suchen nach der entsprechenden HBK-Datei.

Im Informationszentrum gibt es die folgenden Angebote:

- Ein umfangreiches elektronisches Buch mit einer Sammlung von Informationen, QuickSheet-Vorlagen, Beispielen, Verweistabellen und Beispielen von Mathcad-Zusatzprodukten. Sie können die Informationen aus dem Informationszentrum einfach auf Ihre eigenen Mathcad-Arbeitsblätter verschieben.
- Unmittelbarer Zugriff auf Mathcad-Arbeitsblätter und elektronische Bücher auf der World Wide Web-Site von MathSoft oder anderen Internet-Sites
- Bereitstellung der gesamten Funktionalität, die der Internet Explorer zum Web-Browsing bietet, innerhalb der Mathcad-Umgebung
- Zugriff auf WWW-Foren zum Austausch mit anderen Mathcad-Benutzern

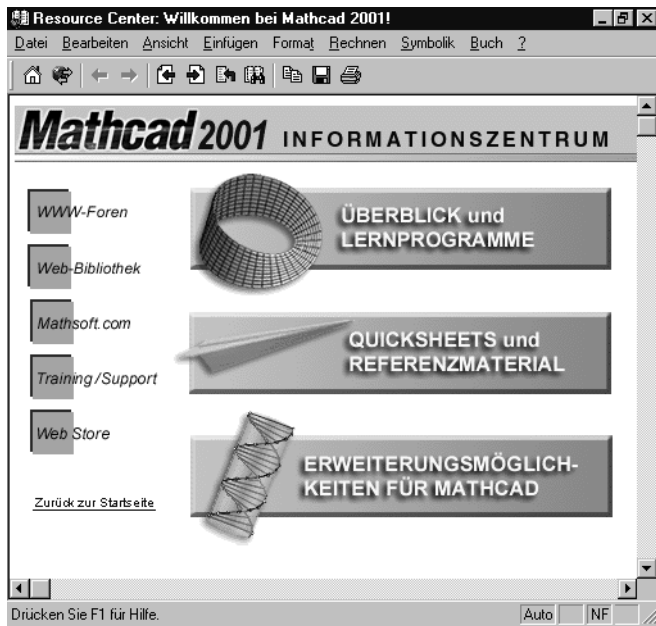


Abbildung 3.1: Das Informationszentrum für Mathcad. Die Themen in anderen Mathcad-Editionen können leicht abweichen.

Tipp

Das Informationszentrum wird bei jedem Aufruf von Mathcad automatisch geöffnet. Um dies zu umgehen, wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag OPTIONEN, klicken auf die Registerkarte ALLGEMEIN und deaktivieren die Option INFORMATIONSZENTRUM BEIM STARTEN ÖFFNEN.

Hinweis

Sie können Ihr eigenes elektronisches Mathcad-Buch erstellen. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel »Erstellen eines elektronischen Buches« auf Seite 134.

Inhalt des Informationszentrums

Dieser Abschnitt beschreibt kurz die im Informationszentrum angebotenen Themenbereiche.

- **Überblick und Lernprogramme** – Beschreibung der Funktionen und der Tutorials von Mathcad, die den Einstieg in die Arbeit mit Mathcad erleichtern oder spezielle Funktionen wie Lösung, Datenanalyse, Erstellen von Diagrammen und Arbeitsblättern erläutern.
- **QuickSheets und Referenzmaterial** – Über 300 QuickSheets, »Rezepte«, führen Sie durch eine Vielzahl von gebräuchlichen mathematischen Aufgabenstellungen, die Sie an Ihren jeweiligen Gebrauch anpassen können. Tabellen für physikalische

Konstanten, chemische und physikalische Daten und mathematische Formeln können Sie in Ihren Mathcad-Arbeitsblättern verwenden.

- **Erweiterungsmöglichkeiten für Mathcad** – Beispiele zur Verwendung der Mathcad-Komponenten und Add-Ins.
- **WWW-Foren** – Eine Verbindung zum kostenlosen Internet-Forum von MathSoft ermöglicht es Ihnen, Kontakt mit der weltweiten Gemeinde der Mathcad-Benutzer aufzunehmen.
- **Web-Bibliothek** – Eine für Mathcad-User eingerichtete Verbindung zu regelmäßig aktualisierten Inhalten und Quellen.
- **Mathsoft.com** – Internet-Site von MathSoft mit Zugriff auf Mathcad- und andere mathematische Quellen und die neuesten Informationen von MathSoft.
- **Training/Support** – Informationen zu Schulungen und Support von Mathsoft
- **Web Store** – Im Internet-Shop von MathSoft können Sie sich über alle Zusatzprodukte, die aktuellen Schulungs- und Technik-Software von MathSoft und Dritt-anbietern informieren und diese auch erwerben.

Informationen in einem elektronischen Buch suchen

Das Informationszentrum ist ein elektronisches Mathcad-Buch. Wie in anderen Hypertextsystemen, die Sie kennen, bewegt man sich in einem elektronischen Mathcad-Buch, indem man einfach auf Icons oder unterstrichenen Text klickt. Der Mauszeiger nimmt automatisch die Form einer Hand an, wenn er über einen Hypertext-Link geschoben wird. Eine Meldung in der Statusleiste teilt Ihnen mit, was passiert, wenn Sie auf den Link klicken. Abhängig davon, wie das Buch organisiert ist, öffnet der aktivierte Link automatisch den entsprechenden Abschnitt oder zeigt Informationen in einem Popup-Fenster an.

Sie können auch die Schaltflächen in der Symbolleiste oben im Fenster für das elektronische Buch verwenden, um sich durch den Inhalt zu bewegen.

Schaltfläche

Funktion



Link zum Inhaltsverzeichnis; das ist die Seite, die erscheint, wenn Sie das elektronische Buch öffnen



Öffnet eine Symbolleiste für die Eingabe einer WWW-Adresse



Geht zu dem zuletzt angezeigten Dokument zurück



Geht wieder zum nächsten Dokument weiter



Springt im elektronischen Buch einen Abschnitt zurück



Springt im elektronischen Buch einen Abschnitt weiter



Zeigt eine Liste der zuletzt angezeigten Dokumente an



Durchsucht das elektronische Buch nach einem bestimmten Begriff



Kopiert einen ausgewählten Bereich in die Zwischenablage



Speichert den aktuellen Abschnitt des elektronischen Buchs



Druckt den aktuellen Abschnitt des elektronischen Buchs

Mathcad zeichnet auf, wo Sie im elektronischen Buch gelesen haben. Wenn Sie auf



klicken, geht Mathcad zum zuletzt geöffneten Abschnitt und dort auf die Seite, wo Sie es verlassen haben, zurück. Das ist insbesondere dann praktisch, wenn Sie bei irgendeinem Verweis nachgelesen haben, und dann an den Ausgangspunkt zurückge-
langen möchten.


Wenn Sie nicht nur um einen einzigen Abschnitt zurückspringen möchten, klicken Sie

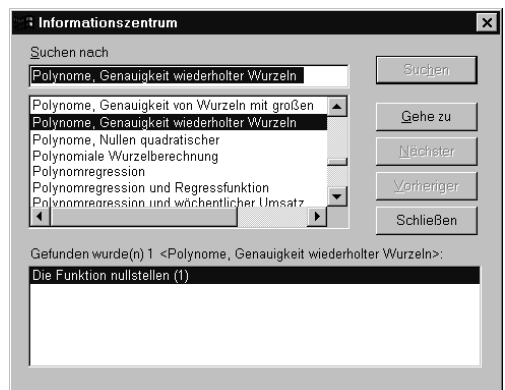


auf . Ein Protokollfenster wird angezeigt, in dem Sie jeden Abschnitt auswählen können, den Sie seit dem Öffnen des elektronischen Buchs besucht haben.

Volltextsuche

Neben der Verwendung von Hyperlinks, die in elektronischen Büchern zu ganz bestimmten Themen führen, können Sie auch nach ganzen Themen oder Sätzen suchen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf , um das Dialogfeld SUCHEN zu öffnen.
2. Geben Sie ein Wort oder einen Satz in das Textfeld SUCHEN NACH ein. Wählen Sie ein Wort oder einen Satz aus, und klicken Sie auf SUCHEN. Damit wird eine Themenliste für den Suchbegriff angezeigt und ebenfalls, wie oft er gefunden wurde.
3. Wählen Sie ein Thema aus, und klicken Sie auf GEHE ZU. Mathcad öffnet den Abschnitt im elektronischen Buch, nach dem Sie gesucht haben. Klicken Sie auf NÄCHSTER oder VORHERIGER, um zum nächsten oder vorherigen Vorkommen des Eintrags zu gelangen.



Anmerkungen in einem elektronischen Buch

Ein elektronisches Mathcad-Buch besteht aus komplett interaktiven Mathcad-Arbeitsblättern. Sie können alle mathematischen Bereiche in einem elektronischen Buch beliebig bearbeiten, um zu beobachten, wie sich ein veränderter Parameter auswirkt, wie eine geänderte Gleichung reagiert usw. Text, Grafiken oder mathematische Ausdrücke können als Kommentare in das elektronische Buch eingetragen werden. Dazu verwenden Sie die Menübefehle in dem Fenster für das elektronische Buch und die Mathcad-Symbolleisten.

Tipp

Standardmäßig werden alle Anmerkungen, die Sie in einem elektronischen Buch vornehmen, in einer besonderen Farbe markiert. Um diese Farbe zu ändern, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FARBE⇒ANMERKUNG. Um die farbige Kennzeichnung von Anmerkungen in einem elektronischen Buch zu unterdrücken, entfernen Sie die Markierung für ÄNDERUNGEN HERVORHEBEN im BUCH-Menü des elektronischen Buchs.


Speichern von Anmerkungen

Änderungen, die Sie an einem elektronischen Buch vornehmen, sind standardmäßig nicht permanent: Sie verschwinden, wenn Sie das elektronische Buch schließen. Wenn Sie das Buch wieder öffnen, wird es wieder in seinem Originalzustand angezeigt. Sie speichern die Anmerkungen in einem elektronischen Buch, indem Sie im BUCH-Menü oder im Popup-Menü, das erscheint, wenn Sie mit der rechten Maustaste klicken, den Eintrag ANMERKUNGEN IN BUCH auswählen:

- Wählen Sie im BUCH-Menü den Eintrag ABSCHNITT SPEICHERN, um alle Anmerkungen zu speichern, die Sie im aktuellen Abschnitt des elektronischen Buchs vorgenommen haben, oder wählen Sie ALLE ÄNDERUNGEN SPEICHERN, um alle Änderungen zu speichern, die stattgefunden haben, seit Sie das elektronische Buch zuletzt geöffnet haben.
- Wählen Sie ORIGINALABSCHNITT EINSEHEN, um den Abschnitt in seiner ursprünglichen Form anzuzeigen. Wählen Sie GEÄNDERTEN ABSCHNITT EINSEHEN, um Ihre Anmerkungen wieder zu sehen.
- Wählen Sie ABSCHNITT WIEDERHERSTELLEN, um wieder zum Originalabschnitt zurückzukehren, oder ALLES WIEDERHERSTELLEN, um alle Anmerkungen und Änderungen, die Sie an dem elektronischen Buch vorgenommen haben, zu entfernen.

Informationen aus einem elektronischen Buch kopieren

Es gibt zwei Möglichkeiten, Informationen aus einem elektronischen Buch in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt zu kopieren:


- Verwenden Sie die Zwischenablage. Wählen Sie unter Verwendung einer der auf Seite 29 beschriebenen Methoden Text oder Gleichungen aus, klicken Sie in der Symbolleiste des elektronischen Buchs auf  oder wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN, klicken Sie an die entsprechende Position in Ihrem Arbeitsblatt und wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag EINFÜGEN.
- Sie können ganze Bereiche aus dem Buch-Fenster heraus auf Ihr Arbeitsblatt ziehen. Wählen Sie diese Bereiche wie oben beschrieben aus, drücken Sie die Maustaste über einem der Bereiche und halten Sie sie gedrückt, während Sie den Bereich mit der Maus auf Ihr Arbeitsblatt ziehen. Die Bereiche werden in das Arbeitsblatt kopiert, sobald Sie die Maustaste loslassen.

Web-Browsing

Wenn Sie einen Internet-Zugang besitzen, stellt die Schaltfläche Web-Bibliothek im Informationszentrum eine Verbindung zum World Wide Web her, in dem Sie zahlreiche Mathcad-Arbeitsblätter und elektronische Bücher finden. Im Fenster für das Informationszentrum gehen Sie an eine beliebige Position im World Wide Web und öffnen neben den Mathcad-Arbeitsblättern Standard-HTML- (Hypertext Markup Language) oder andere Web-Seiten. Damit haben Sie in der Mathcad-Umgebung direkten Zugriff auf die reichhaltigen Informationsquellen im Internet.

Hinweis Wenn sich das Informationszentrum-Fenster im Web-Modus befindet, verwendet Mathcad ein OLE-Steuerelement zum Web-Browsing, das vom Microsoft Internet Explorer bereitgestellt wird. Für das Web-Browsing in Mathcad benötigen Sie den Microsoft Internet Explorer 4.0 oder höher auf Ihrem System, dieser muss aber nicht der Standard-Browser sein. Der Microsoft Internet Explorer steht bei der Installation von Mathcad zur Verfügung. Auf der Web-Site von Microsoft, <http://www.microsoft.com/> finden Sie weitere Informationen über Lizenzbestimmungen und technischen Support. Außerdem können Sie von dort die neueste Version herunterladen.

Um innerhalb des Informationszentrum-Fensters eine WWW-Seite anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in der Symbolleiste des Informationszentrums auf . Eine weitere Symbolleiste wird angezeigt, in die Sie eine Adresse eingeben können, wie in der folgenden Abbildung gezeigt. Jetzt befindet sich das Informationszentrum im Web-Modus:



2. Geben Sie in das Feld ADRESSE eine URL (Uniform Resource Locator) für ein Dokument im World Wide Web ein. Um beispielsweise die Homepage von MathSoft zu besuchen, geben Sie **http://www.mathsoft.com/** ein und drücken Sie die Enter-Taste. Wenn Sie einen Internet-Zugang haben und der Server zur Verfügung steht, laden Sie die angeforderte Seite in Ihr Informationszentrum. Wenn Sie keine unterstützte Version des Microsoft Internet Explorers installiert haben, rufen Sie stattdessen Ihren Standard-Web-Browser auf.

Die weiteren Schaltflächen in der Web-Symbolleiste haben die folgende Bedeutung:

Schaltfläche

Funktion



Setzt ein Lesezeichen auf der aktuellen Seite, damit diese später wieder besucht werden kann



Lädt die aktuelle Seite neu



Beendet die aktuelle Dateiübertragung

Hinweis

Wenn Sie sich im Web-Modus befinden und mit der rechten Maustaste auf das Informationszentrum klicken, zeigt Mathcad ein Popup-Menü an, das Befehle für die Anzeige von Web-Seiten bereitstellt. Viele der Schaltflächen in der Symbolleiste des Informationszentrums bleiben aktiv, während Sie sich im Web-Modus befinden. Sie können also Informationen, die Sie im Web gefunden haben, ganz einfach kopieren, speichern oder drucken, oder zu zuvor besuchten Seiten zurückkehren. Wenn Sie auf



klicken, gelangen Sie zum Inhaltsverzeichnis des Informationszentrums, und die Verbindung zum Web wird unterbrochen.

Tipp

Das Informationszentrum bietet Ihnen im Web-Modus Zugriff auf Mathcad-Arbeitsblätter im gesamten World Wide Web. Sie geben dazu einfach nur die URL des betreffenden Arbeitsblatts in das Adressfeld der Web-Symbolleiste ein.

Hilfe

Mathcad bietet in einem umfassenden Online-Hilfesystem Hilfe zu den verschiedenen Produktfunktionen an. Um die Online-Hilfe von Mathcad anzuzeigen, wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag MATHCAD-HILFE, klicken in der Standard-Symbolleiste auf



oder drücken **F1**. Das Hilfesystem von Mathcad verwendet die HTML-Hilfeumgebung von Microsoft, wie in Abbildung 3.2 gezeigt. Auf der Registerkarte INHALT wird die Explorer-Ansicht angezeigt, auf der Registerkarte INDEX schlagen Sie Begriffe oder ganze Sätze nach, und auf der Registerkarte SUCHEN durchsuchen Sie das gesamte Hilfe-System nach einem Schlüsselwort oder einem bestimmten Satz.

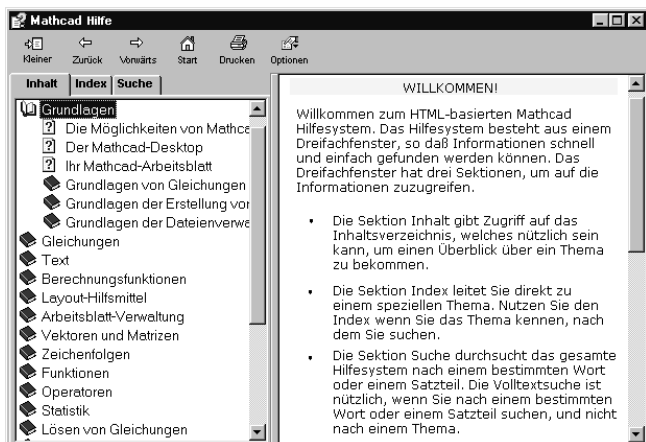


Abbildung 3.2: Die Online-Hilfe von Mathcad wird als HTML-Hilfe angezeigt.

Hinweis Zur Aktivierung dieser Hilfe muss mindestens ein Internet Explorer 4.0 installiert sein, der aber nicht der Standard-Browser sein muss.

Mathcad bietet Ihnen auch eine kontextabhängige Hilfe an. Um Hilfe zu Mathcad-Menübefehlen zu erhalten, klicken Sie auf den Befehl, damit in der Statusleiste unten im Fenster die entsprechende Information angezeigt wird. Um Informationen über die Schaltflächen der Symbolleiste zu erhalten, schieben Sie den Zeiger über diese Schaltflächen, so dass ein Tooltipp angezeigt wird.

Hinweis Die Statusleiste wird in Mathcad standardmäßig angezeigt. Sie können die Statusleiste verbergen, indem Sie im ANSICHT-Menü die Markierung für STATUSLEISTE aufheben.

Es gibt aber auch detailliertere Hilfe zu Menübefehlen, Operatoren oder Fehlermeldungen:

1. Klicken Sie auf eine Fehlermeldung, eine eingebaute Funktion oder Variable oder auf einen Operator.
2. Drücken Sie **[F1]**, um den entsprechenden Hilfebildschirm anzuzeigen.

Um Hilfe zu Menübefehlen oder einer der Schaltflächen auf der Symbolleiste zu erhalten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie **[⇧] + [F1]**. Mathcad stellt den Zeiger als Fragezeichen dar.
2. Wählen Sie im Menü einen Befehl aus. Mathcad zeigt den entsprechenden Hilfebildschirm an.
3. Klicken Sie auf eine Schaltfläche in der Symbolleiste. Mathcad zeigt den Namen des Operators sowie die zugehörige Tastenkombination in der Statusleiste an.

Um Ihre eigentliche Arbeit fortzusetzen, drücken Sie **[ESC]**. Der Zeiger wird wieder als Pfeil angezeigt.

Tipp

Wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag TIPPS UND TRICKS. Dadurch werden Ihnen beim Starten von Mathcad automatisch viele praktische Tipps angezeigt.

Spezielle Hilfen

Im HILFE-Menü von Mathcad werden zwei besondere Optionen angeboten: AUTOREN-INFO und ENTWICKLER-INFO.

- Unter AUTOREN-INFO finden Sie alle Informationen zum Erstellen eines elektronischen Buchs. Die mit dem Publikationswerkzeug von Mathcad erstellten elektronischen Bücher können im Fenster INFORMATIONSZENTRUM durchsucht werden und daher auch alle Vorteile der Navigationshilfe nutzen.
- Unter ENTWICKLER-INFO finden Sie alle Informationen zu den Eigenschaften und Methoden für die benutzerdefinierten Scriptable Objects von MathSoft sowie zu den MathSoft-Steuerelementen und für die Datenerfassung. Weitere Einzelheiten hierzu finden Sie in Kapitel 16 »Komplexere Berechnungen«. Ferner findet der fortgeschrittenere Mathcad-Benutzer hier Informationen über das Objektmodell von Mathcad, das die erforderlichen Werkzeuge für den Zugriff auf Mathcad-Eigenschaften aus anderen Anwendungen heraus erläutert. Außerdem werden die Anweisungen für den Einsatz von C oder C++ zum Erstellen eigener Funktionen in Form von DLLs für Mathcad erläutert.

Internet-Zugriff in Mathcad

Viele der in diesem Kapitel beschriebenen Online-Ressourcen für Mathcad befinden sich nicht auf Ihrem eigenen Computer oder in einem lokalen Netzwerk, sondern im Internet.

Um auf die Ressourcen im Internet zuzugreifen, gehen Sie wie folgt vor:

- Sie brauchen Netzwerksoftware, die eine 32-Bit-Internet-Applikation unterstützt (TCP/IP). Diese Software ist in der Regel Teil der Netzwerkdienste Ihres Betriebssystems. Weitere Informationen finden Sie in der Dokumentation zu Ihrem Betriebssystem.
- Sie brauchen eine direkte oder eine DFÜ-Verbindung zum Internet, mit geeigneter Hardware und der entsprechenden Kommunikationssoftware. Fragen Sie Ihren Systemadministrator oder den Internet Service Provider nach weiteren Informationen über Ihre Internet-Verbindung.

Bevor Sie über Mathcad auf das Internet zugreifen können, müssen Sie wissen, ob Sie für den Zugriff einen *Proxy-Server* verwenden. Fragen Sie Ihren Systemadministrator nach dem Namen der Proxy-Maschine oder der IP-Adresse (Internet Protokoll), ebenso wie nach der Portnummer (Socket), die Sie für die Verbindung verwenden sollten. Sie können für die drei von Mathcad angebotenen Internet-Protokolle separate Proxy-Server angeben: HTTP für das World Wide Web; FTP als Dateiübertragungsprotokoll; und GOPHER, ein älteres Protokoll für den Zugriff auf Informationsarchive.

Wenn Sie diese Informationen haben, wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag EINSTELLUNGEN. Gehen Sie auf die Registerkarte INTERNET. Geben Sie die ermittelten Werte in das Dialogfeld ein.

Die WWW-Foren

Wenn Sie eine direkte oder eine DFÜ-Internet-Verbindung haben, können Sie von der Homepage des Informationszentrums aus auf das Mathcad-WWW-Forum zugreifen. Das WWW-Forum ist ein WWW-Dienst, der Ihnen die Kommunikation mit einer ganzen Gemeinde von Mathcad-Benutzern ermöglicht. Es handelt sich dabei um eine Gruppe aus mehreren Foren, in die Sie Mathcad- oder andere Dateien laden, Nachrichten verschicken, und aus denen Sie Dateien und Nachrichten von anderen Mathcad-Benutzern herunterladen können. Sie können das WWW-Forum auch auf Schlüsselwörter oder -phrasen enthaltende Nachrichten absuchen, über für Sie interessante Nachrichten informiert werden und sich auch nur bisher ungelesene Nachrichten anzeigen lassen. Sie werden feststellen, dass die Web-Foren einige der besten Eigenschaften von Bulletin-Boards und Online-Newsgroups kombinieren und Ihnen dabei die Bequemlichkeit bieten, Arbeitsblätter und andere mit Mathcad erzeugten Dateien gemeinsam zu nutzen.

Anmeldung

Um das WWW-Forum zu öffnen, wählen Sie das HILFE-Menü des INFORMATIONSZENTRUMS und klicken das Symbol an. Sie können alternativ auch über einen Internet-Browser die Homepage direkt ansteuern:

<http://collab.mathsoft.com/~mathcad2000/>

Daraufhin wird der Anmeldebildschirm geöffnet:

Wenn Sie diesen Bildschirm zum ersten Mal sehen, klicken Sie auf NEW USER. Anschließend wird ein Formular geöffnet, in das Sie Ihren Namen sowie die weiteren erforderlichen Informationen eingeben.

Hinweis MathSoft verwendet diese Informationen für keine anderen Zwecke als für Ihre Teilnahme am WWW-Forum.

Wenn Sie das Formular ausgefüllt haben, klicken Sie auf CREATE. Einen Augenblick später finden Sie in Ihrer Mailbox eine Nachricht mit Ihrem Anmeldenamen und dem Kennwort. Gehen Sie zurück ins WWW-Forum, geben Sie diesen Anmeldenamen und das Kennwort ein und klicken Sie auf LOG IN. Das folgende Fenster wird geöffnet:

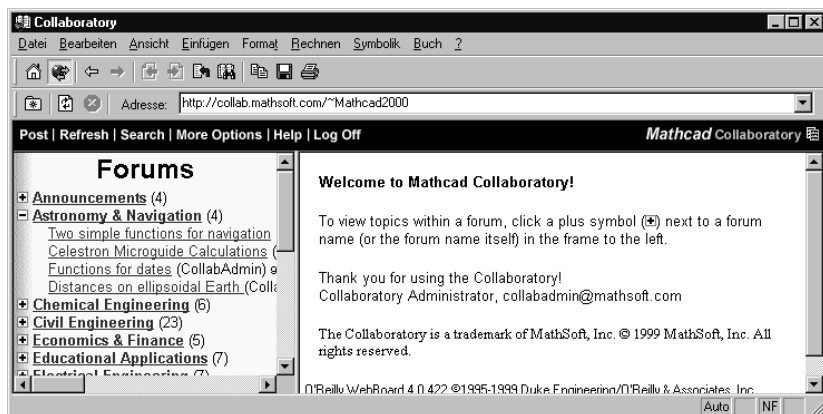


Abbildung 3.3: Öffnen Sie im Informationszentrum das WWW-Forum. Die verschiedenen Foren und Themen ändern sich im Laufe der Zeit.



Eine Auflistung der Foren und Nachrichten erscheint auf der linken Seite des Bildschirms. Die Menüleiste am oberen Bildschirmrand ermöglicht Ihnen den Zugriff auf Funktionen wie Suche und Online-Hilfe.

Tipp Wenn Sie nach der Anmeldung Ihr Kennwort ändern möchten, klicken Sie OPTIONEN in der Menüleiste am oberen Bildschirmrand an. Klicken Sie dann auf BENUTZERPROFIL ÄNDERN, geben Sie ein neues Kennwort ein und klicken Sie dann auf SPEICHERN.

Hinweis Mathcad verwaltet den WWW-Server als kostenlosen Service, der allen Mathcad-Benutzern zur Verfügung steht. Lesen Sie unbedingt die Nutzungsbedingungen.

Lesen von Nachrichten

Sobald Sie sich im WWW-Forum angemeldet haben, wird Ihnen gesagt, wie viele neue Nachrichten vorliegen und wie viele davon an Sie adressiert sind. Mit Hilfe der beigefügten Links können Sie die Nachrichten lesen oder sich am rechten Bildschirmrand eine Liste der eingegangenen Nachrichten anzeigen lassen. Um eine Nachricht in einem der WWW-Foren zu lesen, müssen Sie:

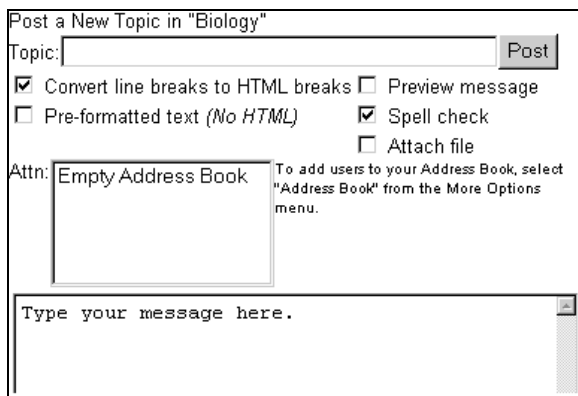
1. Auf  neben dem Namen des Forums klicken, oder den Namen des Forums anklicken.
2. Die Nachricht anklicken, die Sie lesen möchten. Klicken Sie  links neben der Nachricht, um alle Antworten darunter anzeigen zu lassen.
3. Die Nachricht wird auf der rechten Seite des Fensters angezeigt.

Noch nicht gelesene Nachrichten werden in Kursivschrift angezeigt, oder es erscheint ein »Neu«-Symbol neben der Nachricht.

Versenden einer Nachricht

Nach der Anmeldung im WWW-Forum können Sie jedes beliebige Forum besuchen und dort eine Nachricht versenden oder auf eine Nachricht antworten.

1. Klicken Sie den Namen des Forums an, um die darin enthaltenen Nachrichten anzeigen zu lassen. Wenn Sie auf eine Nachricht antworten möchten, klicken Sie auf die Nachricht.
2. Zum Versenden einer neuen Nachricht wählen Sie POST aus der Menüleiste am oberen Rand des Fensters. Zum Erstellen einer Antwort klicken Sie auf ANTWORTEN oberhalb der Nachricht im rechten Rand des Fensters. Sie sehen dann die Senden-/Antworten-Seite am rechten Rand des Fensters. Wenn Sie beispielsweise eine neue thematische Nachricht in das Biologie-Forum versenden, sehen Sie:



The screenshot shows a web form titled "Post a New Topic in 'Biology'". It includes a "Topic:" text input field followed by a "Post" button. Below this are four checkboxes: "Convert line breaks to HTML breaks" (checked), "Pre-formatted text (No HTML)" (unchecked), "Preview message" (unchecked), and "Spell check" (checked). There is also an "Attach file" checkbox which is unchecked. An "Attn:" label is followed by a dropdown menu currently showing "Empty Address Book". To the right of the dropdown is a small text box with the instruction: "To add users to your Address Book, select 'Address Book' from the More Options menu." At the bottom of the form is a large text area with the placeholder text "Type your message here." and a small "Go" button on the right side.

3. Geben Sie den Titel Ihrer Nachricht in das Feld THEMA ein.
4. Klicken Sie einen der Rahmen unterhalb des Titels an, um festzulegen, ob Sie eine Nachricht beispielsweise in der Ansicht sehen, die Rechtschreibprüfung anwenden oder eine Datei einbinden möchten.
5. Geben Sie Ihren Text in das NACHRICHT-Feld ein.

Tipp

Sie können Hyperlinks in Ihre Nachricht einbinden, indem Sie vollständige URLs wie z. B. <http://www.myserver.com/main.html> eingeben.

6. Klicken Sie SENDEN an, wenn Sie den Text eingegeben haben. Je nach gewählter Option wird Ihre Nachricht entweder sofort versandt, oder Sie können sie zunächst in der Ansicht sehen. Eventuelle orthographische Fehler werden unter Angabe von Alternativvorschlägen in roter Schrift angezeigt.
7. Erscheint der Text in der Ansicht korrekt, können Sie SENDEN anklicken.
8. Wenn Sie eine Datei einbinden, erscheint eine neue Seite. Spezifizieren Sie den Dateityp und klicken Sie JETZT HOCHLADEN an.

Hinweis

Für weitere Informationen zum Lesen und Versenden von Nachrichten und anderen Funktionen der WWW-Foren klicken Sie HILFE in der Menüleiste der WWW-Foren an.

Um eine versandte Nachricht zu löschen, müssen Sie diese durch Anklicken öffnen und LÖSCHEN in der kleinen Menüleiste anklicken, die sich oberhalb der Nachricht am rechten Fensterrand befindet.

Suchen

Um das WWW-Forum zu durchsuchen, müssen Sie in der Menüleiste des WWW-Forums SUCHEN anklicken. Sie können hiermit Nachrichten suchen, die bestimmte Begriffe oder Wendungen enthalten, an einem bestimmten Datum oder von bestimmten Benutzern erstellt wurden.

Sie können die Benutzer-Datenbank des WWW-Forums auch dafür benutzen, um nach Benutzern aus bestimmten Ländern oder nach bestimmten E-Mail-Adressen zu suchen. Hierfür müssen Sie lediglich auf BENUTZER SUCHEN am oberen Rand der Such-Seite klicken.

Ändern Ihrer Benutzer-Information

Bei Ihrer Erstanmeldung im WWW-Forum haben Sie ein Formular zur Information neuer Benutzer mit Namen, Adresse usw. ausgefüllt. Diese Informationen wurden als Ihr Profil gespeichert. Um diese Informationen oder Standardeinstellungen des WWW-Forums ändern zu können, müssen Sie zunächst Ihr Profil wie folgt bearbeiten:

1. Klicken Sie OPTIONEN in der Menüleiste am oberen Fensterrand an.
2. Klicken Sie PROFIL BEARBEITEN an.

3. Ändern Sie die Angaben im Formular und klicken Sie auf **SPEICHERN**.

Sie können Angaben wie Anmeldenamen und Kennwort ändern oder Ihre E-Mail-Adresse verstecken.

Andere Funktionen

Die WWW-Foren verfügen über weitere Funktionen, die ein problemloses Auffinden und Bereitstellen von Informationen für die Mathcad-Gemeinde ermöglichen. Aktivitäten wie das Erstellen eines Adressbuchs, das Kenntlichmachen bereits gelesener Nachrichten, die Ansicht ausgewählter Nachrichten oder die automatische Abfrage von E-Mail-Bekanntmachungen lassen sich durch **WEITERE OPTIONEN** in der Menüleiste der WWW-Foren durchführen.

Die WWW-Foren unterstützen ebenfalls Kontakte via E-Mail oder News Groups. Für weitere Informationen zu diesen oder anderen in den WWW-Foren verfügbaren Funktionen klicken Sie **HILFE** in der Menüleiste des WWW-Forums an.

Weitere Hilfsquellen

Online-Dokumentation

Die folgende Mathcad-Dokumentation enthält der DOC-Ordner der Mathcad-CD im PDF-Format:

- *Mathcad-Benutzerhandbuch mit Referenzbuch*: Benutzerhandbuch mit aktuellen Informationen und allen Updates, die nach der letzten Ausgabe erstellt wurden.

Sie können diese PDF-Datei lesen, wenn Sie den Adobe Acrobat Reader installiert haben, der in dem DOC-Ordner der Mathcad-CD bereitliegt. Weitere Informationen zur Online-Dokumentation finden Sie in der Readme-Datei des DOC-Ordners.

Beispielordner

Der Beispielordner in Ihrem Mathcad-Ordner enthält Beispieldateien aus Mathcad und MathConnex, die Komponenten wie Axum-, Excel- oder SmartSketch-Komponenten einsetzen. Er enthält des Weiteren Beispielanwendungen aus Visual Basic, die auf die Arbeit mit Mathcad-Dateien ausgerichtet sind. Weitere Informationen zu den in den Beispielen angeführten Komponenten und Funktionen finden Sie in Kapitel 16, »Komplexere Berechnungen«.

Anmerkungen

Die Anmerkungen finden Sie im DOC-Ordner Ihres Mathcad-Ordners. Dort erhalten Sie aktuelle Informationen über Mathcad, Updates zu den Dokumentationen, Troubleshooting-Anweisungen usw.

Teil 2

Mathcad- Arbeitsblätter

Kapitel 4

Mathematische Ausdrücke

Mathematische Ausdrücke einfügen

Ausdrücke aufbauen

Ausdrücke bearbeiten

Mathematische Formate

Mathematische Ausdrücke einfügen

Sie können Ihre mathematischen Gleichungen und Ausdrücke im Mathcad-Arbeitsblatt an beliebiger Stelle einfügen. Dazu klicken Sie einfach nur auf das Arbeitsblatt und fangen an, zu tippen.

1. Klicken Sie irgendwo in das Arbeitsblatt. Sie sehen einen Fadenkreuz-Cursor. Alles, was Sie eingeben, erscheint an der Position dieses Fadenkreuzes.
2. Geben Sie Zahlen, Buchstaben und mathematische Operatoren ein, oder fügen Sie sie mit Hilfe der Schaltfläche in den Mathematik-Symboleisten von Mathcad ein, um einen *mathematischen Bereich* anzulegen.

$+$
$15 - \frac{8}{104.5} = 14.923$

Sie werden feststellen, dass Mathcad anders als eine Textverarbeitung standardmäßig alles, was Sie am Fadenkreuz-Cursor eingeben, als mathematischen Ausdruck interpretiert. Wenn Sie stattdessen einen Textbereich anlegen möchten, gehen Sie vor wie in Kapitel 5, »Text«, beschrieben.

Manchmal geben Sie Ihre mathematischen Ausdrücke auch in Platzhalter in einem mathematischen Ausdruck ein, die erscheinen, wenn Sie bestimmte Operatoren eingeben. In Kapitel 9, »Operatoren«, finden Sie detailliertere Informationen über die mathematischen Operatoren in Mathcad und die dafür bereitgestellten *Platzhalter*.

Das restliche Kapitel stellt die Elemente mathematischer Ausdrücke in Mathcad vor und beschreibt die Techniken, die Sie zum Aufbau und zur Bearbeitung brauchen.

Zahlen und komplexe Zahlen

Dieser Abschnitt beschreibt die verschiedenen Zahlentypen, die Mathcad unterstützt, und wie sie in mathematische Ausdrücke eingegeben werden. Eine einzelne Zahl wird in Mathcad als *Skalar* bezeichnet. Informationen über die Eingabe von Zahlengruppen in *Feldern* finden Sie im Abschnitt »Vektoren und Matrizen« auf Seite 61.

Zahlentypen

In mathematischen Bereichen interpretiert Mathcad alles, was mit einer der Ziffern 0-9 beginnt, als Zahl. Einer Ziffer können folgen:

- Andere Ziffern
- Ein Dezimalpunkt
- Ziffern nach dem Dezimalpunkt
- Einer der Buchstaben **b**, **h** oder **o** für binäre, hexadezimale und oktale Zahlen, und **i** oder **j** für imaginäre Zahlen. Diese Zahlentypen werden im Folgenden noch genauer beschrieben. Weitere Informationen über andere Suffixe finden Sie im Anhang »Suffixe für Zahlen« auf Seite 598.

Hinweis Mathcad verwendet den Punkt (.) als Dezimalpunkt. Das Komma (,) trennt einzelne Werte in einer Bereichsvariablendefinition, wie im Abschnitt »Bereichsvariablen« auf Seite 148 noch beschrieben wird. Wenn Sie Zahlen eingeben, die größer als 999 sind, verwenden Sie bitte weder ein Komma noch einen Punkt, um die Tausendergruppen zu kennzeichnen. Geben Sie einfach eine Ziffer nach der anderen ein. Um beispielsweise Zehntausend einzugeben, tippen Sie **10000**.

Imaginäre und komplexe Zahlen

Imaginäre Zahlen werden mit den Suffixen *i* oder *j* gekennzeichnet, beispielsweise **1i** oder **2.5j**.

Hinweis Es ist nicht möglich, *i* oder *j* ohne Zahlen zu verwenden, um so den Imaginäranteil darzustellen. Sie müssen immer **1i** oder **1j** schreiben. Andernfalls hält Mathcad das *i* oder das *j* für eine Variable. Befindet sich der Cursor jedoch außerhalb einer Gleichung, die *1i* oder *1j* enthält, verbirgt Mathcad die überflüssige Angabe von 1.

Sie können imaginäre Zahlen zwar von *i* oder *j* gefolgt eingeben, aber Mathcad zeigt sie normalerweise mit einem *i* an. Wenn Sie möchten, dass Mathcad die imaginären Zahlen mit *j* anzeigt, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag ERGEBNIS, klicken die Registerkarte OPTIONEN ANZEIGEN an und setzen IMAGINÄRER WERT auf j(J). Weitere Informationen über die Formatierung finden Sie im Abschnitt »Ergebnisse formatieren« auf Seite 158.

Mathcad akzeptiert komplexe Zahlen der Form $a + bi$ (oder $a + bj$), wobei *a* und *b* reelle Zahlen sind.

Binärzahlen

Binäre Zahlen werden mit einem nachfolgenden **b** gekennzeichnet. Beispielsweise ist binär **1111000b** gleich 240 dezimal. Binärzahlen müssen kleiner 2^{31} sein.

Oktale Zahlen

Oktale Zahlen werden mit einem nachfolgenden **o** gekennzeichnet. Beispielsweise ist oktal **25636o** gleich 11166 dezimal. Oktalzahlen müssen kleiner 2^{31} sein.

Hexadezimalzahlen

Hexadezimale Zahlen werden mit einem nachfolgenden **h** gekennzeichnet. Beispielsweise ist hexadezimal **2b9eh** gleich 11166 dezimal. Um die Ziffern oberhalb von 9 darzustellen, verwenden Sie die Großbuchstaben **A** bis **F**. Um eine Hexadezimalzahl einzugeben, die mit einem Buchstaben beginnt, stellen Sie ihr eine führende Null voraus. Andernfalls hält Mathcad die Zahl für eine Variable. Schreiben Sie also **0a3h** (löschen Sie das Multiplikationszeichen zwischen 0 und 3) statt **a3h**, um die Dezimalzahl 163 hexadezimal darzustellen. Hexadezimalzahlen müssen kleiner 2^{31} sein.

Exponentenschreibweise

Um sehr große oder sehr kleine Zahlen in Exponentenschreibweise darzustellen, multiplizieren Sie eine Zahl einfach mit einer Potenz von 10. Um beispielsweise die Zahl $3 \cdot 10^8$ einzugeben, schreiben Sie **3*10^8**.

Vektoren und Matrizen

Eine Zahlenspalte ist ein *Vektor*, ein rechteckiges Zahlenfeld ist eine *Matrix*. Der allgemeine Begriff für einen Vektor oder eine Matrix lautet *Feld (Array)*.


Es gibt mehrere Möglichkeiten, in Mathcad Felder anzulegen. Eine der einfachsten ist das Ausfüllen eines Felds mittels leerer Platzhalter; dies wird später in diesem Abschnitt noch beschrieben. Diese Technik ist vor allem für kleinere Felder bis 100 Elemente geeignet. Weitere Techniken zum Anlegen von Feldern beliebiger Größe sind in Kapitel 11, »Vektoren, Matrizen und Datenfelder«, beschrieben.

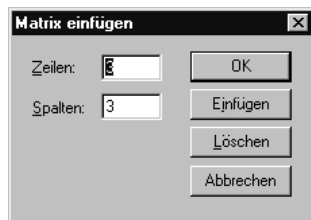
Tipp

Vielleicht wollen Sie den Matrizennamen, Vektoren und Skalaren unterschiedliche Schriften zuweisen. In vielen Mathematikbüchern findet man die Namen von Vektoren fett dargestellt, während die Skalare kursiv angezeigt werden. Weitere Informationen darüber, wie Sie diese Darstellung realisieren, finden Sie im Abschnitt »Mathematische Formate« auf Seite 80.

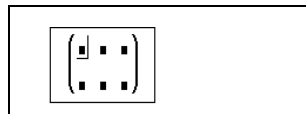
Einen Vektor oder eine Matrix anlegen


Um in Mathcad einen Vektor oder eine Matrix anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

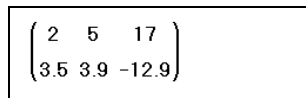
1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag MATRIX, oder klicken Sie in der MATRIX-Symbolleiste auf die Schaltfläche . Das hier gezeigte Dialogfeld erscheint:



2. Geben Sie die Anzahl der Spalten und Zeilen in die beiden dafür vorgesehenen Felder ein. In diesem Beispiel verwenden wir zwei Zeilen und drei Spalten. Klicken Sie auf OK. Mathcad fügt eine Matrix mit Platzhaltern ein.



3. Tragen Sie anstelle der Platzhalter die gewünschten Werte ein, um die Matrix zu vervollständigen. Drücken Sie auf die -Taste, um sich zwischen den Platzhaltern zu bewegen.



Diese Matrix kann wie eine Zahl in einer Gleichung verwendet werden.

Tipp

Das Dialogfeld MATRIX EINFÜGEN ermöglicht Ihnen außerdem, eine bestimmte Anzahl Zeilen oder Spalten aus einem bereits existierenden Feld anzulegen. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt »Größenänderungen von Vektoren und Matrizen« auf Seite 254.

Hinweis

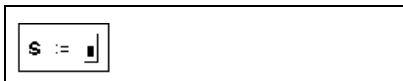
In diesem Buch bezieht sich der Begriff »Vektor« stets auf einen *Spaltenvektor*. Ein Spaltenvektor ist eine einspaltige Matrix. Sie können auch einen *Zeilenvektor* anlegen, indem Sie eine Matrix mit einer Zeile und vielen Spalten erzeugen.

Strings

Größtenteils sind die mathematischen Ausdrücke und die Variablen, mit denen Sie in Mathcad arbeiten, Zahlen oder Felder (Arrays). Sie können aber auch mit Strings (auch als Zeichenfolgenkonstanten oder Zeichenfolgenvariablen bezeichnet) arbeiten. Strings können beliebige Zeichen enthalten, die Sie auf der Tastatur eingeben, unter anderem Buchstaben, Ziffern, Interpunktionszeichen oder Leerzeichen sowie zahlreiche Sonderzeichen, die im Anhang auf Seite 400 im Abschnitt »ASCII-Codes« beschrieben sind. Strings unterscheiden sich von Variablennamen und Zahlen dahingehend, dass Mathcad sie immer zwischen Anführungszeichen anzeigt. Ein String kann einem Variablennamen zugewiesen werden, oder er kann als Element eines Vektors oder einer Matrix oder als Argument für eine Funktion verwendet werden.

Um einen String anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

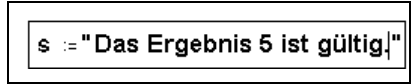
1. Klicken Sie in einem mathematischen Ausdruck auf einen leeren Platzhalter, normalerweise rechts von einer Variablendefinition.




2. Geben Sie das doppelte Anführungszeichen (") ein. Mathcad zeigt ein Paar Anführungszeichen an und stellt den Cursor zwischen die beiden Zeichen.





3. Geben Sie eine beliebige Kombination aus Buchstaben, Zahlen, Interpunktionszeichen oder Leerzeichen ein.




Klicken Sie irgendwo außerhalb des

Ausdrucks, oder klicken Sie zweimal auf die Taste mit dem Pfeil nach rechts , wenn Sie fertig sind.

Um ein Sonderzeichen einzugeben, das einem der ASCII-Zeichen entspricht, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in dem String auf den Einfügepunkt.
2. Halten Sie die -Taste gedrückt und geben Sie die Zahl »0« ein, unmittelbar gefolgt von der Nummer für den ASCII-Code. *Verwenden Sie dazu den numerischen Tastenblock auf der rechten Seite der Tastatur im Zahlenmodus.*
3. Lassen Sie die -Taste los. Sie sehen das Symbol in dem String.

Um beispielsweise das Grad-Zeichen (°) einzugeben, drücken Sie die -Taste und geben auf dem numerischen Tastenblock 0176 ein.

Hinweis

Das doppelte Anführungszeichen (") hat in Mathcad unterschiedliche Bedeutungen, abhängig davon, wo Sie es verwenden. Wenn Sie einen String eingeben möchten, müssen Sie immer einen leeren Platzhalter dafür auswählen.

Gültige Strings sind beispielsweise »Fischers Fritz fischt frische Fische«, »Ungültige Eingabe: Geben Sie eine Zahl kleiner -5 ein« oder »Keine Panik!«. Eine Zeichenfolge erscheint in Mathcad immer in einer einzigen Textzeile auf Ihrem Arbeitsblatt, obwohl es keine Größenbeschränkung gibt. Beachten Sie, dass eine Zeichenfolge wie »123«, die auf die oben beschriebene Weise erzeugt wurde, von Mathcad als String verstanden wird, nicht als die Zahl 123.

Tipp

Strings sind insbesondere dann praktisch, um allgemeine Fehlermeldungen in Programmen anzuzeigen, wie in Kapitel 15 noch genauer erklärt wird. Andere Funktionen zur Verarbeitung von Strings sind im Abschnitt »Funktionen für Zeichenfolgen« auf Seite 248 beschrieben.



Namen

Ein *Name* in Mathcad ist einfach eine Zeichenfolge, die Sie eingeben oder in einen mathematischen Bereich einfügen. Ein Name bezieht sich in der Regel auf eine Variable oder auf eine Funktion, die Sie in einer Berechnung verwenden. Mathcad unterscheidet zwei Arten von Namen:

- Eingebaute Namen. Das sind Namen für Variablen und Funktionen, die in Mathcad immer zur Verfügung stehen, und die Sie in Ihren Ausdrücken beliebig verwenden können.
- Benutzerdefinierte Namen. Das sind Namen von Variablen und Funktionen, die Sie in Ihren Mathcad-Arbeitsblättern erzeugen.

Eingebaute Namen

Weil Mathcad eine Umgebung für numerische und symbolische Berechnungen ist, gibt es sehr viele eingebaute Namen für die Verwendung in mathematischen Ausdrücken. Diese eingebauten Namen beinhalten *eingebaute Variablen* und *eingebaute Funktionen*.

- Mathcad beinhaltet mehrere Variablen die, anders als gewöhnliche Variablen, bereits beim Starten definiert sind. Diese *vordefinierten* oder *eingebauten Variablen* haben entweder einen konventionellen Wert, wie beispielsweise π (3.14159...) oder e (2.71828...), oder sie werden als Systemvariablen verwendet, die die Berechnungen in Mathcad steuern. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt »Eingebaute Variablen« auf Seite 142.
- Neben diesen vordefinierten Variablen behandelt Mathcad die Namen aller eingebauten Einheiten als vordefinierte Variablen. Beispielsweise erkennt Mathcad den Namen »A« als Ampere, »m« als Meter, »s« als Sekunde usw. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag EINHEIT, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf , um eine der in Mathcad vordefinierten Einheiten einzufügen. Weitere Informationen über eingebaute Einheiten finden Sie im Abschnitt »Einheiten und Dimensionen« auf Seite 152.
- Mathcad enthält sehr viele eingebaute Funktionen, die bestimmte Standardberechnungen vornehmen, von den Grundrechenarten bis hin zu komplexen Kurveninterpolationen, Matrixmanipulationen und Statistik. Um auf eine dieser eingebauten Funktionen zuzugreifen, geben Sie einfach ihren Namen in einen mathematischen Bereich ein. Beispielsweise erkennt Mathcad den Namen »mittelwert« als den Namen der eingebauten Funktion *mittelwert*, die das arithmetische Mittel der Elemente in einem Feld berechnet. Der Name »eigenwerte« steht für die eingebaute *eigenwerte*-Funktion, die einen Vektor mit Eigenwerten für eine Matrix zurückgibt.
- Sie können auch im EINFÜGEN-Menü den Eintrag FUNKTION auswählen oder in der Standard-Symbolleiste auf  klicken, um eine der eingebauten Funktionen von Mathcad einzufügen. Einen allgemeinen Überblick über die eingebauten Funktionen von Mathcad finden Sie im Kapitel 10, »Eingebaute Funktionen«.

Benutzerdefinierte Variablen- und Funktionsnamen

Mathcad ermöglicht es Ihnen, verschiedene Ausdrücke als Variablen- oder Funktionsnamen zu verwenden.

Namen in Mathcad können die folgenden Zeichen enthalten:

- Groß- und Kleinbuchstaben
- Die Ziffern 0 bis 9

- Den Unterstrich (_)
- Das Primsymbol ('). Dieses Symbol entspricht nicht dem Apostroph. Es befindet sich auf derselben Taste wie $\#$, Sie können auch die Tastenkombination $\text{Strg} + \text{F7}$ benutzen.
- Das Prozentzeichen (%)
- Griechische Buchstaben. Um einen griechischen Buchstaben einzufügen, klicken Sie auf eine Schaltfläche in der Symbolleiste für griechische Buchstaben, oder Sie geben den entsprechenden lateinischen Buchstaben ein und drücken $\text{Strg} + \text{G}$. Im Abschnitt »Griechische Buchstaben« auf Seite 66 finden Sie weitere Informationen.
- Das Symbol Unendlich (∞), das Sie einfügen, indem Sie auf der Differential- und Integralpalette auf ∞ klicken oder $\text{Strg} + \diamond + \text{Z}$ drücken

Hier einige Beispiele für gültige Namen:

alpha	b
xyz700	A1_B2_C3_D4%%
F1'	a%

Für Variablenamen gelten die folgenden Einschränkungen:

- Ein Name darf nicht mit einer der Ziffern von 0 bis 9 beginnen. Mathcad interpretiert alles, was mit einer Ziffer beginnt, entweder als imaginäre Zahl ($2i$ oder $3j$), als binäre, oktale oder hexadezimale Zahl (z. B. 50 , $7h$) oder als Multiplikator für eine Variable ($3 \bullet x$).
- Das Zeichen für Unendlich (∞) darf nicht das erste Zeichen des Namens sein.
- Alle Zeichen, die Sie nach einem Punkt (.) eingeben, erscheinen tiefgestellt, wie auf Seite 66 noch genauer beschrieben wird, als so genanntes Literal.
- Alle Zeichen im Namen müssen dieselbe Schriftart, dieselbe Schriftgröße und denselben Schriftschnitt (kursiv, fett usw.) verwenden. Es ist jedoch möglich, in einem Variablenamen griechische Buchstaben zu verwenden, wie auf Seite 80 unter »Mathematische Formate« beschrieben.
- Mathcad unterscheidet nicht zwischen Variablenamen und Funktionsnamen. Wenn Sie also $f(x)$ definieren und später auch die Variable f , werden Sie feststellen, dass Sie $f(x)$ unterhalb der Definition von f nicht mehr benutzen können.
- Es ist möglich, die Namen, die Mathcad für eingebaute Funktionen, Konstanten und Einheiten verwendet, neu zu definieren, aber beachten Sie, dass dann ihre eigentliche Bedeutung nicht mehr vorhanden ist. Wenn Sie beispielsweise die Variable *mittelwert* definieren, kann die eingebaute Mathcad-Funktion *mittelwert*(**v**) nicht mehr genutzt werden.

Hinweis Mathcad berücksichtigt die Groß-/Kleinschreibung. Beispielsweise ist der Variablenname *diam* nicht gleich dem Variablenamen *DIAM*. Außerdem unterscheidet es auch zwischen Namen in unterschiedlichen Formaten, wie auf Seite 80 beschrieben. *Diam* ist also eine andere Variable als ***Diam***.

Tipp

Um in einem Namen Symbole wie \$ einzugeben, geben Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\$} + \boxed{K}$, dann das Symbol und schließlich wieder $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\$} + \boxed{K}$ ein.

Griechische Buchstaben

Es gibt zwei Möglichkeiten, in einen Variablennamen griechische Buchstaben einzufügen:

- Klicken Sie auf den entsprechenden Buchstaben in der Palette griechischer Symbole. Um diese Symbole anzuzeigen, klicken Sie in der Rechen-Symboleiste auf $\alpha\beta$, oder Sie wählen im ANSICHT-Menü den Eintrag SYMBOLLEISTEN \Rightarrow GRIECHISCH.
- Geben Sie das lateinische Äquivalent zu dem griechischen Symbol ein, und drücken Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{G}$. Um beispielsweise ϕ einzugeben, drücken Sie $\boxed{F} + \boxed{\text{Strg}} + \boxed{G}$. Auf Seite 396 finden Sie eine Tabelle der griechischen Buchstaben und ihrer lateinischen Äquivalente.

Hinweis

Viele der griechischen Großbuchstaben sehen aus wie normale Großbuchstaben, sind aber nicht dasselbe. Mathcad unterscheidet zwischen griechischen und lateinischen Buchstaben, auch wenn sie optisch gleich dargestellt sind.

Tipp

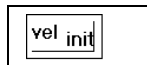
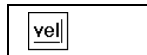
Weil der griechische Buchstabe π so oft verwendet wird, kann er auch über $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\pi} + \boxed{P}$ eingegeben werden.

Tiefstellungen

Wenn Sie in einem Variablennamen einen Punkt eingeben, zeigt Mathcad alles, was nach diesem Punkt kommt, als tiefgestellten Index, als so genanntes Literal, an, was aber keinem Vektor entspricht, wie unten beschrieben. Sie nutzen diese Tieferstellungen, um Variablen mit Namen wie beispielsweise vel_{init} oder u_{luft} zu erzeugen.

Um eine Tieferstellung in einem Namen zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Teil des Namens an, der vor dem tiefgestellten Index (Literal) erscheinen soll.
2. Geben Sie einen Punkt (.) ein, gefolgt von dem Teil des Namens, der tiefgestellt werden soll.



Hinweis

Verwechseln Sie diese Namenstiefstellungen nicht mit Feld-Indizes, die erzeugt werden, wenn die öffnende eckige Klammer ([]) eingegeben oder auf der Kalkulator-

Symboleiste auf \times_n geklickt wird. Die Darstellung ist zwar fast dieselbe – eine Tieferstellung im Namen erscheint unterhalb der Eingabezeile, wie ein Feldindex, aber mit einem kleinen Abstand vor dem tiefgestellten Teil – doch in Berechnungen verhalten sie sich völlig unterschiedlich. Eine Tieferstellung im Namen ist einfach nur eine kosmetische Maßnahme für einen Variablennamen. Ein Feldindex aber stellt einen Verweis auf ein Feldelement dar. Weitere Informationen über Feldindizes finden Sie in Kapitel 11.

Operatoren


Wie im vorigen Abschnitt bereits beschrieben, setzen sich Namen und Zahlen aus bestimmten Zeichen zusammen. Andere Zeichen wie beispielsweise * oder + stellen *Operatoren* dar.

Operatoren sind Symbole wie »+« oder »-«, die Variablen und Zahlen zu *Ausdrücken* zusammenfassen. Variablen und Zahlen, die mit Hilfe von Operatoren verknüpft werden, werden auch als *Operanden* bezeichnet. In einem Ausdruck wie

$$a^{x+y}$$

sind die Operanden für das »+« die Variablen x und y . Die Operanden für den *Exponenten*-Operator sind a und der Ausdruck $x+y$.

Die allgemeinen arithmetischen Operatoren werden mit den Standardtasten eingegeben, beispielsweise * und +, die auch in Ihren Tabellenkalkulationen und anderen Applikationen verwendet werden. In Mathcad können alle Operatoren durch die entsprechenden Tasten oder die Schaltflächen in den Rechen-Symbolleisten eingegeben werden. Beispielsweise fügen Sie den Ableitungsoperator ein, indem Sie ?

eingeben oder in der Differential- und Integralpalette auf  klicken. Eine vollständige Liste aller Operatoren finden Sie auf Seite 377. Außerdem sind die Mathcad-Operatoren in Kapitel 9 genauer beschrieben.

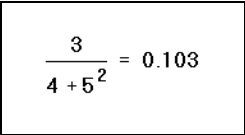
Ausdrücke

Mathematische Ausdrücke werden erzeugt, indem Sie einfach nur Zeichen eingeben oder die entsprechenden Operatoren aus den Rechen-Symbolleisten einfügen.

Die Eingabe



$$3/4+5^2=$$

beispielsweise erzeugt das hier gezeigte Ergebnis:


$$\frac{3}{4+5^2} = 0.103$$


Auf den ersten Blick scheint der Formeleditor von Mathcad einem Texteditor ganz ähnlich zu sein, aber er ist sehr viel mehr. Mathematische Ausdrücke haben eine wohldefinierte Struktur, auf die der Formeleditor von Mathcad ganz genau abgestimmt ist. In Mathcad werden die mathematischen Ausdrücke nicht eingegeben, sondern aufgebaut.

Mathcad setzt automatisch die Komponenten einer Anweisung zusammen. Dabei werden die Operatorprioritäten und einige zusätzliche Regeln berücksichtigt, die die Eingabe von Nennern, Exponenten und Wurzelausdrücken sehr vereinfachen. Wenn

Sie beispielsweise / eingeben oder in der Kalkulator-Symbolleiste auf  klicken, legen Sie einen Bruch an. Mathcad bleibt so lange im Nenner, bis Sie die -Taste drücken, um den gesamten Ausdruck zu selektieren.

Die Eingabe von Namen und Zahlen

Bei der Eingabe von Namen oder Zahlen verhält sich Mathcad ganz wie eine normale Textverarbeitung. Während der Eingabe sehen Sie die Zeichen, die Sie schreiben, hinter einem vertikalen Strich, einer *Bearbeitungslinie*. Mit Hilfe der Pfeile nach links oder rechts bewegen Sie diese Bearbeitungslinie um jeweils ein Zeichen nach links oder rechts, so wie Sie es aus der Textverarbeitung kennen. Es gibt jedoch zwei wichtige Unterschiede:

- Wenn die Bearbeitungslinie nach rechts bewegt wird, hinterlässt sie eine Spur. Dabei handelt es sich um die »horizontale Bearbeitungslinie«. Sie werden erkennen, wie wichtig sie ist, sobald Sie anfangen, mit Operatoren zu arbeiten.
- Wenn die Gleichung, in die Sie geklickt haben, noch keinen Operator enthält, wird der mathematische Bereich durch Drücken der -Taste in einen Textbereich umgewandelt. Diese Umwandlung kann nicht rückgängig gemacht werden.



Die Eingabe von Operatoren

Für die Arbeit mit Operatoren müssen Sie lernen, welche Variable oder welcher Ausdruck als *Operand* verwendet werden soll. Es gibt zwei Möglichkeiten:

- Sie geben zuerst den Operator ein und füllen die Platzhalter mit Operanden.
- Sie verwenden die Bearbeitungslinien, um anzugeben, welche Variable oder welcher Ausdruck als Operand verwendet werden soll.

Mit der ersten Methode erzeugen Sie gewissermaßen ein Gerüst und füllen die Details später ein. Diese Methode ist einfacher, wenn Sie sehr komplizierte Ausdrücke erzeugen oder wenn Sie mit Operatoren wie Summen arbeiten, für die sehr viele Operanden erforderlich sind, die aber keine natürliche Eingabereihenfolge aufweisen.

Die zweite Methode entspricht eher der einfachen Eingabe. Sie ist viel schneller, wenn Sie mit einfachen Ausdrücken arbeiten. In Ihrer täglichen Arbeit werden Sie nach Bedarf zwischen den beiden Möglichkeiten wechseln.

Und so erzeugen Sie den Ausdruck a^{x+y} nach der ersten Methode:

1. Drücken Sie \wedge , um den Exponentenoperator zu erzeugen, oder klicken Sie in der Kalkulator-



Symbolleiste auf \times^y . Sie sehen zwei Platzhalter.

Die Bearbeitungslinien »halten« den Exponentenplatzhalter.

2. Klicken Sie auf den unteren Platzhalter, und geben Sie **a** ein.



3. Klicken Sie auf den oberen Platzhalter.



4. Geben Sie **+** ein.



5. Klicken Sie auf die weiteren Platzhalter, und geben Sie **x** und **y** ein.

$$a^{x+y}$$

Um den Ausdruck a^{x+y} mit Hilfe der Bearbeitungslinien zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie **a** ein. Die Bearbeitungslinien halten das a und zeigen an, dass a zum ersten Operanden des als nächstes eingegebenen Operators wird.

$$a|$$

2. Drücken Sie **^**, um den Exponentenoperator zu erzeugen. Wie bereits angekündigt, wird a zum ersten Operanden des Exponenten. Die Bearbeitungslinien halten jetzt einen weiteren Platzhalter.

$$a^|$$

3. Geben Sie für den Platzhalter **x+y** ein, um den Ausdruck zu vervollständigen.

$$a^{x+y}$$

Beachten Sie, dass Sie den Ausdruck in diesem Beispiel so eingeben können, wie Sie ihn auch lesen. Selbst dieses einfache Beispiel enthält jedoch Mehrdeutigkeiten. Wenn Sie sagen » a hoch x plus y «, dann können Sie nicht unterscheiden, ob Sie damit a^{x+y} oder a^x+y meinen. Bei komplizierteren Ausdrücken gibt es noch viel mehr Verwechslungsgefahren.

Sie können diese Mehrdeutigkeiten mit Hilfe von Klammern eliminieren, aber das kann sehr aufwändig sein. Besser verwenden Sie die Bearbeitungslinien, um die Operanden für Ihre Operatoren anzugeben. Das folgende Beispiel zeigt dies, indem es beschreibt, wie statt a^{x+y} der Ausdruck a^{x+y} erzeugt wird.

1. Geben Sie **a^x** ein, wie Sie es auch im vorigen Beispiel getan haben. Beachten Sie, wie die Bearbeitungslinien das x enthalten. Wenn Sie jetzt ein **+** eingeben, wird das x zum ersten Operanden des Pluszeichens.

$$a^x|$$

2. Drücken Sie die **|**-Taste. Die Bearbeitungslinien enthalten jetzt den gesamten Ausdruck, a^x .

$$a^x|$$

3. Geben Sie **+** ein. Was zwischen den Bearbeitungslinien stand, wird jetzt zum ersten Operanden des Pluszeichens.

$$a^x + |$$

4. In den letzten Platzhalter geben Sie **y** ein.

$$a^x + y$$

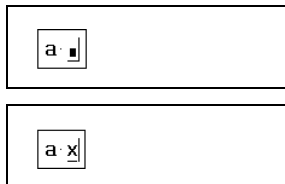
Multiplikation

Wenn Sie auf einem Blatt Papier eine Multiplikation vornehmen, dann werden die beiden Variablen normalerweise nebeneinander geschrieben. Ausdrücke wie beispielsweise ax oder $a(x+y)$ werden häufig als » a mal x « oder » a mal die Summe aus x plus y « erkannt.

Das ist mit Mathcad-Variablen nicht möglich, weil Mathcad bei der Eingabe von **ax** nicht erkennt, ob Sie »a mal x« oder »die Variable ax« meinen. Wenn Sie **a (x+y)** eingeben, kann Mathcad nicht erkennen, ob Sie »a mal die Summe aus x plus y« meinen oder ob Sie die Funktion *a* auf das Argument *x+y* anwenden möchten.

Um in Ihrer täglichen Arbeit Mehrdeutigkeiten zu vermeiden, sollten Sie immer ein ***** eingeben, um die Multiplikation explizit zu kennzeichnen, wie im folgenden Beispiel gezeigt:

1. Geben Sie **a** gefolgt von einem ***** ein. Mathcad fügt einen kleinen Punkt hinter dem *a* ein, der die Multiplikation kennzeichnet.
2. Im Platzhalter geben Sie den zweiten Faktor ein, **x**.



Hinweis Falls Sie eine numerische Konstante eingeben, unmittelbar gefolgt von einem Variablenamen, wie beispielsweise **4x**, interpretiert Mathcad den Ausdruck als die Multiplikation der Konstanten mit der Variablen: $4 \bullet x$. Mathcad zeigt ein Leerzeichen zwischen der Konstanten und der Variablen an, um damit zu zeigen, dass die Multiplikation gemeint ist. Sie können auf diese Weise eine mathematische Notation nachbilden, die der Notation in Lehrbüchern und Nachschlagewerken entspricht. Mathcad reserviert jedoch bestimmte Buchstaben, wie beispielsweise *i* für den Imaginärteil, oder *o* für oktal, als Suffixe für Zahlen. Für diese Suffixe wird nicht versucht, die Zahl mit einer Variablen zu multiplizieren. Stattdessen wird der Ausdruck als Zahl mit Suffix betrachtet.

Tipp Sie können den Multiplikationsoperator auch als X, als kleinen Zwischenraum oder als großen Punkt anzeigen lassen. Hierfür klicken Sie diesen mit der rechten Maustaste an und wählen **MULTIPLIKATION ZEIGEN ALS**. Zum Ändern aller Multiplikationsoperatoren in einem Arbeitsblatt wählen Sie **OPTIONEN** aus dem **RECHNEN**-Menü, klicken die Registerkarte **ANZEIGE** an und wählen aus der Auswahl unter »Multiplikation«. Zusätzliche Informationen finden Sie im Kapitel 9 unter »Anzeige eines Operators ändern«.

Ein ausführliches Beispiel

Bei der Bearbeitung von Gleichungen müssen Sie wissen, wo die Bearbeitungslinien platziert werden sollen. In einer Textverarbeitung wird als Einfügemarke ein einfacher vertikaler Strich verwendet, weil Text eindimensional ist, ähnlich einer Linie. Neue Buchstaben werden entweder links oder rechts von den bereits vorhandenen Buchstaben eingefügt. Eine Gleichung dagegen ist zweidimensional, eher mit einer Baumstruktur als mit einer Textzeile vergleichbar. Mathcad braucht also eine *zweidimensionale* Version derselben vertikalen Einfügemarke. Und deshalb gibt es zwei Bearbeitungslinien: eine vertikale und eine horizontale.

Angenommen, Sie möchten einen etwas komplizierteren Ausdruck eingeben:

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y+1} + \pi}$$

Beobachten Sie in den folgenden Schritten, wie sich die Bearbeitungslinien verhalten:

1. Geben Sie $x-3 \cdot a^2$ ein. Weil die Bearbeitungslinien nur die »2« umschließen, wird nur die »2« zum Zähler, wenn Sie / drücken. Weil der gesamte Ausdruck $x-3 \cdot a^2$ zum Zähler werden soll, müssen wir dafür sorgen, dass die Bearbeitungslinien den gesamten Ausdruck umschließen.

$$x - 3 \cdot a^2$$
2. Dazu drücken Sie die -Taste. Bei jedem Drücken der Taste nehmen die Bearbeitungslinien einen weiteren Teil des Ausdrucks auf. Sie müssen also dreimal die -Taste drücken, um den gesamten Ausdruck aufzunehmen.

$$x - 3 \cdot a^2$$
3. Jetzt drücken Sie /, um einen Bruchstrich einzufügen. Beachten Sie, dass alles, was innerhalb der Bearbeitungslinien stand, als Sie / eingegeben haben, zum Zähler des Bruchs wird.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{\quad}$$
4. Jetzt geben Sie -4+ ein und klicken in der Kalkulator-Symbolleiste auf . Geben Sie unter der Wurzel $y+1$ ein, um den Nenner zu vervollständigen.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1}}$$
5. Um etwas außerhalb der Wurzel einzugeben, drücken Sie zweimal die -Taste, so dass die Bearbeitungslinien die Wurzel umschließen. Wenn Sie beispielsweise dem Nenner π hinzufügen möchten, drücken Sie zweimal die -Taste.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1}}$$
6. Drücken Sie +. Weil die Bearbeitungslinien die gesamte Wurzel enthielten, wird die gesamte Wurzel zum Operand, wenn Sie + drücken.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1} + \quad}$$
7. Klicken Sie in der Kalkulator-Symbolleiste auf , oder drücken Sie Strg + ⬆ + P . π ist eine der eingebauten Variablen von Mathcad.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1} + \pi}$$

Ausdrücke bearbeiten

Dieser Abschnitt beschreibt, wie man existierende Ausdrücke ändert.

Einen Namen oder eine Zahl ändern

Um einen Namen oder eine Zahl zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie mit der Maus auf das betreffende Element. Die vertikalen Bearbeitungslinien werden eingefügt.
2. Verschieben Sie die vertikalen Bearbeitungslinien gegebenenfalls mit Hilfe der Tasten \leftarrow und \rightarrow .
3. Wenn Sie ein Zeichen eingeben, erscheint es links von der vertikalen Bearbeitungslinie. Mit \leftarrow wird das Zeichen links von der vertikalen Bearbeitungslinie entfernt. Entf entfernt das Zeichen rechts von der vertikalen Bearbeitungslinie.

Wenn Sie mehrere Vorkommen desselben Namens oder derselben Zahl ändern möchten, verwenden Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag WIEDERHOLEN. Um einen String zu suchen, verwenden Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag SUCHEN. Diese Befehle werden auf Seite 97 unter »Textwerkzeuge« noch genauer beschrieben.

Einfügen eines Operators

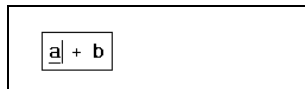
Die einfachste Position für das Einfügen eines Operators ist zwischen zwei Zeichen in einem Namen oder zwei Zahlen in einer Konstanten. Hier sehen Sie, wie ein Pluszeichen zwischen zwei Zeichen eingefügt wird:

1. Platzieren Sie die Bearbeitungslinien dort, wo das Pluszeichen erscheinen soll.



2. Drücken Sie die Taste + oder klicken Sie in der

Kalkulator-Symboleiste auf $+$.

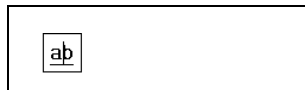


Hinweis

Bei der Eingabe einer Gleichung brauchen Sie keine Leerzeichen einzugeben. Mathcad fügt automatisch Leerzeichen ein, wenn das sinnvoll ist. Wenn Sie versuchen, ein Leerzeichen einzufügen, nimmt Mathcad an, Sie möchten Text eingeben und wandelt Ihren mathematischen Bereich in einen Textbereich um.

Operatoren wie Division und Exponentiation erzeugen dramatischere Änderungen der Formate. Wenn Sie beispielsweise ein Divisionszeichen eingeben, verschiebt Mathcad alles, was nach diesem Zeichen kommt, in den Nenner. So fügen Sie ein Divisionszeichen ein:

1. Platzieren Sie die Bearbeitungslinien dort, wo das Divisionszeichen eingefügt werden soll.



2. Drücken Sie die Taste / oder klicken Sie in der

Kalkulator-Symboleiste auf \div . Mathcad formatiert den Ausdruck als Bruch.



Für einige Operatoren ist nur ein einziger Operand erforderlich. Beispiele dafür sind die Wurzel, der Absolutwert oder komplexe Konjugationen. Um einen solchen Operator einzufügen, platzieren Sie die Bearbeitungslinien auf einer Seite des Operanden und

drücken die entsprechende Taste. Viele dieser Operatoren stehen über die Kalkulator-Symbolleiste zur Verfügung. Um beispielsweise x in \sqrt{x} umzuwandeln, würden Sie wie folgt vorgehen:

1. Platzieren Sie die Bearbeitungslinien vor oder nach dem x .
2. Drücken Sie $\sqrt{}$, um den Wurzeloperator einzufügen, oder klicken Sie in der Kalkulator-Symbolleiste auf $\sqrt{}$.

$$\sqrt{x}$$

$$\sqrt{x}$$

Einen Operator auf einen Ausdruck anwenden

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Methoden können auch verwendet werden, um einen Operator auf eine Variable oder eine Zahl anzuwenden. Wenn Sie einen Operator auf einen *gesamten Ausdruck* anwenden möchten, gibt es zwei Möglichkeiten, das zu tun:

- Setzen Sie den gesamten Ausdruck in Klammern und gehen Sie vor, wie im letzten Abschnitt beschrieben oder
- Verwenden Sie die Bearbeitungslinien, um den Ausdruck zu spezifizieren, auf den Sie den Operator anwenden möchten

Die erste Methode ist intuitiver, aber auch langsamer, weil Sie Klammern eingeben müssen. Die effizientere zweite Methode soll Thema dieses Abschnitts sein. Auf den Seiten 77 und 78 erfahren Sie, wie Sie effizient mit Klammern arbeiten.

Die Bearbeitungslinien beinhalten eine horizontale und eine vertikale Linie, die sich von links nach rechts auf der horizontalen Linie bewegt. Um einen Operator auf einen Ausdruck anzuwenden, selektieren Sie den Ausdruck, indem Sie ihn zwischen die beiden Bearbeitungslinien setzen. Die folgenden Beispiele zeigen, wie die Eingabe von $\ast c$ zu völlig unterschiedlichen Ausdrücken führen kann, abhängig davon, was selektiert war.

- Hier enthalten die beiden Bearbeitungslinien nur den Zähler. Das bedeutet, der Operator, den Sie eingeben, wird nur auf den Zähler angewendet.

$$\frac{a + b}{x + d}$$

- Die Eingabe von $\ast c$ erzeugt diesen Ausdruck. Beachten Sie, dass der Ausdruck zwischen den Bearbeitungslinien zum ersten Operanden der Multiplikation geworden ist.

$$\frac{(a + b) \cdot c}{x + d}$$

- Hier enthalten die Bearbeitungslinien den gesamten Bruch. Das bedeutet, der Operator, den Sie eingeben, wird auf den gesamten Bruch angewendet.

$$\frac{a + b}{x + d}$$

- Durch Eingabe von $\ast c$ entsteht dieser Ausdruck. Beachten Sie, dass alles, was sich zwischen den Bearbeitungslinien befand, zum ersten Operanden der Multiplikation geworden ist.

$$\frac{a + b}{x + d} \cdot c$$

- Hier enthalten die Bearbeitungslinien den gesamten Bruch, so, wie im vorigen Beispiel gezeigt. Jetzt befindet sich die vertikale Bearbeitungslinie jedoch links.

$$\frac{a + b}{x + d}$$

- Die Eingabe von ***c** erzeugt diesen Ausdruck. Beachten Sie, dass der Ausdruck, der in die Bearbeitungslinien eingeschlossen ist, hier zum zweiten und nicht zum ersten Operator der Multiplikation geworden ist. Das ist passiert, weil die vertikale Bearbeitungslinie sich auf der linken Seite des Ausdrucks befunden hat.

$$c \frac{a + b}{x + d}$$

Steuerung der Bearbeitungslinien

Die folgenden Techniken steuern, was sich zwischen den Bearbeitungslinien befindet:

- Anklicken eines Operators. Abhängig davon, wo Sie auf den Operator geklickt haben, sehen Sie die vertikale Bearbeitungslinie links oder rechts vom Operator. Die horizontale Linie bestimmt den Operanden für den Operator. Wenn Sie die vertikale Bearbeitungslinie von einer Seite des Ausdrucks auf die andere verschieben möchten, drücken Sie **Einfüg**.
- Mit Hilfe der Pfeiltasten verschieben Sie die vertikale Bearbeitungslinie um jeweils ein Zeichen. Wenn Ihr Ausdruck Brüche enthält, bewegen Sie die Bearbeitungslinien mit den Pfeiltasten nach unten oder oben.
- Drücken Sie die -Taste, um immer größere Abschnitte des Ausdrucks in die Bearbeitungslinien aufzunehmen. Immer wenn Sie die -Taste drücken, nehmen die Bearbeitungslinien mehr vom Ausdruck auf, bis irgendwann der gesamte Ausdruck zwischen den Bearbeitungslinien steht. Wenn Sie die -Taste noch einmal drücken, werden die Bearbeitungslinien wieder dorthin gesetzt, wo sie vor der Bearbeitung standen.

Das folgende Beispiel demonstriert die Verwendung die -Taste:

1. Dies ist die Ausgangsposition. Die beiden Bearbeitungslinien enthalten nur eine einzige Variable, *d*.
2. Wenn Sie die -Taste drücken, werden die Bearbeitungslinien vergrößert und enthalten jetzt den gesamten Nenner.
3. Wenn Sie noch einmal die -Taste drücken, werden die Bearbeitungslinien noch einmal erweitert, so dass sie jetzt den gesamten Ausdruck enthalten.
4. Jetzt können die Bearbeitungslinien nicht mehr erweitert werden. Wenn Sie noch einmal die -Taste drücken, werden die Bearbeitungslinien wieder auf die Ausgangsposition zurückgesetzt.

$$\frac{a + b}{x + d}$$

$$\frac{a + b}{x + d}$$

$$\frac{a + b}{x + d}$$

$$\frac{a + b}{x + d}$$

Sie haben bemerkt, dass es im oben beschriebenen Zyklus keinen Zwischenschritt gab, wo die Bearbeitungslinien nur den Zähler enthielten. Und es gab auch keinen Schritt, wo die Bearbeitungslinien nur das a oder das b im Zähler enthielten. Die Schritte, die die Bearbeitungslinien machen, werden durch den Startpunkt des Zyklus bestimmt.

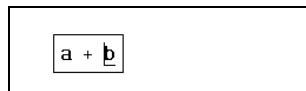
Um den Startpunkt des Zyklus zu setzen, klicken Sie auf den entsprechenden Abschnitt des Ausdrucks, wie bereits beschrieben, oder Sie verwenden die Pfeiltasten, um sich innerhalb des Ausdrucks zu bewegen. Die Pfeiltasten durchlaufen den Ausdruck in die jeweilige Richtung. Beachten Sie jedoch, dass das Konzept oben-unten-links-rechts nicht immer offensichtlich ist, insbesondere, wenn der Ausdruck sehr kompliziert ist, oder wenn er Summenzeichen, Integrale oder andere komplexe Operatoren enthält.

Hinweis Die Bearbeitung von Strings unterscheidet sich von der Bearbeitung mathematischer Ausdrücke, weil Sie die Pfeiltasten nutzen oder außerhalb des Strings klicken, um sich aus einem String heraus zu bewegen. Wenn Sie die -Taste drücken, die in mathematischen Ausdrücken verwendet wird, um die Position der Bearbeitungslinien zu ändern, wird dies in Strings nur als weiteres Zeichen interpretiert.

Einen Operator löschen

Um einen Operator zu entfernen, der zwei Variablen oder Konstanten verknüpft, gehen Sie wie folgt vor:

1. Platzieren Sie die vertikale Bearbeitungslinie hinter dem Operator:



2. Drücken Sie .




Jetzt können Sie einfach einen neuen Operator einfügen, der den gelöschten Operator ersetzen soll.

Tipp Ein Operator kann auch gelöscht werden, indem die Bearbeitungslinie vor ihm platziert wird und dann gedrückt wird.

In den oben gezeigten Beispielen war leicht zu erkennen, was »vor« und »nach« bedeutet, weil wir diese Ausdrücke von links nach rechts lesen. Brüche verhalten sich auf dieselbe Weise. Weil wir » a durch b « sagen, bedeutet die Platzierung der Bearbeitungslinien »nach« dem Bruchstrich, sie vor das b zu setzen. Analog bedeutet die Platzierung der Bearbeitungslinien »vor« dem Bruchstrich, dass sie unmittelbar vor dem b gesetzt werden. Die Platzierung der Bearbeitungslinien vor dem Bruchstrich bedeutet gleichzeitig, sie unmittelbar nach dem a anzuzeigen. Betrachten Sie dazu das folgende Beispiel:

1. Platzieren Sie die vertikale Bearbeitungslinie nach dem Bruchstrich.




2. Drücken Sie .

Um einen Operator zu löschen, der nur einen Operanden hat (z.B. \sqrt{x} oder $|x|$), gehen Sie wie folgt vor:



1. Positionieren Sie die Bearbeitungslinien unmittelbar hinter dem Operator.



2. Drücken Sie .


Bei bestimmten Operatoren ist es nicht sofort klar, wo die Bearbeitungslinien platziert werden sollen.



Beispielsweise ist es nicht klar, was bei $|x|$ oder \bar{x}

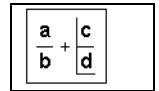
»vor« oder »nach« bedeutet. Wenn das passiert, löst Mathcad die Mehrdeutigkeit auf, indem es sich auf die gesprochene Form des Ausdrucks bezieht. Weil Sie beispielsweise \bar{x} als »x konjugiert« lesen, wird der Strich als nach dem x interpretiert.

Ersetzen eines Operators

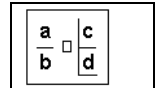
Um einen Operator zu ersetzen, der zwischen zwei Variablen oder Konstanten oder auf einer einzigen Variablen gelöscht worden ist, wie in den oben angeführten Schritten erläutert, muss der neue Operator nach der Eingabe  eingegeben werden.

Ein Operator kann wie folgt zwischen zwei Ausdrücken ersetzt werden:

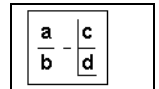
1. Positionieren Sie die Bearbeitungslinien direkt hinter dem Operator.




2. Geben Sie  ein. Es erscheint ein Operator-Platzhalter.




3. Geben Sie den neuen Operator ein.

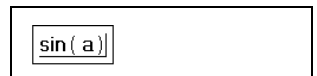


Einfügen eines Minuszeichens

Das Minuszeichen für die »Negierung« verwendet dasselbe Zeichen wie das Minuszeichen für die Subtraktion. Um festzustellen, welches von beiden eingefügt werden soll, betrachtet Mathcad die Position der vertikalen Bearbeitungslinie. Befindet sie sich links, fügt Mathcad das Negierungs-Minus ein. Befindet es sich rechts, fügt Mathcad das Subtraktions-Minus ein. Um die vertikale Bearbeitungslinie von einer Seite auf die andere zu verschieben, verwenden Sie .

Das folgende Beispiel zeigt, wie man ein Minuszeichen vor »sin(a)« einfügt.

1. Klicken Sie auf $\sin(a)$. Drücken Sie gegebenenfalls die -Taste, um den gesamten Ausdruck zu selektieren.



- Drücken Sie gegebenenfalls auf **Einf**, um die vertikale Bearbeitungslinie nach links zu verschieben.

$$\sin(a)$$

- Geben Sie $-$ ein, oder klicken Sie in der Kalkulator-Symboleiste auf $-$, um ein Minuszeichen einzufügen.

$$-\sin(a)$$

Wenn Sie $\sin(a)$ zu $1 - \sin(a)$ machen möchten, fügen Sie einen anderen Operator ein (beispielsweise $\gg + \ll$), wie auf Seite 72 beschrieben. Löschen Sie den Operator, wie auf Seite 75 beschrieben. Beachten Sie, dass Mathcad das unäre Minus im Ausdruck $-\sin(a)$ kleiner darstellt als das Minuszeichen in Ausdrücken wie $1 - \sin(a)$.

Hinweis Wenn Sie einen Operator bei angezeigtem Operator-Platzhalter ersetzen, wählen Sie rechts neben dem Operator-Platzhalter und -Typ einen Ausdruck statt einer einzelnen Variablen. Andernfalls fügt Mathcad ein Minuszeichen ein.

Klammern einfügen

Mathcad platziert automatisch Klammern, um die Auswertungsreihenfolge zu gewährleisten. Es gibt jedoch Situationen, in denen Sie selbst Klammern setzen möchten, um einen Ausdruck zu verdeutlichen oder die allgemeine Struktur des Ausdrucks zu ändern. Sie können entweder ein übereinstimmendes Klammerpaar oder einzelne Klammern einfügen. Wir empfehlen Ihnen, ein Klammerpaar einzufügen, weil Sie dann keine unvollständigen Klammerungen riskieren.

Um einen Ausdruck in ein Klammerpaar einzuschließen, gehen Sie wie folgt vor:

- Setzen Sie den betreffenden Ausdruck zwischen die Bearbeitungslinien. Dazu klicken Sie auf den Ausdruck und drücken einmal oder mehrmals die \square -Taste.
- Geben Sie das einfache Anführungszeichen (') ein, oder klicken Sie in der Kalkulator-Symboleiste auf $\left(\right)$. Der ausgewählte Ausdruck wird jetzt in Klammern dargestellt.

$$\frac{a + b}{a - b} c$$

$$\left(\frac{a + b}{a - b} \right) \cdot c$$

Manchmal ist es erforderlich, Klammern einzeln zu setzen. Dazu verwenden Sie die Tasten $[$ und $]$. Um beispielsweise aus $a - b + c$ den Ausdruck $a - (b + c)$ zu machen, gehen Sie wie folgt vor:

- Setzen Sie die Bearbeitungslinien unmittelbar links von dem b hin. Drücken Sie gegebenenfalls **Einf**, um sie an die richtige Position zu bringen.
- Geben Sie (ein und klicken Sie rechts neben c . Setzen Sie die Bearbeitungslinien so, wie hier gezeigt.
- Geben Sie) ein.

$$a - b + c$$

$$a - (b + c)$$

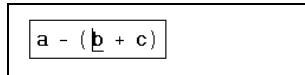
$$a - (b + c)$$



Klammern entfernen

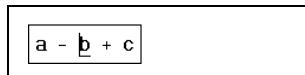
Es ist nicht möglich, eine einzelne Klammer zu entfernen. Immer wenn Sie eine Klammer löschen, entfernt Mathcad auch die dazugehörige Klammer. Das verhindert, dass Sie versehentlich einen Ausdruck erzeugen, in dem die Klammerung nicht übereinstimmt.

Um ein Klammerpaar zu entfernen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Setzen Sie die Bearbeitungslinien rechts von »(«.



$$a - (b + c)$$

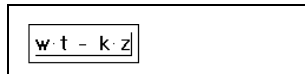
2. Drücken Sie . Sie könnten die Bearbeitungslinien aber auch links vor »)« setzen und stattdessen  drücken.



$$a - b + c$$

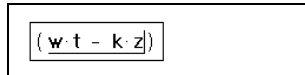
Anwendung einer Funktion auf einen Ausdruck


Um einen Ausdruck in das Argument einer Funktion aufzunehmen, gehen Sie wie folgt vor.

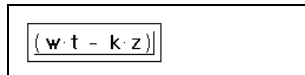
1. Klicken Sie in den Ausdruck und drücken Sie die -Taste, bis der gesamte Ausdruck $w \cdot t - k \cdot z$ zwischen den Bearbeitungslinien steht.



$$w \cdot t - k \cdot z$$

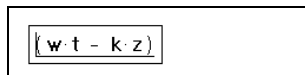
2. Geben Sie ein einfaches Anführungszeichen (') ein, oder klicken Sie in der Kalkulator-Symbolleiste auf . Der ausgewählte Ausdruck wird jetzt in Klammern dargestellt.


$$(w \cdot t - k \cdot z)$$

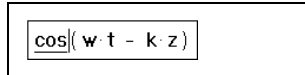
3. Drücken Sie die -Taste. Die Bearbeitungslinien beinhalten jetzt auch die Klammern.


$$(w \cdot t - k \cdot z)$$

4. Drücken Sie gegebenenfalls die -Taste, damit die vertikale Bearbeitungslinie nach links geht. Wenn sie sich bereits links befindet, überspringen Sie diesen Schritt.


$$(w \cdot t - k \cdot z)$$




5. Geben Sie den Namen der Funktion ein. Falls es sich dabei um eine eingebaute Funktion handelt, wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag FUNKTION, oder Sie klicken in der Standard-


$$\cos((w \cdot t - k \cdot z))$$

Symbolleiste auf  und doppelklicken auf den Funktionsnamen.

Teile eines Ausdrucks verschieben

Die Menübefehle AUSSCHNEIDEN, KOPIEREN und EINFÜGEN im BEARBEITEN-Menü sind gut dazu geeignet, komplizierte Ausdrücke zu bearbeiten. Sie funktionieren wie folgt:

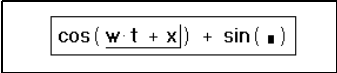
- **Ausschneiden** ( in der Standard-Symboleiste oder die Tastenkombination **[Strg] + [X]**) löscht, was sich zwischen den Bearbeitungslinien befindet, und kopiert es in die Zwischenablage.
- **Kopieren** ( in der Standard-Symboleiste oder die Tastenkombination **[Strg] + [C]**) kopiert alles, was sich zwischen den Bearbeitungslinien befindet, in die Zwischenablage.
- **Einfügen** ( in der Standard-Symboleiste oder die Tastenkombination **[Strg] + [V]**) fügt den Inhalt der Zwischenablage in Ihr Arbeitsblatt ein, entweder in einen Platzhalter oder in den leeren Bereich zwischen anderen Bereichen.

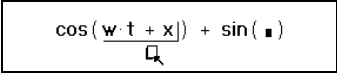
Die Befehle KOPIEREN und EINFÜGEN verwenden die Zwischenablage, um Ausdrücke zu verschieben. Sie können die Zwischenablage jedoch auch umgehen, indem Sie die Drag&Drop-Funktion nutzen, die Mathcad für Gleichungen bietet.

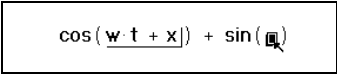
Angenommen, Sie möchten den folgenden Ausdruck aufbauen:

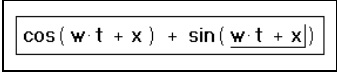
$$\cos(\omega t + x) + \sin(\omega t + x)$$

1. Kennzeichnen Sie das Argument in der Kosinus-Funktion mit der Maus, so dass es hervorgehoben dargestellt wird.


2. Drücken Sie **[Strg]** und die Maustaste, und halten Sie sie gedrückt. Der Zeiger ändert seine Form und zeigt damit an, dass er den ausgewählten Ausdruck »mitnimmt«. Der Ausdruck wird so lange verschoben, bis Sie die Maustaste loslassen.


3. Schieben Sie den Zeiger bei gedrückter Maustaste auf den Platzhalter.


4. Lassen Sie die Maustaste los. Der Zeiger setzt den Ausdruck im Platzhalter ab. Anschließend nimmt er wieder seine normale Form an.



Tipp

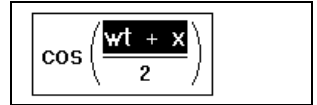
Sie können Ausdrücke und sogar ganze mathematische Bereiche in Platzhalter anderer Ausdrücke oder auf freie Bereiche auf Ihrem Arbeitsblatt verschieben. Lassen Sie die Maustaste erst los, wenn Sie die gewünschte Position erreicht haben. Wenn Sie versuchen, den Ausdruck in einem Platzhalter abzulegen, positionieren Sie den Zeiger sorgfältig.

Teile eines Ausdrucks löschen

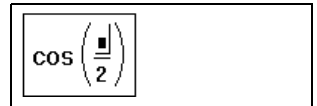
Mit den Tasten **Entf** oder **←** können Sie Teile eines Ausdrucks löschen. Bei dieser Methode wird nichts in der Zwischenablage abgelegt. Das ist praktisch, wenn Sie das, was Sie löschen möchten, durch den aktuellen Inhalt der Zwischenablage ersetzen möchten.

Um einen Teil eines Ausdrucks zu löschen, ohne ihn in der Zwischenablage aufzubewahren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Markieren Sie mit der Maus den betreffenden Teil des Ausdrucks (in diesem Fall den Zähler), so dass er hervorgehoben dargestellt wird.


$$\cos\left(\frac{wt + x}{2}\right)$$

2. Drücken Sie **Entf** oder **←**. Damit wird der Zähler entfernt, und es erscheint ein Platzhalter.


$$\cos\left(\frac{\boxed{}}{2}\right)$$

Hinweis Wenn Sie einen Ausdruck mit Hilfe der Bearbeitungslinien statt mit der Maus markieren, müssen Sie **←** oder **Entf** zweimal drücken, um ihn zu entfernen. In diesem Fall entfernt **←** den Ausdruck links von den Bearbeitungslinien, **Entf** löscht den Ausdruck rechts von den Bearbeitungslinien.

Mathematische Formate

Sie kennen die Verwendung von Formaten bereits aus anderen Applikationen. Formate bestimmen das Erscheinungsbild von Text oder anderen Elementen. Wenn Sie in einer Textverarbeitung Änderungen an Textformaten statt an einzelnen Textelementen vornehmen, garantieren Sie ein einheitliches Aussehen Ihres Dokuments. Erläuterungen zu den Mathcad-Formaten finden Sie in Kapitel 5, »Text«. Denselben Effekt erzielen Sie mit mathematischen Formaten, um den Elementen Ihrer mathematischen Ausdrücke bestimmte Schriftarten, Schriftgrößen, Schriftschnitte und Effekte oder Farben zuzuweisen.

Mathcad beinhaltet vordefinierte mathematische Formate, die das Erscheinungsbild der gesamten Mathematik auf Ihren Arbeitsblättern bestimmen. Neben diesen vordefinierten Formaten können Sie auch eigene Formate definieren, um sie in Ihren Gleichungen einzusetzen.

Mathcad beinhaltet vordefinierte Formate für:

- **Variablen** – sie bestimmen das Standarderscheinungsbild aller Variablen.
- **Konstanten** – sie bestimmen das Standarderscheinungsbild aller Zahlen, die Sie in mathematische Bereiche eingeben oder die in Ergebnissen erscheinen.

Immer wenn Sie einen Variablennamen eingeben, macht Mathcad Folgendes:

- Es weist ihnen das mathematische Format »Variablen« zu.
- Es zeigt den Variablennamen unter Verwendung der in »Variablen« festgelegten Eigenschaften an.

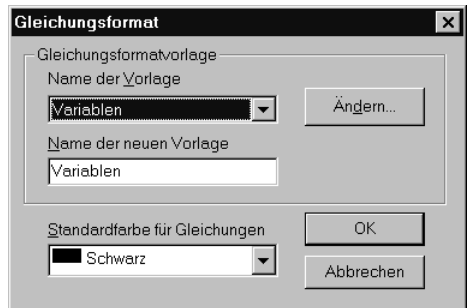
Wenn Sie eine Zahl eingeben, oder wenn ein Ergebnis berechnet wird, macht Mathcad Folgendes:

- Es weist ihnen das mathematische Format »Konstanten« zu.
- Es zeigt die Zahlen unter Verwendung der in »Konstanten« festgelegten Eigenschaften an.

Mathematische Formate bearbeiten

Um das Standardformat zu ändern, das Mathcad für alle Variablen und Diagramme verwendet, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in Ihrem Arbeitsblatt auf einen Variablennamen.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag GLEICHUNG. Der Formatname »Variablen« ist ausgewählt.
3. Klicken Sie auf ÄNDERN, um die dem Format »Variablen« zugeordnete Schrift zu ändern. Ein Dialogfeld wird angezeigt, in dem Sie die Schrift abändern können.
4. Nehmen Sie Änderungen nur mit Hilfe des Dialogfelds vor und klicken Sie auf OK. Mathcad ändert die Schrift aller Variablen auf dem Arbeitsblatt.



Wenn Sie das Variablenformat ändern, sollten Sie auch das Zahlenformat ändern, so dass die beiden Formate zusammenpassen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf eine Zahl.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag GLEICHUNG. Der Formatname »Konstanten« ist ausgewählt.
3. Gehen Sie wie oben gezeigt vor, um das Format zu ändern.

Sie können die Schrift, Schriftgröße und den Schriftschnitt für ein mathematisches Format auch in der Format-Symboleiste ändern. Um beispielsweise die Einstellungen für das Variablenformat zu ändern, klicken Sie auf eine Variable, dann auf die entsprechende Schaltfläche in der Format-Symboleiste.



Hinweis

Das von Mathcad verwendete Raster passt sich nicht automatisch den verwendeten Schriftgrößen an. Wenn Sie Schrifteigenschaften ändern, kann das dazu führen, dass sich Bereiche überlappen. Sie trennen diese Bereiche voneinander, indem Sie im FORMAT-Menü den Eintrag **BEREICHE TRENNEN** auswählen. Bitte beachten Sie, dass dies Auswirkungen auf alle Gleichungen Ihres Arbeitsblatts hat.

Manchmal möchte man, dass Gleichungen in einer anderen Farbe als der Standardtext angezeigt werden, so dass keine Verwechslungen entstehen. Um die Standardfarbe aller Gleichungen auf Ihrem Arbeitsblatt zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag **GLEICHUNG**.
2. Wählen Sie in der Dropdown-Liste **STANDARDFARBE FÜR GLEICHUNGEN** eine Farbe aus.
3. Klicken Sie auf **OK**.

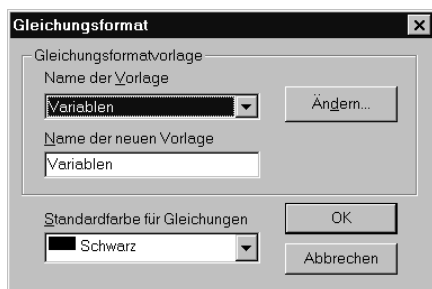
Anwendung mathematischer Formate

Die Stile »Variablen« und »Konstanten« bestimmen das Erscheinungsbild der Formeln auf Ihrem Arbeitsblatt. Diese beiden Formatnamen können nicht geändert werden. Sie können jedoch eigene mathematische Formate definieren und in Ihren Arbeitsblättern und Vorlagen verwenden.

Um zu sehen, welches Format einem Namen oder einer Zahl gerade zugeordnet ist, klicken Sie darauf, und schauen Sie sich das Formatfenster der Format-Symbolleiste an.

Alternativ klicken Sie den Namen oder die Zahl an und wählen im FORMAT-Menü den Eintrag **GLEICHUNG**. Im Dropdown-Listefeld wird das mathematische Format des von Ihnen ausgewählten Elements angezeigt.

Wenn Sie auf die Schaltfläche rechts von »Variablen« klicken, entweder in der FORMAT-Symbolleiste oder im Dialogfeld **GLEICHUNGSFORMAT**,



sehen Sie eine Dropdown-Liste mit verfügbaren mathematischen Formaten. Wählen Sie »Benutzer 1« und klicken Sie auf **OK**. Auf das ausgewählte Element wird ein anderes Format angewendet, und es wird entsprechend angezeigt.

Auf diese Weise können Sie Formate anwenden auf:

- einzelne Variablennamen in einem Ausdruck oder
- einzelne Zahlen in einem mathematischen Ausdruck (aber nicht in berechneten Ergebnissen, die immer im Stil »Konstanten« angezeigt werden).

Viele Mathematikbücher stellen Vektoren fett und unterstrichen dar. Wenn Sie dieser Konvention folgen möchten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag GLEICHUNG.
2. Klicken Sie auf den Pfeil neben dem Namen des aktuellen mathematischen Formats, so dass eine Liste mit den verfügbaren Formaten angezeigt wird.
3. Klicken Sie auf einen nicht genutzten Formatnamen, beispielsweise »Benutzer 1«. Im Textfeld »Neuer Name der Vorlage« erscheint der Name »Benutzer 1«. Klicken Sie in dieses Textfeld und geben Sie dem Format beispielsweise den Namen »Vektoren«.
4. Klicken Sie auf ÄNDERN, um dieses Format fett und unterstrichen zu machen.

Damit haben Sie das mathematische Format »Vektoren« angelegt. Wenn Sie mit Ihrer Definition fertig sind, klicken Sie auf OK.

Statt die Schrift, die Schriftgröße und den Schriftschnitt für jeden Vektor einzeln zu ändern, ändern Sie jetzt einfach das Format.

Hinweis Alle Namen, egal ob Funktions- oder Variablennamen, berücksichtigen die Schriftart. Das bedeutet, x und \underline{x} verweisen auf unterschiedliche Variablen, und $f(x)$ und $\underline{f}(x)$ bezeichnen unterschiedliche Funktionen. Dabei prüft Mathcad die Formate und nicht die Schriften. Um zu vermeiden, dass verschiedene Variablen gleich aussehen, sollten Sie keine mathematischen Formate anlegen, die dieselbe Schrift, dieselbe Schriftgröße oder andere Eigenschaften wie ein anderes Format verwenden.

Mathematische Formate speichern

Nachdem Sie die von Ihnen benötigten mathematischen Formate angelegt haben, müssen Sie den Prozess für andere Arbeitsblätter nicht wiederholen. Es ist möglich, Formatinformationen als Vorlage zu speichern. Wählen Sie hierzu aus dem Menü BEARBEITEN den Befehl SPEICHERN UNTER, und wählen Sie im entsprechenden Dialogfeld Mathcad-Vorlage (*.mct) als Dateityp. Standardmäßig verwendet Mathcad die Vorlage *Normal.mct* aus dem Verzeichnis \ Vorlagen, z. B. auch zum Öffnen von Dokumenten der älteren Mathcad Version 6.

Um ein mathematisches Format in einem anderen Arbeitsblatt anzuwenden, öffnen Sie Ihre Vorlage im DATEI-Menü und kopieren den Inhalt des Arbeitsblatts in die Vorlage. Weitere Informationen über Arbeitsblattvorlagen finden Sie in Kapitel 7.

Kapitel 5

Text

Text einfügen

Text- und Absatzeigenschaften

Textformate

Gleichungen im Text

Textwerkzeuge

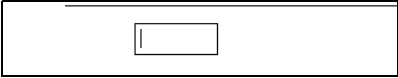

Text einfügen

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie in Mathcad Textbereiche anlegen. Textbereiche sind praktisch, wenn Sie einen Text in Ihre Arbeitsblätter oder Vorlagen einfügen möchten: Kommentare für die Gleichungen und Diagramme auf Ihrem Arbeitsblatt, Textblöcke mit Erklärungen, Hintergrundinformationen, Anweisungen für die Verwendung des Arbeitsblatts usw.

Mathcad ignoriert Text bei der Ausführung von Berechnungen. Sie können jedoch funktionierende mathematische Gleichungen in Textbereiche einbetten, wie auf Seite 95 erklärt wird.

Textbereiche anlegen

Um einen Textbereich anzulegen, gehen Sie wie folgt vor. Klicken Sie auf einen leeren Platz auf Ihrem Arbeitsblatt, um das Fadenkreuz entsprechend zu positionieren.

1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag TEXTBEREICH, oder geben Sie das doppelte Anführungszeichen (") ein. Mathcad legt einen Textbereich an. Das Fadenkreuz wird zum Einfügekpunkt, und auf dem Bildschirm wird ein Rahmen um den Text angezeigt.
2. Geben Sie einen Text ein. Mathcad zeigt den Text innerhalb eines Rahmens an. Während der Eingabe bewegt sich die Einfügemarke weiter, und der Rahmen wird größer.

3. Nachdem Sie den gesamten Text eingegeben haben, klicken Sie auf eine beliebige Stelle außerhalb des Textbereichs. Das Textfeld verschwindet.

Beispiel zum Fließen von Flüssigkeiten

+

Hinweis

Ein Textbereich kann nicht einfach nur mit \leftarrow verlassen werden. Entweder Sie klicken außerhalb des Bereichs, oder Sie drücken $\text{Strg} + \uparrow + \leftarrow$, oder Sie drücken wiederholt eine der Pfeiltasten, bis der Cursor den Bereich verlässt.

Um Text in einen bereits existierenden Textbereich einzugeben, gehen Sie wie folgt vor:

- Klicken Sie irgendwo in den Textbereich. Der Text wird innerhalb eines Rahmens dargestellt. Alles, was Sie jetzt eingeben, wird am Einfügekpunkt eingefügt.

Um Text aus einem bereits existierenden Textbereich zu löschen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie \leftarrow , um das Zeichen links vom Einfügekpunkt zu entfernen, oder
2. Drücken Sie Entf , um das Zeichen rechts vom Einfügekpunkt zu entfernen.

Um Text zu überschreiben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Platzieren Sie den Einfügekpunkt links vom ersten Zeichen, das Sie überschreiben möchten.
2. Drücken Sie Einfg , um im Überschreibemodus zu schreiben. Um wieder in den Einfügemodus zu wechseln, drücken Sie erneut Einfg .

Sie können den Text auch überschreiben, indem Sie ihn auswählen (siehe »Text auswählen« auf Seite 87). Der ausgewählte Bereich wird durch Ihre Eingabe überschrieben.















Tipp

Um einen Zeilenumbruch in einem Textbereich einzufügen, drücken Sie \leftarrow . Mathcad fügt einen Umbruch ein und verschiebt den Einfügekpunkt in die nächste Zeile. Drücken Sie $\uparrow + \leftarrow$, um einen Zeilenumbruch durchzuführen. Wenn Sie die Breite des Textbereichs ändern, behält Mathcad den Zeilenumbruch an diesen Stellen im Text bei.

Den Einfügekpunkt verschieben

Im Allgemeinen können Sie den Einfügekpunkt im Textbereich mit Hilfe der Maus verschieben. Es ist aber auch möglich, die Pfeiltasten für diese Aufgabe zu verwenden.

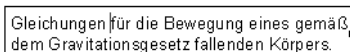
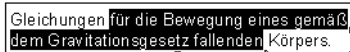
Die Pfeiltasten verschieben den Einfügekpunkt zeichen- oder zeilenweise im Text. Durch gleichzeitiges Drücken von Strg wird der Einfügekpunkt wort- oder zeilenweise verschoben. Die folgende Auflistung beschreibt, wie der Einfügekpunkt verschoben wird:

Taste	Aktion
	Verschiebt den Einfügepunkt um ein Zeichen nach rechts
	Verschiebt den Einfügepunkt um ein Zeichen nach links
	Verschiebt den Einfügepunkt in die vorherige Zeile
	Verschiebt den Einfügepunkt in die nächste Zeile
 + 	Verschiebt den Einfügepunkt an das Ende des aktuellen Worts. Befindet sich der Einfügepunkt bereits am Wortende, wird er an das Ende des nächsten Worts verschoben.
 + 	Verschiebt den Einfügepunkt an den Anfang des aktuellen Worts. Befindet sich der Einfügepunkt bereits am Wortanfang, wird er an den Anfang des nächsten Worts verschoben.
 + 	Verschiebt den Einfügepunkt an den Anfang der aktuellen Zeile. Befindet sich der Einfügepunkt bereits am Zeilenanfang, wird er an den Anfang der nächsten Zeile verschoben.
 + 	Verschiebt den Einfügepunkt an das Ende der aktuellen Zeile. Befindet sich der Einfügepunkt bereits am Zeilenende, wird er an das Ende der nächsten Zeile verschoben.
	Verschiebt den Einfügepunkt an den Anfang der aktuellen Zeile
	Verschiebt den Einfügepunkt an das Ende der aktuellen Zeile

Text auswählen

Eine Methode, Text innerhalb eines Textbereichs auszuwählen:

1. Klicken Sie in den Textbereich, so dass der Rahmen erscheint.
2. Ziehen Sie die Maus bei gedrückter Maustaste über den Text.

Mathcad markiert den ausgewählten Text zwischen dem ersten und dem letzten ausgewählten Zeichen.

Online-Hilfe

Sie können Text auch mit Pfeiltasten und mehrfachen Mausklicks auswählen, wie es aus Textverarbeitungsprogrammen bekannt ist. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe unter »Text auswählen«.

Nachdem der Text markiert ist, können Sie ihn löschen, kopieren, die Rechtschreibung prüfen oder die Schrift, die Größe, das Format oder die Farbe ändern.

Tipp

Wenn Sie Text in der Zwischenablage abgelegt haben, können Sie ihn in einen Textbereich einfügen oder an jeder beliebigen freien Stelle als neuen Textbereich einfügen.

Um einen oder mehrere Textbereiche auszuwählen und zu verschieben, gehen Sie wie bei Math-Bereichen vor, also wie in »Bereiche Verschieben und Kopieren« auf Seite 30 beschrieben. Weitere Bearbeitungsvorgänge lassen sich durch Auswählen des Bereichs und Anklicken von AUSSCHNEIDEN, LÖSCHEN, EINFÜGEN oder KOPIEREN im BEARBEITEN-Menü durchführen. Sie können hierfür auch die entsprechenden Schaltflächen auf der Standard-Menüleiste benutzen.

Griechische Buchstaben im Text

Um einen griechischen Buchstaben in einen Textbereich einzugeben, gehen Sie wie folgt vor:

- Klicken Sie in der Palette griechischer Symbole auf den entsprechenden Buchstaben. Um diese Symbolleiste aufzurufen, klicken Sie auf $\alpha\beta$ in der Rechen-Symbolleiste, oder Sie wählen im ANSICHT-Menü den Eintrag SYMBOL-LEISTEN \Rightarrow GRIECHISCH.
- Sie können aber auch das *lateinische Äquivalent* zu dem griechischen Symbol eingeben und dann $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\text{G}}$ drücken. Um beispielsweise ϕ einzugeben, drücken Sie $\boxed{\text{F}} + \boxed{\text{Strg}} + \boxed{\text{G}}$. Eine Tabelle der griechischen Buchstaben und ihrer lateinischen Äquivalente finden Sie auf Seite 599.

Tipp

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben, wandelt die Eingabe von $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\text{G}}$ auch in einem Rechenbereich einen Buchstaben in den entsprechenden griechischen Buchstaben um. Außerdem wandelt $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\text{G}}$ auch Zeichen, die nicht aus dem Alphabet stammen, in die entsprechenden griechischen Symbole um. Wenn Sie zum Beispiel in einem Textbereich $\boxed{\text{Shift}} + \boxed{2} + \boxed{\text{Strg}} + \boxed{\text{G}}$ eingeben, wird das Zeichen » \approx « erzeugt.

Um einen ausgewählten Text in sein griechisches Äquivalent umzuwandeln, gehen Sie wie folgt vor:

1. Markieren Sie den Text, und wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag TEXT aus.
2. Wählen Sie die Schrift SYMBOL aus.

Sie können die Schriftart für einen ausgewählten Bereich auch mit Hilfe der Format-Symbolleiste ändern.

Die Breite eines Textbereichs ändern

Bei der Eingabe in einen Textbereich wächst dieser entsprechend an und wird nur getrennt, wenn der rechte Rand oder die Seitengrenze erreicht ist. (Der rechte Rand wird im Dialogfeld SEITE EINRICHTEN gesetzt. Dieses Dialogfeld öffnen Sie im DATEI-Menü über den Eintrag SEITE EINRICHTEN.) Drücken Sie $\boxed{\leftarrow}$, wenn Sie eine neue Zeile beginnen möchten. Um eine bestimmte Breite für den gesamten Textbereich zu definieren, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Schreiben Sie, bis die erste Zeile die gewünschte Breite erreicht hat.
2. Geben Sie ein Leerzeichen ein und drücken Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\leftarrow}$.

Alle anderen Zeilen verwenden dann auch diese Breite. Wenn Sie Text einfügen oder bearbeiten, unterteilt Mathcad den Text gemäß der Vorgabe, die Sie mit **[Strg] + [↵]** getroffen haben.

Um die Breite eines bereits existierenden Textbereichs zu ändern:

1. Klicken Sie irgendwo in den Textbereich. Ein Auswahlfeld umschließt den gesamten Textbereich.
2. Schieben Sie den Zeiger über die rechte Begrenzung des Textbereichs, bis Sie einen der »Griffe« erreicht haben. Der Zeiger wird als Pfeil mit zwei Spitzen dargestellt. Jetzt können Sie die Größe des Textbereichs so ändern, wie Sie eine Fenstergröße ändern – mit der Maus.

Tipp

Sie können vorgeben, dass ein Textbereich die gesamte Seitenbreite einnehmen soll, indem Sie auf den Bereich klicken und im **FORMAT**-Menü den Eintrag **EIGENSCHAFTEN** auswählen. Gehen Sie auf die Registerkarte **TEXT** und markieren Sie das Kontrollkästchen **SEITENBREITE VERWENDEN**. Wenn Sie mehrere Zeilen in einen Bereich voller Breite eingeben, werden alle darunter liegenden Bereiche auf dem Arbeitsblatt automatisch verschoben.

Text- und Absatzzeigenschaften

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie **Schrifteigenschaften** sowie die Ausrichtung und den Einzug von *Absätzen* in einem Textbereich ändern.

Texteigenschaften ändern

Um die Schrift, die Schriftgröße, den **Schriftschnitt**, die Position oder die Farbe eines Texts im Textbereich zu ändern, markieren Sie diesen zunächst (siehe Seite 87). Wählen Sie im **FORMAT**-Menü den Eintrag **TEXT**, um das Dialogfeld **TEXTFORMAT** zu öffnen. Das Dialogfeld **TEXTFORMAT** erscheint auch, wenn Sie mit der rechten Maustaste auf markierten Text klicken und im **Popup-Menü** den Eintrag **TEXT** auswählen.



Viele der Optionen des Dialogfelds **TEXTFORMAT** stehen auch über die Schaltflächen und Dropdown-Listen der **Format-Symbolleiste** zur Verfügung:



Beim Einfügen von Text werden dessen Eigenschaften durch die Standardwerte für das Arbeitsblatt oder die Vorlage NORMAL bestimmt. Weitere Informationen über Textformate finden Sie auf Seite 92. Alle Eigenschaften, die Sie für ausgewählten Text ändern, *überschreiben* das Format für den betreffenden Textbereich.

Tipp

Wenn Sie den Einfügekpunkt im Text platzieren und die Eigenschaften im Dialogfeld TEXTFORMAT oder über die Format-Symboleiste ändern, wird der Text, der hinter diesem Einfügekpunkt eingegeben wird, mit den neuen Eigenschaften dargestellt.

Sie können die folgenden Texteeigenschaften ändern:

- Schrift
- Schriftschnitt
- Schriftgröße
- Effekte wie Hochstellung und Tiefstellung
- Farbe

Schriftgrößen werden in Punkten angegeben. Einige Schriften stehen in sehr vielen Größen zur Verfügung, andere dagegen nicht. Beachten Sie, dass der Textbereich, in dem Sie sich befinden, durch die Verwendung einer größeren Schrift andere Bereiche überlappen kann. Wählen Sie gegebenenfalls im FORMAT-Menü den Eintrag BEREICHE TRENNEN aus.

Tipp

Sie können festlegen, dass ein Textbereich nachfolgende Bereiche automatisch nach unten verschiebt, wenn er vergrößert wird. Dazu klicken Sie auf den Bereich und wählen im FORMAT-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN. Gehen Sie auf die Registerkarte TEXT und wählen Sie BEREICHE BEI EINGABE NACH UNTEN VERSCHIEBEN aus.

Tipp

Hoch- und Tiefstellungen können auch schneller mit den Befehlen HOCHGESTELLT und TIEFGESTELLT erzeugt werden. Sie finden diese Befehle in dem Popup-Menü, das angezeigt wird, wenn Sie mit der rechten Maustaste auf den markierten Text klicken.

Absatzeeigenschaften ändern

Ein Absatz in einem Textbereich ist eine Zeichenmenge gefolgt von einem harten Zeilenumbruch, der durch die Eingabe von Shift erzeugt wird. Absätzen in Textbereichen können verschiedene Eigenschaften zugeordnet werden, unter anderem *Ausrichtung*, *Einzug* für die erste oder alle Zeilen im Absatz, *Tabstopps*, *Absatzmarkierungen* oder *Nummerierungen*.

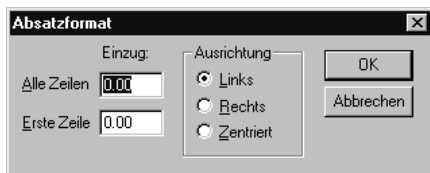
Wenn Sie einen Textbereich anlegen, werden seine Absatzeeigenschaften durch das Arbeitsblatt oder die Vorlagen für das Format NORMAL bestimmt. Weitere Informa-

tionen über Textformate finden Sie auf Seite 92. Jede Absatzzeigenschaft, die Sie ändern, überschreibt die Absatzzeigenschaft, die im Format für den Textbereich festgelegt sind.

Hinweis Wenn Sie **[Shift] + [↵]** drücken, fügt Mathcad eine neue Zeile im aktuellen Abschnitt ein; es wird kein neuer Abschnitt begonnen.

Um die Eigenschaften für einen Absatz eines Textbereichs zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Markieren Sie den Absatz, indem Sie ihn anklicken und den Einfügepunkt dort setzen, indem Sie ihn mit der Maus markieren, oder indem Sie insgesamt dreimal darauf klicken.
2. Wählen Sie im **FORMAT**-Menü den Eintrag **ABSATZ**, oder klicken Sie mit der rechten Maustaste und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag **ABSATZ**. Mathcad zeigt das Dialogfeld **ABSATZFORMAT** an.
3. Ändern Sie die gewünschten Eigenschaften im Dialogfeld und klicken Sie auf **OK**.



Sie können die folgenden Absatzzeigenschaften ändern:


Einzug

Um alle Zeilen im Absatz um einen bestimmten Betrag einzurücken, geben Sie Werte in die Textfelder **LINKS** und **RECHTS** ein. Um die erste Zeile des Absatzes anders einzurücken als die restlichen Zeilen, wählen Sie **ERSTE ZEILE** oder **HÄNGEND** aus.

Sie können Einzüge auch mit dem Lineal setzen. Klicken Sie in einen Absatz und gehen Sie im **ANSICHT**-Menü auf **LINEAL**. Bewegen Sie den oberen oder unteren Pfeil, um verschiedene Einzüge für die erste Zeile zu setzen, oder beide Pfeile, um die Einzüge für alle Zeilen des Absatzes zu setzen.

Aufzählungszeichen und nummerierte Aufzählungen

Um einen Absatz mit einem Aufzählungszeichen zu beginnen, wählen Sie in der Dropdown-Liste **AUFZÄHLUNGSZEICHEN** den Eintrag **AUFZÄHLUNGSZEICHEN**. Wählen Sie **NUMMERN**, wenn Mathcad aufeinander folgende Absätze im Bereich automatisch

numerieren soll. Alternativ klicken Sie auf der Format-Symbolleiste auf  oder



Ausrichtung

Um den Absatz im Bereich rechts- oder linksbündig auszurichten oder den Text im Textbereich zu zentrieren, verwenden Sie die drei Schaltflächen für die Ausrichtung im Dialogfeld. Alternativ klicken Sie auf die drei Schaltflächen für die Ausrichtung auf der Format-Symbolleiste.

Tabstopps

Um Tabstopps anzugeben, öffnen Sie die Tab-Schaltfläche im Dialogfeld TABSTOPP-POSITION durch Anklicken. Geben Sie Zahlen in das Textfeld TABSTOPP-POSITION ein. Klicken Sie dann für jeden Tabstopp auf SETZEN und schließlich auf OK.

Sie können Tabstopps auch mit dem Lineal setzen, indem Sie im ANSICHT-Menü auf LINEAL klicken. Klicken Sie das Lineal an der Stelle an, an der sich ein Tabstopp befinden soll. Dort erscheint ein Tabstopp-Symbol. Um einen Tabstopp zu verschieben, klicken Sie auf das Tabstopp-Symbol, halten Sie die Maustaste gedrückt, und ziehen Sie den Cursor vom Lineal weg.

Tipp

Um die im Dialogfeld Absatzformat bzw. im Lineal benutzte Maßeinheit zu ändern, klicken Sie im ANSICHT-Menü auf LINEAL, damit das Lineal sichtbar wird, falls dies noch nicht der Fall ist. Klicken Sie das Lineal mit der rechten Maustaste an und wählen Sie ZOLL, ZENTIMETER, PUNKTE oder PICA aus dem Kontextmenü.

Textformate

Mathcad verwendet Textformate, um Textbereichen Standardformate für Text und Absätze zuzuweisen. Textformate ermöglichen Ihnen, Ihren Arbeitsblättern ein konsistentes Aussehen zu verleihen. Statt für jeden einzelnen Bereich bestimmte Eigenschaften für Text und Absätze festzulegen, wenden Sie ein Textformat an, das die dort definierten Eigenschaften gleichzeitig zuweist.

Jedes Arbeitsblatt enthält das Standardtextformat NORMAL, bei dem bestimmte Eigenschaften für Text und Absätze festgelegt sind. Abhängig von Ihrem Arbeitsblatt und der Vorlage, die dafür verwendet wurde, haben Sie möglicherweise auch noch andere Textformate, die Sie existierenden oder neuen Textbereichen zuweisen können. Außerdem können Sie bereits existierende Textformate ändern, neue anlegen und nicht mehr benötigte löschen.

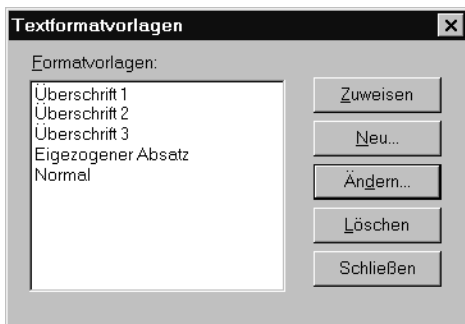
Dieser Abschnitt beschreibt, wie man Textformate anwendet, ändert, erzeugt und löscht. Weitere Informationen über die verfügbaren Text- und Absatzeigenschaften und Anweisungen für die Formatierung von markiertem Text innerhalb eines Textbereichs finden Sie im vorigen Abschnitt.

Anwendung eines Textformats auf einen Absatz in einem Textbereich

Wenn Sie auf Ihrem Arbeitsblatt einen Bereich anlegen, wird dieser automatisch mit dem Format NORMAL verbunden. Sie können jedoch jedem Absatz im Textbereich ein eigenes Format zuweisen:

1. Klicken Sie in den Textbereich oder in den Absatz, dessen Format geändert werden soll.

2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FORMATVORLAGE aus, oder klicken Sie mit der rechten Maustaste und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag FORMATVORLAGE aus. Das Dialogfeld TEXTFORMATVORLAGEN zeigt eine Liste der verfügbaren Textformate an. Welche Textformate zur Verfügung stehen, ist davon abhängig, welche Arbeitsblattvorlage Sie verwenden.



3. Wählen Sie eines der Textformate aus und klicken Sie auf ZUWEISEN. Der Standardtext in Ihrem Absatz übernimmt die hier definierten Text- und Absatzzeigenschaften.

Tipp

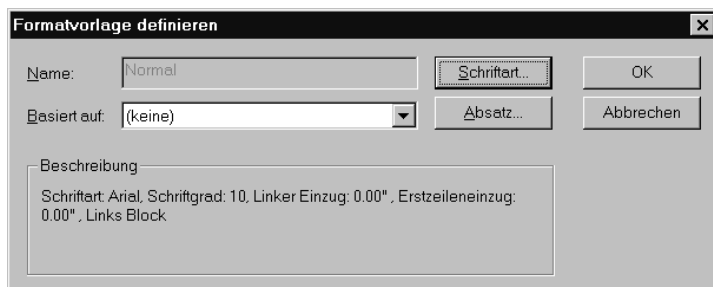
Alternativ zur Auswahl TEXTFORMATVORLAGEN im FORMAT-Menü können Sie ein Format für einen Absatz auch durch einfaches Anklicken des Absatzes und Auswahl der Formatvorlage in der linken aufklappbaren Liste der FORMAT-Menüleiste formatieren. Um eine Formatvorlage für einen ganzen Textbereich auszuwählen, markieren Sie zuerst den Textbereich. Weitere Informationen zum Markieren von Text finden Sie im Abschnitt »Text auswählen« auf Seite 87.

Ein existierendes Textformat ändern

Sie können die Definition eines Textformats jederzeit ändern – sowohl Text- als auch Absatzformate.

Um ein Textformat zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FORMATVORLAGE aus. Mathcad zeigt das Dialogfeld FORMATVORLAGEN an.
2. Wählen Sie die Formatvorlage aus, die geändert werden soll und klicken Sie auf ÄNDERN.
3. Das Dialogfeld FORMATVORLAGE DEFINIEREN zeigt die Definitionen des ausgewählten Textformats an.



4. Klicken Sie auf **SCHRIFTART**, um Textformate zu ändern, beispielsweise Schriftart, Schriftgröße, Schriftschnitte, Effekte und Farben. Klicken Sie auf **ABSATZ**, um die Einrückung, Ausrichtung und andere Eigenschaften der Absätze zu ändern. Weitere Informationen über die Optionen zur Text- und Absatzformatierung finden Sie auf Seite 89.
5. Klicken Sie auf **OK**, um Ihre Änderungen zu speichern.

Alle neuen Textbereiche, auf die Sie das geänderte Textformat anwenden, berücksichtigen die neue Definition. Darüber hinaus werden auch Bereiche, die zuvor mit diesem Textformat angelegt wurden, entsprechend abgeändert.

Textformate anlegen und löschen

Sie können die Textformate für Ihr Arbeitsblatt ergänzen oder reduzieren. Die Änderungen an den Textformaten werden zusammen mit Ihrem Arbeitsblatt gespeichert. Sie können ein neues Textformat, basierend auf einem bereits existierenden Textformat, anlegen, so dass es bestimmte Text- oder Absatzzeigenschaften »erbt«. Sie können aber auch ein ganz neues Textformat entwickeln. Beispielsweise könnten Sie eine neue »Unterüberschrift« für eine existierende »Überschrift« erstellen, dafür eine kleinere Schrift wählen, aber die anderen Text- und Absatzzeigenschaften unverändert lassen.

Ein Textformat anlegen

Um ein neues Textformat anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im **FORMAT**-Menü den Eintrag **FORMATVORLAGE**. Mathcad zeigt das Dialogfeld **FORMATVORLAGEN** an.
2. Klicken Sie auf **NEU**, um das Dialogfeld **FORMATVORLAGE DEFINIEREN** anzuzeigen.
3. Geben Sie in das Textfeld **NAME** den Namen für die neue Formatvorlage ein. Wenn die neue Formatvorlage auf einer bereits in Ihrem aktuellen Arbeitsblatt existierenden Formatvorlage basieren soll, wählen Sie eine Formatvorlage aus der Dropdown-Liste **BASIERT AUF** aus.
4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **SCHRIFTART**, um die Schrift für die neue Formatvorlage festzulegen. Klicken Sie auf die Schaltfläche **ABSATZ**, um die Absatzformate für den neuen Absatz festzulegen.
5. Klicken Sie auf **OK**.

Ihre neue Formatvorlage wird jetzt im Dialogfeld **FORMATVORLAGEN** angezeigt und kann auf beliebige Textbereiche angewendet werden, wie auf Seite 92 beschrieben. Wenn Sie das Arbeitsblatt speichern, wird gleichzeitig die Formatvorlage damit gespeichert. Wenn Sie in zukünftigen Arbeitsblättern das neue Textformat nutzen möchten, speichern Sie dieses als Vorlage, wie in Kapitel 7 noch erklärt wird. Sie können das Textformat auch in ein anderes Arbeitsblatt kopieren, indem Sie den formatierten Bereich dorthin kopieren.

Hinweis

Wenn Sie ein neues Format basierend auf einem alten Format erstellen, werden alle Änderungen, die Sie später an dem Originalformat vornehmen, auch in dem neuen Textformat berücksichtigt.

Ein Textformat löschen

Um ein Textformat zu löschen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FORMATVORLAGE. Mathcad zeigt das Dialogfeld FORMATVORLAGEN an.
2. Wählen Sie eines der Textformate aus der Liste aus.
3. Klicken Sie auf LÖSCHEN.

Das Textformat wird aus der Liste der verfügbaren Textformate entfernt. Alle Textbereiche in Ihrem Arbeitsblatt, die mit diesem Textformat angelegt wurden, weisen jedoch auch weiterhin die dort definierten Eigenschaften auf.

Gleichungen im Text

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie Gleichungen in Ihre Textbereiche einfügen. Gleichungen, die in den Text eingefügt werden, haben dieselben Eigenschaften wie das restliche Arbeitsblatt. Sie können mit den in Kapitel 4 vorgestellten Methoden geändert werden.

Einfügen einer Gleichung in Text

Sie betten eine Gleichung in den Text ein, indem Sie innerhalb eines Textbereichs eine neue Gleichung anlegen oder indem Sie eine bereits existierende Gleichung dort einfügen.

Um eine neue Gleichung in einem Textbereich oder Absatz einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in den Textbereich oder Absatz, um den Einfügepunkt dort zu positionieren, wo die Gleichung anfangen soll.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag RECHENBEREICH. Es erscheint ein Platzhalter.

Die allgemeine Gravitationskonstante (G) hat den Wert $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$ und kann zur Berechnung der Beschleunigung eines leichteren Objekts in Richtung eines schwereren Objekts verwendet werden.

Die allgemeine Gravitationskonstante (G) hat den Wert $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$ und kann zur Berechnung der Beschleunigung eines leichteren Objekts in Richtung eines schwereren Objekts verwendet werden.

3. Geben Sie die Gleichung so ein, wie Sie das auch in einem Rechenbereich tun würden.



Die allgemeine Gravitationskonstante, (G) hat den

Wert $G := 6.67259 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$ **und kann zur**

Berechnung der Beschleunigung eines leichteren Objekts in Richtung eines schwereren Objekts verwendet werden.

4. Wenn Sie mit der Eingabe der Gleichung fertig sind, klicken Sie auf Text, um in den Textbereich zurückzugelangen. Mathcad passt die Linienabstände im Textbereich an die eingebetteten Gleichungen an.

Um eine bereits existierende Gleichung in einen Textbereich einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Markieren Sie die Gleichung, die in den Textbereich eingefügt werden soll.
2. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf .
3. Klicken Sie in den Textbereich, um den Einfügepunkt dort zu setzen, wo die Gleichung erscheinen soll.
4. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag EINFÜGEN, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf .

Eingebettete Gleichungen deaktivieren

Wenn Sie eine Gleichung in Text einfügen, verhält sie sich zunächst wie eine Gleichung in einem Rechenbereich; sie beeinflusst alle Berechnungen auf dem Arbeitsblatt. Wenn Sie möchten, dass die Gleichung nur zur Information dienen soll, können Sie veranlassen, dass sie keine Berechnungen mehr vornimmt. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Gleichung, die deaktiviert werden soll.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN. Klicken Sie auf die Registerkarte BERECHNUNG.
3. Markieren Sie das Kontrollkästchen AUSWERTUNG DEAKTIVIEREN.
4. Klicken Sie auf OK.

Die Gleichung beeinflusst damit keine anderen Gleichungen auf dem Arbeitsblatt mehr. Um sie wieder zu aktivieren, heben Sie die Markierung im Kontrollkästchen AUSWERTUNG DEAKTIVIEREN auf.

Eine allgemeine Beschreibung zum Deaktivieren und Sperren von Gleichungen finden Sie auf Seite 167.

Mathcad beinhaltet Werkzeuge zum Suchen und Ersetzen von Text sowie für eine Rechtschreibprüfung.

Suchen & Ersetzen

Die Befehle SUCHEN und ERSETZEN, die Mathcad im BEARBEITEN-Menü bereitstellt, können sowohl in Text- als auch in Rechenbereichen eingesetzt werden. Standardmäßig sucht und ersetzt Mathcad jedoch nur Text in Textbereichen.

Text suchen

Um eine Zeichenfolge zu suchen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag SUCHEN. Mathcad zeigt das Dialogfeld SUCHEN an.
2. Geben Sie die Zeichenfolge ein, nach der Sie suchen.
3. Klicken Sie auf WEITERSUCHEN, um das Vorkommen der Zeichenfolge hinter dem aktuellen Einfügepunkt zu finden. Mit Hilfe der Optionen im Dialogfeld können Sie das Arbeitsblatt vorwärts oder rückwärts durchsuchen, nur nach ganzen Wörtern suchen, die Groß-/Kleinschreibung bei der Suche berücksichtigen oder angeben, ob Mathcad in Text- oder in Rechenbereichen oder in beiden suchen soll.



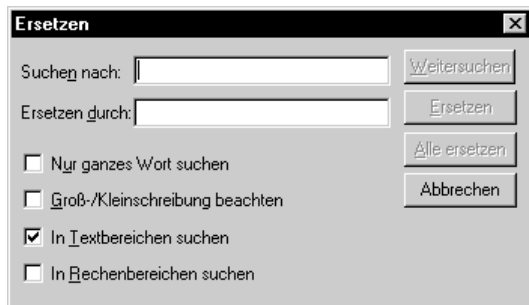
Online-Hilfe

Im Abschnitt »Zeichen finden und ersetzen« werden alle Zeichen, einschließlich griechischer Buchstaben, aufgeführt, die in Math- und Textregionen vorliegen können. Einige spezielle Zeichen, wie Zeichensetzung und Leerstellen, können nur in Text- oder Math-Zeichenfolgen vorkommen.

Zeichen ersetzen

Um Text zu suchen und zu ersetzen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag ERSETZEN. Mathcad zeigt das Dialogfeld ERSETZEN an.
2. Geben Sie im Feld SUCHEN NACH: die Zeichenfolge ein, nach der Sie suchen.
3. Geben Sie die Zeichenfolge, die stattdessen verwendet werden soll, in das Feld ERSETZEN DURCH ein. Markieren Sie die Optionen, die beim Ersetzen berücksichtigt werden sollen.



Sie haben die folgenden Möglichkeiten:

- Klicken Sie auf WEITERSUCHEN, um das nächste Vorkommen der gesuchten Zeichenfolge zu finden.
- Klicken Sie auf ERSETZEN, um das aktuell selektierte Vorkommen der Zeichenfolge zu ersetzen.
- Klicken Sie auf ALLE ERSETZEN, um alle Vorkommen der Zeichenfolge zu ersetzen.

Rechtschreibprüfung

Nachdem Sie Ihren Text eingegeben haben, können Sie Mathcad veranlassen, nach Schreibfehlern im Text zu suchen, und gegebenenfalls Korrekturen vornehmen. Außerdem können Sie Wörter, die Sie häufig verwenden, in Ihr persönliches Wörterbuch aufnehmen.

Hinweis Mathcad führt die Rechtschreibprüfung nur für Textbereiche aus.

Um mit der Rechtschreibprüfung zu beginnen, geben Sie an, für welchen Teil des Arbeitsblatts sie erfolgen soll. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten:

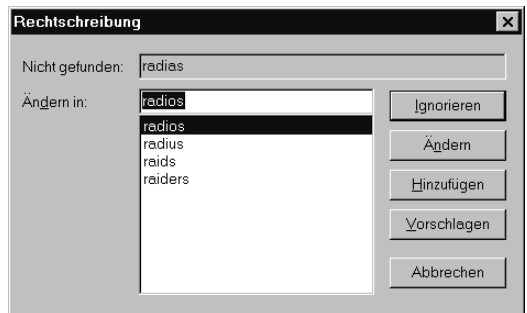
- Klicken Sie an den Anfang des Bereichs, der überprüft werden soll. Mathcad führt die Überprüfung von diesem Punkt an bis zum Ende des Arbeitsblatts durch. Sie können dann die Rechtschreibprüfung entweder am Anfang des Arbeitsblatts fortsetzen oder sie beenden.
- Alternativ markieren Sie den Text, der überprüft werden soll.

Nachdem Sie den Bereich definiert haben, der überprüft werden soll, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag RECHTSCHREIBUNG, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf



2. Wenn Mathcad ein falsch geschriebenes Wort findet, öffnet es das Dialogfeld RECHTSCHREIBUNG. Das falsch geschriebene Wort wird angezeigt, ebenso Verbesserungsvorschläge. Falls Mathcad keine Verbesserungsvorschläge hat, zeigt es nur das falsch geschriebene Wort an.



Tipp

Um zu erkennen, ob ein Wort falsch geschrieben ist, vergleicht Mathcad es mit zwei Wörterbüchern: einem allgemeinen Wörterbuch und Ihrem persönlichen Wörterbuch. Wenn Sie bestimmte Wörter häufig verwenden, die zwar richtig geschrieben sind, die

Mathcad jedoch nicht erkennt, sollten Sie sie in Ihr persönliches Wörterbuch aufnehmen.

Im Dialogfeld RECHTSCHREIBPRÜFUNG haben Sie mehrere Möglichkeiten:

- Um das Wort durch den Korrekturvorschlag oder ein anderes Wort aus der Vorschlagsliste zu ersetzen, wählen Sie ÄNDERN.
- Um weitere, aber weniger wahrscheinliche Korrekturvorschläge anzuzeigen, klicken Sie auf VORSCHLAGEN. Falls es keine weiteren Vorschläge gibt, wird die Schaltfläche VORSCHLAGEN grau dargestellt.
- Um das Wort zu ändern, aber nicht durch einen der Korrekturvorschläge zu ersetzen, geben Sie das neue Wort in das Feld ÄNDERN IN ein und klicken auf ÄNDERN.
- Um die Wörter beizubehalten, klicken Sie auf IGNORIEREN oder HINZUFÜGEN. Wenn Sie auf IGNORIEREN klicken, behält Mathcad das Wort bei, setzt die Rechtschreibprüfung fort und ignoriert alle weiteren Vorkommen dieses Worts. Wenn Sie auf HINZUFÜGEN klicken, wird das Wort Ihrem persönlichen Wörterbuch hinzugefügt.

Hinweis Um einen im englischen Wörterbuch angeführten Dialekt auszuwählen, wählen Sie im ANSICHT-Menü EINSTELLUNGEN, klicken Sie die Registerkarte ALLGEMEIN an, und wählen Sie eine Option unter RECHTSCHREIBPRÜFUNG DIALEKT.

Kapitel 6

Grafiken und andere Objekte

Überblick

Bilder einfügen

Objekte einfügen

Einfügen von verknüpften Grafiken in Ihr Arbeitsblatt

Überblick

Für die anschauliche Erklärung Ihrer Mathcad-Kalkulationen sind Diagramme, Bilder und andere Objekte oft sehr hilfreich. Sie können folgende Abbildungen in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt einfügen:

- 2D-Diagramme, einschließlich X-Y- und polarer Diagramme
- 3D-Diagramme, einschließlich Flächendiagrammen, Umrissdiagrammen, 3D-Streuungsdiagrammen und anderen
- Aus anderen Anwendungen kopierte und eingefügte Bilder, die auf Werten einer Matrix oder einer Bilddatei basieren
- In anderen Anwendungen (z. B. in AVI-, DOC-, MDI- oder anderen Dateien) erstellte Objekte
- Mit Ihren Berechnungen verknüpfte Diagramme

Weitere Informationen zur Erstellung von 2D-Diagrammen finden Sie in Kapitel 12, »Diagramme«, Kapitel 13, »3D-Diagramme«, enthält weitere Informationen für die Erstellung von dreidimensionalen Diagrammen.

Die Abschnitte dieses Kapitels erläutern, wie Bilder und Objekte in ein Mathcad-Arbeitsblatt eingefügt und formatiert werden können. Der letzte Abschnitt dieses Kapitels beschreibt das Einfügen eines Diagramms, das mit Ihren Berechnungen verknüpft ist. Dieser Vorgang wird in Kapitel 16, »Komplexere Berechnungen«, detailliert besprochen.

Bilder einfügen

Dieser Abschnitt beschreibt verschiedene Methoden zum Erstellen und Formatieren von *Bildern*, statisch-grafischer Abbildungen, in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt.


Ein Bild erstellen

Um in ein Mathcad-Arbeitsblatt ein Bild einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

- Geben Sie den *Bildbereich* und den Namen einer Mathcad-Matrix oder den Namen einer externen Bitmap-Datei an, oder
- Importieren Sie ein Bild über die Zwischenablage aus einer anderen Applikation.

Ein Bild aus einer Matrix erzeugen

Mit Hilfe des Bild-Operators legen Sie ein Bild in einem Mathcad-Arbeitsblatt an:

1. Klicken Sie in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt auf einen freien Bereich.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag BILD, oder klicken Sie in der Matrix-Menüleiste auf .

3. Geben Sie in den Platzhalter unten im Operator den Namen einer Matrix ein.

Mathcad erzeugt eine 256-Graustufen-Darstellung der Matrixdaten, wobei jedes Matrixelement einem Pixel im Bild entspricht.

Hinweis

Der Bild-Operator von Mathcad verwendet ein 256-Farben-Modell, wobei der Wert 0 Schwarz, der Wert 255 Weiß darstellt. Zahlen außerhalb des Bereichs von 0 bis 255 werden als Modulo 256 umgerechnet. Bei Fließkommazahlen wird nur der Integer-Anteil verwendet.

Um ein Farbbild mit Mathcad zu erstellen, müssen Sie eine der drei folgenden Matrizen gleicher Größe definieren, die folgende Angaben enthalten:

- Die Rot-, Grün- und Blauwerte (RGB-Werte),
- den Farbton-, die Sättigungs- und Wertanteile (HSV-Farbmodell nach Smith)
- oder die Farbton-, Helligkeits- und Sättigungswerte (HLS-Farbmodell nach Ostwald) für jeden Bildpunkt.

Um eine dieser drei gleich großen Matrizen als Farbbild anzuzeigen, führen Sie die folgenden Schritte durch:

1. Klicken auf einen leeren Bereich Ihres Arbeitsblatts und wählen Sie im Menü EINFÜGEN die Option BILD.
2. Geben Sie den Namen der drei Matrizen getrennt durch Kommata im Platzhalter im unteren Teil des Bildbereichs ein.


Standardmäßig erstellt Mathcad ein dreischichtiges Bild mit 256 Farben oder eine RGB-Darstellung der Daten aus den Matrizen. Diese Vorgabe können Sie über das Dialogfeld EIGENSCHAFTEN und die BILD-Menüleiste auch verändern. Im späteren Abschnitt »Ein Bild verändern« finden Sie weitere Einzelheiten hierzu.

Da die Matrizen zum Rendern von Bildern meist sehr groß sind, ist es am sinnvollsten, diese Art der Bilderzeugung beim Importieren von Grafikdateien als Matrizen zu verwenden, wie dies im Abschnitt »Dateizugriffsfunktionen« in Kapitel 10 erklärt wird. Mit der Funktion READBMP können Sie beispielsweise eine externe Grafikdatei in eine Matrix einlesen und diese anschließend in Mathcad als Bild anzeigen.

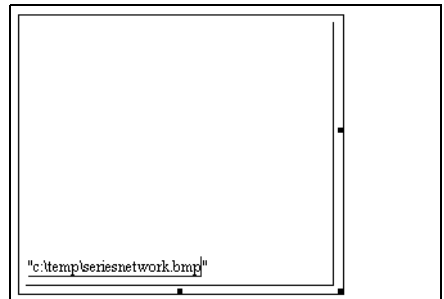
Bilder über einen Verweis auf eine Bilddatei erstellen

Mathcad kann ein Bild unmittelbar aus einer externen Bilddatei in einem beliebigen Dateiformat wie BMP, JPEG, GIF, TGA, PCX u. a. m. erzeugen. Hierfür klicken Sie auf einen leeren Bereich Ihres Arbeitsblatts und gehen dann wie folgt vor:

1. Wählen Sie im Menü EINFÜGEN die Option BILD, oder klicken Sie in der Matrix-

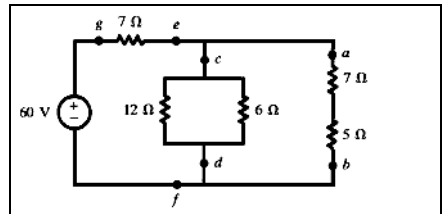
Menüleiste auf , um den Bild-Operator einzufügen.

2. Geben Sie im Platzhalter eine Zeichenfolge mit dem Namen einer Bilddatei aus dem aktuellen Verzeichnis oder den vollständigen Pfad einer Bilddatei ein. Eine Zeichenfolge im Platzhalter wird durch ein vorangestelltes Anführungszeichen (") gekennzeichnet.



3. Klicken Sie die Maus außerhalb des Bildbereichs. Die Bitmap wird auf dem Arbeitsblatt angezeigt.

Immer wenn Sie das Arbeitsblatt öffnen oder die Berechnungen ausführen, wird die Bitmap-Datei in den Bildbereich eingelesen.

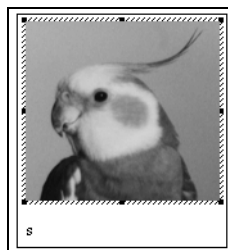


Hinweis Wenn Sie die Bilddatei verändern, muss das Arbeitsblatt neu berechnet werden, damit das geänderte Bild angezeigt werden kann. Verschieben Sie die Bilddatei, kann Mathcad sie nicht mehr anzeigen.


Ein Bild verändern




Sie können Ausrichtung, Größe, Helligkeit, Kontrast oder die Graustufenzuordnung eines Bildes in Mathcad über die Bild-Menüleiste verändern:

1. Klicken Sie das Bild mit der Maus an, so dass der Bildbereich markiert ist (siehe Abbildung).
2. Die Bild-Menüleiste wird geöffnet. Um herauszufinden, was sich hinter den einzelnen Optionen verbirgt, bewegen Sie den Mauszeiger kurz über die einzelnen Symbole, damit Ihnen die Erklärungen zu den Optionen angezeigt werden.



Um das Bild zu vergrößern, müssen Sie beispielsweise in der Menüleiste auf das

Symbol  klicken. Anschließend klicken Sie das Bild wiederholt an, bis die gewünschte Vergrößerung erreicht wurde. Um das Bild zu verkleinern, es auf Fenstergröße zu vergrößern oder um die ursprüngliche Einstellung wiederherzustellen, klicken

Sie auf die Schaltflächen ,  und , um die entsprechenden Befehle auszulösen.

Hinweis

Wenn Sie über das Image Processing Extension Pack oder das Communication System Design-Pack (CSD) verfügen, dann sind Sie bereits im Besitz einer Bildanzeige, die sich ähnlich wie ein Bildbereich verhält. Sowohl über die Bildanzeige als auch über den Bildbereich können Sie Bilddateien importieren und diese über spezielle Optionen in der Menüleiste bearbeiten.

Über das Menü EIGENSCHAFTEN können Sie die Farbpalette verändern oder eine Ausgabeoption wählen:

1. Klicken Sie das Bild mit der rechten Maustaste an und wählen Sie im Popup-Menü die Option EIGENSCHAFTEN.
2. Nehmen Sie auf der Registerkarte EIN- UND AUSGABE die entsprechenden Einstellungen vor und klicken Sie auf OK.

Sie können beispielsweise die Informationen der Farbpalette für ein ausgewähltes Rechteck des Bildes einer Variablen des Arbeitsblatts zuweisen. Das kann sinnvoll sein, wenn Sie ein weiteres Bild erstellen möchten, das nur einen Teil des gesamten Bildes enthält. Markieren Sie im Ausgabebereich des EIGENSCHAFTEN-Menüs die Option MARKIERTES RECHTECK AUSGEBEN und wählen Sie eine Option für die Farbpalette. Wenn Sie auf die Schaltfläche OK klicken, müssen Sie im Platzhalter links vom Bildbereich einen Variablennamen eingeben.

Ein Bild durch Importieren aus der Zwischenablage erzeugen

Es ist möglich, in einer anderen Applikation ein Bild in die Zwischenablage zu kopieren und es dann in Mathcad einzufügen. Dieser Abschnitt beschreibt den Befehl INHALTE EINFÜGEN im BEARBEITEN-Menü. Mit diesem Befehl fügen Sie eine Grafikdatei aus

der Zwischenablage in ein Mathcad-Arbeitsblatt ein, deren Format von Mathcad nicht weiter verarbeitet werden kann: wie z. B. eine Metadatei oder eine Bitmap. Eine Metadatei ist ein Windows-Grafikformat und kann in Mathcad vergrößert oder verkleinert werden, ohne dass dadurch Verluste für die Auflösung entstehen, während eine Bitmap am besten in der Originalgröße angezeigt wird. Eine geräteunabhängige Bitmap, DIB, wird in einem Bitmap-Format gespeichert, das auf andere Betriebssysteme übertragen werden kann.

Hinweis Wenn Sie im BEARBEITEN-Menü von Mathcad den Befehl EINFÜGEN verwenden, um ein Bild aus der Zwischenablage einzufügen (oder es per Drag&Drop aus einer anderen Applikation übernehmen), fügen Sie normalerweise ein verknüpftes *OLE-Objekt* in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt ein, wie auf Seite 108 beschrieben. Wenn Sie auf ein verknüpftes OLE-Objekt doppelklicken, aktivieren Sie die Applikation, in der das Objekt erzeugt wurde, und können es von Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt aus bearbeiten.

Um ein Grafikbild aus einer anderen Applikation in Mathcad einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie die Applikation und kopieren Sie die Grafik in die Zwischenablage. Dazu verwenden Sie normalerweise den Befehl KOPIEREN im BEARBEITEN-Menü. Die meisten Windows-Applikationen bieten diese Funktion an.
2. Klicken Sie mit der Maus in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt dort, wo das Bild eingefügt werden soll.
3. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Befehl INHALTE EINFÜGEN und dann BILD (METADATEI) oder GERÄTEUNABHÄNGIGE BITMAP.
4. Klicken Sie auf OK. Mathcad erzeugt einen Bildbereich und fügt das in der Zwischenablage enthaltene Bild ein.

Hinweis Die Formatauswahl im Dialogfeld INHALTE EINFÜGEN variiert, abhängig von der Applikation, in der das Objekt erzeugt wurde.

Mathcad speichert die Farbtiefe – die Anzahl der Farben im Bild –, wenn Sie das Bild in das Arbeitsblatt einfügen. Das bedeutet, Sie können alle Arbeitsblätter, die Farbbilder enthalten, welche auf Systemen mit anderen Farbtiefen erzeugt wurden, sicher speichern. Die Bilder werden auf den Systemen, auf denen die Arbeitsblätter angelegt wurden, mit der richtigen Farbtiefe angezeigt.

Hinweis Wenn Sie direkt von der Zwischenablage importieren, wird die Bildinformation als Teil des Mathcad-Arbeitsblatts gespeichert. Damit wird die Datei größer. Beim Kopieren des Arbeitsblatts wird auch die Bildinformation kopiert.

Hinweis Um zu verhindern, dass Ihre Mathcad-Datei zu groß wird, fügen Sie gespeicherte Bitmaps in möglichst geringer Farbauflösung wie etwa 16 oder 256 Farben ein.

Ein Bild formatieren

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie ein Bild formatieren, nachdem Sie es angelegt haben.

Die Größe eines Bildes ändern

Um einen Bildbereich zu vergrößern oder zu verkleinern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie mit der Maus in den Bildbereich, um ihn auszuwählen.
2. Schieben Sie den Mauszeiger auf einen der Griffe am Bereichsrand. Der Zeiger wird als Pfeil mit zwei Spitzen angezeigt.
3. Drücken Sie die linke Maustaste und halten Sie sie gedrückt. Ziehen Sie die Maus bei gedrückter Maustaste in die Richtung, in die das Bild vergrößert oder verkleinert werden soll.

Tipp

Wenn Sie die Größe des Bildbereichs ändern, kann es sein, dass das darin angezeigte Bild verzerrt wird. Wenn Sie ein Bild vergrößern oder verkleinern, indem Sie den Griff in der unteren rechten Ecke diagonal verschieben, behalten Sie das Ansichtsverhältnis des Originalbildes bei, also das Verhältnis von Höhe zu Breite. Um ein Bild in seiner Originalgröße wiederherzustellen, klicken Sie auf das Bild und wählen im FORMAT-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN. Auf der Registerkarte ANZEIGE markieren Sie IN ORIGINALGRÖSSE ANZEIGEN.

Rahmen für Bilder anlegen

Mathcad erlaubt Ihnen, einen Rahmen um einen Bildbereich zu legen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Bild, oder wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN. Das Dialogfeld EIGENSCHAFTEN wird angezeigt.
2. Klicken Sie auf RAHMEN ANZEIGEN.
3. Klicken Sie auf OK. Mathcad zeichnet einen Rahmen um den Bildbereich.

Farbpaletten

Wenn Sie eine 256-Farben-Anzeige verwenden und in Ihren Mathcad-Arbeitsblättern Farbbitmaps angelegt haben, setzt Mathcad für alle Bitmaps in Ihren Arbeitsblättern standardmäßig eine einzige 256-Farben-Palette ein. Es handelt sich dabei um dieselbe Standard-Farbpalette, die Mathcad auch für den restlichen Mathcad-Bildschirm verwendet. Sie ist für die meisten Bilder geeignet.

Diese Standard-Farbpalette ist jedoch möglicherweise nicht genau dieselbe wie die, die bei der Entwicklung der Farbbitmaps verwendet wurde. Um das Erscheinungsbild der Bitmaps auf Ihrem Arbeitsblatt zu verbessern, weisen Sie Mathcad an, seine Standard-Farbpalette zu optimieren, so dass für die Anzeige von Bitmaps die bestmöglichen 256 Farben verwendet werden. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FARBE⇒PALETTE OPTIMIEREN. Mathcad wertet die Bilder auf dem Arbeitsblatt aus und erzeugt eine optimale 256-Farben-Palette für sie.

2. Im FORMAT-Menü soll der Eintrag FARBE⇒STANDARDPALETTE VERWENDEN markiert sein. Mathcad verwendet dann die neue Standardpalette, die erstellt wurde.

Hinweis Wenn Ihr Anzeigetreiber mehr als 256 Farben unterstützt, sind die Optionen zur Einrichtung der Palette im FORMAT-Menü grau dargestellt.

Objekte einfügen

Dieser Abschnitt beschreibt Techniken zum Einfügen und zur Bearbeitung von Objekten, die in anderen Applikationen erzeugt werden. OLE (Object Linking and Embedding) in Microsoft Windows ermöglicht es, solche Objekte nicht nur statisch in Ihre Applikationen (oder Mathcad-Objekte in andere Applikationen) einzufügen, sondern die Objekte werden so eingefügt, dass sie von Mathcad aus in ihren jeweiligen Applikationen vollständig bearbeitet werden können.

Ein Objekt kann in ein Mathcad-Arbeitsblatt *eingebettet* oder damit *verknüpft* werden. Ein verknüpftes Objekt muss in einer extern gespeicherten Datei vorliegen. Ein Objekt, das Sie einbetten, kann beim Einfügen angelegt werden. Wird ein verknüpftes Objekt verändert, werden alle diese Änderungen auch in der Originaldatei berücksichtigt. Wird ein eingebettetes Objekt bearbeitet, betreffen diese Änderungen das Objekt nur im Kontext des Mathcad-Arbeitsblatts. Das Originalobjekt in der Quell-Applikation bleibt unverändert.

Tipp Weitere Informationen über die Verwendung spezieller Objekte, so genannter *Komponenten*, zum Importieren und Exportieren von Daten sowie zur Einrichtung dynamischer Verbindungen zwischen Mathcad und anderen Applikationen finden Sie in den Kapiteln 11 und 16.

Ein Objekt in ein Arbeitsblatt einfügen

Ein Objekt wird mit Hilfe des OBJEKT-Befehls aus dem EINFÜGEN-Menü in Mathcad (eine OLE2-kompatible Applikation) eingefügt, mit Kopieren&Einfügen oder mit Drag&Drop. Welche Methode Sie verwenden, ist davon abhängig, ob Sie das Objekt dynamisch anlegen möchten, ob das Objekt bereits existiert, oder ob Sie das Objekt als ganze Datei einfügen möchten. Es ist möglich, Objekte in ein Mathcad-Arbeitsblatt einzufügen, indem man einfach darauf doppelklickt und dadurch die *Inplace-Aktivierung* der Originalapplikation veranlasst.

Tipp Im Allgemeinen verwenden Sie dieselben Methoden, um *ein Mathcad-Objekt* in eine andere Applikation einzufügen und sie dort zu bearbeiten, wie Sie sie auch für das Einfügen von Objekten in Mathcad-Arbeitsblätter einsetzen. Die Details sind davon abhängig, inwieweit die Applikation, die ein Mathcad-Objekt erhält, OLE 2 unterstützt. Nachdem Sie ein Mathcad-Objekt in eine kompatible Applikation eingefügt haben,

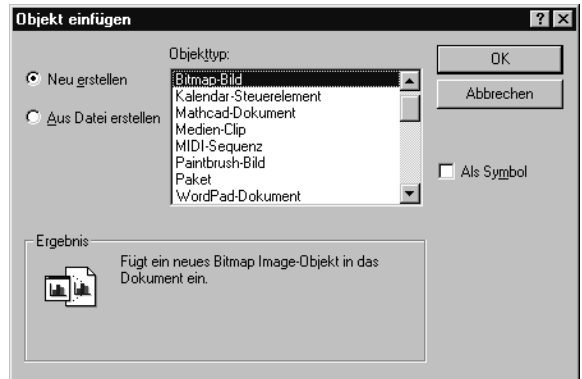
bearbeiten Sie es ganz einfach, indem Sie darauf doppelklicken. Wenn die Applikation die Inplace-Aktivierung unterstützt, wie die aktuellen Applikationen von Microsoft Office, werden die Menüs und Symbolleisten von Mathcad angezeigt.

Der Befehl Objekt einfügen

Wenn Sie den Befehl OBJEKT aus dem EINFÜGEN-Menü verwenden, können Sie ein Objekt einfügen, das Sie in demselben Moment erstellen. Sie können aber auch eine ganze Datei einfügen, die bereits vorher existierte.

Um ein Objekt oder eine gespeicherte Datei einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf Ihrem Arbeitsblatt an die Stelle, an der das Objekt eingefügt werden soll. Das Fadenkreuz sollte angezeigt werden.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag OBJEKT, um das Dialogfeld OBJEKT EINFÜGEN anzuzeigen. Standardmäßig ist NEU ERSTELLEN ausgewählt:
3. Markieren Sie ALS SYMBOL, wenn Sie statt des Objekts ein Icon auf Ihrem Arbeitsblatt anzeigen möchten. Dabei wird in der Regel das Icon für die Applikation erstellt, in der das Objekt angelegt wurde.



Um ein neues Objekt anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie in der Liste OBJEKT-TYP eine Applikation aus. Welche Objekttypen hier bereitgestellt werden, ist davon abhängig, welche Applikationen Sie auf Ihrem System installiert haben.
2. Klicken Sie auf OK.

Wenn Sie eine bereits existierende Datei einfügen möchten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie im Dialogfeld OBJEKT EINFÜGEN auf AUS DATEI ERSTELLEN. Das Dialogfeld wird nun anders dargestellt.
2. Geben Sie den Pfad zur Objektdatei ein, oder klicken Sie auf DURCHSUCHEN, um ihn zu ermitteln.

3. Markieren Sie VERKNÜPFEN, um ein verknüpftes Objekt einzufügen. Wenn dieses Kontrollkästchen nicht markiert ist, wird das Objekt eingebettet.

4. Klicken Sie auf OK.



Ein Objekt in ein Arbeitsblatt einfügen

Sie können ein Objekt in einer Quell-Applikation in die Zwischenablage kopieren und es von dort direkt in Mathcad einfügen. Diese Methode ist insbesondere dann praktisch, wenn Sie das Objekt bereits in einer anderen Applikation angelegt haben und keine ganze Datei einfügen möchten.

Um ein eingebettetes oder verknüpftes Objekt über die Zwischenablage in ein Arbeitsblatt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Öffnen Sie die Quell-Applikation mit dem Objekt.
2. Kopieren Sie das Objekt aus der Quell-Applikation in die Zwischenablage. In der Regel wählen Sie dazu im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN, oder Sie drücken **[Strg] + [C]**.
3. Klicken Sie im Mathcad-Arbeitsblatt dort, wo das Objekt platziert werden soll.
4. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü von Mathcad den Eintrag EINFÜGEN oder INHALTE EINFÜGEN.

Wenn Sie EINFÜGEN verwenden, ist das Format des Objekts, das in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt eingefügt wird, davon abhängig, welche Quell-Applikation es in die Zwischenablage kopiert hat. Das Verhalten unterscheidet sich dahingehend, ob Sie einen mathematischen Platzhalter ausgewählt haben oder ob Sie das Objekt an eine freie Stelle auf dem Arbeitsblatt einfügen. Mathcad erzeugt eines der folgenden Objekte:

- Eine *Matrix*, falls Sie numerische Daten aus der Zwischenablage in einen leeren mathematischen Platzhalter einfügen.
- Einen *Textbereich*, wenn Sie Text einfügen, der nicht nur aus numerischen Daten besteht.
- Eine *Bitmap* oder ein *Bild (Metadatei)*, falls die Originalapplikation Grafiken erzeugt.
- Ein *eingebettetes Objekt*, wenn die Originalapplikation OLE unterstützt.

Wenn Sie INHALTE EINFÜGEN verwenden, haben Sie die Möglichkeit, das Objekt in einem in der Zwischenablage vorliegenden Format einzufügen. In der Regel fügen Sie das Objekt als eingebettetes oder verknüpftes OLE-Objekt ein (falls das Objekt in einer

OLE-kompatiblen Quell-Applikation als Datei abgelegt wurde), als Bild (Metadatei) oder als Bitmap. Weitere Informationen über das Einfügen von Metadateien und Bitmaps finden Sie auf Seite 105.

Drag&Drop, um Objekte in ein Arbeitsblatt einzufügen

Eine dritte Möglichkeit, ein OLE-Objekt in ein Mathcad-Arbeitsblatt einzufügen, ist Drag&Drop von der Quell-Applikation in das Arbeitsblatt. Das ist dem Kopieren und Einfügen ganz ähnlich, aber Sie können damit nicht immer eine Verknüpfung mit einem Objekt anlegen. Für das Drag&Drop öffnen Sie sowohl Mathcad als auch die Quell-Applikation und ordnen die beiden Fenster nebeneinander auf dem Bildschirm an. Wählen Sie das Objekt in der Quell-Applikation aus und ziehen Sie es mit Hilfe der Maus auf Ihr Mathcad-Arbeitsblatt. Das Objekt erscheint, sobald Sie die Maustaste loslassen.

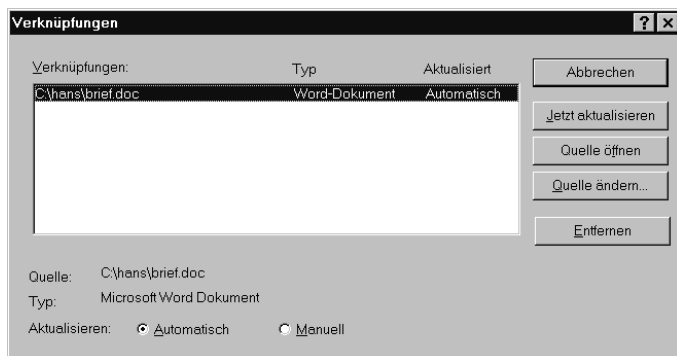
Ein Objekt bearbeiten

Um ein in ein Mathcad-Arbeitsblatt eingebettetes Objekt zu bearbeiten, doppelklicken Sie auf das Objekt. Die Menüs und Symbolleisten der Quell-Applikation werden in Mathcad angezeigt, und das Objekt wird mit einem schraffierten Rahmen gekennzeichnet, in dem Sie es bearbeiten können. Dieser OLE-Mechanismus zur Bearbeitung wird auch als *Inplace-Aktivierung* bezeichnet. Beispielsweise können Sie diese Inplace-Aktivierung verwenden, um in Mathcad Objekte zu bearbeiten, die in Microsoft-Office-Applikationen angelegt wurden, beispielsweise in Excel oder Word.

Wenn die Quell-Applikation die Inplace-Aktivierung in Mathcad nicht unterstützt oder wenn das Objekt verknüpft ist, entsteht ein anderes Verhalten. Bei einem eingebetteten Objekt wird eine Kopie des Objekts in der anderen Applikation eingefügt. Ist das Objekt verknüpft, öffnet die Quell-Applikation die Datei mit dem Objekt.

Eine Verknüpfung bearbeiten

Wenn Sie ein verknüpftes Objekt in ein Mathcad-Arbeitsblatt eingebettet haben, können Sie die Verknüpfung aktualisieren, entfernen oder die Quelldatei, mit der das Objekt verknüpft ist, ändern. Dazu wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag VERKNÜPFUNGEN.



Wählen Sie aus der Liste die Verknüpfung aus, die Sie bearbeiten möchten. Es gibt mehrere Möglichkeiten, Änderungen vorzunehmen.

Online-Hilfe

Weitere Informationen zu den Optionen im Dialogfeld finden Sie in der Online-Hilfe unter »Verknüpfungen Dialogfeld«.

Einfügen von verknüpften Grafiken in Ihr Arbeitsblatt

Wenn Sie eine Zeichnung oder Grafik einfügen möchten, die mit Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt verknüpft ist, können Sie eine *Komponente* einfügen. Eine Komponente ist ein spezielles OLE-Objekt. Im Gegensatz zu anderen OLE-Objekten, die Sie in ein Arbeitsblatt einfügen können, wie im Abschnitt »Objekte einfügen« beschrieben, kann eine Komponente Daten von Mathcad empfangen und an Mathcad senden, oder beides, indem sie das Objekt dynamisch mit Ihren Mathcad-Berechnungen verknüpft.

Mit der SmartSketch-Komponente beispielsweise können Sie SmartSketch-Zeichnungen einfügen, deren Dimensionen als Berechnungen mit Ihren Mathcad-Kalkulationen verknüpft sind.

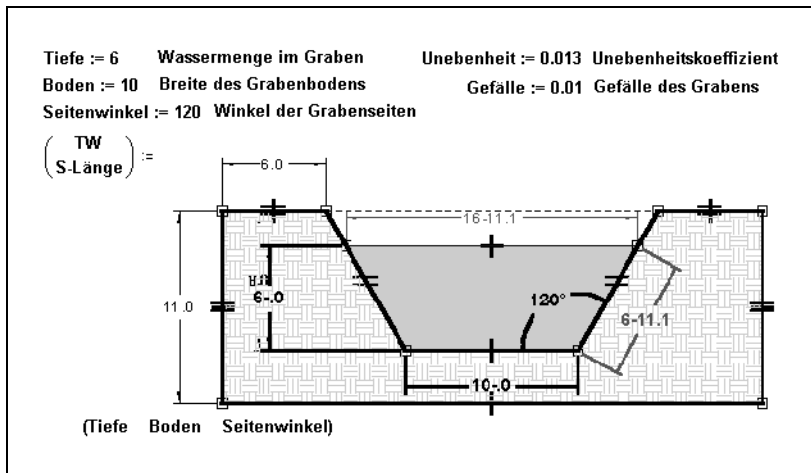


Abbildung 6.1: Einfügen in ein Mathcad-Arbeitsblatt durch die SmartSketch-Komponente

Abbildung 6.1 zeigt ein Beispiel für die Verwendung der SmartSketch-Komponente. Neben den SmartSketch-Komponenten verfügt Mathcad über andere Komponenten zum Datenaustausch in Applikationen wie Excel, MATLAB oder ODBC-Datenbanken. Weitere Informationen zu diesen und anderen Komponenten finden Sie in Kapitel 16, »Komplexe Berechnungen«.

Kapitel 7

Verwaltung von Arbeitsblättern

Arbeitsblätter und Vorlagen

Neuanordnen Ihres Arbeitsblatts

Layout

Sperren von Bereichen auf einem Arbeitsblatt

Verweise auf Arbeitsblättern

Hyperlinks

Erstellen eines elektronischen Buchs

Drucken und Mail

Arbeitsblätter und Vorlagen


Wenn Sie Mathcad einsetzen, legen Sie in der Regel ein Arbeitsblatt an, das Textbereiche, Rechenbereiche und Grafikbereiche enthält. Die Dateinamenerweiterung für Arbeitsblätter ist .MCD.

Beim Anlegen eines neuen Arbeitsblatts in Mathcad beginnen Sie zunächst mit dem Standardformat von Mathcad. Sie können aber auch eine *Vorlage* verwenden, die benutzerdefinierte Informationen für die Formatierung Ihres Arbeitsblatts enthält. Wenn Sie Ihr Arbeitsblatt aus einer Vorlage erstellen, werden alle Formatinformationen sowie Text-, Rechen- und Grafikbereiche aus der Vorlage auf das neue Arbeitsblatt kopiert, so dass Sie allen Ihren Arbeitsblättern dasselbe Aussehen geben können.

Mathcad beinhaltet zahlreiche vordefinierte Vorlagen, aus denen Sie Ihre neuen Mathcad-Arbeitsblätter erzeugen. Sie erweitern diese Vorlagen, indem Sie eigene Mathcad-Arbeitsblätter als Vorlagen speichern. Mathcad verwendet .MCT als Standarddateinamenerweiterung für Vorlagen.

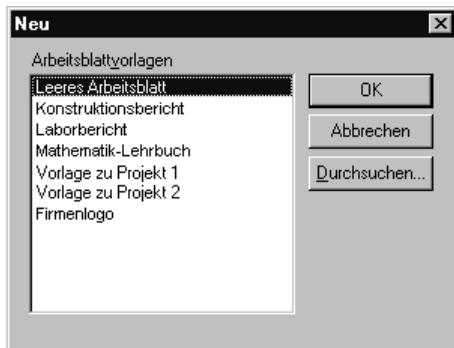
Es gibt jedoch auch noch andere Optionen zum Speichern. Ein Arbeitsblatt kann im HTML-Format (Hypertext Markup Language) gespeichert werden, damit die Datei in einem Web-Browser angezeigt werden kann. Außerdem ist es möglich, Arbeitsblätter in Formaten abzulegen, die zu früheren Mathcad-Versionen kompatibel sind.

Ein neues Arbeitsblatt anlegen

Wenn Sie Mathcad neu öffnen oder in der Standard-Symbolleiste auf  klicken, sehen Sie ein leeres Arbeitsblatt, das auf der Vorlage »Leeres Arbeitsblatt« (NORMAL.MCT) basiert. Hier geben Sie Gleichungen, Grafik, Text und Diagramme ein und formatieren sie. Die Arbeitsblattattribute können geändert werden, beispielsweise Seitenränder, Zahlenformate, Kopf- und Fußzeilen und Text- und Rechenformate. Das leere Arbeitsblatt ist nur eine der von Mathcad vordefinierten Vorlagen. Abhängig davon, welche Arbeitsblätter Sie anlegen, können Sie auch noch andere Vorlagen benutzen. Beispielsweise gibt es eine Vorlage für elektronische Bücher, für Berichte, für Datenblätter usw.


Um ein neues Arbeitsblatt anzulegen, das eine Vorlage benutzt, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag NEU. Mathcad zeigt eine Liste der verfügbaren Arbeitsblattvorlagen an. Welche Vorlagen Ihnen genau zur Verfügung stehen, hängt von den Vorlagen ab, die Sie bereits erstellt haben.
2. Wählen Sie eine andere Vorlage als LEERES ARBEITSBLATT aus. Standardmäßig zeigt Mathcad Vorlagen an, die im Ordner VORLAGEN abgelegt sind, und zwar in dem Verzeichnis, in dem Mathcad installiert wurde. Klicken Sie auf DURCHSUCHEN, um eine Vorlage in einem anderen Ordner oder auf einem anderen Laufwerk zu suchen.
3. Klicken Sie auf OK.




Ihr Arbeitsblatt speichern

Wenn Sie das Arbeitsblatt speichern möchten, wählen Sie SPEICHERN oder SPEICHERN UNTER aus dem DATEI-Menü und geben einen Dateinamen mit der Endung .MCD an. Wenn Sie das Arbeitsblatt wiederholt speichern, wählen Sie einfach SPEICHERN aus

dem DATEI-Menü, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf , um das bereits gespeicherte Arbeitsblatt auf dem Datenträger zu aktualisieren.

Tipp

Um mit einem Arbeitsblatt zu arbeiten, das Sie zuvor abgelegt haben, wählen Sie im

DATEI-Menü den Eintrag ÖFFNEN oder klicken in der Standard-Symbolleiste auf . Mathcad fordert Sie im Dialogfeld ÖFFNEN auf, einen Dateinamen auszuwählen. Sie finden bzw. öffnen ein Mathcad-Arbeitsblatt in anderen Verzeichnissen oder Laufwerken auf die gleiche Weise wie Dateien in jeder anderen Windows-Applikation.

Unten im DATEI-Menü sehen Sie eine Liste der zuletzt verwendeten Arbeitsblätter, aus der Sie unmittelbar auswählen können, welche Datei bearbeitet werden soll.

Arbeitsblätter im HTML-Format speichern

Ein Mathcad-Arbeitsblatt kann auf zwei Arten im HTML-Format gespeichert werden. Zum einen kann ein HTML-Standarddokument erzeugt werden, indem die Textbereiche von Mathcad als HTML-Dateien und alle übrigen Bereiche als mit dem Dokument verknüpfte JPEG-Dateien gespeichert werden.

Neu für Mathcad 2001 ist die Möglichkeit, das Mathcad-Arbeitsblatt als HTML-Datei mit eingebettetem MathML (Mathematical Markup Language) zu speichern. Zum Anzeigen von HTML-Dateien mit eingebettetem MathML muss der Hypermedia-Browser Techexplorer vom IBM installiert sein, ein Anzeigeprogramm für MathML, der als Plug-In von Ihrem Browser ausgeführt wird. Das Mathcad 2001-Paket enthält eine spezielle Version des Techexplorer, eine kostenlose Version, die nur für die Anzeige verwendet werden kann. Diese können Sie von der Web-Site von IBM herunterladen.

Tipp

Die kostenlose Version des Hypermedia-Browsers Techexplorer von IBM, mit der Dateien nur angezeigt werden können, finden Sie unter der Adresse <http://www3.software.ibm.com/download> auf der IBM-Web-Site.

Wenn Sie ihre Mathcad-Arbeitsblätter im HTML/MathML-Format speichern, können Sie diese später wieder ohne Informationsverlust mit Mathcad öffnen. Alle Bereiche werden angezeigt und von Mathcad berechnet, als wäre das Dokument im MCD-Format gespeichert.

Hinweis

Wenn Sie Mathcad-Arbeitsblätter im HTML- oder HTML/MathML-Format speichern, wird eine HTML-Datei sowie ein Unterverzeichnis mit der Bezeichnung (Dateiname)_images angelegt, welches alle dazugehörigen JPEG-Dateien enthält. Ein weiteres Unterverzeichnis mit der Bezeichnung (Dateiname)_data enthält alle erforderlichen Informationen zur Erhaltung der Funktionalität der Mathcad-Bereiche, die nicht im HTML oder MathML-Format abgelegt werden können.

So speichern Sie ein Arbeitsblatt im HTML- oder HTML/MathML-Format:

1. Wählen Sie im DATEI-Menü die Option SPEICHERN UNTER...
2. Wählen Sie im Dialogfeld SPEICHERN UNTER in der aufklappbaren Liste HTML-DATEI oder HTML/MATHML-DATEI.
3. Geben Sie einen Dateinamen ein und klicken Sie auf SPEICHERN. Das Dokument wird mit der Dateinamenserweiterung HTM gespeichert.

Abbildung 7.1 zeigt ein Mathcad-Arbeitsblatt, das mit einem mit dem Techexplorer von IBM ausgestatteten Browser angezeigt wird.

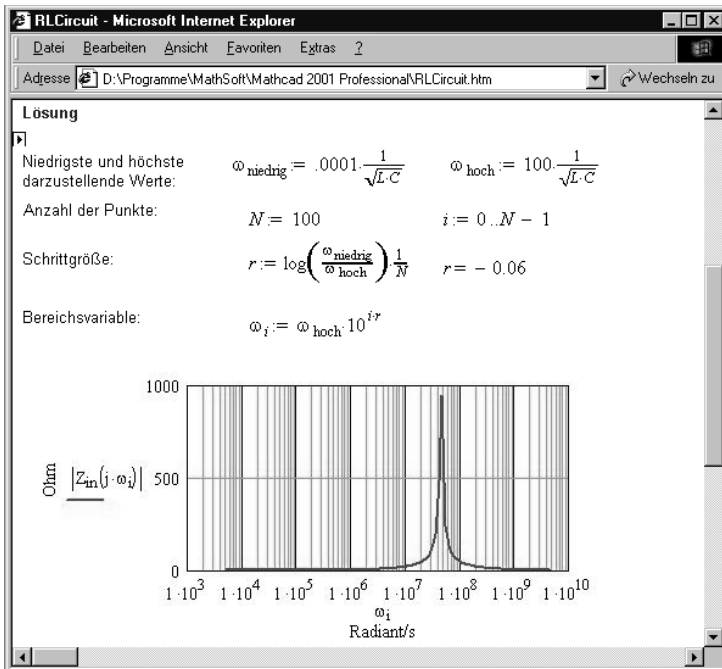


Abbildung 7.1: Ein Mathcad-Arbeitsblatt, das mit einem mit dem Techexplorer von IBM ausgestatteten Browser angezeigt wird.

Hinweis Nicht alle Mathcad-Bereiche mit numerischen Ausdrücken oder Berechnungen können mit MathML dargestellt werden. Beispielsweise gibt es keine Markierungs-Tags, mit denen zwei- oder dreidimensionale Diagramme dargestellt werden können. Sie werden feststellen, dass ein HTML/MathML-Dokument mit sehr vielen JPEG-Dateien verbunden ist, die diese Bereiche ohne MathML-Entsprechungen anzeigen. In Abbildung 7.1 werden die Gleichungen, Bereichsvariablen und Ergebnisse mit MathML dargestellt, während die Kurve aus einer JPEG-Datei stammt.

Mit dem Internet Explorer von Microsoft kann Mathcad für die Bearbeitung von Arbeitsblättern aktiviert werden, die im HTML/MathML-Format gespeichert wurden.

Führen Sie folgende Schritte durch, um Mathcad-Arbeitsblätter über den Internet Explorer zu bearbeiten:

1. Laden Sie das im HTML/MathML-Format gespeicherte Arbeitsblatt in den Internet Explorer.
2. Wählen Sie im DATEI-Menü die Option MIT MATHCAD BEARBEITEN.

Bearbeiten Sie die Datei wie üblich und speichern Sie diese anschließend über die Schaltfläche SPEICHERN aus der Standardmenüleiste. Sie können auch die Option SPEICHERN aus dem DATEI-Menü wählen. In beiden Fällen wird die Datei im HTML/MathML-Format gespeichert.

Tipp

Zum Veröffentlichen Ihrer HTML-Dateien im Web können Sie die Web-Ordner von Windows oder den Web Publishing-Assistenten verwenden. Diese Hilfsmittel helfen Ihnen beim Einrichten einer direkten Verbindung zum Web-Server, über die Sie Ihre Web-Dateien veröffentlichen oder aktualisieren können.

Arbeitsblätter im RTF-Format ablegen


Um ein Arbeitsblatt zu speichern, so dass Sie es in einer Textverarbeitung öffnen können, die RTF-Dateien mit eingebetteten Grafiken lesen kann, gehen Sie wie folgt vor:

1. Blättern Sie in Ihrem Arbeitsblatt nach unten, um alle berechneten Ergebnisse zu aktualisieren.
2. Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag **SPEICHERN UNTER**.
3. Wählen Sie im Dialogfeld **SPEICHERN UNTER** in der Dropdown-Liste **DATEITYP** den Eintrag **RTF-DATEI**.
4. Geben Sie einen Dateinamen ein und klicken Sie auf **SPEICHERN**.

Wenn Sie eine RTF-Datei in einer Textverarbeitung öffnen, beispielsweise in Microsoft Word, sehen Sie alle Mathcad-Bereiche untereinander aufgelistet, da das RTF-Format die Mathcad-Formatierungen nur sehr begrenzt unterstützen kann. In der Textverarbeitung müssen Sie eventuell Textbereiche verschieben, damit diese wie in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt erscheinen. Nachdem Mathcad-Bereiche in eine Textverarbeitung geladen sind, können Sie den Text bearbeiten. Es ist jedoch nicht möglich, Rechenbereiche und Diagramme zu bearbeiten, die in Grafiken eingebettet worden sind. Wie Sie Mathcad-Arbeitsblätter oder -Bereiche in ein Dokument einer Textverarbeitung einbetten, so dass Sie die Original-Arbeitsblätter bearbeiten können, finden Sie auf Seite 107 beschrieben.

Tipp

Text wird in Mathcad mit der RTF-Spezifikation von Microsoft unterstützt. Das bedeutet, Sie können Text aus Textbereichen mit Hilfe der Zwischenablage in die meisten Textverarbeitungsprogramme exportieren. Selektieren Sie den betreffenden Textbereich in Mathcad, kopieren Sie den Text mit dem Befehl **KOPIEREN** aus dem

BEARBEITEN-Menü oder mit  auf der Standard-Symbolleiste in die Zwischenablage. Wählen Sie in Ihrer Textverarbeitung im **BEARBEITEN**-Menü den Eintrag **EINFÜGEN**.

Arbeitsblätter in einem älteren Format speichern

Im Allgemeinen können Arbeitsblätter aus früheren Mathcad-Versionen in der aktuellen Version geöffnet werden. Dateien, die in der aktuellen Mathcad-Version angelegt werden, können jedoch nicht in früheren Versionen geöffnet werden. Mathcad 2001 ermöglicht es Ihnen jedoch, ein Arbeitsblatt im Format von Mathcad 8, Mathcad 7 oder Mathcad 6 abzulegen.

Hinweis

Wenn Sie auf Ihrem Arbeitsblatt Funktionen oder Diagrammtypen einsetzen, die nur unter Mathcad 2001 zur Verfügung stehen, werden diese von früheren Versionen nicht erkannt. Bereiche oder Funktionen, die in älteren Versionen nicht funktionieren, werden als Bitmaps dargestellt.

Um ein Arbeitsblatt in einem Format zu speichern, das von früheren Mathcad-Versionen gelesen werden kann, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag **SPEICHERN** oder **SPEICHERN UNTER**.
2. Wählen Sie in der DATEITYP-Dropdown-Liste **MATHCAD-8-ARBEITSBLATT**, **MATHCAD-7-ARBEITSBLATT** oder **MATHCAD-6-ARBEITSBLATT** aus und geben Sie einen Dateinamen ein.
3. Klicken Sie auf **SPEICHERN**. Eine Meldung erscheint, die Sie darauf hinweist, dass Sie bestimmte Funktionen nur in Mathcad 2001 ausführen können und dass diese in früheren Versionen nicht zur Verfügung stehen.

Neue Vorlagen anlegen

Sie können die Vorlagen auch durch eigene Dokumente ergänzen. Eine Vorlage, die Sie selbst anlegen, kann Gleichungen, Text und Grafik an beliebigen Stellen enthalten ebenso wie benutzerdefinierte Informationen in den Kopf- und Fußzeilen (siehe »Layout« auf Seite 124). Die Vorlage spezifiziert außerdem:

- Definitionen aller mathematischen Formate (Kapitel 4)
- Definitionen aller Textformate (Kapitel 5)
- Ränder für das Drucken (siehe Abschnitt »Layout« auf Seite 124)
- Numerische Ergebnisformate und Werte für die eingebauten Mathcad-Variablen (Kapitel 8)
- Namen für die Einheiten in Mathcad und das Standardmaßsystem (Kapitel 8)
- Den Standard-Berechnungsmodus (Kapitel 8)
- Sichtbarkeit des Lineals und des Maßsystems (im Abschnitt »Ausrichtung von Bereichen« auf Seite 120)


Um eine neue Vorlage anzulegen, erzeugen Sie zuerst ein neues Arbeitsblatt, wobei die oben aufgelisteten Optionen nach Bedarf realisiert werden. Das Arbeitsblatt kann beliebige Gleichungen, Text und Grafik enthalten – eben das, was auf der Vorlage erscheinen soll. Im nächsten Schritt legen Sie das Arbeitsblatt als Vorlage ab. Dazu gehen Sie wie folgt vor:


1. Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag **SPEICHERN UNTER**.
2. Doppelklicken Sie im Dialogfeld **SPEICHERN UNTER** auf den Ordner **VORLAGEN**.
3. Wählen Sie in der DATEITYP-Dropdown-Liste **MATHCAD-VORLAGEN**.
4. Klicken Sie auf **SPEICHERN**.

Damit haben Sie dem Dialogfeld, das erscheint, wenn Sie im DATEI-Menü den Eintrag NEU wählen, Ihre neue Vorlage hinzugefügt. Um ein neues Arbeitsblatt anzulegen, das diese Vorlage verwendet, wählen Sie einfach im DATEI-Menü den Eintrag NEU und die Vorlage aus der Liste aus. Falls Sie Ihre Vorlage nicht im Ordner VORLAGEN abgelegt haben, wählen Sie den Pfad zur Datei mit Hilfe von DURCHSUCHEN aus.

Eine Vorlage abändern

Um eine existierende Vorlage abzuändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag ÖFFNEN, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf .
2. Wählen Sie in der DATEITYP-Dropdown-Liste ALLE DATEIEN aus.
3. Geben Sie den Namen der Vorlage in das Feld DATEINAME ein, oder suchen Sie die Vorlage. Arbeitsblatt-Vorlagen werden standardmäßig im Ordner VORLAGEN abgelegt.
4. Klicken Sie auf ÖFFNEN. Die Vorlage wird im Mathcad-Fenster geöffnet.

Die Vorlage kann abgeändert werden wie jedes beliebige Mathcad-Arbeitsblatt. Um Ihre Änderungen unter dem aktuellen Vorlagennamen zu speichern, wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag SPEICHERN, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf . Wenn Sie der abgeänderten Vorlage einen neuen Namen zuweisen möchten, wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag SPEICHERN UNTER und geben einen entsprechenden Namen ein.

Tipp

Um die *Standardvorlage* für ein leeres Arbeitsblatt zu ändern, ändern Sie die Vorlagendatei NORMAL.MCT.

Hinweis

Von der Änderung einer Vorlage sind nur die Dateien betroffen, die mit der geänderten Vorlage erzeugt werden. Auf Arbeitsblätter, die vor der Vorlagenänderung angelegt wurden, werden die Änderungen nicht angewendet. Diese Standardvorlage wird auch zum Öffnen von älteren Mathcad-Dokumenten, wie denen von Mathcad 6, verwendet.

Neuanordnung des Arbeitsblatts

Dieser Abschnitt beschreibt, wie mathematische Ausdrücke, Grafik und Text auf Ihren Arbeitsblättern neu angeordnet werden können. Weitere Informationen über die grundsätzliche Vorgehensweise zum Selektieren, Kopieren, Verschieben und Löschen von Bereichen finden Sie auf Seite 29.

Hinweis Mit Hilfe des Befehls ZOOM im ANSICHT-Menü oder durch Anklicken von VERGRÖßERUNG auf der Standard-Menüleiste erhalten Sie eine Gesamtansicht Ihres Arbeitsblatts. Alternativ können Sie auch den Befehl SEITENANSICHT verwenden, der auf Seite 136 noch genauer beschrieben wird.


Ausrichtung von Bereichen

In Ihr Arbeitsblatt eingefügte Bereiche können horizontal und vertikal ausgerichtet werden. Hierfür können Sie Menü-Befehle oder das Arbeitsblatt-Lineal verwenden


Befehle

Folgende Befehle dienen dem horizontalen bzw. vertikalen Ausrichten von Bereichen:


1. Wählen Sie den Bereich wie auf Seite 29 beschrieben aus.
2. Wählen Sie BEREICHE AUSRICHTEN⇒HORIZONTAL (für die horizontale Ausrichtung) oder BEREICHE AUSRICHTEN⇒VERTIKAL (für die vertikale Ausrichtung) aus dem FORMAT-Menü. Sie können diese beiden Befehle auch durch Anklicken

von  und  in der Standard-Symboleiste ausführen.

Bei der Auswahl von BEREICHE AUSRICHTEN⇒VERTIKAL oder durch Anklicken von

 macht Mathcad Folgendes:

- Mathcad zeichnet eine unsichtbare vertikale Linie in der Mitte zwischen der rechten Kante des ganz rechts ausgewählten Bereichs und der linken Kante des ganz links ausgewählten Bereichs.
- Alle rechts von dieser Linie selektierten Bereiche werden nach links verschoben, bis ihre linken Kanten damit bündig sind.
- Alle links von dieser Linie selektierten Bereiche werden nach rechts verschoben, bis ihre linken Kanten damit bündig sind.

Die Auswahl von BEREICHE AUSRICHTEN⇒HORIZONTAL oder das Anklicken von  bewirkt fast dasselbe. Mathcad zeichnet eine unsichtbare horizontale Linie in der Mitte zwischen der oberen Kante des obersten Bereichs und der unteren Kante des untersten Bereichs. Selektierte Bereiche unterhalb und oberhalb dieser Linie werden nach oben bzw. unten verschoben, bis die Mittelpunkte ihrer linken Kanten genau auf der Linie liegen.

Hinweis Die Ausrichtung von Bereichen kann bewirken, dass sich diese überlappen. Mathcad warnt Sie, falls das passiert, aber Sie können die überlappenden Bereiche auch wieder trennen, wie im Folgenden noch beschrieben wird.

Verwendung des Arbeitsblatt-Lineals

Wenn Sie aus dem ANSICHT-Menü den Eintrag LINEAL wählen, während sich der Cursor auf einer leeren Stelle oder in einem Math-Bereich befindet, wird das Lineal am oberen Rand des Fensters angezeigt. Sie können auf dem Lineal Feststellmarken setzen, um Bereiche nach bestimmten Maßen auszurichten.

So setzen Sie Feststellmarken auf dem Lineal:

1. Klicken Sie das Lineal dort an, wo eine Feststellmarke erscheinen soll. Unterhalb des Lineals erscheint ein entsprechendes Symbol.
2. Klicken Sie das Feststellmarken-Symbol mit der rechten Maustaste an und wählen Sie FESTSTELLMARKE ANZEIGEN aus dem Kontextmenü. Es erscheint ein entsprechendes Symbol neben dem Befehl.

Die Feststellmarke wird als grüne vertikale Linie angezeigt. Wählen Sie Bereiche aus, und verschieben Sie diese an die Feststellmarke. Abbildung 7.2 beschreibt die Verwendung einer Feststellmarke bei der vertikalen Verschiebung eines Bereichs.

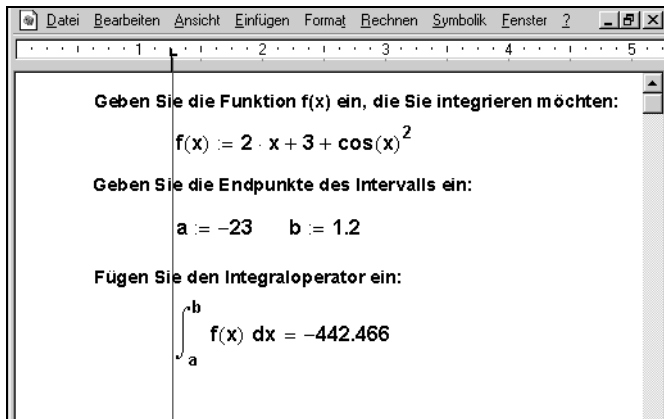


Abbildung 7.2: Verwendung einer Feststellmarke bei der vertikalen Verschiebung eines Bereichs

Hinweis Die auf dem Lineal festgelegten Tabstopps legen fest, wohin sich der Cursor bewegt, wenn Sie die Tabulator-Taste drücken. Um einen Tabstopp zu entfernen, klicken Sie auf das Symbol, halten die Maustaste gedrückt und ziehen die Markierung vom Lineal weg.

Um eine Feststellmarke zu entfernen, klicken Sie das Lineal mit der rechten Maustaste an der Feststellmarke an, und wählen Sie FESTSTELLMARKE ANZEIGEN aus dem Menü, damit die Feststellmarke deaktiviert wird.

Tipp Sie können das Maßsystem des Lineals ändern, indem Sie das Lineal mit der rechten Maustaste anklicken und ZOLL, ZENTIMETER, PUNKTE oder PICAS aus dem Kontextmenü wählen. Um das Maßsystem des Lineals für alle Dokumente zu ändern, speichern Sie diese Änderungen als Vorlage NORMAL.MCT ab.

Leerzeilen einfügen oder entfernen

Es ist ganz einfach, eine oder mehrere Leerzeilen in Ihr Arbeitsblatt einzufügen.

1. Klicken Sie auf die leere Zeile, unterhalb derer Sie eine oder mehrere Leerzeilen einfügen möchten. Der Cursor muss aussehen wie ein Fadenkreuz.
2. Drücken Sie $\left[\leftarrow \right]$, um eine leere Zeile einzufügen und verschieben Sie den Cursor auf den linken Rand. Machen Sie das so oft, wie Sie leere Zeilen einfügen möchten.

Um eine oder mehrere Leerzeilen aus Ihrem Arbeitsblatt zu entfernen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie oberhalb der Leerzeilen, die gelöscht werden sollen. Der Cursor muss aussehen wie ein Fadenkreuz. Rechts oder links vom Cursor sollen sich keine Bereiche befinden.
2. Drücken Sie $\left[\text{Entf} \right]$, solange Sie weitere Zeilen löschen möchten. Mathcad löscht leere Zeilen unterhalb des Cursors. Sie können auch alternativ $\left[\leftarrow \right]$ so oft drücken, wie Sie Zeilen entfernen möchten. Mathcad löscht leere Zeilen oberhalb des Cursors.

Wenn Sie $\left[\text{Entf} \right]$ oder $\left[\leftarrow \right]$ drücken und scheinbar nichts passiert, prüfen Sie, ob sich der Cursor in einer Zeile befindet. Falls sich in der Zeile, die Sie löschen wollen, ein Bereich Ihres Arbeitsblatts befindet, löscht Mathcad die Zeile nicht.

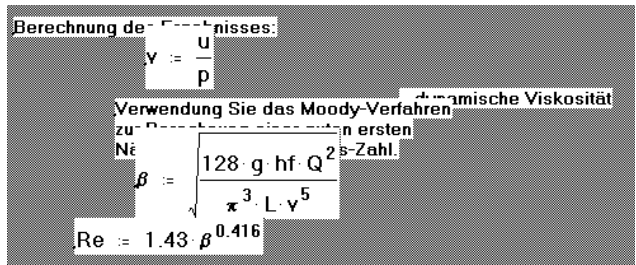
Tipp

Um eine bestimmte Anzahl Zeilen schnell aus Ihrem Arbeitsblatt zu löschen oder darin einzufügen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf einen leeren Bereich des Arbeitsblatts, wählen im Popup-Menü die Einträge ZEILEN EINFÜGEN oder ZEILEN LÖSCHEN und geben die Anzahl der Zeilen in das Dialogfeld ein.

Bereiche trennen

Nachdem Sie die Bereiche auf einem Mathcad-Arbeitsblatt verschoben und bearbeitet haben, überlappen diese sich möglicherweise. Überlappende Bereiche stören sich gegenseitig nicht bei Berechnungen, aber Ihr Arbeitsblatt wird dadurch schwer zu entziffern sein.

Am besten stellen Sie fest, welche Bereiche sich überlappen, indem Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag BEREICHE wählen. Wie hier gezeigt, stellt Mathcad den freien Hintergrund grau dar, während Bereiche in der normalen Hintergrundfarbe angezeigt werden. Um den leeren Platz ebenfalls wieder in der normalen Hintergrundfarbe anzuzeigen, wählen Sie erneut den Eintrag BEREICHE aus dem ANSICHT-Menü.



Um alle überlappenden Bereiche zu trennen, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag **BEREICHE TRENNEN**. Überall, wo sich Bereiche überlappen, verschiebt dieser Befehl die Bereiche so, dass die Überlappungen verschwinden.

Berechnung des Ergebnisses:


$$\nu := \frac{u}{\rho}$$

...dynamische Viskosität

Verwendung Sie das Moody-Verfahren zur Berechnung einer guten ersten Näherung für die Reynolds-Zahl.

$$\beta := \sqrt{\frac{128 \cdot g \cdot hf \cdot Q^2}{\pi^3 \cdot L \cdot \nu^5}}$$

$$Re := 1.43 \cdot \beta^{0.416}$$

Hinweis Seien Sie vorsichtig im Umgang mit dem Befehl **BEREICHE TRENNEN**, weil er nicht nur weitreichende Auswirkungen haben kann, sondern weil es außerdem nicht möglich ist, ihn rückgängig zu machen. Bereiche werden verschoben und die Reihenfolge der Kalkulation kann sich ändern. Als Alternative können Sie die Bereiche einzeln verschieben, mit  Zeilen einfügen und die Bereiche so anordnen, dass sie sich nicht mehr überlappen.

Bereiche hervorgehoben darstellen

Mathcad ermöglicht es Ihnen, Bereiche so darzustellen, dass sie sich von allen anderen Bereichen und dem Text in Ihrem Arbeitsblatt abheben.

Um einen Bereich mit einer anderen Hintergrundfarbe darzustellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in den Bereich, der hervorgehoben dargestellt werden soll.
2. Wählen Sie im **FORMAT**-Menü den Eintrag **EIGENSCHAFTEN**.
3. Klicken Sie auf die Registerkarte **ANZEIGE**.
4. Markieren Sie das Kontrollkästchen **BEREICH HERVORHEBEN**. Klicken Sie auf **FARBE AUSWÄHLEN**, um eine neue Hintergrundfarbe für den Bereich auszuwählen.
5. Klicken Sie auf **OK**.

Mathcad füllt das Rechteck um die Gleichung mit der Standard-Hintergrundfarbe oder der von Ihnen ausgesuchten Farbe aus. Dabei handelt es sich nur um eine verschönernde Maßnahme – sie hat keine Auswirkungen auf die Gleichung, außer dass sie mehr auffällt.

Hinweis Die Darstellung eines hervorgehobenen Bereichs beim Drucken hängt von den Fähigkeiten Ihres Druckers und der ausgewählten Farbe ab. Einige Schwarz/Weiß-Drucker stellen eine Farbe schwarz dar, so dass die Gleichung nicht mehr lesbar ist. Andere berechnen den entsprechenden Grauwert, um die Gleichung zu kennzeichnen, ohne sie unleserlich zu machen.

Um die Standard-Hintergrundfarbe für hervorgehobene Bereiche zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FARBE.
2. Klappen Sie das nächste Menü für diesen Menüpunkt auf und wählen Sie HERVORHEBUNG. Ein Dialogfeld mit einer Farbpalette wird angezeigt. Klicken Sie auf die gewünschte Farbe.
3. Klicken Sie auf OK.

Hintergrundfarbe des Arbeitsblatts ändern

Sie können die Hintergrundfarbe Ihres Arbeitsblatts wie folgt ändern:

1. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag FARBE.
2. Klappen Sie das nächste Menü für diesen Menüpunkt auf und wählen Sie HINTERGRUND. Ein Dialogfeld mit einer Farbpalette wird angezeigt. Klicken Sie auf die gewünschte Farbe.
3. Klicken Sie auf OK.

Layout

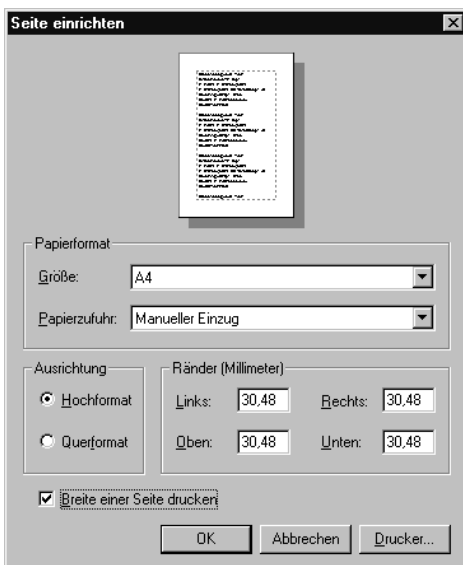
Bevor Sie ein Arbeitsblatt ausdrucken, richten Sie die Ränder, Papieroptionen, Seitenumbrüche und Kopf- und Fußzeilen so aus, dass die Seiten des Arbeitsblatts korrekt dargestellt werden.

Ränder, Papiergröße, Zufuhr und Ausrichtung einstellen

Mathcad-Arbeitsblätter verwenden benutzerdefinierbare Ränder – links, rechts, oben und unten. Um diese Ränder zu setzen, wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag SEITE EINRICHTEN.

Verwenden Sie die vier Textfelder unten rechts im Dialogfeld, um die Abstände der Ränder zu den entsprechenden Papierrändern zu spezifizieren.

In diesem Dialogfeld können Sie auch die Papiergröße vorgeben, ebenso wie die Ausrichtung des Papiers. Weitere Informationen zum Drucken in Mathcad finden sie ab Seite 134.



Tipp

Wenn Sie die Ränder und andere Seiteneigenschaften auch in anderen Arbeitsblättern verwenden möchten, speichern Sie das Arbeitsblatt als Vorlage, wie auf Seite 118 beschrieben.

Seitenumbrüche

Mathcad erlaubt zwei Arten von Seitenumbrüchen:

- *Weiche Seitenumbrüche:* Mathcad verwendet die Standardeinstellungen für Ihren Drucker und Ihre oberen und unteren Ränder, um diese Seitenumbrüche automatisch einzufügen. Sie werden als punktierte horizontale Linien angezeigt, die Sie sehen, wenn Sie in Ihrem Arbeitsblatt nach unten blättern. Weiche Seitenumbrüche können nicht entfernt und nicht hinzugefügt werden.
- *Harte Seitenumbrüche:* Harte Seitenumbrüche werden eingefügt, indem der Cursor an der entsprechenden Position auf dem Arbeitsblatt platziert wird und Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag SEITENUMBRUCH wählen. Harte Seitenumbrüche werden in Ihrem Arbeitsblatt als horizontale Linie dargestellt.

Wenn Mathcad Ihr Arbeitsblatt ausdruckt, wechselt es auf eine neue Seite, wenn es auf einen weichen oder einen harten Seitenumbruch trifft.

Um einen harten Seitenumbruch zu entfernen, gehen Sie wie folgt vor:

- Markieren Sie den harten Seitenumbruch mit der Maus so, wie Sie auch andere Bereiche auf Ihrem Arbeitsblatt markieren. Ein gestrichelter Rahmen erscheint um den Seitenumbruch.
- Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag LÖSCHEN.

Tipp

Weil Mathcad eine WYSIWYG-Umgebung ist, werden alle Bereiche, die einen weichen oder harten Seitenumbruch überlappen, zerteilt und auf den zwei aufeinander folgenden Seiten ausgedruckt. Um einen Bereich von einem harten Seitenumbruch zu trennen, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag BEREICHE TRENNEN. Dieser Befehl trennt jedoch keine Bereiche von einem überlappenden weichen Seitenumbruch. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag SEITEN JETZT NEU UMBRECHEN, um Mathcad zu zwingen, einen weichen Seitenumbruch oberhalb jedes Bereichs einzufügen, der andernfalls beim Ausdruck in mehrere Stücke zerteilt würde.

Kopf- und Fußzeilen

Um in jede ausgedruckte Seite eine Kopf- oder Fußzeile einzufügen, um für die erste Seite eine andere Kopf- oder Fußzeile anzuzeigen oder um eine existierende Kopf- oder Fußzeile zu bearbeiten, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag KOPF-/FUSSZEILEN. Das entsprechende Dialogfeld erscheint:



Um eine Kopf- oder Fußzeile einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Registerkarte KOPFZEILE/FUSSZEILE. Um für die erste Seite Ihres Arbeitsblatts eine andere Kopf- oder Fußzeile anzulegen, markieren Sie die Option UNTERSCHIEDLICHE KOPF- UND FUSSZEILEN AUF ERSTER SEITE und klicken auf die Registerkarte KOPFZEILE-SEITE 1 oder FUSSZEILE-SEITE 1.
2. Geben Sie die Information für die Kopf- oder Fußzeile in eines oder mehrere der Textfelder ein. Was Sie in die Textfelder LINKS, ZENTRIERT und RECHTS eingeben, erscheint auch auf der Seite in diesen Positionen. Klicken Sie in der Gruppe HILFSMITTEL auf FORMAT, um die Schrift, den Schriftschnitt, die Ausrichtung oder die Schriftgröße für die Kopf- oder Fußzeile zu ändern. Klicken Sie GANZE BREITE FÜR JEDEN ABSCHNITT, wenn Sie möchten, dass Text über die Textfelder hinausgeschrieben wird.
3. Klicken Sie auf die Schaltflächen der HILFSMITTEL-Gruppe, um den Dateinamen, die Seitennummer, die aktuelle Zeit oder das aktuelle Datum an die Position der Einfügemarke automatisch einzufügen. Um ein Bild einzufügen, klicken Sie in der HILFSMITTEL-Gruppe auf BILD und suchen dann nach der entsprechenden Bitmap-Datei (.BMP-Format).

Tipp

Mathcad beginnt die Seitennummerierung standardmäßig mit 1. In der Gruppe OPTIONEN stellen Sie eine andere Seitennummer ein.

Gesicherte Bereiche auf einem Arbeitsblatt

Die Leichtigkeit, mit der Sie ein Mathcad-Arbeitsblatt ändern können, kann auch ein Problem darstellen. Es ist nur allzu leicht, ein Arbeitsblatt zu ändern und dabei Dinge zu tun, die nicht geschehen sollten. Wenn Sie beispielsweise eine ganze Reihe von Gleichungen entwickelt und sorgfältig getestet haben, sollten Sie andere Benutzer Ihres Arbeitsblatts daran hindern, damit herumzuspielen. Um unerwünschte Änderungen

Ihres Arbeitsblatts zu verhindern, sichern Sie die betreffenden Bereiche auf Ihrem Arbeitsblatt, indem Sie sie sperren, damit sie zwar von Ihnen selbst, nicht aber von anderen bearbeitet werden können.

Dazu gehen Sie wie folgt vor:

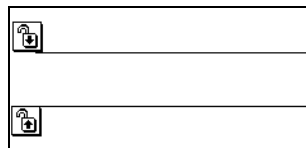
1. Erzeugen Sie auf Ihrem Arbeitsblatt eine *Region*, die alle zu sperrenden Bereiche enthält.
2. Platzieren Sie alle Bereiche, die Sie schützen möchten, in dieser Region.
3. Sperren Sie die Region. Optional können Sie ein Kennwort vorgeben oder die Region ausblenden.

Nachdem sich ein Bereich sicher innerhalb einer gesperrten Region befindet, kann ihn niemand mehr bearbeiten. Alle Rechenbereiche innerhalb einer gesperrten Region werden weiterhin berechnet, so dass sie andere Gleichungen im Dokument beeinflussen. Wenn Sie beispielsweise innerhalb einer gesperrten Region eine Funktion definieren, können Sie diese überall unterhalb und rechts von dieser Definition benutzen. Sie können jedoch die Definition der Funktion nicht ändern, es sei denn, Sie heben die Sperre für die Region auf.

Eine Region einfügen

Um eine sperrbare Region in Ihr Arbeitsblatt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **REGION** aus. Mathcad fügt ein Linienpaar in das Arbeitsblatt ein. Diese Linien markieren die Begrenzungen der sperrbaren Region.
2. Wählen Sie eine dieser Begrenzungslinien so aus, wie Sie einen Bereich markieren: indem Sie die Maus über die Linie ziehen oder indem Sie die Linie anklicken.
3. Nachdem Sie die Begrenzungslinie markiert haben, verschieben Sie sie, so wie Sie auch Bereiche verschieben.



Sie sollten die Begrenzungslinien so positionieren, dass genügend Platz zwischen ihnen bleibt, um die zu sperrenden Bereiche aufzunehmen. Sie können beliebig viele sperrbare Regionen in Ihr Arbeitsblatt aufnehmen. Die einzige Einschränkung dabei ist, dass sperrbare Regionen nicht verschachtelt werden können.

Tipp

Um einer Region auf Ihrem Arbeitsblatt einen Namen zuzuweisen, klicken Sie auf die Begrenzungslinie, wählen im **FORMAT**-Menü den Eintrag **EIGENSCHAFTEN** und geben auf der Registerkarte **REGION** einen Namen ein. Die Registerkarte **REGION** ermöglicht es Ihnen, auch andere Anzeigeattribute einer Region einzustellen, beispielsweise, ob ein Rahmen oder ein Icon angezeigt werden sollen.

Eine Region sperren und ausblenden

Nachdem Sie die zu sperrenden Bereiche in Regionen abgelegt haben, sperren Sie die Region. Sie können eine Region mit einem Kennwort versehen, um zu verhindern, dass jemand sie ändert, der keine Berechtigung dazu hat. Außerdem können Sie die Region ausblenden, so dass die darin enthaltenen Bereiche nicht mehr angezeigt werden.

Um eine Region zu sperren, gehen Sie wie folgt vor:

- 1. Klicken Sie in die Region.
- 2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag REGION⇒SPERREN.
- 3. Geben Sie gegebenenfalls im Dialogfeld REGION SPERREN ein Kennwort ein, das aus einer beliebigen Kombination aus Buchstaben, Ziffern und anderen Zeichen besteht.

Region sperren

Kennwort (optional):

Kennwort erneut

☐ Bei Sperrung reduzieren

☒ Zeitmarkierung für Sperrung anzeigen

OK

Abbrechen

Das Kennwort wird zur Bestätigung ein zweites Mal eingegeben.

- 4. Klicken Sie auf BEI SPERRUNG REDUZIEREN, um den gesperrten Bereich nicht anzuzeigen. Klicken Sie auf ZEITMARKIERUNG FÜR SPERRUNG ANZEIGEN, um oberhalb bzw. unterhalb der Begrenzungslinien das Datum und den Zeitpunkt anzuzeigen, zu dem die Region zuletzt gesperrt wurde.
- 5. Klicken Sie auf OK.

Jetzt ist die Region gesperrt. Standardmäßig werden am Rand Vorhängeschlösser und an den Begrenzungslinien die Zeitmarkierungen angezeigt.

	Mit Okt 04 11:13:16 1995
	Mit Okt 04 11:13:16 1995

Hinweis

Wenn Sie eine Region durch ein Kennwort schützen, sollten Sie sich dieses Kennwort unbedingt merken. Wenn Sie es vergessen, sind Sie für immer aus dieser Region ausgesperrt. Beachten Sie, dass im Kennwort die Groß-/Kleinschreibung berücksichtigt wird.

Um einen Bereich auszublenden, ohne ihn zuvor zu sperren, gehen Sie wie folgt vor:

- 1. Klicken Sie auf den Bereich.
- 2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag BEREICH⇒AUSBLENDEN.

Ein ausgeblendeter Bereich erscheint als einzelne Zeile in Ihrem Arbeitsblatt.

Regionen freigeben und erweitern

Wenn Sie Änderungen in einem Bereich innerhalb einer gesperrten Region vornehmen möchten, müssen Sie die Sperre aufheben. Ist diese Region ausgeblendet, erweitern Sie sie.

Um die Sperre für eine gesperrte Region aufzuheben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in die Region, deren Sperre aufgehoben werden soll.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag REGION⇒FREIGEBEN.
3. Falls ein Kennwort angegeben wurde, werden Sie danach gefragt.

Um eine ausgeblendete Region zu expandieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Begrenzungslinie der Region.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag REGION⇒ERWEITERN.


Nachdem eine Region freigegeben und expandiert worden ist, können Sie dort beliebige Änderungen vornehmen.

Tipp

Wenn Sie eine Region ohne Kennwort sperren, kann jeder die Sperre aufheben, indem er einfach REGION⇒FREIGEBEN im FORMAT-Menü auswählt.

Eine Region löschen

Eine sperrbare Region wird so gelöscht wie jeder andere Bereich. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Stellen Sie sicher, dass die Region nicht gesperrt ist. Es ist nicht möglich, eine gesperrte Region zu löschen.
2. Markieren Sie eine der beiden Linien, die den Umfang der gesperrten Region anzeigen.
3. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag AUSSCHNEIDEN, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf .

Verweise auf Arbeitsblätter

Manchmal sollen Formeln und Berechnungen aus einem Mathcad-Arbeitsblatt in einem anderen Arbeitsblatt verwendet werden. Möglicherweise tauchen bestimmte Berechnungen und Definitionen auch immer wieder auf. Sie können selbstverständlich alles über die Optionen KOPIEREN und EINFÜGEN aus dem Menü BEARBEITEN verschieben oder Bereiche von einem Arbeitsblatt in ein anderes ziehen. Sind jedoch komplette Arbeitsblätter davon betroffen, dann kann dieser Vorgang umständlich sein und die eigentlichen Berechnungen des Arbeitsblatts durcheinander bringen.

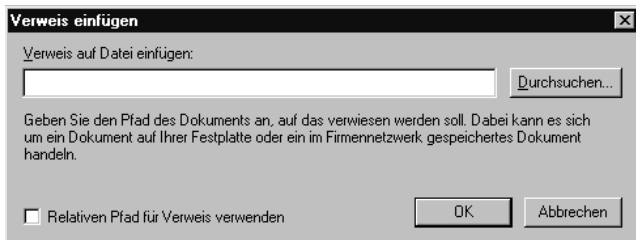
Deshalb erlaubt Mathcad das Verweisen von einem Arbeitsblatt auf ein anderes, ohne dass dieses hierfür extra geöffnet oder die Gleichungen und Definitionen direkt in das aktuelle Arbeitsblatt eingegeben werden. Wenn Sie einem Arbeitsblatt einen Verweis hinzufügen, dann sehen Sie die Formeln des Arbeitsblatts, auf welches verwiesen wird, nicht. Das aktuelle Arbeitsblatt verhält sich aber so, als könnte es dies.

Tipp

Die im vorangegangenen Abschnitt mit der Überschrift »Gesicherte Bereiche auf einem Arbeitsblatt« beschriebene alternative Möglichkeit ist das Erstellen eines ausblendbaren Bereichs, der die Berechnungen des Arbeitsblatts verbirgt. Bei dieser Methode, die zwar eine Wiederverwendung der Berechnungen nicht in der gleichen Weise wie ein Verweis auf ein Arbeitsblatt zulässt, haben Sie die Möglichkeit, einen Bereich mit Berechnungen durch ein Kennwort zu schützen oder zu sperren.

So fügen Sie einen Verweis in ein Arbeitsblatt ein:

1. Klicken Sie die Maus an der Stelle, wo der Verweis eingefügt werden soll. Wählen Sie einen leeren Bereich und keinen bereits benutzten Bereich. Der Mauszeiger verwandelt sich in ein Fadenkreuz.
2. Wählen Sie im Menü EINFÜGEN die Option VERWEIS.
3. Klicken Sie auf SUCHEN und wählen Sie ein Arbeitsblatt. Alternativ können Sie auch den Pfad für das Arbeitsblatt eingeben. Für einen Verweis auf eine Mathcad-Datei im World Wide Web können Sie auch eine Internet-Adresse (URL) angeben.
4. Klicken Sie auf OK, um den Verweis ins Arbeitsblatt einzufügen.



Mathcad markiert die Position, an der der Verweis mit dem Fadenkreuz eingefügt wurde, mit einem kleinen

 Reference:<http://www.mathsoft.com/mcad60/ug/>

Symbol. Rechts daneben steht der Pfad für das Arbeitsblatt. Wenn Sie dieses Symbol doppelt anklicken, öffnet Mathcad das Arbeitsblatt in einem eigenen Fenster zur Bearbeitung. Sie können das Symbol wie jeden anderen Mathcad-Bereich verschieben oder löschen.

Hinweis

Standardmäßig wird der Standort der Verweisdatei im Arbeitsblatt mit dem absoluten Systempfad (oder URL) gespeichert. Das bedeutet, dass Mathcad die Verweisdatei nicht mehr findet, wenn Sie das Hauptarbeitsblatt und die Verweisdatei in ein anderes Dateisystem mit einer unterschiedlichen Struktur verschieben. Soll der Standort der Verweisdatei auf dem Laufwerk relativ zum Mathcad-Arbeitsblatt mit dem Verweis gespeichert werden, klicken Sie im Dialogfeld EINFÜGEN auf RELATIVEN PFAD FÜR VERWEIS VERWENDEN. Der Verweis ist dann auch noch gültig, wenn Sie die Verweisdatei und das eigentliche Arbeitsblatt auf ein anderes Laufwerk verschieben, aber dabei die *relative* Verzeichnisstruktur beibehalten. Um einen relativen Pfad verwenden zu können, müssen Sie zuerst die Datei mit dem Verweis speichern.

Verändern Sie den Inhalt einer Verweisdatei so, dass Berechnungen verändert werden, dann müssen Sie Arbeitsblätter, die Verweise darauf enthalten, öffnen, damit eine Neuberechnung durchgeführt wird. Berechnungen in diesen Arbeitsblättern werden nicht automatisch aktualisiert.

Hyperlinks

Mathcad erlaubt es, so genannte *Hyperlinks* anzulegen, die beim Doppelklicken neue Mathcad-Arbeitsblätter oder andere Dateien öffnen.

Hyperlinks zwischen Arbeitsblättern

Sie können in jedem Mathcad-Bereich – egal ob Textbereich oder grafisches Element – einen Hyperlink einfügen. Wenn Sie auf den Hyperlink doppelklicken, öffnet Mathcad das zugehörige Arbeitsblatt. Auf diese Weise gruppieren Sie Arbeitsblätter, die in irgendeiner Beziehung zueinander stehen, ähnlich den elektronischen Büchern in Mathcad. Sie können aber auch einfach einen Verweis auf ein anderes Mathcad-Arbeitsblatt im aktuellen Arbeitsblatt anlegen.

Es gibt zwei Möglichkeiten, das verknüpfte Arbeitsblatt anzuzeigen, wenn auf den Hyperlink doppelgeklickt wird:

- Das verknüpfte Arbeitsblatt kann in einem normal großen Mathcad-Arbeitsblattfenster geöffnet werden, das das aktuelle Fenster überdeckt und es Ihnen ermöglicht, seinen Inhalt zu bearbeiten.
- Das verknüpfte Arbeitsblatt kann in einem kleinen Popup-Fenster angezeigt werden, das einfach nur den Inhalt des Arbeitsblatts anzeigt, der aber nicht bearbeitet werden kann.

Mathcad kann Hyperlinks zu beliebigen Arbeitsblättern verfolgen, egal ob auf einem lokalen Laufwerk, einem Netzwerkdateisystem oder dem World Wide Web.

Um einen Hyperlink anzulegen, müssen Sie diesen zunächst spezifizieren, nämlich so:

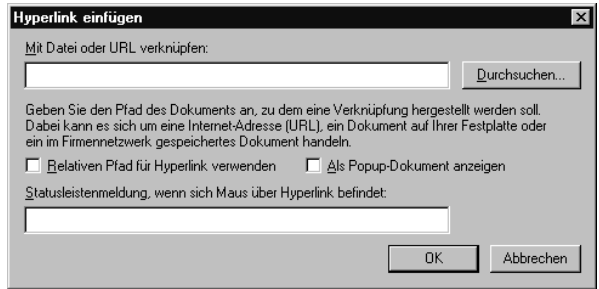
- Selektieren Sie einen Textabschnitt oder
- Klicken Sie irgendwo in eine Gleichung oder einen Grafikbereich oder
- Platzieren Sie die Einfügemarke irgendwo innerhalb eines Textbereichs

Tipp

Text kann auf zwei Arten mit einer Zielformatdatei oder einem Ziel verknüpft werden. Sie können ein Wort oder einen Satz markieren oder den gesamten Textbereich anklicken. Wählen Sie markierten Text, dann unterstreicht Mathcad das Wort oder den Text, und der Mauszeiger verwandelt sich in eine Hand, wenn der Zeiger darüber bewegt wird. Im Allgemeinen eignen sich entweder markierter Text oder ein eingebettetes Bild am besten als Hyperlink zu einem anderen Arbeitsblatt.

Im nächsten Schritt spezifizieren Sie das Ziel. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag HYPERLINK. Mathcad öffnet das Dialogfeld HYPERLINK EINFÜGEN.



2. Klicken Sie auf DURCHSUCHEN, um das Ziel-Arbeitsblatt anzugeben. Alternativ können Sie auch den vollständigen Pfad zu einem Arbeitsblatt in das leere Textfeld oben im Dialogfeld eingeben, oder eine Internet-Adresse (URL), um einen Hyperlink zu einer Datei im World Wide Web anzulegen.
3. Klicken Sie auf RELATIVEN PFAD FÜR HYPERLINK VERWENDEN, um die Position des Ziel-Arbeitsblatts relativ zu dem Mathcad-Arbeitsblatt anzugeben, das den Hyperlink enthält. Damit bleibt der Hyperlink auch dann gültig, wenn Sie die Zielfeile oder das Arbeitsblatt mit dem Hyperlink verschieben, die relative Verzeichnisstruktur zwischen beiden jedoch gleich bleibt.

Hinweis

Um über RELATIVEN PFAD FÜR HYPERLINKS BENUTZEN verfügen zu können, müssen Sie zunächst Ihr Arbeitsblatt speichern, in dem Sie Hyperlinks einfügen möchten.

4. Markieren Sie ALS POPUP-DOKUMENT ANZEIGEN, wenn das Ziel-Arbeitsblatt in einem kleinen Popup-Fenster angezeigt werden soll.
5. Wenn Sie möchten, dass in der Statusleiste unten im Fenster eine Meldung erscheint, wenn sich die Maus über einen Hyperlink bewegt, geben Sie die Meldung in das Textfeld unten in diesem Dialogfeld ein.
6. Klicken Sie auf OK.

Um Eigenschaften eines Hyperlinks zu ändern – beispielsweise wenn Sie das Ziel-Arbeitsblatt verschoben haben und der Hyperlink erhalten bleiben soll –, klicken Sie auf den Hyperlink und wählen im EINFÜGEN-Menü den Eintrag HYPERLINK. Nehmen Sie im Dialogfeld HYPERLINK EINFÜGEN beliebige Änderungen vor.

Um einen Hyperlink zu entfernen, klicken Sie auf den Hyperlink und wählen im EINFÜGEN-Menü den Eintrag HYPERLINK. Klicken Sie im Dialogfeld auf HYPERLINK LÖSCHEN. Mathcad entfernt alle Spuren der Verknüpfung.

Um Eigenschaften eines Hyperlinks zu ändern (z. B. beim Verschieben des Arbeitsblatts und anschließend notwendiger Anpassung der Pfade), klicken Sie auf den Hyperlink und wählen im Menü EINFÜGEN die Option HYPERLINK. Führen Sie die erforderlichen Änderungen im Dialogfeld HYPERLINK BEARBEITEN durch.

Zum Entfernen klicken Sie den Hyperlink an und wählen im Menü EINFÜGEN wiederum die Option HYPERLINK. Klicken Sie im Dialogfeld auf HYPERLINK ENTFERNEN. Mathcad entfernt daraufhin alle Spuren des Hyperlinks.

Verweise zwischen Bereichen einrichten

Um einen Verweis auf einen bestimmten Bereich des Arbeitsblatts einrichten zu können, müssen Sie diesen mit einem *Tag* markieren. Ein Tag kennzeichnet einen Bereich eines Arbeitsblatts eindeutig, so dass ein direkter Sprung zu diesem Bereich möglich ist. Ein Tag kann aus einer Wortfolge, Ziffern oder Zwischenräumen, nicht aber aus Symbolen bestehen.

So erstellen Sie ein Tag für einen Bereich:

1. Klicken Sie in einem Bereich des Arbeitsblatts, für den das Bereichs-Tag gesetzt werden soll, die rechte Maustaste.
2. Wählen Sie im Popup-Menü **EIGENSCHAFTEN**.
3. Im Dialogfeld **EIGENSCHAFTEN** geben Sie auf der Registerkarte **ANZEIGE** im Eingabefeld das Tag ein. Klicken Sie anschließend auf **OK**.

Jetzt können Sie von jedem anderen Bereich des Arbeitsblatts oder von einem anderen Arbeitsblatt aus eine Verknüpfung einrichten.

Mit den folgenden Schritten richten Sie einen Hyperlink zu einem mit einem Tag gekennzeichneten Bereich ein:

1. Klicken Sie einen Bereich im Arbeitsblatt an und wählen Sie im Menü **EINFÜGEN** die Option **HYPERLINK**.
2. Klicken Sie auf **SUCHEN** und markieren Sie das Zielarbeitsblatt oder geben Sie den vollständigen Pfad für das Arbeitsblatt bzw. eine Internet-Adresse (URL) ein. Den Namen des Arbeitsblatts müssen Sie auch dann angeben, wenn der Bereich sich im gleichen Arbeitsblatt befindet.
3. Geben Sie am Ende des Pfads ein Doppelkreuz # gefolgt von dem Bereichs-Tag ein. Der vollständige Pfad für den Zielbereich kann ungefähr so aussehen:
`c:\Dateiname#Bereichs-Tag.`
4. Ergänzen Sie die Angaben im Dialogfeld **HYPERLINK** und klicken Sie abschließend auf **OK**.

Hinweis Wenn Sie einen Verweis zwischen Bereichen oder Mathcad-Arbeitsblättern einrichten, können Sie die Option aus dem Popup-Fenster nicht verwenden.

Hyperlinks für andere Dateien anlegen

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Methoden erzeugen nicht nur Hyperlinks von einem Mathcad-Arbeitsblatt zu einem anderen, sondern auch von einem Mathcad-Arbeitsblatt zu einer beliebigen Datei, egal ob auf einem lokalen Dateisystem, einem Netzwerk oder dem World Wide Web. Mit dieser Funktion können Sie elektronische Bücher, wie im Abschnitt »Erstellen eines elektronischen Buchs« beschrieben wird, oder zusammengesetzte Dokumente erzeugen, die nicht nur Mathcad-Arbeitsblätter enthalten, sondern auch Textdateien, Animationsdateien – und überhaupt jeden Dateityp, den Sie verwenden möchten.

Hinweis Wenn Sie auf einen Hyperlink doppelklicken, der zu einer anderen Datei als einem Mathcad-Arbeitsblatt führt, starten Sie entweder die Applikation, mit der die Datei erzeugt wurde, oder eine Applikation, die dem Dateityp in der Windows-Registrierungsdatenbank zugeordnet wurde.

Erstellen eines elektronischen Buchs

Wie bereits in Kapitel 3, »Online-Ressourcen«, erläutert, besteht ein elektronisches Buch aus Mathcad-Arbeitsblättern, die über Hyperlinks verknüpft sind. Wenn Sie ein elektronisches Buch in Mathcad öffnen, wird es in einem eigenem Fenster geöffnet. Ein elektronisches Buch verfügt über ein Inhaltsverzeichnis, einen Index und andere Browsing-Funktionen, auf die Sie im Fenster über die Schaltflächen der Menüleiste Zugriff haben. Der Anwender kann die Arbeitsblätter im elektronischen Buch direkt nutzen und bearbeiten.

Wenn Sie mehrere Mathcad-Arbeitsblätter besitzen und diese zu einer Sammlung zusammenstellen möchten, können Sie mit Hilfe von Mathcad ein eigenes elektronisches Buch erstellen. Dieser Vorgang erfordert folgende Schritte:

1. Erstellen individueller Mathcad-Dateien
2. Vorbereitung eines Inhaltsverzeichnisses
3. Hinzufügen von Hyperlinks zwischen geeigneten Dateien
4. Erstellen einer .HBK-Datei zur Festlegung der Reihenfolge der Dateien im Buch
5. Erstellen eines Index (optional)
6. Überprüfen des Index, der HBK-Datei und der Arbeitsblätter auf Fehler

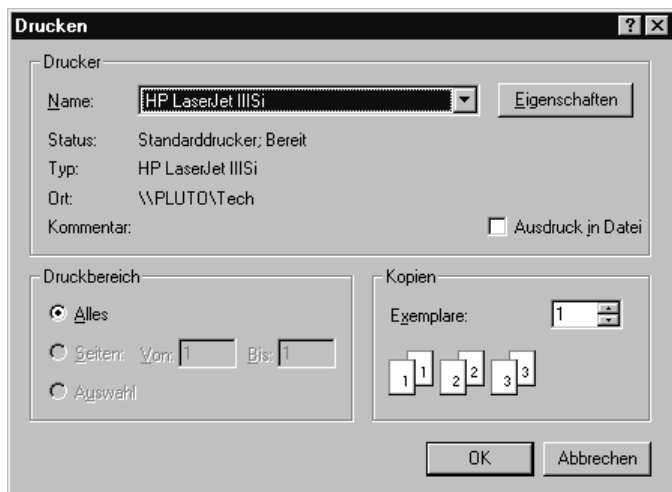
Weitere Einzelheiten zu den einzelnen Schritten dieses Ablaufs finden Sie im HILFE-Menü von Mathcad unter der Option AUTOREN-INFO. Dort finden Sie auch Tipps und Informationen zum Erstellen elektronischer Bücher sowie Hinweise zur Umwandlung einer Arbeitsblattsammlung in ein Informationshandbuch, in dem navigiert werden kann.

Sie sollten alle Hinweise zu den einzelnen Schritten des Ablaufs durchlesen, bevor Sie sich daran wagen, ein elektronisches Buch zu erstellen. Wenn Sie ein elektronisches Buch erstellt haben, kann es anschließend mit Mathcad geöffnet und mit den Schaltflächen der Menüleiste des Fensters ELEKTRONISCHES BUCH darin navigiert werden. Weitere Informationen zu elektronischen Büchern und den Navigationshilfen finden Sie in Kapitel 3 »Online-Ressourcen«.

Drucken und Mail

Um ein Mathcad-Arbeitsblatt auszudrucken, wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag DRUCKEN. Im Dialogfeld DRUCKEN bestimmen Sie, ob Sie das gesamte Arbeitsblatt drucken, bestimmte Seiten oder markierte Bereiche, auf welchem Drucker gedruckt

werden soll, und wie viele Kopien gedruckt werden sollen. Die Darstellung des Dialogfelds ist abhängig davon, welchen Drucker Sie installiert haben. Ein typisches DRUCKEN-Dialogfeld könnte folgendermaßen aussehen:



Breite Arbeitsblätter drucken

Mathcad-Arbeitsblätter sind zum Teil breiter als ein Blatt Papier, weil Sie auf einem Mathcad-Arbeitsblatt so weit nach rechts scrollen können, wie es für Gleichungen, Text und Grafik erforderlich ist. Wenn Sie horizontal scrollen, sehen Sie gestrichelte vertikale Linien, die die rechten Ränder der folgenden »Seiten« darstellen und die den Einstellungen für Ihren Drucker entsprechen. Die Abschnitte auf den Arbeitsblättern, die durch die gestrichelten vertikalen Linien getrennt werden, werden auf separaten Blättern ausgedruckt, aber die Seitennummer unten im Mathcad-Fenster ändert sich nicht, während Sie nach rechts scrollen.

Sie können sich das Arbeitsblatt in vertikale Streifen zerteilt vorstellen. Mathcad beginnt den Ausdruck am Anfang eines Streifens und druckt weiter, bis es den letzten Bereich auf diesem Streifen erreicht hat. Anschließend druckt es alle von links nach rechts folgenden Streifen. Beachten Sie, dass bestimmte Layouts eine oder mehrere leere Seiten erzeugen.

Tipp

Sie können steuern, ob ein breites Arbeitsblatt als Einzelseite oder in normaler Seitenbreite ausgedruckt werden soll. Dazu wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag SEITE EINRICHTEN. Um nicht über den rechten Rand hinaus zu drucken, markieren Sie das Kontrollkästchen BREITE EINER SEITE DRUCKEN.

Es ist möglich, einen Seitenbereich aus Ihrem Arbeitsblatt zu drucken. Die Seitennummern im Dialogfeld DRUCKEN beziehen sich nur auf horizontale Unterteilungen. Wenn Ihr Arbeitsblatt aussieht wie das oben gezeigte, und Sie Mathcad auffordern, Seite 2 zu drucken, werden zwei Blätter ausgedruckt, die den beiden unteren Vierteln entsprechen.

Tipp Mit Mathcad können Sie die Anzeige einiger Operatoren ändern, beispielsweise **=**, fette Gleichheitszeichen, Ableitungsoperatoren und Multiplikationsoperatoren. Sie können die Anzeige dieser Operatoren vor dem Druck ändern, indem Sie **OPTIONEN** aus dem **MATH**-Menü wählen und auf die Registerkarte klicken. Dies macht Ihren Ausdruck übersichtlicher für diejenigen, die nicht mit Darstellungen in Mathcad vertraut sind.

$$r = \frac{\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}}{s}$$

Seitenumbbruch

wobei $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$

Seitenumbbruch

Bereich = $\frac{2}{3}ab$


DRUCKEN ALS...

$$r = \frac{\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}}{s}$$

wobei $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$

Bereich = $\frac{2}{3}ab$

Seitenansicht

Um das Layout eines Arbeitsblatts zu überprüfen, bevor Sie es drucken, wählen Sie im **DATEI**-Menü den Eintrag **SEITENANSICHT**, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf . Das Mathcad-Fenster zeigt den aktuellen Abschnitt Ihres Arbeitsblatts stark verkleinert an, nämlich so, wie er auf dem Ausdruck aussieht. Oben im Fenster werden verschiedene Schaltflächen angezeigt:



Um Ihr Arbeitsblatt von diesem Bildschirm aus auszudrucken, klicken Sie auf **DRUCKEN**. Klicken Sie auf **SCHLIESSEN**, um zurück zum Hauptbildschirm zu gelangen. Die weiteren Schaltflächen bieten Ihnen weitere Bearbeitungsmöglichkeiten der Seitenansicht an.

Tipp Sie können das Arbeitsblatt mit dem **ZOOM**-Befehl vergrößern, aber auch, indem Sie den Cursor auf die Seitenansicht setzen, so dass er in Form einer Lupe angezeigt wird. Klicken Sie mit der Maus. Klicken Sie noch einmal, um Ihr Arbeitsblatt noch weiter zu vergrößern. Wenn Sie die maximale Größe erreicht haben, wird das Arbeitsblatt durch ein weiteres Klicken wieder verkleinert.

Hinweis Die aktuelle Seite kann in der Seitenansicht nicht bearbeitet werden. Um die Seite zu bearbeiten oder das Format zu ändern, gehen Sie zur Normalansicht des Arbeitsblatts zurück, indem Sie auf **SCHLIESSEN** klicken.

Mail

Wenn Sie an ein Mailsystem angeschlossen sind, das mit dem Mail-API (MAPI) von Microsoft kompatibel ist, können Sie Mathcad nutzen, um Ihr aktuelles Arbeitsblatt über dieses System als Mail zu versenden. Wenn Sie mit Mathcad ein Arbeitsblatt als E-Mail versenden, erhält der Empfänger es als Datei, die an eine normale E-Mail-Nachricht angefügt ist, vorausgesetzt, das Mailsystem des Empfängers verwendet dieselbe Codierung.

Tipp Die Einstellungen in Ihrem Mailsystem bestimmen, wie Mathcad-Arbeitsblätter an eine Mail angefügt werden. Wir empfehlen Ihnen, eine Codierung wie MIME oder UUEN-CODE zu verwenden, um Mathcad-Arbeitsblätter an Mails anzufügen.

Um ein Mathcad-Arbeitsblatt als E-Mail zu versenden, gehen Sie wie folgt vor:

- 1 Öffnen Sie das Arbeitsblatt, das versendet werden soll.
- 2 Wählen Sie im DATEI-Menü den Eintrag SENDEN.

Ihr Mailsystem wird gestartet und erzeugt eine neue Mail, an die Ihr Arbeitsblatt angefügt wird. Geben Sie den Text für die Mail ein, ebenso die Empfängeradresse und andere Informationen, die Ihr Mailsystem unterstützt.

Teil 3

Programmierung

Kapitel 8

Berechnungen

Definition und Auswertung von Variablen

Definition und Auswertung von Funktionen

Einheiten und Dimensionen

Arbeiten mit Ergebnissen

Berechnungen steuern

Animation

Fehlermeldungen

Definition und Auswertung von Variablen

Wenn Sie einen Ausdruck in ein Arbeitsblatt eingeben, dann führen Sie einen der folgenden Schritte aus:


- Sie geben einen Variablen- oder Funktionsnamen ein und weisen ihm einen Wert zu.
- Sie geben eine Gleichung ein und fordern Mathcad auf, das Ergebnis zu berechnen.

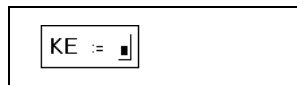
Dieser und der folgende Abschnitt werden einen Überblick über diese Themen bieten. Weitere Informationen über die numerische Auswertung finden Sie auf Seite 143.

Variablendefinition

Eine Variablendefinition weist einer Variablen einen Wert zu, der überall unterhalb und rechts von dieser Definition auf dem Arbeitsblatt genutzt werden kann. Um eine Variable zu definieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Namen der zu definierenden Variablen ein. Eine Beschreibung gültiger Variablenamen finden Sie in Kapitel 4.
2. Geben Sie einen Doppelpunkt (:) ein, oder klicken

Sie in der Kalkulator-Symboleiste auf . Das Definitionssymbol (:=) erscheint. Rechts davon wird ein leerer Platzhalter angezeigt.



3. Geben Sie einen Ausdruck ein, um die Definition zu vervollständigen. Dieser Ausdruck kann Zahlen sowie bereits definierte Variablen und Funktionen enthalten.

$KE := \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Auf der linken Seite des Zeichens »:=« können die folgenden Dinge stehen:

- Ein einfacher Variablenname, beispielsweise x
- Ein Variablenname mit einer tiefgestellten Anmerkung, einem so genannten Literal, wie in C_{tief}
- Ein Variablenname mit Vektor-Index, beispielsweise v_i
- Eine Matrix, deren Elemente aus den oben beschriebenen Komponenten bestehen können, beispielsweise $\begin{bmatrix} x \\ y^1 \end{bmatrix}$. Diese Technik erlaubt die Definition mehrerer Variablen in einem Schritt: Alle Elemente auf der rechten Seite werden den entsprechenden Elementen auf der linken Seite in einem einzigen Schritt zugeordnet.
- Ein Funktionsname mit einer Argumenteliste, die nur einfache Variablennamen enthält, beispielsweise $f(x, y, z)$. Weitere Informationen über Funktionsnamen finden Sie später in diesem Abschnitt.
- Einen Wert mit einem hochgestellten Index, beispielsweise $M^{(1)}$

Eingebaute Variablen

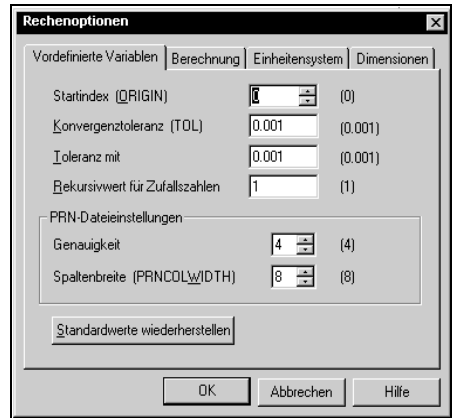
Mathcad beinhaltet vordefinierte oder eingebaute Variablen. Vordefinierte Variablen haben entweder einen konventionellen Wert, wie beispielsweise π oder e , oder sie werden als Systemvariablen verwendet, die die Arbeitsweise von Mathcad kontrollieren. Eine Liste der in Mathcad eingebauten Variablen finden Sie im Abschnitt »Vordefinierte Variablen« auf Seite 392.

Hinweis Neben den hier beschriebenen eingebauten Variablen behandelt Mathcad die Namen aller eingebauten Einheiten ebenfalls als vordefinierte Variablen. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt »Einheiten und Dimensionen« auf Seite 152.

Die vordefinierten Variablen von Mathcad enthalten beim Programmstart zwar schon Werte, Sie können diese Werte jedoch abändern. Wenn Sie beispielsweise eine Variable e mit einem anderen als dem von Mathcad bereitgestellten Wert verwenden möchten, geben Sie eine neue Definition ein, etwa $e:=2$. Die Variable e hat nun im Arbeitsblatt unterhalb und rechts von der neuen Definition den Wert, der dort festgelegt wurde. Alternativ können Sie auch eine globale Definition für die Variable anlegen, wie im Abschnitt »Globale Definitionen« auf Seite 145 beschrieben.

Hinweis Die vordefinierten Variablen von Mathcad sind für alle Schriften, Größen und Formate definiert. Wenn Sie also e wie oben neu definieren, können Sie für den natürlichen Logarithmus immer noch z.B. \mathbf{e} verwenden. Beachten Sie jedoch, dass dabei griechische Buchstaben nicht eingeschlossen sind.

Viele der in Mathcad eingebauten Variablen können verändert werden, ohne sie explizit in Ihrem Arbeitsblatt definieren zu müssen. Dazu wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag RECHNOPTIONEN und klicken auf die Registerkarte VORDEFINIESTE VARIABLEN. Dort geben Sie einen neuen Wert in das entsprechende Textfeld ein und klicken auf OK. Anschließend wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN, um sicherzustellen, dass alle bereits existierenden Gleichungen die neuen Werte berücksichtigen.




Die Zahlen in Klammern rechts von den Namen zeigen die Standardwerte für diese Variablen an. Um die Standardwerte für die vordefinierten Variablen wiederherzustellen, klicken Sie auf STANDARDWERTE WIEDERHERSTELLEN und dann auf OK.

Numerische Auswertung von Ausdrücken

Um einen Ausdruck numerisch auszuwerten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie einen Ausdruck mit einer gültigen Kombination aus Zahlen, Variablen und Funktionen ein. Alle in diesem Ausdruck enthaltenen Variablen oder Funktionen sollten auf dem Arbeitsblatt bereits definiert sein.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

2. Drücken Sie **=** oder klicken Sie in der Kalkulator-Symboleiste auf . Mathcad berechnet den Wert des Ausdrucks und zeigt ihn hinter dem Gleichheitszeichen an.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 567.108$$

Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit

$t := 11.5$

$s := 100$

$v := \frac{s}{t}$ $v = 8.696$

$m := 15$ $m \cdot v = 130.435$

$KE := \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 567.108$

$KE = 567.108$

Abbildung 8.1: Berechnungen aus einfachen Variablendefinitionen

Abbildung 8.1 zeigt einige Ergebnisse, die aus den oben gezeigten Variablendefinitionen berechnet wurden.

Tipp

Wenn Sie einen Ausdruck auswerten, zeigt Mathcad einen Platzhalter am Ende der Gleichung an. Mit Hilfe dieses Platzhalters wandeln Sie Einheiten um, wie im Abschnitt »Ergebnisse« auf Seite 158 noch beschrieben wird. Sobald Sie außerhalb des Bereichs klicken, verbirgt Mathcad diesen Platzhalter.

Wie Mathcad ein Arbeitsblatt auswertet

Mathcad wertet das Arbeitsblatt so aus, wie Sie es lesen: von links nach rechts und von oben nach unten. Das bedeutet, eine Variablen- oder Funktionsdefinition, die das Zeichen »:=« enthält, beeinflusst alles, was unterhalb und rechts davon steht.

Um die Bereiche auf Ihrem Arbeitsblatt besser zu erkennen, wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag **BEREICHE**. Mathcad zeigt den leeren Platz grau an, die Bereiche in der normalen Hintergrundfarbe.

Abbildung 8.2 zeigt Beispiele für die Platzierung von Gleichungen auf einem Arbeitsblatt und welche Auswirkung sie auf die Ergebnisse hat. In der ersten Gleichung sind sowohl x als auch y hervorgehoben dargestellt (Mathcad zeigt sie auf dem Bildschirm rot an), das bedeutet, sie sind nicht definiert. Die Definitionen für x und y folgen irgendwo unterhalb. Weil Mathcad das Arbeitsblatt von oben nach unten auswertet, kennt es die Werte von x und y nicht.

Die zweite Gleichung dagegen befindet sich unterhalb der Definitionen für x und y . Wenn Mathcad diese Gleichung auswertet, kennt es die Werte für x und y bereits.

1. Variablen müssen an der Stelle im Dokument definiert werden, an der sie verwendet werden sollen.

$x + y =$

$x := 2.15$ $y := -3$

2. Um zu bestimmen, ob sich eine Gleichung ober- oder unterhalb einer anderen befindet, verwendet Mathcad Markierungspunkte. Diese Markierungspunkte werden als Punkt am linken Rand des Bereichs angezeigt, wenn Sie den Befehl "Bereiche einsehen" im Untermenü des Befehls "Bereiche" im Menü "Bearbeiten" wählen. Die zweite Gleichung rechts ist 'oberhalb' der ersten Gleichung, da ihr Markierungspunkt weiter oben liegt.

$x + y = -0.85$

$a := 12$

$(2^2)^a =$

+

Abbildung 8.2: Mathcad wertet in einem Arbeitsblatt die Gleichungen von oben nach unten aus. Nicht definierte Variablen werden markiert.

Hinweis Eine Variable kann auf einem Arbeitsblatt mehrmals definiert werden. Mathcad verwendet einfach die erste Definition für alle Ausdrücke unterhalb der ersten und oberhalb der zweiten Definition. Für Ausdrücke unterhalb der zweiten und oberhalb der dritten Definition verwendet Mathcad die zweite Definition usw.


Globale Definitionen

Globale Definitionen verhalten sich genau wie lokale Definitionen, außer dass sie vor allen lokalen Definitionen ausgewertet werden. Wenn Sie eine globale Definition für Variablen oder Funktionen bereitstellen, stehen diese Werte in allen lokalen Definitionen Ihres Arbeitsblatts zur Verfügung, unabhängig davon, ob die lokale Definition oberhalb oder unterhalb der globalen Definition steht.

Um eine globale Definition einzugeben, gehen Sie wie folgt vor:

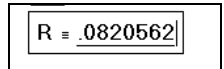
1. Geben Sie den Namen der Variablen oder der Funktion ein.



2. Drücken Sie die Tilde (~), oder klicken Sie in der Auswertungspalette auf . Das Symbol für die globale Definition erscheint.



3. Geben Sie einen Ausdruck ein. Der Ausdruck kann Zahlen oder global definierte Variablen und Funktionen enthalten.



Globale Definitionen können für Funktionen, indizierte Variablen und alles andere benutzt werden, für welche auch sonst das Symbol »:=« angewendet werden kann.

Mathcad wertet alle Definitionen – globale und andere – nach dem folgenden Algorithmus aus:

- Zuerst durchläuft Mathcad das gesamte Arbeitsblatt von oben nach unten. Dabei werden nur globale Definitionen ausgewertet.
- Anschließend durchläuft Mathcad das Arbeitsblatt ein zweites Mal von oben nach unten. Dabei werden alle Definitionen ausgewertet, die mit »:=« angelegt wurden, ebenso wie alle Gleichungen, die ein »=« oder »≐« enthalten. Beachten Sie, dass globale Definitionen bei diesem Durchlauf keine lokalen Definitionen verwenden.

Hinweis Eine globale Variablendefinition kann durch eine lokale Definition für denselben Variablennamen mit Hilfe des Definitionssymbols »:=« überschrieben werden.

Abbildung 8.3 zeigt die Ergebnisse einer globalen Definition für die Variable *R*, die unten in der Abbildung steht.

Beginnen Sie mit den folgenden Definitionen und Berechnungen:

$V := 1000$ $n := 3$ $T := 373$

$P := \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$ $P = 0.092$ +

Ändern Sie nun die Definitionen von V und T:

$V := 500$ $T := 323$

$P := \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$ $P = 0.159$

Da R global definiert ist, gilt die Definition für das gesamten Dokument:

$R = .0820562$

Abbildung 8.3: Die Verwendung des Symbols für globale Definitionen

Globale Definitionen werden vor allen lokalen Definitionen ausgewertet, aber nach demselben System: von oben nach unten und von links nach rechts. Das bedeutet, wenn Sie eine Variable rechts von einem »≡«-Zeichen verwenden,

- muss diese Variable auch mit einem »≡« definiert worden sein, und
- die Variable muss oberhalb der Stelle definiert worden sein, wo Sie versuchen, sie zu verwenden.

Andernfalls wird die Variable rot markiert, d. h., sie ist nicht definiert.

Tipp

Sie sollten sich angewöhnen, für jede globale Variable nur eine Definition zu verwenden. Es ist zwar möglich, Variablen mit zwei verschiedenen globalen Definitionen zu verwenden, oder mit einer globalen und einer lokalen Definition, aber es kann sein, dass Ihr Arbeitsblatt dadurch für andere sehr schwer zu verstehen sein wird.

Bereichsvariablen

Iterative Prozesse auf Mathcad-Arbeitsblättern sind von *Bereichsvariablen* abhängig. Außer in der Definition ist eine Bereichsvariable einer konventionellen Variablen sehr ähnlich. Der Unterschied ist, dass eine konventionelle Variable nur einen Wert annehmen kann. Eine Bereichsvariable dagegen kann nacheinander einen ganzen Wertebereich annehmen. Beispielsweise könnten Sie eine Bereichsvariable von -4 bis 4 mit einer Schrittweite von 2 definieren. Wenn Sie diese Bereichsvariable jetzt in einem Ausdruck einsetzen, wertet Mathcad diesen Ausdruck fünfmal aus – einmal für jeden Wert der Bereichsvariablen.


Bereichsvariablen helfen Ihnen, Mathcad wirklich voll zu nutzen. Dieser Abschnitt beschreibt, wie Bereichsvariablen für die Iteration definiert und verwendet werden. Eine Beschreibung komplexerer iterativer Operationen, die mit Hilfe der programmierbaren Operatoren von Mathcad möglich sind, finden Sie in Kapitel 15.

Definition und Nutzung von Bereichsvariablen

Um eine Bereichsvariable zu definieren, geben Sie den Variablennamen gefolgt von einem Doppelpunkt und einem Wertebereich ein. Definieren Sie beispielsweise die Variable j mit einem Bereich von 0 bis 15 und einer Schrittweite von 1:

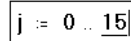
1. Geben Sie j ein, und drücken Sie den Doppelpunkt ($:$), oder klicken Sie in der




Kalkulator-Symboleiste auf . Der

leere Platzhalter zeigt an, dass Mathcad eine Definition für j erwartet. Zu diesem Zeitpunkt weiß Mathcad noch nicht, ob j eine konventionelle oder eine Bereichsvariable ist.

2. Geben Sie 0 ein. Drücken Sie das Semikolon ($;$) oder klicken Sie in der Kalku-



lator-Symboleiste auf . Daran

erkennt Mathcad, dass Sie eine Bereichsvariable definieren. Mathcad zeigt das Semikolon als zwei Punkte »..<« an, die den Bereich kennzeichnen. Vervollständigen Sie die Definition der Bereichsvariable, indem Sie für den anderen Platzhalter **15** eingeben.

Diese Definition zeigt an, dass j jetzt die Werte 0, 1, 2, ..., 15 annimmt. Wie Sie eine Bereichsvariable mit einer anderen Schrittweite definieren, können Sie im Abschnitt »Bereichstypen« auf Seite 148 nachlesen.

Nachdem Sie eine Bereichsvariable definiert haben, nimmt sie *für jede Verwendung* den gesamten Wertebereich an. Verwenden Sie die Bereichsvariable beispielsweise in einer Gleichung, wertet Mathcad diese Gleichung für jeden Wert der Bereichsvariablen aus.

Sie definieren eine Bereichsvariable genau wie oben gezeigt. Sie brauchen:

- einen Variablennamen auf der linken Seite,
- »:..<« oder »≡.« in der Mitte und
- einen gültigen Bereich auf der rechten Seite.

Hinweis

Es ist nicht möglich, eine andere Variable mit Hilfe einer Bereichsvariablen zu definieren. Wenn Sie beispielsweise j wie oben gezeigt definiert haben und jetzt $i := j + 1$ schreiben, nimmt Mathcad an, dass Sie einer skalaren Variablen eine Bereichsvariable zuweisen, und gibt die entsprechende Fehlermeldung aus.

Bereichsvariablen werden verwendet, um die Elemente eines Vektors oder einer Matrix mit Werten zu füllen, wobei Sie in diesem speziellen Fall aber nur ganzzahlige Werte für die Bereichsvariable benutzen dürfen. Sie definieren die Vektorelemente, indem Sie eine Bereichsvariable als Index verwenden. Um beispielsweise x_j für jeden Wert von j zu definieren, gehen Sie wie folgt vor:

- Geben Sie $x[j : j^2 + 1$ [Leerzeichen] + 1 ein.

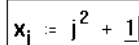


Abbildung 8.4 zeigt den Vektor, den diese Gleichung erzeugt. Weil es sich bei j um eine Bereichsvariable handelt, wird die gesamte Gleichung für jeden Wert von j einmal ausgewertet. Damit werden x_j für jeden Wert zwischen 0 und 15 definiert.

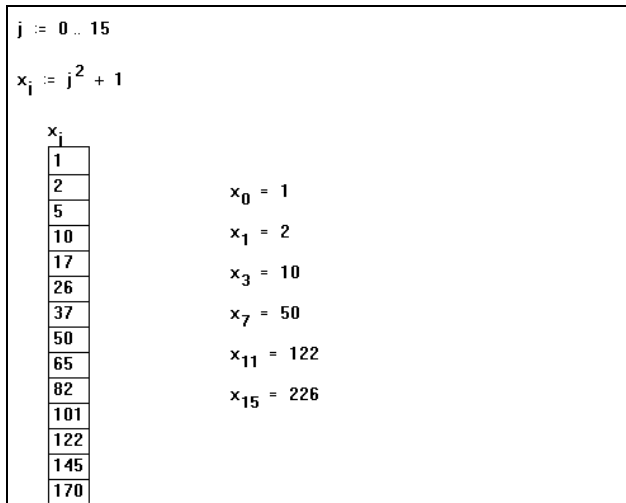


Abbildung 8.4: Mit Hilfe von Bereichsvariablen werden die Werte eines Vektors definiert.

Um zu verstehen, wie Mathcad mit Bereichsvariablen arbeitet, beachten Sie die folgende Faustregel:

Wenn Sie in einem Ausdruck eine Bereichsvariable verwenden, wertet Mathcad den Ausdruck für jeden Wert der Bereichsvariablen einmal aus.

Wenn Sie in einer Gleichung zwei oder mehr Bereichsvariablen verwenden, wertet Mathcad die Gleichung für jeden Wert jeder Bereichsvariablen einmal aus.

Tipp

Mathcad braucht für die Berechnung mit Bereichsausdrücken länger, weil für jede Gleichung mehrere Berechnungen erforderlich sind. Während der Berechnung ändert Mathcad die Form seines Mauszeigers. Wie Sie eine Berechnung unterbrechen, erfahren Sie im Abschnitt »Berechnungen unterbrechen« auf Seite 166.

Bereichstypen

Die oben gezeigte Definition von j als Bereich von 0 bis 15 ist ein Beispiel für die Definition des einfachsten Bereichstyps. Mathcad erlaubt die Verwendung von Bereichsvariablen mit beliebigen Anfangs- und Endwerten und mit beliebigen Schrittweiten.

Um eine Bereichsvariable zu definieren, deren Schrittgröße nicht 1 ist, gehen Sie wie folgt vor:

$$k:1,1.1;2$$

In Ihrem Arbeitsblattfenster sehen Sie:

$k := 1, 1.1 .. 2$

In dieser Bereichsdefinition gilt:

- Die Variable k ist der Name der Bereichsvariablen.
- Die Zahl 1 ist der erste Wert, der von der Bereichsvariablen k angenommen wird.
- Die Zahl 1.1 ist der zweite Wert im Bereich. Beachten Sie, dass es sich dabei *nicht um die Schrittgröße* handelt. Die Schrittgröße in diesem Beispiel ist 0.1, also die Differenz zwischen 1.1 und 1. Wenn Sie das Komma und den Wert 1.1 nicht angeben, nimmt Mathcad eine geeignete Schrittgröße (nach unten oder oben) an.
- Die Zahl 2 ist der letzte Wert im Bereich. In diesem Beispiel wird in der Bereichsvariablen nach oben gezählt. Hätten Sie stattdessen $k := 10 .. 1$ definiert, würde von 10 bis 1 heruntergezählt. Wenn die dritte Zahl in der Bereichsdefinition kein Vielfaches des Inkrementschritts vom Anfangswert aus darstellt, wird der Bereich nicht überschritten. Wenn Sie beispielsweise $k := 10, 20 .. 65$ definieren, nimmt k die Werte 10, 20, 30, ..., 60 an.

Hinweis

In Bereichsdefinitionen können beliebige skalare Ausdrücke verwendet werden. Dabei muss es sich jedoch immer um *reelle* Zahlen handeln. Beachten Sie, dass eine Bereichsvariable nicht als Vektor-Index verwendet werden kann, wenn sie in Bruchschritten inkrementiert wird, weil ein Index eine ganze Zahl sein muss.

Definition und Auswertung von Funktionen

Wie in Kapitel 10 beschrieben, bietet Mathcad zahlreiche vordefinierte Funktionen. Darüber hinaus ist es möglich, eigene Funktionen zu definieren.

Eine Funktion wird ähnlich wie eine Variable definiert. Der Name wird links angezeigt, in der Mitte ein Definitionssymbol und rechts ein Ausdruck. Der wichtigste Unterschied dabei ist, dass der Name eine Argumenteliste enthält. Das folgende Beispiel zeigt die Definition der Funktion $\text{dist}(x, y)$, die den Abstand zwischen dem Punkt (x, y) und dem Ursprung zurückgibt.

Um eine Funktionsdefinition einzugeben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Funktionsnamen ein.

dist

2. Geben Sie eine öffnende Klammer gefolgt von einem oder mehreren durch Kommata voneinander getrennten Namen ein. Vervollständigen Sie die Argumenteliste mit einer schließenden Klammer.

dist (x , y)

Hinweis

Es ist egal, ob die Namen in der Argumenteliste zuvor an anderer Stelle im Arbeitsblatt definiert oder verwendet wurden. Wichtig dabei ist, dass es sich bei den Argumenten um *Namen* handeln muss. Es dürfen keine komplizierteren Ausdrücke verwendet werden.

- Geben Sie den Doppelpunkt (:) ein, oder klicken Sie in der Kalkulator-Symbol-

`dist(x , y) :=`

leiste auf `:=`. Sie sehen das Definitionssymbol (:=).

- Geben Sie einen Ausdruck ein, der die Funktion definiert. In diesem Beispiel beinhaltet der Ausdruck nur die Namen der Argumenteliste. Im Allgemeinen kann der Ausdruck jedoch auch alle zuvor definierten Funktionen und Variablen enthalten.

`dist(x , y) := $\sqrt{x^2 + y^2}$`

Nachdem eine Funktion definiert ist, kann sie überall rechts und unterhalb ihrer Definition verwendet werden.

Bei der Auswertung eines Ausdrucks, der eine Funktion enthält, wie in Abbildung 8.5 gezeigt, geht Mathcad wie folgt vor:

1. Es wertet die Argumente aus, die Sie zwischen die Klammern schreiben.
2. Es ersetzt die Platzhalterargumente der Funktionsdefinition durch die Argumente, die Sie zwischen den Klammern angeben.
3. Es führt die Berechnungen aus, die in der Funktionsdefinition spezifiziert wurden.
4. Es gibt das Ergebnis als Funktionswert zurück.

Berechnung der Entfernung zwischen Punkten

`x1 := 0 y1 := 1.5`
`x2 := 3 y2 := 4`
`x3 := -1 y3 := 1`

Berechnung der Entfernung vom Anfangspunkt

`dist(x1 , y1) = 1.5`
`dist(x2 , y2) = 5`
`dist(x3 , y3) = 1.414`

`dist(x , y) := $\sqrt{x^2 + y^2}$`

Abbildung 8.5: Eine benutzerdefinierte Funktion, die den Abstand zum Ursprung berechnet

Hinweis

Wenn Sie, wie in Abbildung 8.5, nur den Namen einer Funktion ohne seine Argumente eingeben, wiederholt Mathcad lediglich den Begriff »Funktion«.

Die Argumente einer benutzerdefinierten Funktion können Skalare, Vektoren oder Matrizen repräsentieren. Sie könnten beispielsweise die Distanzfunktion als

$dist(v) := \sqrt{v_0^2 + v_1^2}$ definieren. Dies ist ein Beispiel für eine Funktion, die einen Vektor als Argument übernimmt und einen Skalar zurückgibt. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 11.

Hinweis In *benutzerdefinierten* Funktionsnamen wird die Schriftart und die Groß-/Kleinschreibung berücksichtigt. Die Funktion **f(x)** unterscheidet sich also von der Funktion **f(x)** und die Funktion **SIN(x)** von der Funktion **sin(x)**. Die *vordefinierten* Funktionen von Mathcad sind für alle Schriften (außer Symbol), Größen und Formate definiert. **sin(x)**, *sin(x)* und **sin(x)** führen also alle dieselbe Funktion aus.

Variablen in benutzerdefinierten Funktionen

Bei der Definition einer Funktion brauchen Sie die Namen in der Argumenteliste nicht zu definieren, weil Sie Mathcad nur mitteilen, was es mit den Argumenten *tun soll*, und nicht, worum es sich dabei handelt. Bei der Definition einer Funktion braucht Mathcad nicht einmal zu wissen, welchen Typs die Argumente sind – ob es sich also um Skalare, Vektoren, Matrizen usw. handelt. Erst wenn Mathcad eine Funktion auswertet, muss es die Argumenttypen kennen.

Wenn Sie bei der Definition einer Funktion einen Variablennamen verwenden, der nicht in der Argumenteliste enthalten ist, müssen Sie den Variablennamen vor der Funktionsdefinition definieren. Der Wert dieser Funktion wird zum Zeitpunkt der Funktionsdefinition zu einem permanenten Bestandteil der Funktion, wie in Abbildung 8.6 verdeutlicht werden soll.

Verwendung von Variablen in benutzerspezifischen Funktionen:

a := 2

f(x) := **x**^{**a**}

Der Wert von f ist abhängig von seinen Argumenten . . .

f(2) = 4	t := -4
f(3) = 9	f(t) = 16
f ($\sqrt{5}$) = 5	

... aber nicht von dem Wert von a.

a := 3	f(2) = 4
a := 5	f(2) = 4
	f(2) = 4

Da a kein Argument von f ist, ist der Wert von f abhängig vom Wert von a an der Stelle, an der f definiert wurde.

Abbildung 8.6: Der Wert einer benutzerdefinierten Funktion ist von ihren Argumenten abhängig.

Soll eine Funktion von dem Wert einer Variablen abhängig sein, nehmen Sie diese Variable als Argument auf. Andernfalls verwendet Mathcad den fixen Wert der Variablen an der Position im Arbeitsblatt, an der die Funktion definiert ist.

Rekursive Funktionsdefinitionen

Mathcad unterstützt *rekursive* Funktionsdefinitionen – Sie definieren damit den Wert einer Funktion basierend auf einem früheren Wert der Funktion. Wie in Abbildung 8.7 gezeigt, sind rekursive Funktionen praktisch, um beliebige periodische Funktionen zu definieren. Außerdem können Sie damit numerische Funktionen sehr elegant implementieren, beispielsweise die Fakultät.

In der Definition einer rekursiven Funktion sollten immer mindestens zwei Komponenten enthalten sein:

- Eine Ausgangsbedingung, die verhindert, dass die Rekursion endlos ausgeführt wird
- Eine Definition der Funktion für einen Anfangswert

Hinweis Wenn Sie keine Ausgangsbedingung angeben, die die Rekursion begrenzt, erzeugt Mathcad die Fehlermeldung »Stapelüberlauf«, sobald Sie versuchen, die Funktion auszuwerten.

Die programmierbaren Operatoren von Mathcad unterstützen die Rekursion ebenfalls. Beispiele dafür finden Sie im Abschnitt »Programme in Programmen« in Kapitel 15.

Einheiten und Dimensionen

Mathcad stellt einen vollständigen Satz Einheiten für Ihre Berechnungen zur Verfügung. Sie können diese Einheiten wie vordefinierte Variablen behandeln. Um einer Zahl oder einem Ausdruck eine Einheit hinzuzufügen, multiplizieren Sie sie bzw. ihn mit dem Namen der Einheit.

Mathcad erkennt die meisten Einheiten an ihren gebräuchlichen Abkürzungen. Eine Liste aller vordefinierten Einheiten in unterschiedlichen Einheitensystemen finden Sie in den Anhängen. Standardmäßig verwendet Mathcad für die *Ergebnisse* von Berechnungen die grundlegenden SI-Einheiten (aus dem internationalen Einheitensystem), in Ihren Berechnungen können Sie jedoch beliebige Einheiten verwenden. Weitere Informationen über die Auswahl eines Einheitensystems für Ergebnisse finden Sie im Abschnitt »Einheiten für Ergebnisse« auf Seite 160.

Einfache Definition einer rekursiven Funktion

$\text{Rekursion}(n) := \text{wenn}(n = 0, 1, n \cdot \text{Rekursion}(n - 1))$

$\text{Rekursion}(5) = 120$

Definieren einer periodischen Sägezahnwelle mit Hilfe einer Rekursion

$F(x) := 2 \cdot x$ $\text{Periode} := 2$

$G(x) := \text{wenn}(x < \text{Periode}, F(x), G(x - \text{Periode}))$

$x := 0, .01 \dots 10$

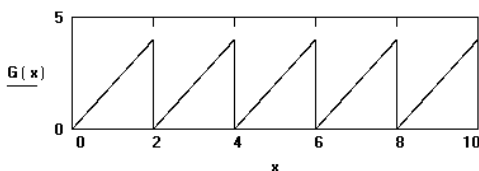


Abbildung 8.7: Mathcad erlaubt rekursive Funktionsdefinitionen.

Geben Sie beispielsweise die folgenden Ausdrücke ein:

mass:75*kg

bes:100*m/s^2

bes_g:9.8*m/s^2

F:mass*(bes + bes_g)

Abbildung 8.8 zeigt, wie diese Gleichungen auf einem Arbeitsblatt erscheinen.

Masse := 75 · kg

bes := $100 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

bes_g := $9.8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

F := Masse · (bes + bes_g)


F = $8.235 \cdot 10^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

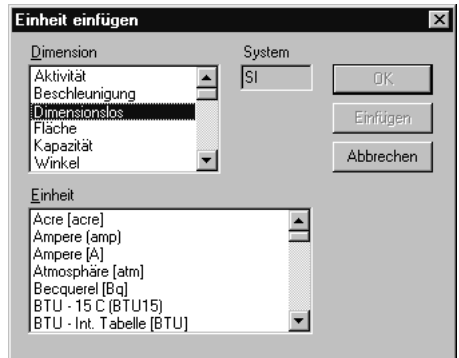
Abbildung 8.8: Gleichungen mit Einheiten

Tipp

Wenn Sie eine Variable definieren, die aus einer Zahl unmittelbar gefolgt von einem Einheitennamen besteht, können Sie das Multiplikationssymbol weglassen. Mathcad fügt ein kleines Leerzeichen ein und nimmt eine implizite Multiplikation an. Betrachten Sie dazu beispielsweise die Massendefinition unten in Abbildung 8.8.

Mit Hilfe des Dialogfelds EINHEIT EINFÜGEN können Sie eine der in Mathcad vordefinierten Einheiten in einen Platzhalter einfügen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf den leeren Platzhalter, wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag EINHEIT, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf .
2. Die Liste unten im Dialogfeld zeigt für die in der oberen Liste ausgewählten physikalischen Dimensionen die vordefinierten Einheiten ebenso wie ihre Namen in Mathcad. Wird oben der Eintrag »dimensionslos« ausgewählt, erscheint im unteren Feld eine Liste aller vordefinierten Einheiten.
3. Wählen Sie in der oberen Liste nur die Dimension aus, die einer bestimmten physikalischen Menge zuzuordnen ist. Dadurch wird es einfacher, eine geeignete Einheit dafür auszuwählen oder zu überblicken, welche Auswahlmöglichkeiten dafür zur Verfügung stehen.
4. Doppelklicken Sie in der unteren Liste auf die Einheit, die Sie einfügen möchten, oder klicken Sie auf die Einheit und wählen Sie EINFÜGEN. Mathcad fügt die Einheit in den leeren Platzhalter ein.



Hinweis Mathcad analysiert Dimensionen, indem es prüft, ob die Dimensionen des ausgewählten Ergebnisses mit einer der allgemeinen physischen Dimensionen des in der oberen Liste ausgewählten Werts übereinstimmt. Findet es eine Übereinstimmung, sehen Sie alle vordefinierten Einheiten, die der im oberen Feld angegebenen Dimension zugeordnet werden können. Gibt es keine Übereinstimmung, listet Mathcad einfach alle vordefinierten Einheiten im unteren Feld auf.

Überprüfung der Dimensionen

Immer wenn Sie einen Ausdruck eingeben, in dem Einheiten verwendet werden, prüft Mathcad die Dimensionskonsistenz. Wenn Sie Werte mit inkompatiblen Einheiten addieren oder subtrahieren oder andere Grundlagen der Dimensions-Analyse verletzen, zeigt Mathcad eine entsprechende Fehlermeldung an oder fügt in Ergebnissen eine entsprechende Korrektereinheit als weiteren Faktor ein.

Angenommen, Sie haben *bes* als $100 \cdot m/s$ definiert, und nicht als $100 \cdot m/s^2$. Weil *bes* in Einheiten der Geschwindigkeit angegeben wird und *bes_g* in Einheiten der Beschleunigung, können sie nicht addiert werden. Beim Versuch einer Addition zeigt Mathcad einen Fehler an.

Auch die folgenden Situationen erzeugen Fehler:

- Eine fehlerhafte Einheitenumwandlung
- Eine Variable mit der falschen Einheit
- Einheiten in Exponenten oder Indizes (beispielsweise v^3_{acre} oder $2^{3 \cdot ft}$)
- Einheiten als Argumente in Funktionen, bei denen das nicht sinnvoll ist (z. B. $\sin(0 \cdot henry)$)

$$\begin{aligned}
 \text{Masse} &:= 75 \cdot \text{kg} \\
 \text{bes} &:= 100 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 \text{bes_g} &:= 9.8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\
 F &:= \text{Masse} \cdot (\text{bes} + \text{bes_g})
 \end{aligned}$$

Inkompatible Einheiten

Tipp

Wenn Sie Einheiten zeitweise aus einem Argument, x , entfernen möchten, teilen Sie x durch *EinhVon* (x). Wenn beispielsweise p als 2 ft definiert ist, dann gibt $\sin(p)$ einen

Fehler an außer bei $\sin\left(\frac{p}{\text{EinhVon}(p)}\right) = 0.573$.

Definition eigener Einheiten

Mathcad erkennt die meisten gebräuchlichen Einheiten, aber es kann vorkommen, dass Sie auch eigene Einheiten definieren müssen, falls Mathcad sie nicht vordefiniert bereitstellt, oder falls Sie eine eigene Abkürzung für die Einheit bevorzugen.

Hinweis

Mathcad beinhaltet zwar absolute Temperatureinheiten, nicht jedoch Fahrenheit und Celsius. Beispiele dafür, wie Sie diese Temperaturskalen definieren und die verschiedenen Werte konvertieren, finden Sie auf dem QuickSheet »Temperaturumwandlung« im Informationszentrum.

Sie definieren Ihre eigenen Einheiten basierend auf vordefinierten Einheiten so, wie Sie Variablen basierend auf bereits definierten Variablen definieren würden. Abbildung 8.9 zeigt, wie neue Einheiten und wie bereits existierende Einheiten neu definiert werden.

$\text{\AA} := 10^{-10} \cdot \text{m}$	$\mu\text{s} := 10^{-6} \cdot \text{s}$	Definieren Sie Einheiten mit Grunddimensionen (L, T etc.) oder mit vordefinierten Einheiten.
woche := 7 · day	kilo := 1 · kg	
Die Ergebnisse werden standardmäßig entsprechend den Grunddimensionen des derzeitigen Einheitensystems angezeigt; Sie können jedoch andere kompatible Einheiten in die Ergebnisse einfügen.		
$\text{\AA} = 1.000 \cdot 10^{-10} \cdot \text{m}$	woche = $6.048 \cdot 10^5 \cdot \text{s}$	
woche = $0.019 \cdot \text{yr}$	$\mu\text{s} = 1.667 \cdot 10^{-8} \cdot \text{min}$	
kilo = $1.000 \cdot \text{kg}$		

Abbildung 8.9: Definition eigener Einheiten

Hinweis Weil sich Einheiten wie Variablen verhalten, können unerwartete Konflikte auftreten. Wenn Sie beispielsweise auf Ihrem Arbeitsblatt die Variable m definieren, können Sie die vordefinierte Einheit m für Meter unterhalb dieser Definition nicht mehr verwenden. Mathcad zeigt jedoch die Einheit m in allen Ergebnissen an, die Meter darstellen, wie im Abschnitt »Einheiten für Ergebnisse« auf Seite 160 beschrieben.

Ergebnisse

Ergebnisse formatieren

Die Art, wie Mathcad Zahlen anzeigt (die Anzahl der Dezimalstellen, ob i oder j für imaginäre Zahlen verwendet werden soll, usw.) wird auch als *Ergebnisformat* bezeichnet. Das Ergebnisformat wird für ein einzelnes Ergebnis oder für ein gesamtes Arbeitsblatt festgelegt.

Das Format eines einzelnen Ergebnisses festlegen

Wenn Sie in Mathcad Ergebnisse numerisch auswerten, werden diese auf dem Arbeitsblatt so formatiert, wie es im Ergebnisformat für das Arbeitsblatt festgelegt ist. Dieses Format kann für ein einzelnes Ergebnis abgeändert werden:

1. Klicken Sie in die Gleichung, deren Ergebnis formatiert werden soll.

$\pi \cdot 10^5 = \boxed{3.142 \cdot 10^5} \blacksquare$

2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag ERGEBNIS aus. Alternativ können Sie auch auf die Gleichung doppelklicken. Das Dialogfeld ERGEBNIS-FORMAT wird angezeigt.



3. Ändern Sie die gewünschten Einstellungen. Weitere Informationen über die Einstellungen im Dialogfeld finden Sie in den folgenden Abschnitten. Um das Ergebnis mit sechs Dezimalstellen anzuzeigen, setzen Sie den Wert für DEZIMALSTELLEN von 3 auf 6.
4. Klicken Sie auf OK. Mathcad zeigt das Ergebnis im neuen Format an.

$$\pi \cdot 10^5 = 3.141593 \cdot 10^5$$

Um ein Ergebnis neu anzuzeigen, so dass es das Standardformat für das Arbeitsblatt verwendet, klicken Sie auf das Ergebnis, so dass es zwischen den beiden Bearbeitungslinien angezeigt wird, entfernen das Gleichheitszeichen und drücken dann =, um das Gleichheitszeichen wieder zu setzen. Das Ergebnis wird jetzt mit den Standardeinstellungen für das Arbeitsblatt angezeigt.

Hinweis

Wenn das Format eines Ergebnisses geändert wird, ändert sich nur die Darstellung auf dem Arbeitsblatt. Mathcad verwendet intern weiterhin die volle Genauigkeit. Um eine Zahl so anzuzeigen, wie sie intern abgelegt ist, klicken Sie auf das Ergebnis, drücken **[Strg] + [F] + [N]** und lesen in der Meldungsleiste unten im Fenster die interne Zahlendarstellung ab. Wenn Sie ein Ergebnis dagegen kopieren, kopiert Mathcad die Zahl in der angezeigten Genauigkeit.

Standardformate für das Arbeitsblatt

Um die Standardanzeige für numerische Ergebnisse in Ihrem Arbeitsblatt zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie in einen leeren Bereich Ihres Arbeitsblatts.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag ERGEBNIS. Markieren Sie ALS STANDARD FÜR ARBEITSBLATT EINRICHTEN.
3. Ändern Sie die entsprechenden Einstellungen im Dialogfeld ERGEBNISFORMAT.
4. Klicken Sie auf OK.

Mathcad ändert die Anzeige aller Ergebnisse, deren Formate nicht explizit festgelegt wurden.

Tipp

Eine Änderung der Standardformate für ein Arbeitsblatt betrifft nur das Arbeitsblatt, in dem Sie sie setzen. Alle anderen Arbeitsblätter, die gleichzeitig geöffnet sind, behalten ihre eigenen Standardeinstellungen bei. Wenn Sie Ihre Standard-Ergebnisformate in andere Mathcad-Arbeitsblätter übernehmen möchten, legen Sie Ihr Arbeitsblatt als Vorlage ab, wie in Kapitel 7 beschrieben.

Das Dialogfeld Ergebnisformat

Die Registerkarten im Dialogfeld **ERGEBNISFORMAT** führen zu Seiten, die Optionen für das Formatieren verschiedener Aspekte eines Ergebnisses enthalten.

Auf der Seite **ZAHLENFORMAT** kann die Anzahl von Dezimalstellen und nachfolgende Nullen sowie weitere Optionen kontrolliert werden. Je nach Zahlenformat, das Sie im Abschnitt **FORMAT** ausgewählt haben, werden verschiedene Optionen angezeigt.

- Mit **ALLGEMEIN** können Sie die Anzahl der Ziffern hinter dem Dezimalpunkt, nachfolgende Nullen und die Exponentialschwelle bestimmen. Ein Ergebnis wird exponentiell dargestellt, wenn die Exponentialschwelle überschritten ist. Nachfolgende Nullen können angezeigt werden, wenn sie insgesamt nicht mehr als 15 Stellen hinter dem Dezimalpunkt haben.
- Mit **DEZIMAL** können die Ziffern hinter dem Dezimalpunkt kontrolliert werden, ohne die Ergebnisse exponential darzustellen. Sie können nachfolgende Nullen über die ersten 15 Stellen nach dem Dezimalpunkt hinaus anzeigen, allerdings werden nur die ersten 15 exakt angezeigt.
- Mit **WISSENSCHAFTLICH** oder **TECHNISCH** können die Ziffern hinter dem Dezimalpunkt kontrolliert werden, die dann immer exponential dargestellt werden. Unter »Technisch« werden die Exponenten in Dreier-Einheiten dargestellt. Mit »Exponenten als $\pm E$ 000 anzeigen« können Sie die E-Schreibweise für Exponenten wählen. Sie können nachfolgende Nullen über die ersten 15 Stellen nach dem Dezimalpunkt hinaus anzeigen, allerdings werden nur die ersten 15 exakt angezeigt.

Hinweis

Abgeblendete Einstellungen können nur für das gesamte Arbeitsblatt geändert werden, wie unter »Standardformate für das Arbeitsblatt« auf Seite 157 angegeben.

Auf der Seite **ANZEIGEOPTIONEN** kann kontrolliert werden, ob eine Matrize in Form einer Tabelle oder einer Matrix angezeigt wird, ob eine verschachtelte Matrix erweitert wird und ob i oder j benutzt werden, um einen Imaginärwert anzuzeigen. Sie können auch eine andere Radix (Basis), wie Binär oder Oktal, angeben.

Auf der Seite **EINHEITENANZEIGE** finden Sie Optionen zum Formatieren von Einheiten (z. B. Brüche) und zum Vereinfachen von Einheiten in ein abgeleitetes Format.

Auf der Seite **TOLERANZ** können Sie festlegen, wann ein realer oder imaginärer Teil eines Ergebnisses versteckt werden soll und wie klein eine Zahl sein muss, um als Null angezeigt zu werden.

Online-Hilfe

Weitere Informationen und Beispiele zu den auf einzelnen Seiten des Dialogfelds **ERGEBNISFORMAT** verfügbaren Optionen finden Sie, wenn Sie die Hilfe-Schaltfläche am unteren Ende des Dialogfelds anklicken.

Abbildung 8.10 zeigt einige Beispiele für Formatierungsoptionen.

$x := \pi \cdot 10^5$	...Definition
$x = 3.142 \cdot 10^5$	...Standardformat
$x = 314159.265$	...Exponentieller Schwellenwert = 10
$x = 4\text{ch2fh}$	...Hexadezimal
$x = 3.1 \cdot 10^5$	...Anzeigte Genauigkeit = 1
$x = 3.1415926536 \cdot 10^5$	...Anzeigte Genauigkeit = 10

Abbildung 8.10: Es gibt mehrere Methoden, eine Zahl zu formatieren.

Komplexe Ergebnisse

In Ergebnissen können komplexe Zahlen auftreten, wenn Sie einen Ausdruck eingeben, der eine komplexe Zahl enthält. Und sogar Mathcad-Ausdrücke, die nur reelle Zahlen enthalten, können einen komplexen Wert annehmen. Wenn Sie beispielsweise $\sqrt[3]{-1}$ auswerten, gibt Mathcad i zurück. Weitere Beispiele finden Sie in Abbildung 8.11.

$\sqrt[3]{-1} = -1$	←Der Operator für die n-te Wurzel gibt stets einen reellen Wert zurück.			
$n := 1, 3 \dots 5$				
<div> $\exp(n \cdot i \cdot 60 \cdot \text{grad})$ <table> <tr><td>0.5 + 0.866i</td></tr> <tr><td>-1</td></tr> <tr><td>0.5 - 0.866i</td></tr> </table> </div>	0.5 + 0.866i	-1	0.5 - 0.866i	<div> $\exp(n \cdot i \cdot 60 \cdot \text{grad})^3$ <div> ←Wie jede Zahl zwei Quadratwurzeln hat, hat jede Zahl auch drei Kubikwurzeln. Hier ist "i" die imaginäre Einheit. Damit "i" erscheint, müssen Sie "1" eingeben. </div> </div>
0.5 + 0.866i				
-1				
0.5 - 0.866i				
$(-1)^{\frac{1}{3}} = 0.5 + 0.866i$	←Gibt den "Hauptwert" der Kubikwurzel zurück. Dies ist der Wert, der in der obigen Liste n=1 entspricht.			

Abbildung 8.11: Beispiele für komplexe Ergebnisse

Hinweis Stehen komplexe Zahlen zur Verfügung, führen viele Funktionen und Operatoren, von denen wir ein eindeutiges Ergebnis erwarten, zu mehreren Ergebnissen. Mathcad gibt für mehrwertige Funktionen oder Operatoren im Allgemeinen den *Hauptwert* zurück: Der Hauptwert ist der Wert, der den kleinsten positiven Winkel zur positiven realen

Achse in der komplexen Ebene erzeugt. Wenn Mathcad beispielsweise $(-1)^{1/3}$ auswertet, gibt es $.5 + .866i$ zurück, obwohl wir normalerweise davon ausgehen, dass die Kubikwurzel von -1 gleich -1 ist. Die Zahl $.5 + .866i$ stellt einen Winkel von nur 60 Grad zur positiven realen Achse dar. Die Zahl -1 dagegen bildet 180 Grad zur positiven realen Achse. Der Operator für die n -te Wurzel gibt in diesem Fall jedoch -1 zurück.


Einheiten für Ergebnisse

Mathcad zeigt die Ergebnisse normalerweise in grundlegenden Einheiten des Einheitensystems an, mit dem Sie arbeiten. Es bietet die folgenden Einheitensysteme an: SI, CGS, MKS, US-spezifische Einheiten oder kein Einheitensystem (siehe unten).

Tipp

Markieren Sie im Dialogfeld **ERGEBNISFORMAT** das Kontrollkästchen **EINHEITEN EVENTUELL VEREINFACHEN** (siehe Seite 159), um die Einheiten in einem abgeleiteten Format und nicht in Grundeinheiten anzuzeigen. Markieren Sie **EINHEITEN FORMATIEREN**, um die Einheiten als Bruch aus Termen mit positiven Einheiten anzuzeigen, und nicht als Produkt aus Einheiten mit positiven und negativen Einheiten.

Mathcad kann jedes Ergebnis mit einer seiner vordefinierten Einheiten anzeigen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf das Ergebnis. Rechts vom Ergebnis wird ein Platzhalter angezeigt, der *Einheitenplatzhalter*.
 2. Klicken Sie auf den Einheitenplatzhalter, wählen Sie im **EINFÜGEN**-Menü den Eintrag **EINHEIT**, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf . Mathcad öffnet das Dialogfeld **EINHEIT EINFÜGEN**. Weitere Informationen darüber finden Sie im Abschnitt »Einheiten und Dimensionen« auf Seite 152.
 3. Doppelklicken Sie auf die Einheit, mit der Sie das Ergebnis anzeigen möchten. Mathcad fügt diese Einheit in den Einheitenplatzhalter ein.
-

Hinweis

Für bestimmte Einheiten – beispielsweise *hp*, *cal*, *BTU* und *Hz* – verarbeitet Mathcad eine allgemeine Definition für die Einheit, bietet Ihnen aber die Möglichkeit, unterschiedliche Einheitenennamen zu verwenden.

Eine andere Möglichkeit, eine Einheit einzufügen, ist die direkte Eingabe des Namens in den Einheitenplatzhalter. Diese Methode ist allgemeiner, weil sie nicht nur für vordefinierte Einheiten angewendet werden kann, sondern auch für benutzerdefinierte und kombinierte Einheiten.

Einheitensystem

Beim Starten von Mathcad wird standardmäßig das Einheitensystem SI-System geladen. Das bedeutet, wenn Sie das Gleichheitszeichen setzen, um ein Ergebnis mit Einheiten anzuzeigen, zeigt Mathcad automatisch grundlegende oder abgeleitete SI-Einheiten an.

Mathcad kann die Einheiten auch in einem der anderen eingebauten Einheitensysteme anzeigen: CGS, US-spezifisch, MKS oder völlig ohne Einheitensystem. Dazu wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN und klicken auf die Registerkarte EINHEITEN-SYSTEM.

Wählen Sie das Einheitensystem aus, in dem Ihre Ergebnisse angezeigt werden sollen. Das Einheitensystem SI, das von Wissenschaftlern und Ingenieuren in vielen Ländern

häufig eingesetzt wird, stellt gegenüber den anderen Systemen zwei zusätzliche Basiseinheiten bereit, eine für die Leuchtstärke (*Lux*), und eine für Stoff (*Mol*). Außerdem unterscheidet sich die Basis-Einheit für Elektrizität von SI (*Ampere*) von der Basis-Einheit für Elektrizität in anderen Systemen (*Coulomb*).

Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über die Basiseinheiten, die in den Einheitensystemen von Mathcad zur Verfügung stehen.



Einheitensystem

Basiseinheiten

SI	<i>m, kg, s, A, K, cd und Mol</i>
MKS	<i>m, kg, sec, coul und K</i>
CGS	<i>cm, gm, sec, coul und K</i>
US	<i>ft, lb, sec, coul und K</i>
keine	Zeigt Ergebnisse in Hinblick auf Basisdimensionen für Länge, Masse, Zeit, Ladung und absolute Temperatur an. Alle vordefinierten Einheiten sind deaktiviert.

Die Namen der Standard-SI-Einheiten – beispielsweise A für *Ampere*, L für *Liter*, s für *Sekunde* und S für *Siemens* – stehen normalerweise nur im SI-Einheitensystem zur Verfügung. In den anderen Einheitensystemen stehen viele weitere Einheitenamen zur Verfügung. Eine Auflistung aller Einheiten, die in den verschiedenen Systemen vorgegeben sind, finden Sie in den Anhängen. Mathcad beinhaltet die meisten Einheiten, die Wissenschaftler und Ingenieure für ihre Arbeit brauchen. Mathcad versteht die konventionellen Präfixe für Einheiten nicht, wie etwa *m-* für *Milli-*, *n-* für *Nano-* usw., aber es ist ganz einfach, eigene Einheiten zu definieren, beispielsweise μm , wie Sie im Abschnitt »Definition eigener Einheiten« auf Seite 155 erfahren haben.

Beispiele für Einheiten, deren Präfixe in Mathcad nicht vordefiniert sind, finden Sie in den QuickSheets im Informationszentrum.

Wenn Sie im Dialogfeld OPTIONEN auf der Registerkarte SYSTEMEINHEITEN auf KEINE klicken, erkennt Mathcad keine eingebauten Einheiten mehr und zeigt Ergebnisse in den grundlegenden Einheiten für *Länge, Masse, Zeit, Ladung* und *Temperatur* an. Auch wenn Sie in einem der vordefinierten Einheitensysteme arbeiten, können Sie Ihre Ergebnisse in Basiseinheiten anzeigen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:


1. Wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DIMENSIONEN.
3. Markieren Sie das Kontrollkästchen DIMENSIONEN ANZEIGEN.
4. Klicken Sie auf OK.

Umwandlung von Einheiten

Es gibt zwei Möglichkeiten, Einheiten ineinander umzuwandeln:

- Im Dialogfeld EINHEIT EINFÜGEN oder
- Durch Eingabe der neuen Einheiten in den Einheitenplatzhalter.

Im Dialogfeld EINHEIT EINFÜGEN gehen Sie wie folgt vor, um Einheiten zu konvertieren:

1. Klicken Sie auf die Einheit, die umgewandelt werden soll.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag EINHEIT, oder klicken Sie in der Standard-Symboleiste auf .
3. Doppelklicken Sie in der Liste EINHEIT auf die Einheit, in der das Ergebnis angezeigt werden soll.

Wenn Sie das Ergebnis in einer Einheit darstellen möchten, die im Dialogfeld EINHEIT EINFÜGEN nicht zur Verfügung steht – beispielsweise eine Einheit, die Sie selbst definiert haben oder eine algebraische Kombination von Einheiten –, können Sie den Einheitenplatzhalter auch selbst bearbeiten.

Abbildung 8.12 zeigt F in SI-Basiseinheiten und in verschiedenen Einheitenkombinationen.

Wenn Sie im Einheitenplatzhalter eine nicht geeignete Einheit eingeben, fügt Mathcad eine Kombination aus Basiseinheiten ein, die die richtigen Einheiten für das angezeigte Ergebnis erzeugen. Die letzte Gleichung in Abbildung 8.12 zeigt eine Gleichung, die $kW \cdot s$ verwendet, was keine Einheit für Kraft ist. Mathcad fügt deshalb m^{-1} ein, um die zusätzliche Längendimension zu korrigieren.

Masse := 75 · kg	bes := 100 · m · s ⁻²	bes_g := 9.8 · m · s ⁻²
F := Masse · (bes + bes_g)		
<hr/>		
F = 8.235 · 10 ³ · kg · m · s ⁻²	← Standardanzeige mit MKS-Grundheiten. Klicken Sie auf das Ergebnis, um den "Einheitenplatzhalter" zu sehen.	
F = 8.235 · 10 ³ · newton		
F = 8.235 · 10 ⁸ · dyn	← Geben Sie die gewünschte Einheit in den Einheitenplatzhalter ein.	
F = 82.35 · $\frac{\text{J}}{\text{cm}}$	← Sie können in den Einheitenplatzhalter auch mehrere verschiedene Einheiten eingeben.	
F = 8.235 · m ⁻¹ · kW · s	← Da kW s keine Kraft-Einheit ist, fügt Mathcad ein zusätzliches m ⁻¹ ein, um die Einheiten richtig darzustellen.	

Abbildung 8.12: Ein Ergebnis, dargestellt in unterschiedlichen Einheiten

Wenn Sie Einheiten in den Einheitenplatzhalter eingeben, dividiert Mathcad den Wert, der angezeigt werden soll, durch den Inhalt des Einheitenplatzhalters. Damit wird sichergestellt, dass das gesamte Ereignis – der Wert *multipliziert* mit dem Ausdruck, den Sie als Platzhalter eingegeben haben – einen korrekten Wert für die Gleichung darstellt.



Hinweis Umwandlungen, für die neben einer Multiplikation auch noch ein Offset erforderlich ist, beispielsweise die direkte Umwandlung zwischen Normaldruck und absolutem Druck, oder Grad Fahrenheit und *Grad Celsius*, sind mit dem Konvertierungsmechanismus in Mathcad nicht ohne weiteres möglich. Sie können jedoch spezielle Funktionen dafür entwickeln. Weitere Beispiele für Funktionen zur Temperaturumwandlung finden Sie auf den QuickSheets »Einheiten« im Informationszentrum.

In einen Einheitenplatzhalter können Sie beliebige Variablen, Konstanten oder Ausdrücke eingeben. Mathcad zeigt das Ergebnis dann entsprechend dem im Einheitenplatzhalter angegebenen Wert an. Sie können den Einheitenplatzhalter beispielsweise verwenden, um ein Ergebnis als Vielfaches von π oder als Vielfaches von 10³, 10⁶ usw. anzuzeigen.

Tipp Sie können den Einheitenplatzhalter auch für dimensionslose Einheiten einsetzen, beispielsweise Grad oder Radianen. Mathcad behandelt die Einheit *rad* als Konstante mit dem Wert 1. Wenn Sie also mehrere Ausdrücke in Radianen haben, können Sie in den Einheitenplatzhalter *Grad* eingeben, um das Ergebnis von Radianen in Grad umzuwandeln.

Numerische Ergebnisse kopieren und einfügen

Numerische Ergebnisse können kopiert und an anderer Stelle auf Ihrem Arbeitsblatt oder in einer anderen Applikation eingefügt werden. Um eine einzelne Zahl rechts von einem Gleichheitszeichen zu kopieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf das Ergebnis rechts vom Gleichheitszeichen. Das Ergebnis wird zwischen den Bearbeitungslinien angezeigt.
2. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf , um das Ergebnis in die Zwischenablage zu kopieren.
3. Klicken Sie an die Stelle, wo das Ergebnis eingefügt werden soll. Wenn Sie es in eine andere Applikation einfügen möchten, wählen Sie im BEARBEITEN-Menü dieser Applikation den Eintrag EINFÜGEN, oder klicken Sie dort in der Standard-Symbolleiste auf .

Wenn Sie ein numerisches Ergebnis in ein Mathcad-Arbeitsblatt einfügen, erscheint es als:

- Rechenbereich, der aus einer einzigen Zahl besteht, wenn Sie es an einer leeren Position eingefügt haben
- Zahl, wenn Sie es in einen Platzhalter in einem Rechenbereich eingefügt haben
- Zahl, wenn Sie es direkt in einen Text eingefügt haben oder wenn Sie mit dem Befehl RECHENBEREICH aus dem EINFÜGEN-Menü einen Platzhalter im Text geschaffen haben

Um mehr als eine Zahl zu kopieren, wenden Sie dieselben Schritte wie beim Kopieren eines Felds an. Weitere Informationen zum Kopieren und Einfügen von Feldern finden Sie unter »Felder anzeigen«.

Hinweis Der Befehl KOPIEREN kopiert das numerische Ergebnis nur mit der Genauigkeit, mit der es angezeigt wird. Um das Ergebnis mit höherer Genauigkeit zu kopieren, doppelklicken Sie darauf und erhöhen den Wert für »Angezeigte Genauigkeit« im Dialogfeld ERGEBNISFORMAT. KOPIEREN kopiert keine Einheiten und Dimensionen eines Ergebnisses.

Berechnungen steuern

Nach dem Aufruf befindet sich Mathcad im automatischen Modus. Das bedeutet, Mathcad aktualisiert die Ergebnisse im Arbeitsblatt-Fenster automatisch. Sie erkennen, dass Sie sich im automatischen Modus befinden, weil in der Statusleiste am unteren Rand des Fensters das Wort »Auto« steht.

Wenn Sie nicht jedesmal darauf warten möchten, dass Mathcad seine Berechnungen durchführt, während Sie an dem Arbeitsblatt arbeiten, deaktivieren Sie den automati-

schen Modus. Dazu wählen Sie im RECHNEN-Menü den Befehl AUTOMATISCHE BERECHNUNG. Das Wort »Auto« verschwindet aus der Statusleiste und entfernt die Markierung neben dem Eintrag AUTOMATISCHE BERECHNUNG. Damit befinden Sie sich im *manuellen Modus*.

Tipp

Der Berechnungsmodus – manuell oder automatisch – ist eine Eigenschaft, die in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt gespeichert wird. In Kapitel 7 wird beschrieben, dass der Berechnungsmodus ebenso in Mathcad-Vorlagendateien (MCT-Dateien) gespeichert wird.

Berechnungen im automatischen Modus

So verhält sich Mathcad im automatischen Modus:

- Sobald Sie das Gleichheitszeichen eingeben, zeigt Mathcad ein Ergebnis an.
- Sobald Sie außerhalb einer Gleichung klicken, die »:=« oder »≡« enthält, führt Mathcad alle Berechnungen aus, die für die Zuweisung erforderlich sind.

Wenn Sie eine Definition im automatischen Modus vornehmen, passiert Folgendes, sobald Sie außerhalb des Gleichungsbereichs klicken:

- Mathcad wertet den Ausdruck auf der rechten Seite der Definition aus und weist ihm den Namen auf der linken Seite zu.
- Mathcad sucht nach allen anderen Gleichungen im Arbeitsblatt, die durch die neue Definition beeinflusst werden.
- Mathcad aktualisiert alle betroffenen Gleichungen, die im Arbeitsblatt-Fenster sichtbar sind.

Hinweis

Eine von Ihnen geänderte Gleichung kann alle Gleichungen auf Ihrem Arbeitsblatt beeinflussen. Mathcad führt nur die Berechnungen aus, die dafür sorgen, dass alles aktuell ist, was Sie im Fenster sehen. Diese Optimierung garantiert, dass Sie nicht warten müssen, bis Mathcad alle Ausdrücke aktualisiert hat, die nicht sichtbar sind. Wenn Sie das Arbeitsblatt drucken oder im Fenster bis zum Ende blättern, aktualisiert Mathcad das gesamte Arbeitsblatt.

Immer wenn Mathcad Zeit braucht, um Berechnungen auszuführen, ändert der Mauszeiger sein Aussehen, und in der Statuszeile erscheint das Wort »WARTEN«. Das kann passieren, wenn Sie eine Gleichung eingeben oder berechnen, wenn Sie im Fenster blättern, während Sie drucken, oder wenn Sie ein Fenster vergrößern, um weitere Gleichungen anzuzeigen. In all diesen Situationen wertet Mathcad Berechnungen aus, die noch von früheren Änderungen betroffen sein können.

Während Mathcad einen Ausdruck auswertet, umrahmt es ihn mit einem grünen Rechteck. Damit ist es ganz einfach, den Berechnungen zu folgen.


Um Mathcad zu zwingen, alle Gleichungen auf dem Arbeitsblatt neu zu berechnen, wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN.

Berechnungen im manuellen Modus

Im manuellen Modus berechnet Mathcad keine Gleichungen und zeigt die Ergebnisse erst dann an, wenn Sie es explizit dazu auffordern, sie zu berechnen. Das bedeutet, während Sie auf dem Arbeitsblatt arbeiten, brauchen Sie nicht auf irgendwelche Berechnungen zu warten.

Mathcad merkt sich, welche Berechnungen noch ausstehen, während Sie sich im manuellen Modus befinden. Sobald Sie eine Änderung vornehmen, die eine Berechnung erforderlich macht, erscheint in der Meldungszeile der Hinweis »Berechnen«. Daran erkennen Sie, dass Sie Berechnungen ausführen müssen, um sichergehen zu können, dass die Ergebnisse aktuell sind.

Aktualisieren Sie den Bildschirm, indem Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag

BERECHNEN wählen oder indem Sie in der Standard-Symbolleiste auf  klicken. Mathcad führt alle Berechnungen durch, die erforderlich sind, um alle im Fenster sichtbaren Ergebnisse zu aktualisieren. Wenn Sie nach unten blättern, um weitere Abschnitte des Arbeitsblatts anzuzeigen, erscheint das Wort »Berechnen« wieder in der Meldungsleiste. Es weist darauf hin, dass Sie eine Neuberechnung ausführen sollten, um aktuelle Ergebnisse zu sehen.

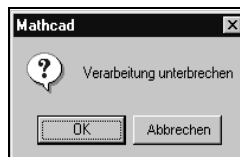
Um das gesamte Arbeitsblatt zu verarbeiten, auch Abschnitte, die im Fenster nicht sichtbar sind, wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN.


Hinweis Wenn Sie ein Arbeitsblatt ausdrucken, während Sie sich im manuellen Modus befinden, sind die Ergebnisse auf dem Ausdruck nicht unbedingt aktuell. Wählen Sie also im RECHNEN-Menü den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN, bevor Sie drucken.

Berechnungen unterbrechen

Um eine Berechnung während der Ausführung zu unterbrechen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie **[Esc]**. Das folgende Dialogfeld erscheint.
2. Klicken Sie auf OK, um die Berechnung zu unterbrechen, oder auf ABBRECHEN, um die Berechnung fortzusetzen.



Wenn Sie auf OK klicken, wird die Gleichung, die gerade bearbeitet wurde, als Sie auf **[Esc]** gedrückt haben, mit einer Fehlermeldung markiert (siehe »Fehlermeldungen« auf Seite 170). Daran erkennen Sie, dass die Berechnungen unterbrochen wurden. Um eine unterbrochene Berechnung fortzusetzen, klicken Sie auf die Gleichung mit der Fehlermeldung und wählen im RECHNEN-Menü den Eintrag BERECHNEN, oder Sie klicken in der Standard-Symbolleiste auf .

Tipp Wenn Sie feststellen, dass Sie häufig Berechnungen unterbrechen, um keine Wartezeiten in Kauf nehmen zu müssen, wechseln Sie in den manuellen Modus, wie oben beschrieben.

Gleichungen deaktivieren

Sie können eine Gleichung *deaktivieren*, so dass sie auf Ihrem Arbeitsblatt nicht mehr berechnet wird. Eine deaktivierte Gleichung kann weiterhin bearbeitet, formatiert und angezeigt werden.

Um die Berechnung einer einzelnen Gleichung auf Ihrem Arbeitsblatt zu deaktivieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die gewünschte Gleichung.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN und klicken Sie auf die Registerkarte BERECHNUNG.
3. Markieren Sie im Abschnitt BERECHNUNGSOPTIONEN den Eintrag AUSWERTUNG DEAKTIVIEREN.
4. Mathcad zeigt hinter der Gleichung ein kleines Rechteck an, das darauf hinweist, dass diese Gleichung deaktiviert ist. Hier sehen Sie ein Beispiel dafür:

$$KE := \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Tipp

Eine einfache Abkürzung für die Deaktivierung der Auswertung ist, mit der rechten Maustaste auf eine Gleichung zu klicken und im Popup-Menü den Eintrag AUSWERTUNG DEAKTIVIEREN zu wählen.

Um die Berechnung für eine deaktivierte Gleichung wieder zu aktivieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Gleichung, um sie zu markieren.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN und klicken Sie auf die Registerkarte BERECHNUNG.
3. Entfernen Sie die Markierung für AUSWERTUNG DEAKTIVIEREN.

Mathcad entfernt das kleine Rechteck hinter der Gleichung, und die Berechnung wird wieder aktiviert.

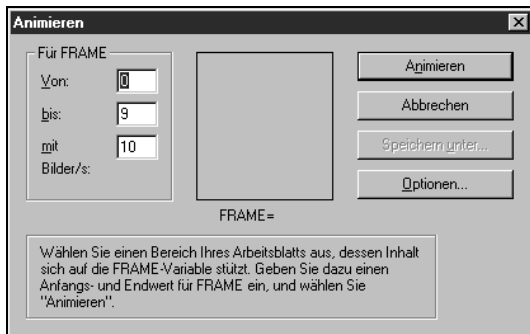
Animation

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Mathcad kurze Animations-Clips erzeugt und abspielt. Dazu wird die vordefinierte Variable FRAME verwendet. Alles, was man von dieser Variablen abhängig machen kann, kann auch animiert werden. Dazu gehören nicht nur Diagramme, sondern auch numerische Ergebnisse. Sie können die Animations-Clips in unterschiedlichen Geschwindigkeiten abspielen oder sie für die Verwendung durch andere Applikationen speichern.

Einen Animations-Clip erzeugen

Mathcad beinhaltet die vordefinierte Konstante FRAME, deren einzige Aufgabe es ist, Animationen zu steuern. Um eine Animation zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Erzeugen Sie eine Ausgabe, ein Diagramm oder eine Gruppe von Ausdrücken, deren Erscheinungsbild letztlich vom Wert der Konstanten FRAME abhängig ist. Dieser Ausdruck muss kein Diagramm sein. Es kann sich um wirklich alles handeln.
2. Wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag ANIMIEREN, um das Dialogfeld ANIMIEREN anzuzeigen.
3. Markieren Sie mit der Maus den Teil Ihres Arbeitsblatts, der animiert werden soll, wie in Abbildung 8.13 gezeigt. Spannen Sie ein Rechteck um die Bereiche auf, die in der Animation erscheinen sollen. Der Bereich sollte dabei weder das Dialogfeld noch den Rahmen des Arbeitsfensters berühren.
4. Legen Sie in dem Dialogfeld die Ober- und die Untergrenze für FRAME fest. Wenn Sie die Animation aufzeichnen, wird die FRAME-Variable in Schritten von 1 von der Untergrenze zur Obergrenze hin inkrementiert.
5. Geben Sie die Abspielgeschwindigkeit in das Feld MIT BILDER/SEC. ein.
6. Klicken Sie auf ANIMIEREN. Sie sehen eine kleine Darstellung Ihrer Auswahl im Dialogfeld. Mathcad zeichnet für jeden Wert von FRAME eine solche Vorschau. Das Ganze stimmt nicht unbedingt mit der Abspielgeschwindigkeit überein, weil Sie hier die Animation noch erzeugen.
7. Um Ihre Animation als AVI-Datei zu speichern, damit sie in anderen Windows-Applikationen angezeigt werden kann, klicken Sie im Dialogfeld ANIMIEREN auf SPEICHERN UNTER.



Tipp

Weil Animations-Clips sehr viel Plattenspeicher belegen können, legt Mathcad sie in komprimiertem Format ab. Bevor Sie die Animation erzeugen, wählen Sie, welche Komprimierungsmethode verwendet wird, oder ob überhaupt eine Komprimierung erfolgen soll, wobei die verfügbare Auswahl dieser Verfahren von Ihrer Windows-Installation abhängt. Dazu klicken Sie im Dialogfeld ANIMIEREN auf OPTIONEN.

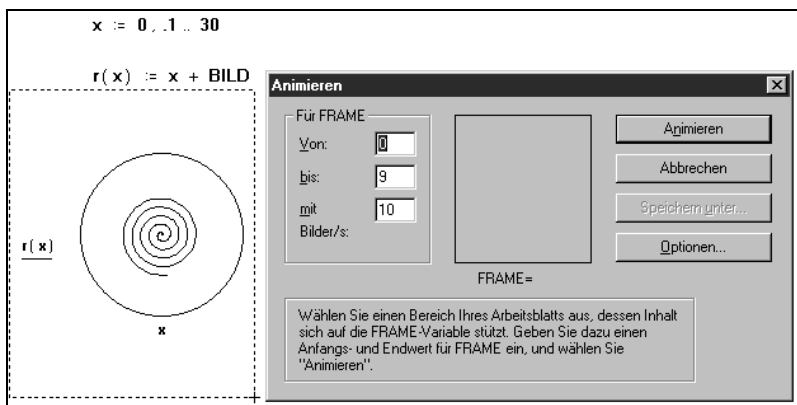
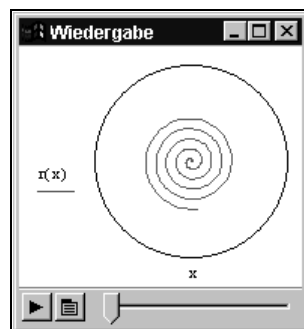


Abbildung 8.13: Wählen Sie einen Abschnitt des Arbeitsblatts zur Animation aus.

Abspielen eines Animations-Clips

Sobald Sie den Animations-Clip erzeugt haben, öffnet Mathcad ein Abspielfenster:

Das erste Bild der Animation, die Sie soeben erzeugt haben, wird bereits im Fenster angezeigt. Um die Animation abzuspielen, klicken Sie auf den Pfeil unten links im Fenster. Sie können den Clip auch im Einzelbildmodus anzeigen – vorwärts und rückwärts. Dazu ziehen Sie den Schieberegler unterhalb des animierten Bildes nach links oder nach rechts.



Tipp

Sie steuern die Abspielgeschwindigkeit durch Anklicken der Schaltfläche rechts von der Abspiel-Schaltfläche. Damit wird ein Popup-Menü angezeigt, aus dem Sie den Eintrag GESCHWINDIGKEIT wählen und den Schieberegler entsprechend anpassen.

Abspielen einer zuvor gespeicherten Animation

Wenn Sie bereits eine Windows-AVI-Datei auf Ihrer Festplatte haben, können Sie diese in Mathcad abspielen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag WIEDERGEBEN, um das Dialogfeld PLAYBACK anzuzeigen. Das Fenster ist ausgeblendet, weil noch kein Animations-Clip geöffnet wurde.



2. Klicken Sie auf die Schaltfläche rechts neben der Abspielen-Schaltfläche und wählen Sie im Menü den Eintrag **ÖFFNEN**. Laden Sie im Dialogfeld **ÖFFNEN** die AVI-Datei, die abgespielt werden soll.

Nachdem Sie eine Windows-AVI-Datei geladen haben, gehen Sie vor, wie im vorigen Abschnitt beschrieben.

Tipp

Wenn Sie über das Menü **EINFÜGEN** und die Option **HYPERLINK** einen Hyperlink zu einer AVI-Datei einfügen, können Sie eine Animation direkt aus dem Arbeitsblatt starten. Sie können auch ein Tastenkürzel in die AVI-Datei im Arbeitsblatt einbetten, wenn Sie das Symbol für die AVI-Datei aus dem Windows Explorer heraus in das Arbeitsblatt ziehen. Außerdem können Sie noch ein OLE-Animationsobjekt in das Arbeitsblatt einbetten oder eine Verknüpfung zu einem solchen Objekt erstellen.

Fehlermeldungen

Wenn Mathcad bei der Auswertung eines Ausdrucks einen Fehler erkennt, markiert es ihn mit einer Fehlermeldung und stellt den fehlerhaften Namen oder Operator rot dar.

Eine Fehlermeldung ist nur dann sichtbar, wenn Sie, wie unten angezeigt, auf den entsprechenden Ausdruck klicken.

Mathcad kann keine Ausdrücke verarbeiten, die Fehler enthalten. Handelt es sich um eine Definition, bleibt die Variable oder Funktion bis auf weiteres undefiniert. Das kann dazu führen, dass auch andere Ausdrücke, in denen diese Variable verwendet wird, undefiniert sind.

$$g(x) := \frac{3}{x}$$

$$f(x) := g(x) \cdot 10$$

$$f(0) = \text{■}$$

Beim Auswerten dieses Ausdrucks wurde eine Singularität gefunden. Möglicherweise teilen Sie durch null.

Tipp

Sie erhalten Online-Hilfe zu einer Fehlermeldung, indem Sie sie anklicken und **F1** drücken.

Fehlerquelle finden

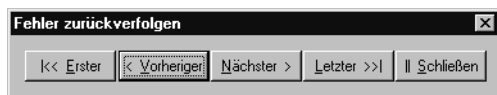
Wenn ein Mathcad-Arbeitsblatt einen Ausdruck enthält, der von einer oder mehreren in Ihrem Arbeitsblatt erstellten Definitionen abhängt, kann der Fehler in dieser Definition bereits in einer vorhergegangenen Definition begründet sein.

In dem oben gegebenen Beispiel erscheint der Fehler im dritten Bereich, $f(0)$. $f(x)$ basiert auf der Definition von $g(x)$. Wenn x gleich Null ist, ist $g(x)$ der erste Bereich, der einen Fehler aufweist.

Sie können die Fehlerquelle suchen, indem Sie Ihr Arbeitsblatt noch einmal durchsehen, um zu sehen, wo der Fehler entstand oder indem Sie Mathcad zu Hilfe nehmen,

um den Fehler in Ihrem Arbeitsblatt zurückzuverfolgen. So suchen Sie eine Fehlerquelle mit Mathcad:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Bereich, der den Fehler enthält, und wählen Sie aus dem Kontextmenü den Eintrag FEHLER ZURÜCKVERFOLGEN. Das Dialogfeld FEHLER ZURÜCKVERFOLGEN erscheint:



2. Benutzen Sie die Schaltfläche im Dialogfeld, um sich in den Bereichen zu bewegen, die Fehler aufweisen.

Klicken Sie zum Beispiel auf ZURÜCK, um in den letzten abhängigen Bereich zurückzugehen.

$$g(x) := \frac{3}{x}$$

$$f(x) := g(x) \cdot 10$$

$$f(0) = \blacksquare$$

Beim Auswerten dieses Ausdrucks wurde eine Singularität gefunden. Möglicherweise teilen Sie durch null.


$$g(x) := \frac{3}{x}$$

Beim Auswerten dieses Ausdrucks wurde eine Singularität gefunden. Möglicherweise teilen Sie durch null.

$$f(x) := g(x) \cdot 10$$

Oder klicken Sie auf ERSTER, um in den ersten Bereich zu gehen, der den Fehler verursacht hat.

Tipp

Wenn Sie zeitraubende Neuberechnungen verhindern möchten, schalten Sie auf manuellen Modus um wie auf Seite 164 unter »Berechnungen steuern« beschrieben. Wenn Sie neu kalkulieren möchten, wählen Sie aus dem Math-Menü den Eintrag KALKULIEREN, oder klicken Sie auf  in der Standard-Menüleiste. Alternativ können Sie auch wieder den automatischen Modus einschalten.

Fehler korrigieren

Nachdem Sie festgestellt haben, welcher Ausdruck den Fehler verursacht hat, versuchen Sie, den Fehler zu korrigieren. Sobald Sie auf den Ausdruck klicken und die Bearbeitung beginnen, entfernt Mathcad die Fehlermeldung. Wenn Sie außerhalb der Gleichung klicken (oder wenn Sie im manuellen Modus eine Neuberechnung ausführen), berechnet Mathcad den Ausdruck neu. Nachdem Sie den Fehler korrigiert haben, berechnet Mathcad auch die anderen Ausdrücke, die von Ihren Eingaben abhängig sind.

Kapitel 9

Operatoren

Die Arbeit mit Operatoren

Arithmetische und Boole'sche Operatoren

Vektor- und Matrix-Operatoren

Summationen und Produkte

Ableitungen


Integrale

Benutzerdefinierbare Operatoren

Die Arbeit mit Operatoren

Einfügen eines Operators

Die gebräuchlichsten arithmetischen Operatoren werden über die Standardtastatur in mathematische Ausdrücke eingefügt, beispielsweise * und +. Darüber hinaus können in Mathcad alle Operatoren mit Hilfe von Schaltflächen der Arithmetik-Palette in mathematische Ausdrücke eingefügt werden. Um beispielsweise den Ableitungs-Operator

einzufügen, klicken Sie in der Differential- und Integralpalette auf , oder Sie geben ? ein. Wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag SYMBOLLEISTEN, um alle Arithmetik-Symbolleisten anzuzeigen. Eine vollständige Liste der Operatoren, Tastenkombinationen und Beschreibungen finden Sie im Abschnitt »Operatoren« auf Seite 377.

Hinweis Im Allgemeinen fügen Sie Operatoren nur in leere Bereiche Ihres Arbeitsblatts ein oder wenn Sie bereits in existierende Rechenbereiche geklickt haben. Um die Operatoren im Text nutzen zu können, klicken Sie zuerst in den Text und wählen im EINFÜGEN-Menü den Eintrag RECHENBEREICH. Damit wird ein mathematischer Platzhalter im Text angelegt, in den Sie Operatoren einfügen können.

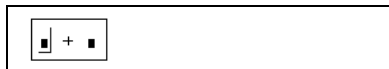
Tipp


Die Tooltips der Schaltflächen in den Arithmetik-Symboleleisten zeigen neben dem Namen des Operators auch die Tastenkombination an, mit der er über die Tastatur aufgerufen werden kann.

Wie in Kapitel 4 bereits beschrieben, erscheint beim Einfügen eines Mathcad-Operators in einen leeren Bereich ein mathematisches Symbol mit leeren Platzhaltern auf dem Arbeitsblatt. In diese Platzhalter geben Sie Ausdrücke ein, die *Operanden* für die Operatoren. Wie viele solcher Platzhalter angelegt werden, ist vom Operator abhängig: Einige Operatoren, wie beispielsweise die Fakultät, haben nur einen einzigen Platzhalter, während andere, wie beispielsweise bestimmte Integrale, mehrere Platzhalter erzeugen. Um Ergebnisse zu berechnen, geben Sie an Stelle des Platzhalters eines jeden Operators gültige mathematische Ausdrücke ein.

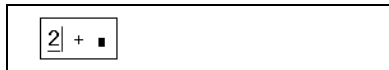
Hier folgt ein sehr einfaches Beispiel, das den Additions-Operator von Mathcad verwendet:


1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt. Klicken Sie in der

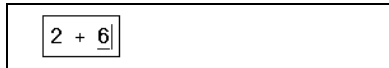


Kalkulator-Palette auf , oder drücken Sie einfach **+**. Der Additions-Operator und zwei Platzhalter erscheinen.


2. Geben Sie für den ersten Platzhalter **2** ein.



3. Klicken Sie auf den zweiten Platzhalter oder drücken Sie , um den Cursor dort zu positionieren, und geben Sie **6** ein.



4. Drücken Sie **=**, oder klicken Sie in der

Auswertungs-Palette auf , um das numerische Ergebnis anzuzeigen.



Tipp

Weitere Informationen über den Aufbau und die Bearbeitung komplizierter mathematischer Ausdrücke finden Sie in Kapitel 4. Dort wird auch beschrieben, wie Sie die *Bearbeitungslinien* festlegen, für welchen Operator der nächste Operand eingegeben wird.

Weitere Operatoren

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Mathcad-Operatoren, die Sie für die Berechnung numerischer Ergebnisse verwenden. Es gibt noch weitere Operatoren:

- *Symbolische Operatoren* werden verwendet, um andere mathematische Ausdrücke oder exakte numerische Ergebnisse zu erzeugen. Wie in Kapitel 14 beschrieben, versteht der Symbolprozessor von Mathcad fast alle Mathcad-Ausdrücke, aber Ausdrücke, die die folgenden Operatoren aus der Arithmetik-Palette enthalten,

können nur symbolisch ausgewertet werden: unbestimmtes Integral \int , zweiseitiger Grenzwert $\lim_{x \rightarrow a}$, oberer Grenzwert $\lim_{x \rightarrow a^+}$ und unterer Grenzwert $\lim_{x \rightarrow a^-}$. Um einen Ausdruck symbolisch auszuwerten, klicken Sie in der Auswertungs-Symbolleiste auf \rightarrow .

- **Programmierbare Operatoren**, die Sie verwenden, um mehrere Mathcad-Ausdrücke durch bedingte Verzweigungen, Schleifenkonstrukte, lokale Gültigkeitsbereiche von Variablen und andere Funktionen der traditionellen Programmiersprachen zu verknüpfen. Diese Operatoren stehen nur in Mathcad zur

Verfügung (klicken Sie auf der Rechenpalette auf $\square \rightarrow$). Weitere Informationen darüber finden Sie in Kapitel 15.

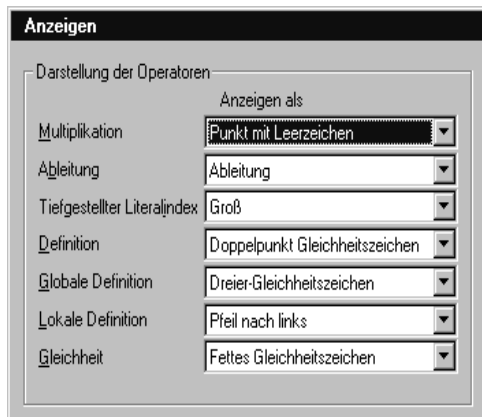
Anzeige des Operators ändern

Wenn Sie einen Operator in ein Arbeitsblatt eingefügt haben, erscheint dieser in einer Standardform. Wenn Sie zum Beispiel einen Doppelpunkt (:) eingeben oder := auf der Kalkulator-Palette anklicken, zeigt Mathcad den Doppelpunkt als Definitionssymbol := an. Dies ist ein von Mathcad benutztes spezielles Symbol für die Anzeige von Variablen oder Funktionsdefinitionen.

Wahrscheinlich möchten Sie in bestimmten Momenten die Erscheinungsform eines speziellen Symbols, etwa des Definitionssymbols, ändern. Sie möchten beispielsweise, dass das Definitionssymbol einem normalen Gleichheitszeichen entspricht, auch wenn Sie es weiterhin für die Definition von Variablen und Funktionen in Ihrem Arbeitsblatt verwenden möchten. Mit Mathcad können Sie die Form eines Operators wie dem Definitionssymbol ändern, ohne dessen Funktion zu verändern.

So verändern Sie die äußere Form eines Operators in einem Arbeitsblatt:

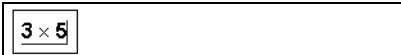
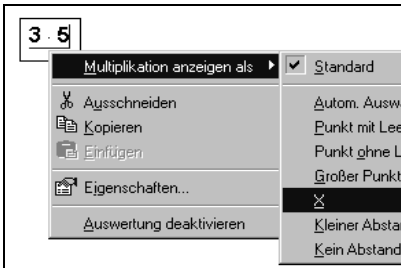
1. Wählen Sie aus dem MATH-Menü den Eintrag **OPTIONEN**.
2. Klicken Sie die Registerkarte **ANZEIGE** an.
3. Benutzen Sie die Drop-Down-Funktion neben jedem Operator, um eine alternative Anzeigeoption auszuwählen.
4. Klicken Sie auf **OK**.



Weitere Informationen über die für jeden Operator verfügbaren Optionen finden Sie, wenn Sie im Dialogfeld **MATH-OPTIONEN** auf die **HILFE**-Schaltfläche am unteren Rand der Registerkarte **ANZEIGE** klicken.

Um die äußere Form eines Operators in einem oder mehreren einzelnen Ausdrücken zu verändern, klicken Sie mit der rechten Maustaste und benutzen Sie das Popup-Menü. Um beispielsweise die Multiplikation in einem Ausdruck von einem Punkt in ein X umzuwandeln, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Multiplikation.
2. Wählen Sie aus dem Popup-Menü den Eintrag MULTIPLIKATION ANZEIGEN ALS... \Rightarrow X.



Arithmetische und Boole'sche Operatoren

Arithmetische Operatoren

Mit den arithmetischen Operatoren, die Sie in der Kalkulator-Palette finden, können Sie beliebige Zahlen kombinieren. Abbildung 9.1 zeigt Beispiele dafür.

Boole'sche Operatoren

Mathcad beinhaltet logische oder *Boole'sche* Operatoren in der Auswertungs- und in der Boole'schen Palette. Boole'sche Operatoren geben nur Null oder Eins zurück. Dennoch können sie sehr praktisch für die Auswertung Ihrer Ausdrücke sein.

a := π	Vordefinierte Variable	a = 3.142
b := 123456789012	Große Gleitkommazahl	b = $1.235 \cdot 10^{11}$
c := $5 - 7i$	Komplexe Zahl (könnte auch 5-7j lauten)	c = $5 - 7i$
d := 14EFh	Hexadezimalzahl (könnte auch 14efh oder 14efH lauten)	d = $5.359 \cdot 10^3$
e := 3.5L	Dimensionswert (könnte auch 3.5l lauten)	e = 3.5 · Länge
a + $4 \cdot 10^{-5}$ = 3.142		
a · $\frac{d}{e}$ = $4.81 \cdot 10^3 \cdot \text{Länge}^{-1}$		
b · c = $6.173 \cdot 10^{11} - 8.642 \cdot 10^{11} i$		

Abbildung 9.1: Kombination unterschiedlicher Zahlentypen mit Hilfe von arithmetischen Operatoren

Die folgende Tabelle listet die Boole'schen Operatoren auf, die in der Auswertungs- und Boole'schen Palette zur Verfügung stehen, ebenso wie ihre Bedeutung. Beachten Sie, dass sich der Operator »Gleich« von dem Gleichheitszeichen unterscheidet, das Sie mit = eingeben.

Verwendung	Schaltfläche	Beschreibung	Tastenanschlag
$w = z$		Boole'sches Gleich wird als fettes Gleichheitszeichen dargestellt.	<code>Strg</code> [=]
$x < y$		Kleiner	[<]
$x > y$		Größer	[>]
$x \leq y$		Kleiner gleich	<code>Strg</code> + [9]
$x \geq y$		Größer gleich	<code>Strg</code> + [0]
$w \neq z$		Ungleich	<code>Strg</code> + [3]
$\neg z$		Nicht	<code>Strg</code> + [⇧] + [1]
$w \wedge z$		Und	<code>Strg</code> + [⇧] + [7]
$w \vee z$		Oder	<code>Strg</code> + [⇧] + [6]
$w \oplus z$		Xoder (exklusives Oder)	<code>Strg</code> + [⇧] + [5]

Hinweis Der Boole'sche Operator gibt 1 zurück, wenn der Ausdruck wahr ist, andernfalls 0. Die vier Operatoren <, >, ≥ und ≤ können nicht für komplexe Zahlen eingesetzt werden, weil die Konzepte »Größer« und »Kleiner« in der komplexen Ebene ihre Bedeutung verlieren.

Einige Vergleiche mit Mathcads Booleschen Operatoren

$$\begin{array}{lll}
 10 > 0 = 1 & 10 < 0 = 0 & 3 + 5 = 7 = 0 \\
 0.5 = \frac{1}{2} = 1 & 14 \neq 10 = 1 & 12345 < 12345 = 0 \\
 12345 \leq 12345 = 1 & 19^2 \geq 360 = 1 & 2000 \neq 2000 = 0
 \end{array}$$

Beachten Sie den Unterschied zwischen dem Booleschen Gleichheitszeichen und dem Gleichheitszeichen für die Berechnung!

Abbildung 9.2: Verwendung Boole'scher Operatoren

Tipp

Vergleichende Boole'sche Operatoren wie z. B. $<$ oder $>$ werden auch für den Vergleich von Zeichenfolgen eingesetzt. Mathcad vergleicht zwei Zeichenfolgen zeichenweise anhand des ASCII-Codes der betreffenden Zeichen. Die Zeichenfolge »Euler« liegt in der ASCII-Reihenfolge vor »Mach«, deshalb ergibt der Ausdruck ($\text{»Euler«} < \text{»Mach«}$) den Wert 1. Eine Beschreibung der von Mathcad verwendeten Zeichenreihenfolge finden Sie in den Anhängen unter der Überschrift »ASCII-Codes« auf Seite 398.

Komplexe Operatoren

Mathcad beinhaltet die folgenden arithmetischen Operatoren für die Arbeit mit komplexen Zahlen:


Verwendung	Schaltfläche	Beschreibung
\bar{z}		Komplexe Konjugation von z . Um den Konjugations-Operator auf einen ganzen Ausdruck anzuwenden, selektieren Sie den Ausdruck und drücken das doppelte Anführungszeichen ("). Die Konjugation der komplexen Zahl $a + b \cdot i$ ist $a - b \cdot i$.
$|z|$		Die Determinante der Zahl z .

Abbildung 9.3 zeigt einige Beispiele für die Verwendung komplexer Zahlen in Mathcad.


$r := 2$	$\theta := \frac{3 \cdot \pi}{4}$
Definieren Sie die komplexen Variablen z1 und z2	
$z1 := \sqrt{-1}$	$z2 := r \cdot e^{(i \cdot \theta)}$
$z1 = i$	$z2 = -1.414 + 1.414i$
Berechnen Sie damit	
$z1 + z2 = -1.414 + 2.414i$	$\operatorname{Re}(z2) = -1.414$
$z1 \cdot z2 = -1.414 - 1.414i$	$\operatorname{Im}(z2) = 1.414$
$\frac{z2}{z1} = 1.414 + 1.414i$	$\sin(z2) = -2.152 + 0.302i$
	$\sinh(z2) = -0.302 + 2.152i$
	$\ln(z2) = 0.693 + 2.356i$
Zerlegen Sie z2 in die polare Form	
$|z2| = 2$	$\arg(z2) = 2.356$

Abbildung 9.3: Komplexe Zahlen in Mathcad


Vektor- und Matrix-Operatoren

Die meisten Operatoren der Kalkulator-Palette können auch für Vektoren und Matrizen eingesetzt werden. Wenn Sie beispielsweise den Additions-Operator für zwei Felder derselben Größe anwenden, führt Mathcad die standardmäßige elementweise Addition aus. Außerdem werden für die Subtraktion, Multiplikation, Potenzierung und die Bestimmung der Determinanten von Matrizen ebenfalls die konventionellen arithmetischen Operatoren verwendet.

Einige der Operatoren von Mathcad haben für Vektoren und Matrizen eine besondere Bedeutung. Die meisten davon werden in der Vektor- und Matrixpalette bereitgestellt

( in der Rechenpalette anklicken). Beispielsweise bedeutet das Multiplikations-symbol für zwei Zahlen eine Multiplikation, für Vektoren dagegen ein Vektorprodukt, für Matrizen eine Matrixmultiplikation.

Die folgende Tabelle beschreibt die Vektor- und Matrix-Operationen von Mathcad. Operatoren, die hier nicht aufgelistet sind, können nicht auf Vektoren und Matrizen

angewendet werden. Sie können jedoch den VEKTORISIEREN-Befehl ( in der Matrix-Palette) verwenden, um skalare Operationen oder Funktionen auf die einzelnen Elemente eines Vektors oder einer Matrix anzuwenden. Weitere Informationen darüber finden Sie im Abschnitt »Parallele Berechnungen« auf Seite 265. Abbildung 9.4 zeigt Beispiele für die Verwendung von Vektor- und Matrix-Operatoren:

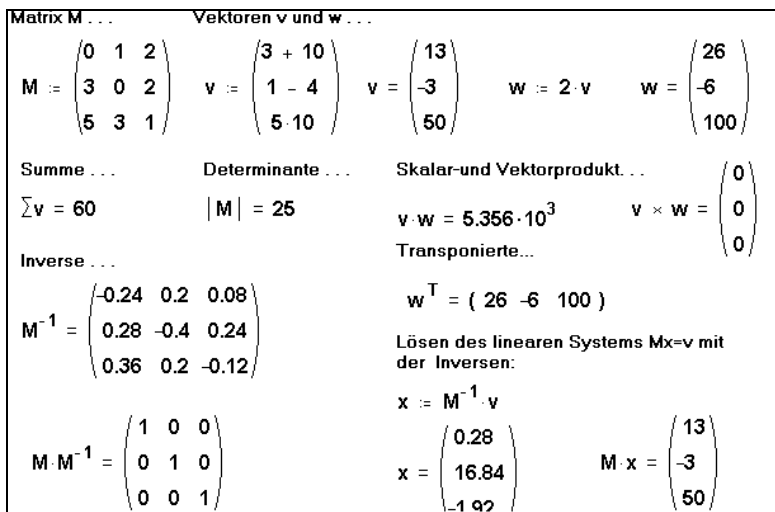


















Abbildung 9.4: Vektor- und Matrixoperationen

In der folgenden Tabelle gelten die folgenden Voraussetzungen:

- **A** und **B** stellen Felder dar.
- **u** und **v** stellen Vektoren dar.
- **M** stellt eine quadratische Matrix dar.
- u_i und v_i stellen die einzelnen Elemente der Vektoren **u** und **v** dar.
- z stellt einen Skalar dar.
- m und n stellen ganze Zahlen dar.

Verwendung	Schaltfläche	Beschreibung
$A \cdot z$		Skalare Multiplikation. Multipliziert jedes Element von A mit dem Skalar z .
$u \cdot v$		Punktprodukt. Gibt einen Skalar zurück: $\sum \langle u_i \cdot v_i \rangle$. Die Vektoren müssen dieselbe Elementanzahl haben.
$A \cdot B$		Matrixmultiplikation. Gibt das Matrixprodukt von A und B zurück. Die Anzahl der Spalten von A muss gleich der Anzahl der Zeilen von B sein.
$A \cdot v$		Vektor/Matrix-Multiplikation. Gibt das Produkt aus A und B zurück. Die Anzahl der Spalten von A muss gleich der Anzahl der Zeilen von B sein.
$\frac{A}{z}$		Skalare Division. Dividiert jedes Element des Felds A durch den Skalar z .

Verwendung	Schaltfläche	Beschreibung
$A \div z$		Skalare Division. Dividiert jedes Element des Felds A durch den Skalar z . Drücken Sie [Strg]+[/] zum Einfügen.
$A + B$		Vektor- und Matrix-Addition. Addiert die korrespondierenden Elemente von A und B . A und B müssen dieselbe Anzahl Zeilen und Spalten aufweisen.
$A + z$		Skalare Addition. Addiert zu jedem Element von A den Skalar z .
$A - B$		Vektor- und Matrix-Subtraktion. Subtrahiert die korrespondierenden Elemente von A und B . A und B müssen dieselbe Anzahl Zeilen und Spalten aufweisen.
$A - z$		Skalare Subtraktion. Subtrahiert von jedem Element von A den Skalar z .
$-A$		Negativwert des Vektors oder der Matrix. Gibt ein Feld zurück, dessen Elemente die Negativwerte der Elemente von A darstellen.
M^n		n -te Potenz einer quadratischen Matrix M (dazu wird die Matrix-Multiplikation verwendet). n muss eine ganze Zahl sein. M^{-1} repräsentiert die Inverse von M . Andere negative Potenzen sind Potenzen der Inversen. Rückgabewert ist eine Matrix.
$|v|$		Determinante eines Vektors. Gibt $\sqrt{v \cdot v}$ zurück, wobei v der komplex-konjugierte Wert von v ist.
$|M|$		Determinante. M muss eine quadratische Matrix sein.
A^T		Transposition. Vertauscht Zeilen und Spalten von A .
$u \times v$		Kreuzprodukt. u und v müssen dreielementige Vektoren sein; das Ergebnis ist ebenfalls ein dreielementiger Vektor.
\overline{A}		Komplexe Konjugation. Erzeugt das komplexe Konjugat jedes Elements von A . Wird mit dem doppelten Anführungszeichen (") in Rechenbereiche eingefügt.
$\sum v$		Vektorsumme. Summiert die Elemente von v .

Verwendung	Schaltfläche	Beschreibung
\rightarrow \mathbf{A}		Vektorisieren. Führt Operationen für \mathbf{A} elementweise aus. Weitere Informationen darüber finden Sie im Abschnitt »Parallele Berechnungen« auf Seite 267.
$\mathbf{A}^{(n)}$		Feldindex. n -te Spalte des Felds \mathbf{A} . Gibt einen Vektor zurück.
v_n		Vektorindex. n -tes Element eines Vektors.
$A_{m,n}$		Matrixindex. m,n -tes Element einer Matrix.

Tipp

Operatoren und Funktionen, denen Vektoren übergeben werden, erwarten immer Spaltenvektoren. Sie werden nicht auf Zeilenvektoren angewendet. Um einen Zeilenvektor in einen Spaltenvektor umzuwandeln, verwenden Sie den Operator für die Transponierung


 auf der Vektor- und Matrixpalette.

Summationen und Produkte

Der Summations-Operator summiert einen Ausdruck über alle Indexwerte. Der Operator für das iterierte Produkt arbeitet vergleichbar. Er erzeugt das Produkt eines Ausdrucks über alle Indexwerte.

Um einen Summations-Operator auf Ihrem Arbeitsblatt anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich. Klicken Sie in der Differential- und Inte-

gralpalette auf . Auf dem Arbeitsblatt erscheint ein Summationszeichen mit vier Platzhaltern.



2. Geben Sie in den Platzhalter links vom Gleichheitszeichen einen Variablennamen ein. Diese Variable stellt den Index für die Summation dar. Sie ist nur innerhalb des Summations-Operators definiert und hat damit keine Auswirkungen auf die Variablendefinitionen außerhalb des Operators.



3. Geben Sie in den Platzhalter rechts vom Gleichheitszeichen und in den Platzhalter oberhalb des Sigmas eine Ganzzahl oder einen Ausdruck, der eine ganze Zahl ergibt, ein.

$$\sum_{n=1}^{10} \square$$

4. Geben Sie für den letzten Platzhalter den Ausdruck für die Summation ein. Dieser Ausdruck beinhaltet in der Regel den Index der Summation. Besteht der Ausdruck aus mehreren Termen, geben Sie als erstes ein Apostroph (') ein, um Klammern um den Platzhalter einzufügen.

$$\sum_{n=1}^{10} n^2$$

Iterierte Produkte sind Summationen ganz ähnlich. Klicken Sie in der Differential- und Integral-Palette auf $\prod_{n=1}^m$ und füllen Sie die Platzhalter wie oben beschrieben aus.

Tipp

Mit Hilfe der Tastenkombination $\text{[Strg]} + \text{[⬢]} + \text{[4]}$ legen Sie die iterierte Summe an, mit $\text{[Strg]} + \text{[⬢]} + \text{[3]}$ das iterierte Produkt.

Abbildung 9.5 zeigt einige Beispiele für die Verwendung der Operatoren für Summation und Produktbildung.

Um mehrere Summationen auszuwerten, platzieren Sie eine weitere Summation im letzten Platzhalter der ersten Summation. Ein Beispiel dafür sehen Sie unten in Abbildung 9.5.

$i := 0 \dots 20$ $x_i := \sin(0.1 \cdot i \cdot \pi)$

$\sum_{n=0}^{20} n = 210$ $\left[\prod_{n=0}^{20} (n+1) \right] = 5.109 \cdot 10^{19}$

$\sum_{n=0}^{20} x_n = 0$ $\sum_{n=0}^{20} x_n \cdot n = -63.138$

$\sum_{n=0}^{20} \sum_{m=0}^{10} n^m = 2.554 \cdot 10^{13}$

Abbildung 9.5: Summationen und Produkte

Wenn Sie den in Abbildung 9.5 gezeigten Summations-Operator verwenden, wird die Summation über ganze Zahlen und in Schritten von 1 ausgeführt. Mathcad bietet auch allgemeinere Versionen dieser Operatoren an, welche für Bereichsvariablen eingesetzt werden können, die Sie als Index definieren. Um diese Operationen zu nutzen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie zunächst eine Bereichsvariable, beispielsweise mit $i:1, 2; 10$.

$$i:1, 2; 10$$

2. Klicken Sie in den leeren Bereich. Klicken Sie in der Differential- und Integralpalette auf \sum_n . Auf dem Arbeitsblatt erscheint ein Summationszeichen mit zwei Platzhaltern.

$$\sum_i$$

3. Klicken Sie auf den unteren Platzhalter und geben Sie den Namen einer Bereichsvariablen ein. Diese Bereichsvariable muss zuvor auf dem Arbeitsblatt definiert worden sein.

$$\sum_i i^2$$

4. Klicken Sie auf den Platzhalter rechts vom Summationszeichen und geben Sie einen Ausdruck ein, in dem die Bereichsvariable verwendet wird. Besteht dieser Ausdruck aus mehreren Termen, geben Sie als erstes ein Apostroph (') ein, um Klammern um den Platzhalter einzufügen.

$$\sum_i i^2 = 385$$

Drücken Sie $=$ oder klicken Sie in der Auswertungspalette auf $=$.

Tipp

Wenn Sie nicht in jeden Platzhalter klicken möchten, können Sie den oben gezeigten Ausdruck auch einfach durch die Eingabe von $i \leq i \wedge 2$ erzeugen.

Es gibt auch eine allgemeinere Version des iterierten Produkts. Dazu klicken Sie in der Differential- und Integralpalette auf \prod_n . Füllen Sie die beiden Platzhalter aus.

Tipp

Die Summation von Elementen eines Vektors ist so gebräuchlich, dass Mathcad einen speziellen Operator dafür bereitstellt. Der Operator Vektorsumme (\sum_v auf der Matrixpalette) summiert die Elemente eines Vektors, ohne dass dafür eine Bereichsvariable angegeben werden muss.

Variable Obergrenze für die Summation

Der Bereichs-Summations-Operator von Mathcad durchläuft alle Werte der Bereichsvariablen, die Sie im unteren Platzhalter spezifiziert haben. Durch die geschickte Anwendung von Boole'schen Ausdrücken ist es möglich, eine Summe bis zu einem bestimmten Wert zu erzeugen. In Abbildung 9.6 gibt der Term $i \leq x$ den Wert 1 zurück, solange er zutrifft, andernfalls 0. Der Operator für die Summation summiert weiterhin für alle Indexwerte, aber alle Terme, für die $i > x$ ist, werden mit 0 multipliziert und tragen damit nicht zur Summe bei.

Sie können die Operatoren mit den vier Platzhaltern auch für die Berechnung von Summen und Produkten mit einer Obergrenze einsetzen. Beachten Sie jedoch, dass die Obergrenze für diese Operatoren eine ganze Zahl sein muss.

$i := 1 \dots 10$

$f(x) := \sum_i i^2 \cdot (i \leq x)$

$f(0) = 0$

$f(2) = 5$

$f(-3) = 0$

$f(10) = 385$

$f(\sqrt{30}) = 55$

$g(n) := \sum_{j=1}^n \sum_{m=1}^j m$

$k1 := -4 \dots 5$

$f(k1)$

0
0
0
0
0
1
5

$g(7) = 84$

$g(20) = 1.54 \cdot 10^3$

Abbildung 9.6: Eine variable Obergrenze für die Summation

Ableitungen

Der Ableitungs-Operator wertet die erste oder x -te Ableitung einer Funktion zu einem bestimmten Zeitpunkt aus.

Das folgende Beispiel zeigt, wie die Ableitung von x^3 ausgewertet wird, mit $x = 2$.

- Definieren Sie den Punkt, an der die Ableitung ausgewertet werden soll. Geben Sie dazu $x:2$ ein.

$x := 2$

- Klicken Sie unterhalb der Definition von x . Klicken Sie in der Differential- und

$\frac{d}{dx}$

Integralpalette auf $\frac{d}{dx}$. Auf dem Arbeitsblatt wird der Ableitungs-Operator mit zwei Platzhaltern angezeigt.

- Klicken Sie auf den unteren Platzhalter und geben Sie x ein. Sie differenzieren nach dieser Variablen. Klicken Sie auf

$\frac{d}{dx} x^3$

den Platzhalter rechts von $\frac{d}{dx}$ und geben

Sie x^3 ein. Dieser Ausdruck wird differenziert.

4. Drücken Sie **=**, oder klicken Sie auf **=** in der Auswertungspalette.

$$\frac{d}{dx} x^3 = 12 \quad \blacksquare$$

Abbildung 9.7 zeigt Beispiele für die Differentiation in Mathcad.

Der Ableitungsalgorithmus von Mathcad garantiert, dass die erste Ableitung auf 7 oder 8 signifikante Stellen genau ist, vorausgesetzt, der Wert, für den die Ableitung ausgewertet wird, liegt nicht zu nahe an einer Singularität der Funktion. Die Genauigkeit dieses Algorithmus verringert sich für jede Ordnung der Ableitung um eine signifikante Stelle (siehe »Ableitungen höherer Ordnung« auf Seite 187).

Zentrum der Masse eines Dreiecks beschrieben
von: $0 < x < 1$ und $0 < y < x$
sowie Masse/Dichte proportional zur Entfernung vom Ursprung.

$$\delta(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\text{mass} := \int_0^1 \int_0^x \delta(x, y) \, dy \, dx \qquad \text{mass} = 0.383$$

$$\text{xctr} := \frac{1}{\text{mass}} \cdot \int_0^1 \int_0^x x \cdot \delta(x, y) \, dy \, dx \qquad \text{xctr} = 0.75$$

$$\text{yctr} := \frac{1}{\text{mass}} \cdot \int_0^1 \int_0^x y \cdot \delta(x, y) \, dy \, dx \qquad \text{yctr} = 0.398$$

Abbildung 9.7: Beispiele für die Differentiation in Mathcad

Hinweis

Beachten Sie, dass das Ergebnis einer numerischen Differentiation keine Funktion, sondern eine Zahl ist: die berechnete Ableitung an dem betreffenden Punkt der Differentiationsvariablen. Im oben gezeigten Beispiel ist die Ableitung von x^3 nicht der Ausdruck $3x^2$, sondern $3x^2$ für den Wert $x = 2$. Die symbolische Auswertung von Ableitungen wird in Kapitel 14 beschrieben.

Die *Differentiation* gibt zwar nur eine Zahl zurück, Sie können aber auch eine Funktion als die Ableitung einer anderen Funktion definieren, z. B.:

$$f(x) := \frac{d}{dx} g(x)$$

Die Auswertung von $f(x)$ gibt die numerisch berechnete Ableitung von $g(x)$ für x zurück.

Mit Hilfe dieser Technik können Sie die Ableitung einer Funktion an verschiedenen Punkten auswerten. Ein Beispiel dafür sehen Sie in Abbildung 9.8.

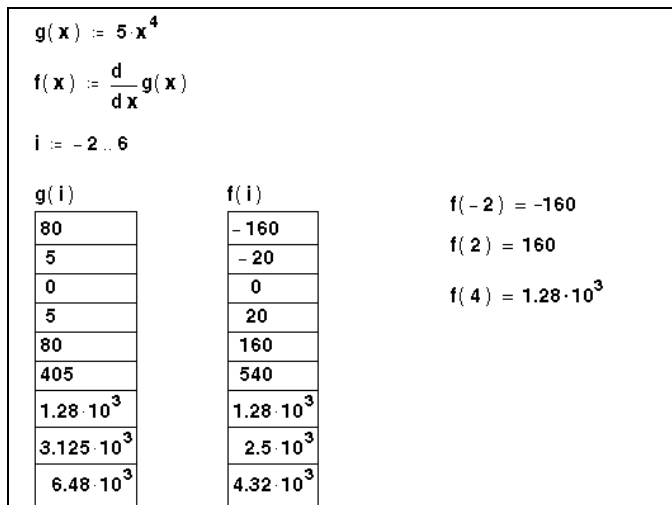


Abbildung 9.8: Auswertung der Ableitung einer Funktion an mehreren Punkten

Zur Differentiation in Mathcad sollten Sie sich die folgenden Aspekte merken:

- Die zu differenzierenden Ausdrücke können reell oder komplex sein.
- Die Differentiationsvariable muss einen einzelnen Variablennamen haben. Wenn Sie die Ableitung für verschiedene in einem Vektor abgelegte Punkte auswerten, müssen Sie die Ableitung für jedes Vektorelement erzeugen (siehe Abbildung 9.7).

Tipp

Sie können die Anzeige des Ableitungsoperators in partielle Ableitungssymbole

umwandeln. Zum Beispiel kann $\frac{d}{dx}$ als $\frac{\partial}{\partial x}$ angezeigt werden. Um die Anzeige eines

Ableitungsoperators in partielle Ableitungssymbole umzuwandeln, klicken Sie ihn mit der rechten Maustaste an und wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag ABLEITUNG ANZEIGEN ALS ... PARTIELL. Um die Anzeige aller Ableitungsoperatoren in Ihrem Arbeitsblatt zu verändern, wählen Sie aus dem MATH-Menü den Eintrag OPTIONEN, und wählen Sie »Partielle Ableitungen« neben den Ableitungen. Weitere Informationen finden Sie auf Seite 175 unter »Anzeige des Operators ändern«.

Ableitungen höherer Ordnung

Um eine Ableitung höherer Ordnung auszuwerten, geben Sie den n -ten Ableitungsoperator ein. Folgen Sie hierfür den Schritten, die für das Einfügen von Ableitungsoperatoren erläutert wurden.

Das folgende Beispiel zeigt die Auswertung der dritten Ableitung von x^9 für $x=2$, wenn x als 2 definiert ist:

Definieren Sie den Punkt, an dem die Ableitung ausgewertet werden soll. Geben Sie dafür **x:2** ein.

$$x := 2$$

1. Klicken Sie unterhalb der Definition von x . Klicken Sie in der Differential- und

$$\frac{d^n}{dx^n}$$

Integralpalette auf $\frac{d^n}{dx^n}$. Auf dem Arbeitsblatt erscheint ein Ableitungsoperator mit vier Platzhaltern.

2. Klicken Sie auf den unteren Platzhalter, und geben Sie **x** ein.

$$\frac{d^n}{dx^n}$$

3. Klicken Sie auf den Ausdruck oberhalb und rechts vom vorigen Platzhalter, und geben Sie **3** ein. Dabei muss es sich um eine ganze Zahl zwischen 0 und 5 handeln. Beachten Sie, dass der Platzhalter im Nenner die Eingabe automatisch berücksichtigt.

$$\frac{d^3}{dx^3}$$

4. Klicken Sie auf den Platzhalter rechts von $\frac{d}{dx}$ und geben Sie **x^9** ein. Dieser Ausdruck soll differenziert werden.

$$\frac{d^3}{dx^3} x^9$$

5. Drücken Sie **=**, oder klicken Sie auf **=** in der Auswertungspalette.

$$\frac{d^3}{dx^3} x^9 = 3.226 \cdot 10^4$$

Hinweis Für $n = 1$ erzeugt der Operator für die n -te Ableitung dasselbe Ergebnis wie der Operator für die erste Ableitung (siehe Seite 185).

Integrale

Mit dem Integral-Operator von Mathcad werten Sie das bestimmte Integral einer Funktion über einem bestimmten Intervall aus.

Das folgende Beispiel zeigt die Auswertung des bestimmten Integrals von $\sin^2(x)$ zwischen 0 und $\pi/4$. (In Mathcad geben Sie $\sin^2(x)$ als $\sin(x)^2$ ein.) Gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen freien Bereich und dann in der Differential- und Integralpa-

lette auf .

Auf dem Arbeitsblatt

erscheint ein Integralsymbol mit Platz-

haltern für den Integranden, die Grenzwerte der Integration und die Integrationsvariable.

$$\int \quad d$$

2. Klicken Sie auf den unteren Platzhalter und geben Sie 0 ein. Klicken Sie auf den oberen Platzhalter und geben Sie $\frac{\pi}{4}$ ein. Damit haben Sie die Ober- und Untergrenzen für die Integration festgelegt.


$$\int_0^{\frac{\pi}{4}} d$$

3. Klicken Sie auf den Platzhalter zwischen dem Integralzeichen und dem »d«. Geben Sie $\sin(x)^2$ ein. Dieser Ausdruck wird integriert.

$$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \sin(x)^2 d$$

4. Klicken Sie auf den letzten Platzhalter und geben Sie x ein. Dies ist die Integrationsvariable. Drücken Sie =, oder

$$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \sin(x)^2 dx = 0.143$$

klicken Sie auf  in der Auswertungspalette.

Hinweis

Bei der Auswertung von Integralen in Mathcad gelten einige Regeln: 1) Die Grenzen der Integration müssen reell sein. Der zu integrierende Ausdruck kann reell oder komplex sein. 2) Bis auf die Integrationsvariable müssen alle im Integranden verwendeten Variablen bereits im Arbeitsblatt definiert sein. 3) Die Integrationsvariable muss aus einem einzelnen Variablennamen bestehen. 4) Falls in der Integrationsvariablen Einheiten verwendet werden, müssen die Ober- und Untergrenze für die Integration dieselben Einheiten verwenden.

Integrationsalgorithmen und AutoSelect

Mathcad beinhaltet zahlreiche Integrationsmethoden, aus denen Sie auswählen können, um die numerische Annäherung eines Integrals zu berechnen. Bei der Auswertung eines Integrals verwendet Mathcad standardmäßig eine *AutoSelect*-Prozedur, um die genaueste Integrationsmethode auszuwählen. Sie können sich über AutoSelect hinwegsetzen und zwischen den verfügbaren Integrationsalgorithmen wählen.

Hier die Methoden, die Mathcad für die numerische Auswertung eines Integrals bereitstellt:

Romberg

Wendet eine Romberg-Integrationsmethode an, die das Integrationsintervall in gleich große Teilintervalle zerlegt.

Adaptiv

Wendet einen adaptiven Quadratalgorithmus an, wenn der Integrand über das Integrationsintervall wesentliche Größenunterschiede aufweist.

Grenzwert

Wendet einen Algorithmus an, der für eine unzulässige Integraalauswertung bereitgestellt wird, falls eine der Integralgrenzen ∞ oder $-\infty$ ist.

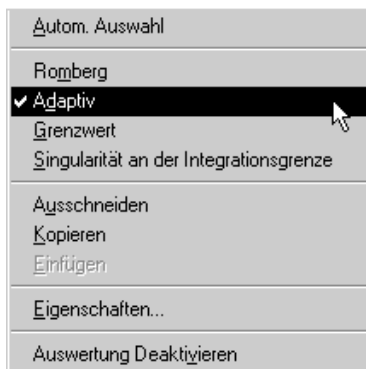
Singularität an der Integrationsgrenze

Wendet eine Routine an, die die Intervallendpunkte nicht benutzt, falls der Integrand an einer der Integrationsgrenzen nicht definiert ist.

Hinweis Die Integrationsalgorithmen von Mathcad berücksichtigen zahlreiche Situationen, können aber Probleme mit Integranden haben. Weisen die Ausdrücke beispielsweise Singularitäten oder Unstetigkeiten auf, ist das Ergebnis möglicherweise ungenau.

In Mathcad können Sie sich über die von AutoSelect ausgewählte Integrationsmethode hinwegsetzen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Werten Sie das Integral aus, wie auf Seite 190 beschrieben. AutoSelect wählt einen Integrationsalgorithmus aus.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Integral.
3. Klicken Sie im Popup-Menü auf eine der aufgelisteten Integrationsmethoden. Mathcad berechnet das Integral neu.



Tipp In einigen Fällen können Sie mit Hilfe der symbolischen Integration von Mathcad einen exakten numerischen Wert ermitteln. Diese Möglichkeit verwenden Sie auch zur Auswertung unbestimmter Integrale. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 14.

Variable Integrationsgrenzen

Das Ergebnis einer Integration ist eine Zahl, Sie können aber ein Integral auch für eine Bereichsvariable berechnen, um Ergebnisse für viele Werte gleichzeitig zu erhalten. Das könnte beispielsweise sinnvoll sein, wenn Sie variable Integrationsgrenzen verwenden. Abbildung 9.9 zeigt, wie Sie dabei vorgehen.

Beachten Sie, dass ein Integral, wie das in Abbildung 9.9 gezeigte, wiederholt berechnet wird. Das kann abhängig von der Art des Integrals, seiner Länge und dem Wert des Toleranzparameters TOL (siehe unten) relativ lange dauern.

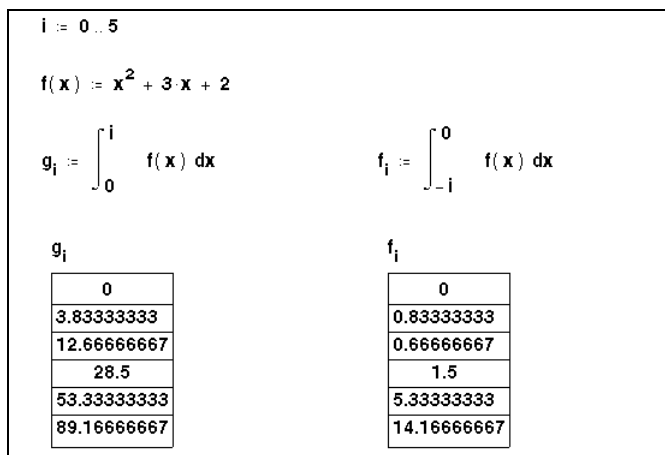


Abbildung 9.9: Variable Integrationsgrenzen

Integritoleranzen

Mathcads Algorithmen zur numerischen Integration nehmen aufeinander folgende Annäherungen des Integralwerts vor und geben einen Wert zurück, wenn sich die beiden letzten Annäherungen um weniger als den Wert der vordefinierten Variablen TOL unterscheiden.

Wie im Abschnitt »Eingebaute Variablen« beschrieben, können Sie den Wert für TOL direkt auf Ihrem Arbeitsblatt ändern. Vordefinierte Variablen können außerdem durch Auswahl von OPTIONEN im RECHNEN-Menü geändert werden. Um zu sehen, welche Auswirkungen eine Änderung der Toleranz hat, wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN, um alle Gleichungen auf dem Arbeitsblatt neu zu berechnen.

Wenn die Annäherung eines Integrals nicht konvergiert und kein Ergebnis erzeugt, markiert Mathcad das Integral mit einer Fehlermeldung. Das kann passieren, wenn die Funktion Singularitäten oder »Spitzen« innerhalb des Intervalls aufweist oder wenn ein extrem großes Intervall verwendet wird.

Tipp

Wenn Sie die Toleranz ändern, sollten Sie zwischen Genauigkeit und Rechenzeit abwägen. Wenn Sie die Toleranz verkleinern, berechnet Mathcad die Integrale genauer, aber es dauert länger, bis Sie ein Ergebnis haben. Wenn Sie die Toleranz vergrößern, rechnet Mathcad schneller, aber die Antworten sind weniger genau.

Umriss-Integrale


Mathcad kann komplexe Umriss-Integrale auswerten. Dazu parametrisieren Sie den Umriss und integrieren über den Parameter. Ist der Parameter keine Bogenlänge, müssen Sie auch die Ableitung der Parametrisierung als Korrekturfaktor angeben. Abbildung 9.10 zeigt ein Beispiel dafür. Beachten Sie, dass die imaginäre Einheit i für die Beschreibung des Pfads als **11** geschrieben werden muss.

$$\begin{aligned}
 x(t) &:= 2 \cdot \cos(t) \\
 y(t) &:= 2 \cdot \sin(t) \\
 \text{Pfad: } z(t) &:= x(t) + i \cdot y(t) \\
 \text{Zu integrierende Funktion: } f(z) &:= \frac{1}{z} \\
 \int_0^{\pi} f(z(t)) \cdot \frac{d}{dt} z(t) dt &= 3.142i
 \end{aligned}$$

Abbildung 9.10: Ein komplexes Umriss-Integral in Mathcad

Mehrfachintegrale

Mathcad ermöglicht die Auswertung von Doppel- oder Mehrfachintegralen. Um ein

Doppelintegral zu erzeugen, klicken Sie zweimal auf  in der Differential- und Integralpalette. Geben Sie einen Integranden, die Grenzen und die Integrationsvariable für die beiden Integrale ein. Abbildung 9.11 zeigt ein Beispiel.

Massenmittelpunkt des durch:

$$0 < x < 1 \quad \text{and} \quad 0 < y < x$$

beschriebenen Dreiecks mit einer Massendichte proportional zum Abstand vom Ursprung.

$$\delta(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\text{Masse} := \int_0^1 \int_0^x \delta(x, y) dy dx \quad \text{Masse} = 0.383$$

$$x_{\text{mittel}} := \frac{1}{\text{Masse}} \cdot \int_0^1 \int_0^x x \cdot \delta(x, y) dy dx \quad x_{\text{mittel}} = 0.75$$

$$y_{\text{mittel}} := \frac{1}{\text{Masse}} \cdot \int_0^1 \int_0^x y \cdot \delta(x, y) dy dx \quad y_{\text{mittel}} = 0.398$$

Abbildung 9.11: Doppelintegrale

Hinweis Mehrfachintegrale brauchen in der Regel sehr viel länger als Einfachintegrale, bis sie konvergieren und ein Ergebnis zurückgeben. Sie sollten also, wo immer möglich, ein äquivalentes Einfachintegral verwenden.

Benutzerdefinierte Operatoren

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie mit Hilfe von Mathcad eigene Operatoren definieren.

Operatoren sind mit Funktionen vergleichbar. Eine Funktion nimmt »Argumente« entgegen und gibt ein Ergebnis zurück. Ein Operator nimmt »Operanden« entgegen und gibt ein Ergebnis zurück. Die Unterschiede beziehen sich eher auf die Benennung:

- Funktionen haben in der Regel einen Namen, beispielsweise *tan* oder *spline*, während Operatoren normalerweise mit Hilfe mathematischer Symbole dargestellt werden, beispielsweise »+« oder »×«.
- Funktionsargumente werden in Klammern eingeschlossen, stehen hinter dem Funktionsnamen und werden durch Kommata voneinander getrennt. Operanden dagegen können an verschiedenen Stellen stehen. Beispielsweise sehen Sie häufig den Ausdruck $f(x, y)$, selten dagegen $x f y$. Analog dazu findet man oft » $x + y$ «, seltener dagegen » $+(x, y)$ «.


Definition eines benutzerdefinierten Operators

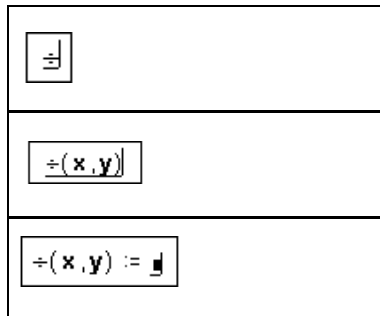
Ein benutzerdefinierter Operator wird wie eine Funktion definiert, die einen »seltsamen« Namen hat:

1. Geben Sie den Namen des Operators, gefolgt von einem Klammerpaar, ein. Geben Sie zwischen den Klammern die Operanden (mindestens zwei) ein.
2. Geben Sie das Definitionssymbol ein, $\hat{=}$.
3. Geben Sie einen Ausdruck ein, der beschreibt, was der Operator mit den Operanden auf der anderen Seite des Definitionssymbols tun soll.

Tipp Mathcad stellt mehrere mathematische Symbole für die Definition eines benutzerdefinierten Operators bereit. Öffnen Sie dazu die QuickSheets im Informationszentrum (wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM) und klicken Sie auf »Zusätzliche Rechensymbole«. Diese Symbole können auf Ihr Arbeitsblatt verschoben werden, um daraus einen neuen Operatornamen zu machen.

Angenommen, Sie möchten einen neuen Vereinigungsoperator definieren, der das Symbol »÷« verwendet:

1. Ziehen Sie das Symbol aus dem Quick-Sheet »Zusätzliche Rechensymbole« auf Ihr Arbeitsblatt.
2. Geben Sie eine öffnende Klammer, zwei durch Komma getrennte Namen und eine schließende Klammer ein.
3. Drücken Sie den Doppelpunkt (:), oder klicken Sie in der Kalkulator-Palette auf . Sie sehen das Definitionssymbol, gefolgt von einem Platzhalter.
4. Geben Sie für den Platzhalter die Funktionsdefinition ein.



$$\div(\mathbf{x}, \mathbf{y}) := \frac{\mathbf{x}}{\mathbf{y}}$$

Damit haben Sie eine Funktion angelegt, die sich so wie die in Kapitel 8 beschriebenen

benutzerdefinierten Funktionen verhält. Sie könnten also auf Ihrem Arbeitsblatt » $\div(1,2) =$ « eingeben und würden dafür das Ergebnis, einen Vektor mit den Elementen 1 und 2, auf der anderen Seite des Gleichheitszeichens erhalten.


Tipp

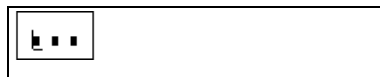
Nachdem Sie den neuen Operator definiert haben, klicken Sie im Informationszentrum in den QuickSheets auf »Persönliche QuickSheets«. Wählen Sie aus dem BUCH-Menü den Eintrag BUCH MIT ANMERKUNGEN VERSEHEN und geben Sie die neue Definition in das QuickSheet ein, oder verschieben Sie sie dorthin. Wählen Sie dann aus dem BUCH-Menü den Eintrag ABSCHNITT SPEICHERN. Wenn Sie diesen Operator wieder benötigen, öffnen Sie einfach Ihr persönliches QuickSheet und ziehen ihn auf Ihr neues Arbeitsblatt.

Verwendung eines benutzerdefinierten Operators

Nachdem Sie einen neuen Operator definiert haben, können Sie ihn in Ihren Berechnungen so verwenden wie alle vordefinierten Operatoren von Mathcad. Wie Sie dabei vorgehen, ist davon abhängig, ob der Operator einen oder zwei Operanden verarbeitet.

Um einen Operator mit zwei Operanden zu verwenden, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie die Variablen, die Sie als Argumente verwenden möchten.
2. Klicken Sie in der Auswertungspalette auf . Sie sehen drei leere Platzhalter.



3. Geben Sie in den mittleren Platzhalter den Namen des Operators ein. Alternativ können Sie den Namen auch aus der Operatordefinition kopieren und in den Platzhalter einfügen.



4. Geben Sie in die beiden anderen Platzhalter die Operanden ein.
5. Drücken Sie $=$, oder klicken Sie in der Auswertungspalette auf $=$.

$1 \div 2$
$1 \div 2 = 0.5$

Tipp

Eine Alternative zur Anzeige eines Operators mit zwei Operanden ist, auf $x^f y$ in der Auswertungspalette zu klicken. Wenn Sie den oben beschriebenen Anweisungen zur Verwendung des Operators folgen, sehen Sie eine baumförmige Darstellung.

Um einen Operator mit einem einzigen Operanden einzufügen, entscheiden Sie zuerst, ob der Operator vor dem Operanden, so wie in $\gg 1\ll$, oder nach dem Operanden, so wie in $\gg 5\ll$, stehen soll. Steht der Operand vor dem Operator, handelt es sich um einen *Präfix-Operator*. Steht er hinter dem Operator, handelt es sich um einen *Postfix-Operator*. Das folgende Beispiel zeigt die Verwendung eines Postfix-Operators. Die Vorgehensweise für den Präfix-Operator ist fast identisch.

Das folgende Beispiel erklärt, wie Sie einen neuen logischen Nicht-Operator definieren und verwenden können. Definieren Sie zunächst einen Operator, $\gg'(x)\ll$. Dazu gehen Sie vor wie bei der Definition von $\cup(x,y)$ im vorigen Abschnitt. Ersetzen Sie das Symbol $\gg'\ll$ durch $\gg\cup\ll$ und verwenden Sie statt eines Arguments zwei.

Um den neuen Operator anzuwenden, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in der Auswertungspalette auf x^f , um einen Postfix-Operator anzulegen. Für einen Präfix-Operator

x^f

klicken Sie auf $f x$. In jedem Fall sehen Sie zwei leere Platzhalter.

2. Wenn Sie auf x^f geklickt haben, tragen Sie den Operatormamen in den zweiten Platzhalter ein, andernfalls in den ersten. Sie werden feststellen, dass es bequemer ist, den Namen aus der Operatordefinition zu kopieren und in den Platzhalter einzufügen.

x^f

3. Geben Sie in den anderen Platzhalter den Operanden ein.

$\neg 0$

4. Drücken Sie $=$, oder klicken Sie in der Auswertungspalette auf $=$.

$\neg 0 = 1$

Tipp

So wie Mathcad einen benutzerdefinierten Operator wie eine Funktion anzeigen kann, können Sie eine Funktion wie einen Operator anzeigen. Viele Benutzer lassen bei bestimmten Funktionen (z. B. bei trigonometrischen Funktionen) gerne die Klammern um die Argumente weg ($\sin x$ statt $\sin(x)$). Um diese Notation verwenden zu können, behandeln Sie die *sin*-Funktion als Operator mit einem Operanden.

Kapitel 10

Vordefinierte Funktionen

Einfügen vordefinierter Funktionen

Wichtige mathematische Funktionen

Diskrete Transformationen

Vektor- und Matrixfunktionen

Funktionen zur Lösung und Optimierung

Funktionen für Statistik, Wahrscheinlichkeit und Datenanalyse

Finanzfunktionen

Funktionen zur Lösung von Differentialgleichungen

Verschiedene Funktionen

Vordefinierte Funktionen einfügen

Abhängig davon, welche Erweiterungspakete Sie installiert haben oder ob Sie eigene vordefinierte Funktionen angelegt haben, werden Ihnen unterschiedliche Funktionen angeboten. Diese Funktionen können aus den folgenden Quellen stammen:

Vordefinierte Mathcad-Funktionen

Dies sind die Kernfunktionen von Mathcad. Sie werden in diesem Kapitel vorgestellt.

Mathcad-Erweiterungspakete

Ein Erweiterungspaket besteht aus komplexen Funktionen, die für einen bestimmten Anwendungsbereich bereitgestellt werden. Die Dokumentation für diese Funktionen finden Sie in dem elektronischen Buch, das Sie zusammen mit dem Erweiterungspaket erhalten. Momentan gibt es unter anderem Erweiterungspakete für die Signalverarbeitung, Bildverarbeitung, für Dampftabellen, numerische Analyse und Wavelets. Mehr über diese und andere Erweiterungspakete erhalten Sie bei MathSoft, Ihrem lokalen Händler, auf der Web-Site von MathSoft:

<http://www.mathsoft.com/>


Nach der Installation eines Erweiterungspaketes erscheinen die neuen Funktionen im Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN.

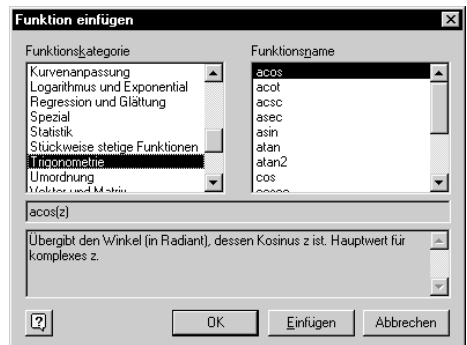
Vordefinierte Funktionen, die Sie selbst in C schreiben

Wenn Sie einen unterstützten 32-Bit-C/C++-Compiler verwenden, können Sie auch eigene vordefinierte Funktionen entwickeln. Weitere Informationen finden Sie im PDF-Format in der Adobe-Acrobat-Datei »Eigene Benutzer-DLLs entwickeln« auf der Installations-CD.

Funktionen einfügen

Im Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN sehen Sie eine Liste der in Ihre Mathcad-Version eingebauten Funktionen, alphabetisch sortiert oder ihrer Kategorie nach angeordnet. Dabei werden gleichzeitig die Platzhalter für die Argumente angezeigt.

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich auf Ihrem Arbeitsblatt oder in einen Platzhalter.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag FUNKTION, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf . Mathcad öffnet das Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN.
3. Klicken Sie eine Funktionskategorie an, oder klicken Sie auf ALLE, um eine alphabetisch sortierte Liste aller verfügbaren Funktionen zu erhalten.
4. Doppelklicken Sie auf den Namen der Funktion, die eingefügt werden soll, oder klicken Sie auf EINFÜGEN.
5. Setzen Sie die Platzhalter ein.



Um eine Funktion auf einen zuvor eingegebenen Ausdruck anzuwenden, platzieren Sie den Ausdruck zwischen den beiden Bearbeitungslinien und gehen vor wie oben beschrieben. Weitere Informationen über die Bearbeitungslinien finden Sie in Kapitel 4.

Sie können aber auch einfach den Namen einer vordefinierten Funktion in einen Platzhalter oder einen Rechenbereich eingeben.

Tipp



Die Namen eingebauter Funktionen berücksichtigen nicht die Groß-/Kleinschreibung. Wenn Sie den Funktionsnamen nicht aus dem Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN einfügen, geben Sie den Namen der Funktion in einen Rechenbereich ein, wie er in den im Folgenden gezeigten Tabellen dargestellt ist: in Kleinbuchstaben, in Großbuchstaben oder gemischt.

Hinweis

In diesem Kapitel und im Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN werden optionale Argumente in eckigen Klammern, [], angegeben.

Hilfe bei der Verwendung vordefinierter Funktionen

Mathcad beinhaltet mehrere Hilfequellen, die Sie bei der Verwendung vordefinierter Funktionen unterstützen:

- Das Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN stellt eine bequeme Methode dar, eine Funktion ihrer Kategorie nach zu suchen, die erforderlichen Argumente zu ermitteln und eine kurze Beschreibung der Funktion zu erhalten. Wenn Sie im Dialogfeld FUNKTION EINFÜGEN auf HILFE klicken, wird unmittelbar das Hilfethema für die aktuell selektierte Funktion angezeigt.
- Das Online-Hilfesystem (wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag MATHCAD-HILFE, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf ) bietet einen Überblick ebenso wie detaillierte Hilfethemen zu Funktionen und Funktionskategorien.
- Das Mathcad-Referenzhandbuch enthält Einzelheiten zur Syntax, zu den Argumenten, Algorithmen und dem Verhalten aller vordefinierten Funktionen, Operatoren und Schlüsselwörter.
- Das Informationszentrum (wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM, oder klicken Sie in der Standard-Symbolleiste auf ) beinhaltet zahlreiche Mathcad-Dateien, z. B. Lernprogramme und QuickSheet-Beispiele, die Ihnen bei der Verwendung vordefinierter Funktionen oder bei der Lösung von Problemen helfen.


Wichtige mathematische Funktionen

Trigonometrische Funktionen

$\text{winkel}(x, y)$	Gibt den Winkel (in Radianen) von der positiven x-Achse zum Punkt (x, y) in der x-y-Ebene zurück. Das Ergebnis liegt zwischen 0 und 2π .
$\cos(z)$	Gibt den Kosinus von z zurück.
$\cot(z)$	Gibt $1/\tan(z)$ zurück, den Kotangens von z . z sollte kein Vielfaches von π sein.
$\operatorname{cosec}(z)$	Gibt $1/\sin(z)$ zurück, die Kosekans von z . z sollte kein Vielfaches von π sein.
$\sec(z)$	Gibt $1/\cos(z)$ zurück, die Sekans von z . z sollte kein ungerades Vielfaches von π sein.
$\sin(z)$	Gibt den Sinus von z zurück.
$\tan(z)$	Gibt $\sin(z)/\cos(z)$ zurück, den Tangens von z . z sollte kein ungerades Vielfaches von π sein.

Die trigonometrischen Funktionen und ihre Inversen akzeptieren beliebige skalare Argumente: real, komplex oder imaginär. Außerdem geben sie gegebenenfalls komplexe Zahlen zurück.

Hinweis Trigonometrische Funktionen erwarten ihre Argumente als *Radianen*. Um ein Argument in Grad zu übergeben, verwenden Sie die vordefinierte Einheit *grad*. Um beispielsweise den Sinus von 45 Grad zu berechnen, geben Sie **sin(45*grad)** ein.

Tipp In Mathcad geben Sie trigonometrische Funktionen wie $\sin^2(x)$ als $\sin(x)^2$ ein. Sie können auch den Präfix-Operator benutzen wie im Abschnitt »Benutzerdefinierte Operatoren« auf Seite 197 beschrieben. Um beispielsweise $\sin^2(x)$ einzugeben, klicken Sie auf  in der Auswertungspalette, geben Sie **sin²** in den linken Platzhalter und **(x)** in den rechten Platzhalter ein.

Inverse trigonometrische Funktionen

acos(z)	Gibt den Winkel (in Radianen) zurück, dessen Kosinus gleich z ist.
acot(z)	Gibt den Winkel (in Radianen) zurück, dessen Kotangens gleich z ist.
acosec(z)	Gibt den Winkel (in Radianen) zurück, dessen Kosekans gleich z ist.
asec(z)	Gibt den Winkel (in Radianen) zurück, dessen Sekans gleich z ist.
asin(z)	Gibt den Winkel (in Radianen) zurück, dessen Sinus gleich z ist.
atan(z)	Gibt den Winkel (in Radianen) zurück, dessen Tangens gleich z ist.
atan2(x, y)	Gibt den Winkel (in Radianen) von der positiven x-Achse zum Punkt (x, y) in der x-y-Ebene zurück.

Mit Ausnahme von *atan2* und *acot* nehmen die inversen trigonometrischen Funktionen reale oder komplexe Argumente entgegen und geben einen Winkel in Radianen zwischen $-\pi/2$ und $\pi/2$ zurück, bzw. den Hauptwert, falls es sich um ein komplexes Argument handelt. *atan2* nimmt nur reale Argumente entgegen und gibt ein Ergebnis zwischen $-\pi$ und π zurück. *acot* gibt für ein reales Argument einen Winkel in Radianen zwischen 0 und π oder den Hauptwert zurück, falls es sich um ein komplexes Argument handelt.

Um ein Ergebnis in Grad umzuwandeln, dividieren Sie es durch die vordefinierte Einheit *grad* oder geben in den Einheitenplatzhalter **grad** ein, wie im Abschnitt »Einheiten für Ergebnisse« auf Seite 160 beschrieben.

Hyperbolische Funktionen

$\operatorname{acosh}(z)$	Gibt die Zahl zurück, deren hyperbolischer Kosinus z ist.
$\operatorname{acoth}(z)$	Gibt die Zahl zurück, deren hyperbolischer Kotangens z ist.
$\operatorname{acosech}(z)$	Gibt die Zahl zurück, deren hyperbolischer Kosekans z ist.
$\operatorname{asech}(z)$	Gibt die Zahl zurück, deren hyperbolischer Sekans z ist.
$\operatorname{asinh}(z)$	Gibt die Zahl zurück, deren hyperbolischer Sinus z ist.
$\operatorname{atanh}(z)$	Gibt die Zahl zurück, deren hyperbolischer Tangens z ist.
$\cosh(z)$	Gibt den hyperbolischen Kosinus von z zurück.
$\coth(z)$	Gibt $1/\tanh(z)$ zurück, den hyperbolischen Kotangens von z .
$\operatorname{cosech}(z)$	Gibt $1/\sinh(z)$ zurück, die hyperbolische Kosekans von z .
$\operatorname{sech}(z)$	Gibt $1/\cosh(z)$ zurück, die hyperbolische Sekans von z .
$\sinh(z)$	Gibt den hyperbolischen Sinus von z zurück.
$\tanh(z)$	Gibt $\sinh(z)/\cosh(z)$ zurück, den hyperbolischen Tangens von z .

Logarithmus- und Exponentialfunktionen

$\exp(z)$	Gibt e in der Potenz von z zurück.
$\ln(z)$	Gibt den natürlichen Logarithmus von z zurück. ($z \neq 0$).
$\log(z, b)$	Gibt den Logarithmus von z mit der Basis b zurück. ($z \neq 0, b \neq 0$). Wird b nicht angegeben, wird die Basis 10 verwendet.

Die Exponential- und Logarithmusfunktionen von Mathcad können komplexe Argumente entgegennehmen und zurückgeben. \ln gibt den Hauptwert der natürlichen Logarithmusfunktion zurück.

Bessel-Funktionen

$\operatorname{Ai}(x)$	Gibt den Wert der Airy-Funktion der ersten Art zurück. x muss real sein.
$\operatorname{bei}(n, x)$	Gibt den Wert der imaginären Bessel-Kelvin-Funktion der Ordnung n zurück.
$\operatorname{ber}(n, x)$	Gibt den Wert der realen Bessel-Kelvin-Funktion der Ordnung n zurück.
$\operatorname{Bi}(x)$	Gibt den Wert der Airy-Funktion der zweiten Art zurück. x muss real sein.

$I0(x)$	Gibt den Wert der modifizierten Bessel-Funktion nullter Ordnung der ersten Art zurück. x muss real sein.
$I1(x)$	Gibt den Wert der modifizierten Bessel-Funktion erster Ordnung der ersten Art zurück. x muss real sein.
$In(m, x)$	Gibt den Wert der modifizierten Bessel-Funktion m -ter Ordnung der ersten Art zurück. x muss real sein, m ist eine ganze Zahl, und es gilt $0 \leq m \leq 100$.
$J0(x)$	Gibt den Wert der Bessel-Funktion nullter Ordnung der ersten Art zurück. x muss real sein.
$J1(x)$	Gibt den Wert der Bessel-Funktion erster Ordnung der ersten Art zurück. x muss real sein.
$Jn(m, x)$	Gibt den Wert der Bessel-Funktion m -ter Ordnung der ersten Art zurück. x muss real sein, und es gilt $0 \leq m \leq 100$.
$js(n, x)$	Gibt einen Wert der sphärischen Bessel-Funktion der ersten Art zurück, in einer ganzzahligen Ordnung n . $x > 0$, $n \geq -200$.
$K0(x)$	Gibt den Wert der modifizierten Bessel-Funktion nullter Ordnung der zweiten Art zurück. x real, $x > 0$.
$K1(x)$	Gibt den Wert der modifizierten Bessel-Funktion erster Ordnung der zweiten Art zurück. x real, $x > 0$.
$Kn(m, x)$	Gibt den Wert der modifizierten Bessel-Funktion m -ter Ordnung der zweiten Art zurück. x real, $x > 0$, m ist eine ganze Zahl, und es gilt $0 \leq m \leq 100$.
$Y0(x)$	Gibt den Wert der Bessel-Funktion nullter Ordnung der zweiten Art zurück. x real, $x > 0$.
$Y1(x)$	Gibt den Wert der Bessel-Funktion erster Ordnung der zweiten Art zurück. x real, $x > 0$.
$Yn(m, x)$	Gibt den Wert der Bessel-Funktion m -ter Ordnung der zweiten Art zurück. x real, $x > 0$, m ist eine ganze Zahl, und es gilt $0 \leq m \leq 100$.
$ys(n, x)$	Gibt den Wert der sphärischen Bessel-Funktion der zweiten Art der Integer-Ordnung n zurück. x muss real sein. $x > 0$, $n \geq -200$.

Komplexe Zahlen

$\arg(z)$	Gibt den Winkel von der realen Achse zu z in der komplexen Ebene zurück. Das Ergebnis liegt zwischen $-\pi$ und π .
$\operatorname{csgn}(z)$	Komplexe Signum Funktion. Gibt 0 zurück, wenn $z = 0$; 1, wenn $\operatorname{Re}(z) > 0$ oder ($\operatorname{Re}(z) = 0$ und $\operatorname{Im}(z) > 0$); und -1 andernfalls.
$\operatorname{Im}(z)$	Gibt den Imaginärteil einer Zahl z zurück.
$\operatorname{Re}(z)$	Gibt den Realteil einer Zahl z zurück.
$\operatorname{signum}(z)$	Gibt 1 zurück, wenn $z = 0$, andernfalls $z/|z|$.

Teilweise stetige Funktionen

$wenn(bedingung, true, false)$	Gibt <i>true</i> -wert zurück, wenn <i>bedingung</i> ungleich Null ist (True), <i>false</i> -wert, wenn <i>bedingung</i> gleich Null ist (False). <i>bedingung</i> ist in der Regel ein Boole'scher Ausdruck.
$\delta(m, n)$	Kronecker'sche Delta-Funktion. Gibt 1 zurück, wenn $m = n$, andernfalls 0. Beide Argumente müssen ganze Zahlen sein.
$\epsilon(i, j, k)$	Vollständig asymmetrischer Tensor des Grads 3. i, j und k müssen ganze Zahlen zwischen 0 und 2 sein. Das Ergebnis ist 0, wenn zwei Werte gleich sind, 1 für gerade Permutationen und -1 für ungerade Permutationen.
$\Phi(x)$	Heaviside-Sprungfunktion. Gibt 1 zurück, falls $x \geq 0$, andernfalls -1. x muss real sein.
$sign(x)$	Gibt 0 zurück, wenn $x = 0$; 1, wenn $x > 0$; andernfalls -1. x muss real sein.

Hinweis Die *wenn*-Bedingung erleichtert das Verzweigen von Berechnungen: die Wahl eines von zwei Werten, die auf Bedingungen basieren. Das erste Argument der *wenn*-Bedingung, *bedingung*, kann irgendein Ausdruck sein, im Normalfall jedoch ein Boole'scher Ausdruck, der zwei mathematische Ausdrücke mit dem Boole'schen Operator verbindet. Beachten Sie hierzu auch den Abschnitt »Arithmetische und Boole'sche Operatoren« auf Seite 176.

Zahlentheorie/Kombinatorik

$combin(n, k)$	Gibt die Anzahl der Kombinationen zurück: die Anzahl der Untermengen der Größe k , die aus n Objekten gebildet werden können. n und k sind ganze Zahlen, es gilt $0 \leq k \leq n$.
$gcd(A, B, C, ...)$	Gibt den größten gemeinsamen Teiler (greatest common divisor) zurück: das ist die größte ganze Zahl, die alle Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... ohne Rest teilt. Die Elemente von A, B, C, ... müssen positive ganze Zahlen sein.
$lcm(A, B, C, ...)$	Gibt das kleinste gemeinsame Vielfache (least common multiple) zurück: die kleinste positive ganze Zahl, die ein Vielfaches aller Werte in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... darstellt. Die Elemente von A, B, C, ... müssen positive ganze Zahlen sein.
$mod(x, y)$	Rest der Division von x durch y . Das Ergebnis hat dasselbe Vorzeichen wie x .
$permut(n, k)$	Gibt die Anzahl der Permutationen zurück: die Anzahl der Möglichkeiten, n verschiedene Objekte zu jeweils k Stück zu kombinieren. n und k sind ganze Zahlen, $0 \leq n \leq k$.

Kürzungen und Rundungen

$\text{ceil}(x)$	Kleinste ganze Zahl $\geq x$ (x muss reell sein).
$\text{floor}(x)$	Größte ganze Zahl $\leq x$ (x muss reell sein).
$\text{rund}(x, n)$	Rundet die reale Zahl x auf n Dezimalstellen. Wenn $n < 0$, wird x auf die Stelle vor dem Dezimalpunkt aufgerundet. Wenn n fehlt, wird x auf die nächste ganze Zahl gerundet und zurückgegeben.
$\text{trunc}(x)$	Gibt den ganzzahligen Anteil einer reellen Zahl x zurück, indem der Bruchteil entfernt wird.

Spezielle Funktionen

$\text{fehlf}(x)$	Gibt den Wert der Fehlerfunktion von x zurück. x muss reell sein.
$\text{erfc}(x)$	Gibt den Wert der komplementären Fehlerfunktion von x zurück: $1 - \text{fehlf}(x)$. x muss reell sein.
$\text{fhyper}(a, b, c, x)$	Gibt den Wert der Gaußschen hypergeometrischen Funktion an der Stelle x mit den Parameter a, b, c zurück. $-1 < x < 1$.
$\Gamma(z)$	Gibt den Wert der klassischen Euler'schen Gamma-Funktion an der Stelle z zurück, eine reelle oder komplexe Zahl. undefiniert für $z = 0, -1, -2, \dots$
$\Gamma(x, y)$	Gibt den Wert der erweiterten Euler'schen Gamma-Funktion für reale Zahlen $x > 0, y \geq 0$ zurück.
$\text{Her}(n, x)$	Gibt den Wert der Hermit'schen Polynomial-Funktion des Rangs n an der Stelle x zurück.
$\text{ibeta}(a, x, y)$	Gibt den Wert der unvollständigen Beta-Funktion von x und y mit dem Parameter a zurück.
$\text{Jac}(n, a, b, x)$	Gibt den Wert der Jacobi'schen Polynomial-Funktion des Rangs n an der Stelle x mit den Parametern a und b zurück.
$\text{Lag}(n, x)$	Gibt den Wert der Laguerre'schen Polynomial-Funktion des Rangs n an der Stelle x zurück.
$\text{leg}(n, x)$	Gibt den Wert der Legendre'schen Polynomial-Funktion des Rangs n an der Stelle x zurück.
$\text{mhyper}(a, b, x)$	Gibt den Wert einer konfluenten hypergeometrischen Funktion an der Stelle x mit den Parametern a und b zurück.
$\text{Tcheb}(n, x)$	Gibt den Wert der Chebyshev'schen Polynomial-Funktion des Grades n , der ersten Art und an der Stelle x zurück.
$\text{Ucheb}(n, x)$	Gibt den Wert der Chebyshev'schen Polynomial-Funktion des Grades n , der zweiten Art und an der Stelle x .

Diskrete Transformationen

Mathcad beinhaltet zahlreiche Funktionen für die Ausführung diskreter Transformationen. Für diese Funktionen werden Vektoren als Argumente übergeben.

Hinweis Wenn Sie einen Vektor v für die Verwendung in Fourier- oder Wavelet-Transformationen definieren, indiziert Mathcad diesen standardmäßig als bei 0 beginnend, es sei denn, Sie haben den Wert der eingebauten Variablen **ORIGIN** nicht auf 0 festgelegt (siehe auch Seite 142). Wenn Sie v_0 nicht bestimmen, legt Mathcad den Wert automatisch auf 0 fest. Dies kann zu Verfälschungen in den Ergebnissen der Transformationsfunktionen führen.

Fourier-Transformationen für reelle und komplexe Daten

$\text{cfft}(\mathbf{A})$	Gibt die schnelle Fourier-Transformation eines Vektors oder einer Matrix komplexer Daten zurück, die Messungen in gleich großen Zeitabschnitten darstellen. Das zurückgegebene Feld hat dieselbe Größe wie das Argument.
$\text{icfft}(\mathbf{A})$	Gibt die inverse Fourier-Transformation eines Vektor oder einer Matrix für Daten entsprechend cfft zurück. Das zurückgegebene Feld hat dieselbe Größe wie das Argument.
$\text{fft}(\mathbf{v})$	Gibt die schnelle direkte Fourier-Transformation eines 2^m Element-Vektors reeller Daten zurück, die Messungen in gleich großen Zeitabschnitten darstellen. $m > 2$.
$\text{ifft}(\mathbf{v})$	Gibt die inverse Fourier-Transformation eines Vektors mit Daten entsprechend fft zurück. Nimmt einen Vektor der Größe $1 + 2^{n-1}$ entgegen und gibt einen reellen Vektor der Größe 2^n zurück. $n > 2$.
$\text{CFFT}(\mathbf{A})$	Gibt eine Transformation zurück, die cfft entspricht, außer dass ein anderer Normalisierungsfaktor verwendet wird.
$\text{ICFFT}(\mathbf{A})$	Gibt die inverse Fourier-Transformation eines Vektor oder einer Matrix mit Daten gemäß CFFT zurück. Das zurückgegebene Feld hat dieselbe Größe wie das Argument.
$\text{FFT}(\mathbf{v})$	Gibt eine Transformation zurück, die fft entspricht, außer dass ein anderer Normalisierungsfaktor verwendet wird.
$\text{IFFT}(\mathbf{v})$	Gibt die inverse Fourier-Transformation eines Vektors mit Daten gemäß FFT zurück. Nimmt einen Vektor der Größe $1 + 2^{n-1}$ entgegen und gibt einen reellen Vektor der Größe 2^n zurück.

Mathcad bietet zwei Arten von Fourier-Transformations-Paaren an: fft/ifft (oder die Alternativen FFT/IFFT) und cfft/icfft (oder die Alternativen CFFT/ICFFT). Diese Funktionen sind diskret: Sie werden nur auf Vektoren und Matrizen angewendet und geben nur Vektoren und Matrizen zurück. Sie können nicht mit anderen Funktionen kombiniert werden.

Die Funktionen *fft* und *ifft* (oder *FFT/IFFT*) werden verwendet, wenn:

- die Datenwerte in der Zeitdomäne real sind und
- der Datenvektor 2^m Elemente enthält.

In allen anderen Fällen werden die Funktionen *cfft* und *icfft* (oder *CFFT/ICFFT*) verwendet.

Diese Funktionen müssen paarweise benutzt werden. Wenn Sie beispielsweise *CFFT* verwenden, um von der Zeitdomäne in die Frequenzdomäne zu gelangen, müssen Sie *ICFFT* verwenden, um wieder zurück in die Zeitdomäne zu gelangen. Ein Beispiel dafür finden Sie in Abbildung 10.1.

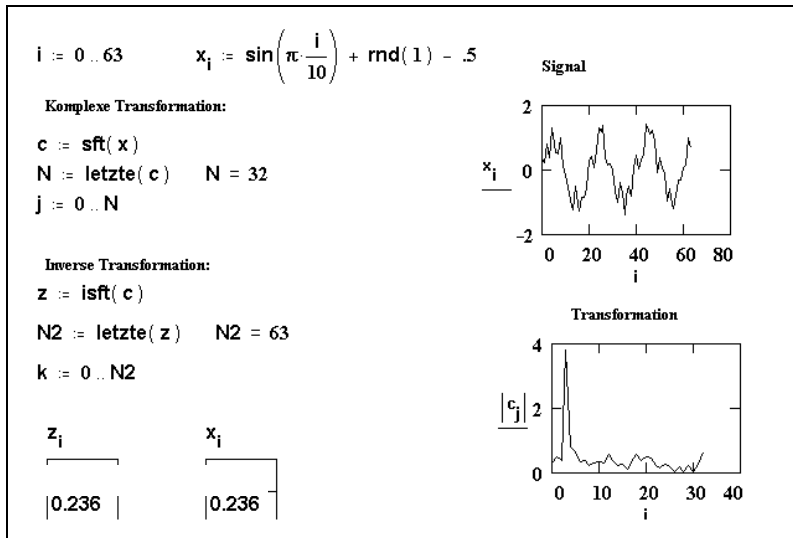



Abbildung 10.1: Schnelle Fourier-Transformationen in Mathcad. Da die Zufallszahlengeneratoren bei jedem Vorgang andere Zahlen angeben, wird sich dieses Beispiel auf Ihrem Bildschirm leicht von dieser Abbildung unterscheiden.

Hinweis Verschiedene Quellen benutzen verschiedene Konventionen beim Anfangsfaktor der Fourier-Transformation und bei der Entscheidung, die Ergebnisse der Transformation oder der inversen Transformation zu konjugieren. Die Funktionen *fft*, *ifft*, *cfft* und *icfft* benutzen $1/\sqrt{N}$ als normalisierenden Faktor und einen positiven Exponenten, um von der Zeit- in die Frequenzdomäne zu wechseln. Die Funktionen *FFT*, *IFFT*, *CFFT* und *ICFFT* benutzen $1/N$ als normalisierenden Faktor und einen negativen Exponenten, um von der Zeit- in die Frequenzdomäne zu wechseln.

Wavelet-Transformationen

wave(v)	Gibt die diskrete Wavelet-Transformation von v zurück, einem 2^m -elementigen Vektor mit reellen Daten. Dazu wird der Daubechies'sche Vier-Koeffizienten-Wavelet-Filter verwendet. Der zurückgegebene Vektor hat dieselbe Größe wie v .
iwave(v)	Gibt die inverse diskrete Wavelet-Transformation von v zurück, einem 2^m -elementigen Vektor mit reellen Daten. Der zurückgegebene Vektor hat dieselbe Größe wie v .

Vektor- und Matrixfunktionen

Beachten Sie, dass Funktionen, die Vektoren entgegennehmen, Spaltenvektoren aber keine Zeilenvektoren erwarten. Um einen Zeilenvektor in einen Spaltenvektor umzuwandeln, verwenden Sie den Transponierenoperator (klicken Sie in der Matrix-Palette auf ).

Größe und Gültigkeitsbereich eines Felds

spalten(A)	Gibt die Anzahl der Spalten im Feld A zurück. Ist A ein Skalar, wird 0 zurückgegeben.
letzte(v)	Gibt den Index des letzten Elements im Vektor v zurück.
länge(v)	Gibt die Anzahl der Elemente im Vektor v zurück.
max(A, B, C, ...)	Gibt das größte Element in den Zeichenfolgen, Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück. Ist ein Wert komplex, wird der größte Realteil plus i-mal der größte Imaginärteil zurückgegeben.
min(A, B, C, ...)	Gibt das kleinste Element in den Zeichenfolgen, Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück. Ist ein Wert komplex, wird der kleinste Realteil plus i-mal der kleinste Imaginärteil zurückgegeben.
zeilen(A)	Gibt die Anzahl der Zeilen im Feld A zurück. Ist A ein Skalar, wird 0 zurückgegeben.

Spezielle Matrizentypen

diag(v)	Gibt eine Diagonalmatrix zurück, die auf ihrer Diagonalen die Elemente von v enthält.
geninv(A)	Gibt die verallgemeinerte inverse Matrix L von A zurück, so dass gilt $L \cdot A = I$, wobei I die Identitätsmatrix ist, die dieselbe Anzahl Spalten wie A hat. Matrix A ist eine $m \times n$ -Matrix mit reellen Werten, wobei $m \geq n$ ist.

$\text{einheit}(n)$	Gibt eine $n \times m$ -Matrix mit Nullen zurück, wobei nur auf der Diagonalen 1en sitzen.
$\text{zref}(\mathbf{A})$	Gibt die zeilenreduzierte Echelonform von \mathbf{A} zurück.

$\mathbf{v} := \begin{bmatrix} 2 \\ 8 \\ 9 \\ 7 \end{bmatrix}$	$\text{diag}(\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7 \end{bmatrix}$	<p>← Eine Diagonalmatrix von einem Vektor. nur Mathcad PLUS</p>
$\mathbf{A} := \begin{pmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 4 & 5 & 6 \\ 2 & 7 & 12 \end{pmatrix}$	$\text{rref}(\mathbf{A}) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	<p>← Der zeilenreduzierte Echelon einer Matrix. nur Mathcad PLUS</p>
$\mathbf{B} := \begin{bmatrix} 5 + 2i \\ 2.54 - 3i \\ 3 + (4 + .8) \cdot i \end{bmatrix}$	$\text{Im}(\mathbf{B}) = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ 4.8 \end{pmatrix}$	<p>← Der Imaginärteil einer Matrix.</p>

Abbildung 10.2: Funktionen für die Transformation von Feldern

Spezielle Eigenschaften einer Matrix

$\text{cond1}(\mathbf{M})$	Gibt die Bedingungsnummer der Matrix \mathbf{M} basierend auf der Norm L_1 zurück.
$\text{cond2}(\mathbf{M})$	Gibt die Bedingungsnummer der Matrix \mathbf{M} basierend auf der Norm L_2 zurück.
$\text{conde}(\mathbf{M})$	Gibt die Bedingungsnummer der Matrix \mathbf{M} basierend auf der Euklid'schen Norm zurück.
$\text{condi}(\mathbf{M})$	Gibt die Bedingungsnummer der Matrix \mathbf{M} basierend auf der Unendlichkeitsnorm zurück.
$\text{norm1}(\mathbf{M})$	Gibt die L_1 -Norm der Matrix \mathbf{M} zurück.
$\text{norm2}(\mathbf{M})$	Gibt die L_2 -Norm der Matrix \mathbf{M} zurück.
$\text{norme}(\mathbf{M})$	Gibt die Euklid'sche Norm der Matrix \mathbf{M} zurück.
$\text{normi}(\mathbf{M})$	Gibt die Unendlichkeitsnorm der Matrix \mathbf{M} zurück.
$\text{rg}(\mathbf{A})$	Gibt den Rang der real-wertigen Matrix \mathbf{A} zurück.
$\text{sp}(\mathbf{M})$	Gibt die Summe der Diagonalelemente zurück, auch als die Spur von \mathbf{M} bezeichnet.

Neue Matrizen anlegen

<code>erweitern(A, B, C, ...)</code>	Gibt ein Feld zurück, das gebildet wird, indem A, B, C, ... von links nach rechts angelegt werden. A, B, C, ... sind entweder Eingabefelder mit derselben Anzahl an Zeilen oder aber Skalare und einzeilige Felder.
<code>CreateMesh(F, [[s0], [s1], [t0], [t1], [sgrid], [tgrid], [fmap]])</code>	Gibt ein verschachteltes Feld dreier Matrizen zurück, das die x -, y - und z -Koordinaten einer durch die Funktion F definierten parametrisierten Fläche darstellt. F ist eine aus drei Elementen bestehende vektorwertige Funktion zweier Variablen. $s0$, $s1$, $t0$ und $t1$ sind die Variablenbegrenzungen und $sgrid$ und $tgrid$ geben die Anzahl der Rasterpunkte an. Alle Werte müssen reelle Skalare sein. fmap ist eine aus drei Elementen bestehende vektorwertige Abbildungsfunktion. Alle Argumente außer dem Funktionsargument sind optional.
<code>CreateSpace(F, [[t0], [t1], [tgrid], [fmap]])</code>	Gibt ein verschachteltes Feld dreier Vektoren zurück, das die x -, y - und z -Koordinaten einer durch die Funktion F definierten Raumkurve darstellt. F ist eine aus drei Elementen bestehende vektorwertige Funktion einer Variablen. $t0$ und $t1$ sind die Variablenbegrenzungen und $tgrid$ gibt die Anzahl der Rasterpunkte an. Alle Werte müssen reelle Skalare sein. fmap ist eine aus drei Elementen bestehende vektorwertige Abbildungsfunktion. Alle Argumente außer dem Funktionsargument sind optional.
<code>matrix(m, n, f)</code>	Erzeugt eine Matrix, in der das i, j -te Element den Wert von $f(i, j)$ enthält, wobei $i = 0, 1, \dots, m-1$ und $j = 0, 1, \dots, n-1$ ist. Die Funktion f muss zuvor im Arbeitsblatt definiert worden sein.
<code>stapeln(A, B, C, ...)</code>	Gibt ein Feld zurück, das gebildet wird, indem A, B, C, ... von oben nach unten angelegt werden. A, B, C, ... sind Eingabefelder, die dieselbe Anzahl an Spalten haben, oder sie sind Skalare und Vektoren.
<code>submatrix(A, ir, jr, ic, jc)</code>	Gibt eine Teilmatrix von A zurück, die alle Elemente der Zeilen ir bis jr und der Spalten ic bis jc enthält. Um die Reihenfolge der Zeilen und/oder Spalten beizubehalten, muss $ir \leq jr$ und $ic \leq jc$ gelten.

Hinweis Anstatt einer vektorwertigen Funktion **F** können Sie für die Funktionen *CreateMesh* und *CreateSpace* die drei Funktionen **f1**, **f2** und **f3** verwenden, welche die x -, y - und z -Koordinaten einer parametrisierten Fläche oder einer Raumkurve darstellen. Das Aufrufen einer dieser Funktionen könnte wie folgt aussehen: *CreateMesh(f1, f2, f3)*. Sie können für den Aufruf von *CreateMesh* auch eine einzelne Funktion zweier Vari-

ablen wie diese benutzen:
$$F(x, y) = \frac{\sin(x) + \cos(y)}{2}$$

Abbildung 10.3 zeigt Beispiele für die Verwendung von *stapeln* und *erweitern*.

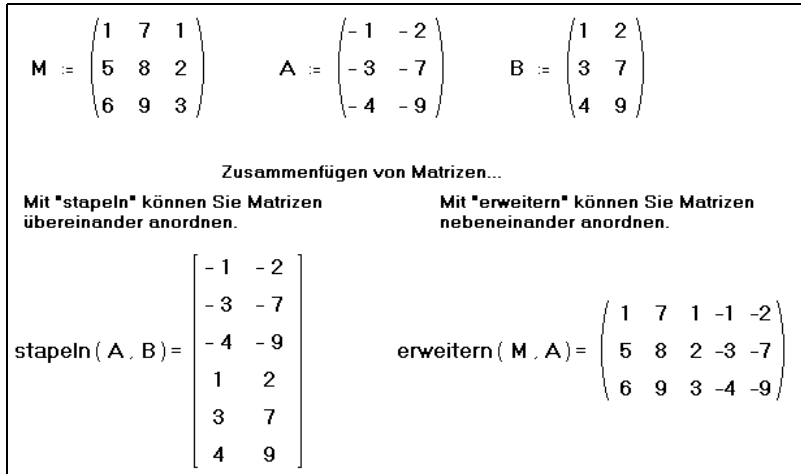


Abbildung 10.3: Verknüpfung von Matrizen mit den Funktionen *erweitern* und *stapeln*

Zuweisungsfunktionen

<code>zylinxyz(r, Θ, z)</code>	Wandelt die zylindrischen Koordinaten r , Θ und z eines Punktes im dreidimensionalen Raum in rechtwinklige Koordinaten um. r , Θ und z müssen reelle Zahlen sein.
<code>polxy(r, Θ)</code>	Wandelt die Polarkoordinaten r und Θ in rechtwinklige Koordinaten um. r und Θ müssen reelle Zahlen sein.
<code>sphinxyz(r, Θ, Φ)</code>	Wandelt die sphärischen Koordinaten r , Θ und z eines Punktes im dreidimensionalen Raum in rechtwinklige Koordinaten um. r , Θ und Φ müssen reelle Zahlen sein.
<code>xyinpol(x, y)</code>	Wandelt die rechtwinkligen Koordinaten x und y eines Punktes im dreidimensionalen Raum in Polarkoordinaten um. x und y müssen reelle Zahlen sein.
<code>xyzincyl(x, y, z)</code>	Wandelt die rechtwinkligen Koordinaten x , y und z eines Punktes im dreidimensionalen Raum in Polarkoordinaten um. x , y und z müssen reelle Zahlen sein.
<code>xyzinsph(x, y, z)</code>	Wandelt die rechtwinkligen Koordinaten x , y und z eines Punktes im dreidimensionalen Raum in sphärische Koordinaten um. x , y und z müssen reelle Zahlen sein.

Tipp

Sie können jede 3D-Zuweisungsfunktion als `fmap`-Argument der Funktionen `CreateSpace` und `CreateMesh` verwenden.

Suchfunktionen

<code>lookup(z, A, B)</code>	Sucht einen Vektor oder eine Matrix A für den Wert z und gibt den oder die Werte an der/den gleichen Position(en) (d. h. in der gleichen Reihe und Spalte) in der Matrix B wieder. z kann eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge sein. A und B müssen die gleichen Dimensionen haben und reelle oder komplexe Werte oder Zeichenfolgen enthalten.
<code>hlookup(z, A, r)</code>	Sucht in der ersten Reihe der Matrix A nach dem Wert z und gibt den oder die Werte in der/den gleichen Spalte(n) der Reihe r zurück. z kann eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge sein. A muss eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge enthalten. r muss eine ganze Zahl sein.
<code>vlookup(z, A, r)</code>	Sucht in der ersten Spalte der Matrix A nach dem Wert z und gibt den oder die Werte in der/den gleichen Zeile(n) der Spalte r zurück. z kann eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge sein. A muss eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge enthalten. r muss eine ganze Zahl sein.
<code>match(z, A)</code>	Sucht nach einem Vektor oder einer Matrix A nach dem Wert z und gibt den oder die Index/Indizes der Positionen A zurück. z kann eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge sein. A muss eine reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge enthalten.

Eigenwerte und Eigenvektoren

<code>eigenwerte(M)</code>	Gibt einen Vektor zurück, der die Eigenwerte der quadratischen Matrix M enthält.
<code>eigenvek(M, z)</code>	Gibt eine Matrix zurück, die den normalisierten Eigenvektor enthält, der dem Eigenwert z der quadratischen Matrix M entspricht.
<code>eigenvektoren(M)</code>	Gibt eine Matrix zurück, die die normalisierte Eigenvektoren enthält, die den Eigenwerten der quadratischen Matrix M entsprechen. Die n -te Spalte der zurückgegebenen Spalte ist ein Eigenvektor, der dem n -ten von <i>eigenwerte</i> zurückgegebenen Eigenwert entspricht.
<code>genwerte(M, N)</code>	Gibt einen Vektor v berechneter Eigenwerte zurück, die alle dem verallgemeinerten Eigenwertproblem $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = v_i \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{x}$ entsprechen. Vektor x ist der entsprechende Eigenvektor. M und N sind reelle quadratische Matrizen, die dieselbe Anzahl Spalten aufweisen.
<code>genvektoren(M, N)</code>	Gibt eine Matrix mit den normalisierten Eigenvektoren zurück, die den Eigenwerten in v entsprechen, dem von <i>genwerte</i> zurückgegebenen Vektor. Die n -te Spalte dieser Matrix ist der Eigenvektor x , der dem verallgemeinerten Eigenwertproblem $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = v_n \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{x}$ entspricht. M und N sind reell-wertige quadratische Matrizen, die dieselbe Anzahl Spalten aufweisen.

Abbildung 10.4 zeigt einige dieser Funktionen.

Eigenwerte und Eigenvektoren einer reellen Matrix ermitteln.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & -2 & 6 \\ 3 & 0 & 10 \\ 2 & 5 & -1 \end{pmatrix} \quad C := \text{eigenwerte}(A) \quad C = \begin{pmatrix} 0.105 \\ 7.497 \\ -7.602 \end{pmatrix}$$

Alle entsprechenden Eigenvektoren auf einmal ermitteln:

$$v := \text{eigenvektoren}(A) \quad v = \begin{pmatrix} 0.873 & 0.244 & -0.554 \\ -0.408 & 0.81 & -0.574 \\ -0.266 & 0.534 & 0.603 \end{pmatrix}$$

Die erste Spalte von v ist der 0.105, dem ersten Element von c , entsprechende Eigenvektor. Die zweite Spalte von v ist demzufolge der 7.497, dem zweiten Element von c , entsprechende Eigenvektor.

Abbildung 10.4: Eigenwerte und Eigenvektoren in Mathcad

Lösung linearer Gleichungssysteme

$\text{llösen}(M, v)$ Gibt einen Lösungsvektor x zurück, so dass gilt $M \cdot x = v$. v ist ein Vektor, der dieselbe Anzahl an Zeilen aufweist wie die Matrix M .

In Mathcad können Sie die Funktion *llösen* nutzen, um ein lineares Gleichungssystem zu lösen, dessen Koeffizienten in der Matrix M abgelegt sind.

Hinweis Das Argument M für *llösen* muss eine Matrix sein, die weder singulär noch fast singulär ist. Eine Alternative zu *llösen* ist die Lösung des linearen Gleichungssystems unter Verwendung von Matrix-Inversen.

Dekomposition

$\text{cholesky}(M)$	Gibt die untere Dreiecksmatrix L zurück, so dass gilt $L \cdot L^T = M$. Dazu wird nur der obere Dreiecksbereich von M verwendet.
$\text{lu}(M)$	Gibt eine einzelne Matrix zurück, die die drei quadratischen Matrizen P , L und U enthält, die alle dieselbe Größe wie M haben und in dieser Reihenfolge nebeneinander verknüpft sind. Diese drei Matrizen genügen der Gleichung $P \cdot M = L \cdot U$, wobei L und U die untere bzw. die obere Dreiecksmatrix darstellen.
$\text{qr}(A)$	Gibt eine Matrix zurück, deren erste n Spalten die quadratische ortho-normale Matrix Q und deren restliche Spalten die obere Dreiecksmatrix R enthalten. Die Matrizen Q und R genügen der Gleichung $A = Q \cdot R$, wobei A ein reell-wertiges Feld ist.

<code>svd(A)</code>	Gibt eine einzelne Matrix mit zwei gestapelten Matrizen U und V zurück, wobei U die obere $m \times n$ -Teilmatrix und V die untere $n \times n$ -Teilmatrix ist. Die Matrizen U und V genügen der Gleichung $\mathbf{A} = \mathbf{U} \cdot \text{diag}(\mathbf{s}) \cdot \mathbf{V}^T$, wobei s ein Vektor ist, der von <code>svds(A)</code> zurückgegeben wurde. A ist ein $m \times n$ -Feld mit realen Werten, wobei gilt $m \geq n$.
<code>svds(A)</code>	Gibt einen Vektor zurück, der die singulären Werte des reell-wertigen $m \times n$ -Felds A enthält, wobei $m \geq n$.

Sortierfunktionen

<code>spsort(A, n)</code>	Gibt ein Feld zurück, in dem die Zeilen der Matrix A so angeordnet werden, dass sich die <i>Elemente in Spalte n</i> in aufsteigender Reihenfolge befinden. Das Ergebnis hat dieselbe Größe wie A .
<code>umkehren(A)</code>	Gibt ein Feld zurück, in dem die Elemente eines Vektors oder die Zeilen einer Matrix in umgekehrter Reihenfolge abgelegt sind.
<code>zsort(A, n)</code>	Gibt ein Feld zurück, in dem die Spalten der Matrix A so angeordnet sind, dass sich die <i>Elemente in Zeile n</i> in aufsteigender Reihenfolge befinden. Das Ergebnis hat dieselbe Größe wie A .
<code>sort(v)</code>	Gibt die Elemente des Vektors v in aufsteigender Reihenfolge sortiert zurück.

Tipp

Wenn Sie den Wert von ORIGIN nicht ändern, werden die Matrizen standardmäßig beginnend mit Zeile 0 und Spalte 0 nummeriert. Um die erste Spalte einer Matrix zu sortieren, würden Sie also `spsort(A, 0)` schreiben.

Funktionen zur Lösung und Optimierung

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Gleichungen gelöst werden, von einfachen Gleichungen mit einer einzigen Unbekannten bis hin zu großen Systemen mit mehreren Nebenbedingungen. Die hier beschriebenen Techniken erzeugen numerische Lösungen. Kapitel 14 beschreibt Techniken zur symbolischen Lösung von Gleichungen.

Wurzeln

<code>nullstellen(v)</code>	Gibt die Wurzeln des Polynoms n -ten Grads zurück, dessen Koeffizienten in v , einem Vektor der Länge $n + 1$, abgelegt sind. Gibt einen Vektor der Länge n zurück.
-----------------------------	---

$wurzel(f(z), z)$	Gibt den Wert von z zurück, für den der Ausdruck $f(z)$ gleich 0 ist. Die Argumente für diese Funktion sind ein reell- oder komplexwertiger Ausdruck $f(z)$ sowie ein reeller oder komplexer Skalar, z . Für diese Funktion muss im Arbeitsblatt ein Schätzwert für z stehen. Sie gibt einen Skalar zurück.
$wurzel(f(z), z, a, b)$	Gibt den zwischen x und y liegenden Wert von z zurück, für den der Ausdruck $f(z)$ gleich 0 ist. Die Argumente dieser Funktion sind ein reellwertiger Ausdruck $f(z)$, ein reeller Skalar z und reelle Endpunkte, $a < b$. Für z wird kein Schätzwert benötigt. Sie gibt einen Skalar zurück.

Hinweis Wenn Sie die Argumente a und b für die Wurzelfunktion definieren, wird Mathcad nur dann eine Funktion f finden, wenn $f(a)$ positiv und $f(b)$ negativ ist oder umgekehrt, also ein Vorzeichenwechsel in diesen beiden Funktionswerten vorliegt.

Die Funktion *wurzel* löst eine Gleichung mit einer Unbekannten. Diese Funktion nimmt einen beliebigen Ausdruck oder eine beliebige Funktion entgegen, zusammen mit einer der Variablen aus dem Ausdruck. *wurzel* kann auch einen Bereich entgegennehmen, in dem sich die Lösung befindet. Anschließend wird diese Variable variiert, bis der Ausdruck Null ergibt und im angegebenen Bereich liegt. Die Funktion gibt den Wert zurück, für den die Gleichung Null ergeben hat und der im angegebenen Bereich liegt.

Tipp *wurzel* erzeugt aufeinander folgende Schätzwerte für den Wert der Wurzel und gibt einen Wert zurück, wenn die Differenz der beiden letzten Schätzwerte kleiner als der Toleranzparameter TOL ist. Wie im Abschnitt »Eingebaute Variablen« auf Seite 144 beschrieben, können Sie den Toleranzwert ändern und damit auch die Genauigkeit der Lösung. Die Definition für TOL erfolgt direkt auf Ihrem Arbeitsblatt. Sie können die Toleranz auch auf der Registerkarte VORDEFINIERTER VARIABLEN ändern. Dazu wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN.

Um die Wurzel eines Ausdrucks der folgenden Form zu finden:

$$v_n x^n + \dots + v_2 x^2 + v_1 x + v_0$$

verwenden Sie statt der Funktion *wurzel* die Funktion *nullstellen*. Für *nullstellen* ist kein Schätzwert erforderlich, und es gibt alle Wurzeln gleichzeitig zurück, egal ob reell oder komplex. Abbildung 10.5 zeigt einige Beispiele.

Ermitteln der Wurzeln eines Polynoms mit wurzel und nullstellen

$$f(x) := x^3 - 10 \cdot x + 2$$

Eine Ausgangsschätzung für den Gebrauch der wurzel-Funktion:

$$x := 3$$

$$\text{wurzel}(f(x), x) = 3.057$$

Der Vektor v enthält die Koeffizienten des Polynoms, beginnend mit einer Konstante. Stellen Sie sicher, daß alle Koeffizienten enthalten sind, auch wenn sie Null sind.

$$v := \begin{bmatrix} 2 \\ -10 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{nullstellen}(v) = \begin{bmatrix} -3.258 \\ 0.201 \\ 3.057 \end{bmatrix}$$

Abbildung 10.5: Wurzeln mit Hilfe von wurzel und nullstellen ermitteln

nullstellen verwendet standardmäßig die LaGuerre-Methode, um *wurzeln* zu finden. Wenn Sie stattdessen die Companion-Matrix-Methode anwenden möchten, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die *nullstellen*-Funktion und wählen Sie aus dem Pop-up-Menü den Eintrag COMPANION MATRIX.

Hinweis *wurzel* und *nullstellen* lösen nur eine Gleichung mit einer Unbekannten und geben immer numerische Ergebnisse zurück. Um mehrere Gleichungen gleichzeitig zu lösen, verwenden Sie die im nächsten Abschnitt beschriebenen Techniken. Um eine Gleichung symbolisch zu lösen oder um einen exakten numerischen Wert in Form von grundlegenden Funktionen zu ermitteln, wählen Sie im SYMBOLIK-Menü den Eintrag VARIABLE AUFLÖSEN. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 14.

Lineare/nicht lineare Systemlösung und -optimierung

Mathcad bietet numerische Lösungsfunktionen, die Probleme der folgenden Art lösen:

- Lineare Gleichungssysteme mit Nebenbedingungen (Gleichheiten oder Ungleichheiten)
- Nicht lineare Gleichungssysteme mit Nebenbedingungen
- Optimierung (Maximierung oder Minimierung) einer objektiven Funktion
- Optimierung (Maximierung oder Minimierung) einer objektiven Funktion mit Nebenbedingungen
- Lineare Programmierung, wobei alle Nebenbedingungen Gleichheiten oder Ungleichheiten sind, die lineare Funktionen mit Konstanten vergleichen, und wobei die objektive Funktion die folgende Form hat:

$$c_0 x_0 + c_1 x_1 + \dots + c_n x_n$$


- Quadratische Programmierung, wobei alle Nebenbedingungen linear sind, die objektive Funktion aber nicht nur lineare, sondern auch quadratische Terme enthält. Dazu benötigen Sie das Lösungs- und Optimierungs-Erweiterungspaket (**Expert**

Solver) für Mathcad, das Sie bei MathSoft oder Ihrem Händler gegen einen Aufpreis erhalten können.

Hinweis Mathcad löst Systeme mit bis zu 200 Variablen und lineare Systeme mit bis zu 500 Variablen. Das Lösungs- und Optimierungs-Erweiterungspaket (**Expert Solver**) für Mathcad löst nicht-lineare Systeme mit bis zu 250 Variablen, lineare Systeme mit bis zu 1000 Variablen und quadratische Systeme mit bis zu 1000 Variablen.

Blöcke lösen

Die allgemeine Form für den Einsatz von Systemlösungsfunktionen in Mathcad ist ein *Lösungsblock*. Ein Lösungsblock wird in vier Schritten angelegt:

1. Stellen Sie Schätzwerte (Definitionen) für alle Unbekannten bereit, nach denen Sie auflösen möchten. Mathcad löst Gleichungen, indem es iterative Berechnungen ausführt, die irgendwann zu einem gültigen Ergebnis konvergieren. Der Schätzwert, den Sie angeben, stellt einen Ausgangspunkt für die Lösungssuche dar. Im Allgemeinen werden für alle Systeme Schätzwerte gefordert.
2. Geben Sie unterhalb der Definitionen für die Schätzwerte das Wort *Vorgabe* in einen separaten Rechenbereich ein. Daran erkennt Mathcad, dass ein System mit Nebenbedingungen eingegeben wird. Geben Sie das Wort »Vorgabe« nicht in einen Textbereich ein!
3. Geben Sie jetzt unterhalb des Worts *Vorgabe* die Gleichungen (Gleichungen und Ungleichungen) in beliebiger Reihenfolge ein. Verwenden Sie das fette Gleichheitszeichen (klicken Sie in der Auswertungspalette auf , oder drücken Sie `[Strg] + [=]`, um Gleichungen zu spezifizieren. Zwischen der linken und rechten Seite einer Ungleichheit können die Symbole $<$, $>$, \geq und \leq stehen.
4. Geben Sie eine Gleichung ein, die eine der Funktionen *suchen*, *maximieren*, *minimieren* oder *minfehl* enthält.

Hinweis Lösungsblöcke können nicht verschachtelt werden – Jeder Lösungsblock kann nur eine Vorgabe und eine Funktion *suchen* (oder *minimieren*, *maximieren* oder *minfehl*) beinhalten. Sie können jedoch am Ende eines Lösungsblocks eine Funktion wie $f(x) := \text{suchen}(x)$ definieren und in einem anderen Lösungsblock darauf verweisen.

<code>suchen($z0, z1, \dots$)</code>	Gibt Werte von $z0, z1, \dots$ zurück, die den Bedingungen in einem Lösungsblock entsprechen. $z0, z1, \dots$ sind reelle oder komplexe Skalare, Vektoren, Felder oder einzelne Vektorelemente, die gleich der Anzahl der Unbekannten im System sind. Gibt für eine einzige Unbekannte einen Skalar zurück; andernfalls einen Lösungsvektor.
<code>maximieren($f, z0, z1, \dots$)</code>	Gibt Werte für $z0, z1, \dots$ zurück, für die die Funktion f ihren höchsten Wert annimmt. $z0, z1, \dots$ sind reelle oder komplexe Skalare, Vektoren, Felder oder einzelne Vektorelemente, die gleich der Anzahl der Unbekannten im System sind. Gibt für eine einzige Unbekannte einen Skalar zurück; andernfalls einen Lösungsvektor. Lösungsblockbedingungen sind optional.

<code>minfehl(z0, z1, ...)</code>	Gibt Werte für z_0, z_1, \dots zurück, die den Bedingungen in einem Lösungsblock am besten entsprechen. z_0, z_1, \dots sind reelle oder komplexe Skalare, Vektoren, Felder oder einzelne Vektorelemente, die gleich der Anzahl der Unbekannten im System sind. Gibt für eine einzige Unbekannte einen Skalar zurück; andernfalls einen Lösungsvektor.
<code>minimieren(f, z0, z1, ...)</code>	Gibt Werte für z_0, z_1, \dots zurück, für die die Funktion f ihren niedrigsten Wert annimmt. z_0, z_1, \dots sind reelle oder komplexe Skalare, Vektoren, Felder oder einzelne Vektorelemente, die gleich der Anzahl der Unbekannten im System sind. Gibt für eine einzige Unbekannte einen Skalar zurück; andernfalls einen Lösungsvektor. Lösungsblockbedingungen sind optional.

Tipp

Anders als die meisten anderen Mathcad-Funktionen können die Anfangsbuchstaben dieser Funktionen in Klein- oder Großbuchstaben in einen Rechenbereich eingegeben werden.

Abbildung 10.6 zeigt einen Lösungsblock mit mehreren Bedingungen und dem Aufruf der *suchen*-Funktion. Es gibt zwei Unbekannte. Hier nimmt die Funktion *suchen* also zwei Argumente entgegen, x und y , und gibt einen Vektor mit zwei Elementen zurück.

Schnittpunkt von Kreis und Linie:	
Schätzwerte:	$x := 1$ $y := 1$
Vorgabe	$x^2 + y^2 = 6$ Kreis $x + y = 2$ Linie + $x \leq 1$ Ungleichungen $y > 2$
	$\begin{pmatrix} \text{xwert} \\ \text{ywert} \end{pmatrix} := \text{suchen}(x, y)$
Ergebnisse:	$\text{xwert} = -0.414$ $\text{ywert} = 2.414$
Prüfen, ob es sich beim Punkt um eine Lösung handelt:	
$\text{xwert}^2 + \text{ywert}^2 = 6$	$\text{xwert} + \text{ywert} = 2$

Abbildung 10.6: Ein Lösungsblock mit Gleichungen und Ungleichungen

Bedingungen

Die folgende Tabelle beschreibt die Bedingungen, die zwischen dem Schlüsselwort *Vorgabe* und einer der Funktionen im Lösungsblock auftreten können. In der Tabelle stellen x und y reellwertige Ausdrücke dar, z und w sind beliebige Ausdrücke. Die Boole'schen Bedingungen werden mit Hilfe der Schaltflächen in der Auswertungspalette eingegeben. Während es sich bei den Bedingungen häufig um skalare Ausdrücke handelt, kann es sich dabei durchaus auch um Vektor- oder Feldausdrücke handeln.

Bedingung	Schaltfläche	Beschreibung
$w = z$	=	Gleichheit ist gefordert
$x > y$	>	Größer
$x < y$	<	Kleiner
$x \geq y$	\geq	Größer oder gleich
$x \leq y$	\leq	Kleiner oder gleich
$x \wedge y$	\wedge	Und
$x \vee y$	\vee	Oder
$x \otimes y$	\oplus	X oder (Exklusives oder)
$\neg x$	\neg	Nicht

Die folgenden Elemente sind in einem Lösungsblock nicht erlaubt:

- Bedingungen mit »≠«
- Zuweisungen (z. B. $x := 1$)

Sie können jedoch zusammengesetzte Anweisungen wie z. B. $1 \leq x \leq 3$ einsetzen.

Hinweis Mathcad gibt nur eine Lösung für einen Lösungsblock zurück. Es kann jedoch mehrere Lösungen für eine Gleichung geben. Um eine weitere Lösung zu finden, probieren Sie es mit anderen Schätzwerten, oder Sie geben eine zusätzliche Ungleichung ein, die die aktuelle Lösung nicht erfüllt.

Toleranzen für die Lösungen

Mathcad verwendet zwei Toleranzparameter zur numerischen Berechnung von Lösungen in Lösungsblöcken:

- **Konvergenztoleranz.** Es werden aufeinander folgende Annäherungen an die Lösungen berechnet. Das Ergebnis wird zurückgegeben, wenn die Differenz der beiden letzten Annäherungen kleiner als die vordefinierte Variable TOL ist. Ein kleinerer Wert von TOL resultiert häufig in einer exakteren Lösung, aber die Berechnungen dauern länger.
- **Bedingungstoleranz.** Dieser Parameter wird durch den Wert der vordefinierten Variablen CTOL bestimmt und steuert, wie genau eine Bedingung erfüllt sein muss, damit eine Lösung akzeptiert wird (engl. Condition). Ist die Bedingungstole-

ranz beispielsweise 0,0001, ist die Bedingung $x < 2$ erfüllt, wenn der Wert von x der Bedingung $x < 2,0001$ genügt.

Im Abschnitt »Eingebaute Variablen« auf Seite 142 ist beschrieben, wie diese Toleranzwerte geändert werden.

Tipp

Wenn Sie in einem Lösungsblock die Funktion *minfehl* einsetzen, sollten Sie immer zusätzliche Bedingungen vorgeben, die die Plausibilität der Ergebnisse überprüfen. Die vordefinierte Variable ERR gibt die Größe des Fehlervektors für die durch *minfehl* angenäherte Lösung an. Es gibt keine vordefinierte Variable, um die Größe des Fehlers für einzelne Lösungen der Unbekannten festzulegen.

Lösungsalgorithmen und AutoSelect

Für die Lösung einer Gleichung verwendet Mathcad standardmäßig die AutoSelect-Prozedur, um einen geeigneten Algorithmus auszuwählen. Sie können diese Auswahl überstimmen und einen anderen Algorithmus auswählen.

Hier die verfügbaren Lösungsmethoden:

Linear

Wendet einen linearen Programmialgorithmus auf das Problem an. Schätzwerte für die Unbekannten sind nicht erforderlich.

Nicht linear

Wendet Lösungsroutinen mit konjugiertem Gradienten, nach Levenberg-Marquardt oder quasi-Newton, auf das Problem an. Dem Lösungsblock müssen Schätzwerte für alle Unbekannten vorausgehen. Wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag NICHTLINER \Rightarrow ERWEITERTE OPTIONEN, um die Einstellungen für den konjugierten Gradienten und quasi-Newton festzulegen.

Hinweis

Die Levenberg-Marquardt-Methode ist nicht für die Funktionen *maximieren* und *minimieren* verfügbar.

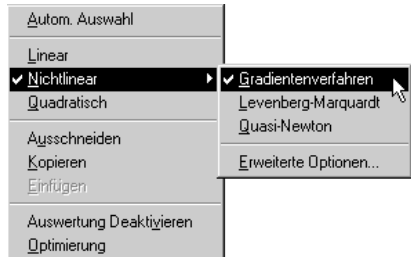
Quadratisch

Wendet einen quadratischen Programmialgorithmus auf das Problem an. Diese Option steht nur zur Verfügung, wenn das Lösungs- und Optimierungs-Erweiterungspaket (Expert Solver) für Mathcad installiert ist. Schätzwerte für die Unbekannten sind nicht erforderlich.

Sie können die von Mathcad vorgenommene Standardauswahl für den Lösungsalgorithmus überstimmen:

1. Legen Sie einen Lösungsblock an, und werten Sie ihn aus. Überlassen Sie Mathcad die automatische Auswahl eines Algorithmus mit AutoSelect.

2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Namen der Funktion, die den Lösungsblock beendet und entfernen Sie im Popup-Menü die Markierung für AUTOSELECT.
3. Wählen Sie eine der im Popup-Menü bereitgestellten Lösungsmethoden aus. Mathcad berechnet die Lösung unter Verwendung der von Ihnen ausgewählten Methode neu.



Berichte

Mit dem optional zu erstehenden Lösungs- und Optimierungs-Erweiterungspaket (Expert Solver) können Sie Berichte über Probleme bei der linearen Optimierung erstellen. Um einen Bericht zu erstellen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Lösungsfunktion und wählen aus dem Popup-Menü den Eintrag **BERICHT**. Weitere Informationen zu Berichten finden Sie in der Online-Hilfe.

Gemischte ganzzahlige Programmierung

Mit dem Lösungs- und Optimierungs-Erweiterungspaket (Expert Solver) können Sie die gemischte ganzzahlige Programmierung durchführen. Mit Hilfe dieses Vorgangs können Sie die Lösung einer unbekannten Variablen auf eine binäre Zahl (1 oder 0) oder eine Ganzzahl einschränken. Weitere Informationen zur gemischten ganzzahligen Programmierung finden Sie in der Online-Hilfe.

Funktionen für Statistik, Wahrscheinlichkeit und Datenanalyse

Statistik

<code>gmean(A, B, C, ...)</code>	Gibt das geometrische Mittel der Elemente der Felder A, B, C, ... zurück. Alle Elemente müssen reell und größer Null sein.
<code>hist(int, A)</code>	Gibt einen Vektor zurück, der die Häufigkeiten angibt, wie viele Datenpunkte aus A in die durch int repräsentierten Intervalle fallen. Wenn int ein Intervallvektor in aufsteigender Reihenfolge ist, gibt das <i>i</i> -te Element des zurückgegebenen Vektors die Anzahl der Punkte in den Daten an, die zwischen dem <i>i</i> -ten und (<i>i</i> +1)-ten Element von int liegen. Wenn int ein Integer ist, gibt es die Anzahl der Teilintervalle gleicher Länge an. int und A müssen real sein.

<code>histogram(int, A)</code>	Gibt eine Matrix mit zwei Spalten zurück. Wenn <code>int</code> eine ganze Zahl ist, enthält die erste Spalte die Mittelpunkte des int -Subintervalls des Bereichs $\min(\mathbf{A})=\text{Wert}=\max(\mathbf{A})$ gleicher Länge, während die zweite Spalte identisch mit <code>hist(int, A)</code> ist. Handelt es sich bei int um einen Intervallvektor in aufsteigender Reihenfolge, enthält die erste Spalte Mittelpunkte des vom int -Vektor dargestellten Intervalls. Sowohl int als auch A müssen reale Zahlen sein.
--------------------------------	---

Tipp

Wenn Sie das Ergebnis einer Frequenzanalyse in einer zweidimensionalen Balkengrafik für die Verteilung der Daten darstellen möchten, verwenden Sie besser die Funktion `histogram` als die Funktion `hist` und stellen die erste Ergebnisspalte der zweiten gegenüber.

<code>hmean(A, B, C, ...)</code>	Gibt das harmonische Mittel der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück. Alle Elemente müssen ungleich Null sein.
<code>korrr(A, B)</code>	Gibt den Pearson'schen <i>r</i> -Korrelationskoeffizienten für die $m \times n$ -Felder A und B zurück.
<code>kurt(A, B, C, ...)</code>	Gibt die Kurtose der Elemente der Felder oder Skalaren A, B, C, ... zurück.
<code>kvar(A, B)</code>	Gibt die Kovarianz der Elemente in den $m \times n$ -Feldern A und B zurück.
<code>median(A, B, C, ...)</code>	Gibt den Median der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück: Dies ist der Wert, ober- und unterhalb dessen es keine gleiche Anzahl von Feldelementen gibt. Wenn es eine ungerade Anzahl an Elementen gibt, entspricht der Median dem arithmetischen Mittel der beiden Werte im Zentrum des Felds.
<code>mittelwert(A, B, C, ...)</code>	Gibt das arithmetische Mittel für die Elemente der Felder oder Skalaren A, B, C, ... zurück.
<code>mode(A, B, C, ...)</code>	Gibt das Element in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück, das am häufigsten auftritt.
<code>skew(A, B, C, ...)</code>	Liefert die Asymmetrie der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C,
<code>stdabw(A, B, C, ...)</code>	Gibt die Populationsstandardabweichung (Quadratwurzel der Varianz) der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück.
<code>Stdabw(A, B, C, ...)</code>	Gibt die Beispielstandardabweichung (Quadratwurzel der Beispielvarianz) der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück.
<code>var(A, B, C, ...)</code>	Gibt die Populationsvarianz der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück.
<code>Var(A, B, C, ...)</code>	Gibt die Beispielvarianz der Elemente in den Feldern oder Skalaren A, B, C, ... zurück.

Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Mathcad beinhaltet Funktionen für die Arbeit mit gebräuchlichen Wahrscheinlichkeitsdichten. Sie können in vier Kategorien eingeteilt werden:

- **Wahrscheinlichkeitsdichten.** Diese Funktionen beginnen mit dem Buchstaben »d« und geben die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine Zufallsvariable einen bestimmten Wert annimmt.
- **Kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilungen.** Diese Funktionen beginnen mit dem Buchstaben »p« und geben die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine Zufallsvariable einen Wert *kleiner oder gleich* einem vorgegeben Wert annimmt. Sie werden ermittelt, indem einfach die entsprechende Wahrscheinlichkeitsdichte von $-\infty$ bis zu einem vorgegebenen Wert integriert (bzw. summiert) wird.
- **Inverse kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilungen.** Diese Funktionen beginnen mit dem Buchstaben »q« und nehmen eine Wahrscheinlichkeit p zwischen 0 und 1 als Argument entgegen. Sie geben einen Wert zurück, für den gilt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine Zufallsvariable *kleiner oder gleich* diesem Wert ist, gleich p ist.
- **Zufallszahlengeneratoren.** Diese Funktionen beginnen mit dem Buchstaben »r« und geben einen Vektor mit m Elementen zurück, der aus der entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilung erzeugt wurde. Immer wenn Sie eine Gleichung mit einer dieser Funktionen neu berechnen, erzeugt Mathcad neue Zufallszahlen.

Tipp

Den Zufallszahlengeneratoren von Mathcad ist ein so genannter »Rekursivwert« zugeordnet, ein Ausgangswert. Ein bestimmter Rekursivwert erzeugt immer dieselbe Folge an Zufallszahlen. Durch die Auswahl von BERECHNEN im RECHNEN-Menü schaltet Mathcad diese Zufallszahlenfolge weiter. Wird der Rekursivwert geändert, erzeugt Mathcad eine andere Zufallszahlenfolge. Um den Rekursivwert zu ändern, wählen Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN und geben auf der Registerkarte VORDEFINIERTE VARIABLEN einen neuen Wert dafür ein.

Hinweis

Kommentare zur Nomenklatur, zu den Argumenten und den Rückgabewerten der Funktionen zur Wahrscheinlichkeitsverteilung finden Sie in der folgenden Tabelle.

dbeta(x, s_1, s_2)	Funktionen für die Betaverteilung, wobei ($s_1, s_2 > 0$) die Formparameter sind. $0 < x < 1$; $0 \leq p \leq 1$.
pbeta(x, s_1, s_2)	
qbeta(p, s_1, s_2)	
rbeta(m, s_1, s_2)	
dbinom(k, n, p)	Funktionen für die Binomialverteilung, wobei n und k ganze Zahlen sind, mit $0 \leq k \leq n$. $0 \leq p \leq 1$. r ist die Wahrscheinlichkeit, bei einem einzigen Versuch einen Treffer zu haben.
pbinom(k, n, p)	
qbinom(p, n, r)	
rbinom(m, n, p)	

dcauchy(x, l, s)	Funktionen für die Cauchy-Verteilung, wobei l ein Positionsparameter und $s > 0$ ein Skalenparameter ist. $0 < p < 1$.
pcauchy(x, l, s)	
qcauchy(p, l, s)	
rcauchy(m, l, s)	
dchisq(x, d)	Funktionen für die Chi-Quadrat-Verteilung, wobei $d > 0$ die Freiheitsgrade sind und $x > 0$ gilt. $0 \leq p < 1$.
pchisq(x, d)	
qchisq(p, d)	
rchisq(m, d)	
depexp(x, r)	Funktionen für die Exponentialverteilung, wobei $r > 0$ die Verfallsgeschwindigkeit ist und gilt $x > 0$. $0 \leq p < 1$.
pexp(x, r)	
qexp(p, r)	
rexp(m, r)	
dF(x, d_1, d_2)	Funktionen für die F-Verteilung, wobei ($d_1, d_2 > 0$) die Freiheitsgrade darstellen und gilt $x > 0$. $0 \leq p < 1$.
pF(x, d_1, d_2)	
qF(x, d_1, d_2)	
rF(x, d_1, d_2)	
dgamma(x, s)	Funktionen für die Gamma-Verteilung, wobei $s > 0$ der Formparameter ist und gilt $x \geq 0$. $0 \leq p < 1$.
pgamma(x, s)	
qgamma(p, s)	
rgamma(m, s)	
dgeom(k, p)	Funktionen für die geometrische Verteilung, wobei $0 < p \leq 1$ die Trefferwahrscheinlichkeit ist und k eine nicht negative ganze Zahl. r ist die Trefferwahrscheinlichkeit bei einem einzigen Versuch.
pgeom(k, p)	
qgeom(p, r)	
rgeom(m, p)	
dhypergeom(M, a, b, n)	Funktionen für die hypergeometrische Verteilung, wobei M, a, b und n ganze Zahlen sind, wobei gilt $0 \leq M \leq a$, $0 \leq n - M \leq b$ und $0 \leq n \leq a + b$. $0 \leq p < 1$.
phypergeom(M, a, b, n)	
qhypergeom(p, a, b, n)	
rhypergeom(m, a, b, n)	
dlnorm(x, μ, σ)	Funktionen für die logarithmische Normalverteilung, wobei μ der logarithmische Mittelwert ist, und $\sigma > 0$ die logarithmische Abweichung. $x > 0$. $0 \leq p < 1$.
plnorm(x, μ, σ)	
qlnorm(p, μ, σ)	
rlnorm(m, μ, σ)	
dlogis(x, l, s)	Funktionen für die logistische Verteilung, wobei l der Positionsparameter ist, $s > 0$ der Skalenparameter. $0 < p < 1$.
plogis(x, l, s)	
qlogis(p, l, s)	
rlogis(m, l, s)	

dnbinom(k, n, p)	Funktionen für die negative Binomialfunktion, wobei $0 < p \leq 1$ gilt und n und k ganze Zahlen sind, mit $n > 0$ und $k \geq 0$.
pnbinom(k, n, p)	
qnbinom(p, n, r)	
rnbinom(m, n, p)	
dnorm(x, μ, σ)	Funktionen für die Normalverteilung, wobei μ und σ die mittlere und die Standardabweichung darstellen. $\sigma > 0$.
pnorm(x, μ, σ)	
qnorm(p, μ, σ)	
rnorm(m, μ, σ)	
dpois(k, λ)	Funktionen für die Poisson-Verteilung, wobei $\lambda > 0$ und k eine nicht negative ganze Zahl ist. $0 \leq p \leq 1$.
ppois(k, λ)	
qpois(p, λ)	
rpois(m, λ)	
dt(x, d)	Funktionen für die Student'sche t -Verteilung, wobei $d > 0$ die Freiheitsgrade angeben. $0 < p < 1$.
pt(x, d)	
qt(p, d)	
rt(m, d)	
dunif(x, a, b)	Funktionen für die gleichmäßige Wahrscheinlichkeitsverteilung, wobei b und a die Endpunkte des Intervalls sind, mit $a \leq x \leq b$. $0 \leq p \leq 1$.
punif(x, a, b)	
qunif(p, a, b)	
runif(m, a, b)	
dweibull(x, s)	Funktionen für die Weibull-Verteilung, wobei $s > 0$ den Formparameter darstellt und $x > 0$ gilt. $0 < p < 1$.
pweibull(x, s)	
qweibull(p, s)	
rweibull(m, s)	

Tipp Zwei weitere Funktionen, die für Wahrscheinlichkeitsberechnungen sehr nützlich sind, sind $rnd(x)$, was $runif(1, 0, x)$ entspricht, und $knorm(x)$, das $pnorm(x, 0, 1)$ entspricht.

Interpolation und Prognose

Hinweis Wenn Sie in den in diesem Abschnitt beschriebenen Funktionen Felder als Argumente verwenden, sollten Sie darauf achten, dass jedes Feldelement einen Datenwert enthält. Mathcad weist allen Elementen, die Sie nicht explizit zugewiesen haben, eine 0 zu. Beachten Sie deshalb auch die Einstellung von ORIGIN.

<code>bspline(vx, vy, u, n)</code>	Gibt einen Vektor mit den Koeffizienten eines B-Splines n -ten Grads zurück, der in der Funktion <i>interp</i> verwendet wird. Die Knotenpunkte des Splines sind im Vektor u angegeben. vx und vy müssen reelle Vektoren derselben Länge sein. Die Werte in vx müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.
<code>kspline(vx, vy)</code>	Gibt einen Vektor mit den Koeffizienten eines kubischen Splines mit kubischen Endpunkten zurück, der in der unten beschriebenen Funktion <i>interp</i> verwendet wird. Die Werte in vx müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.
<code>interp(vs, vx, vy, x)</code>	Gibt den interpolierten y -Wert für das Argument x zurück. Der Vektor vs nimmt Zwischenergebnisse auf, die mit <i>bspline</i> , <i>kspline</i> , <i>lspline</i> oder <i>pspline</i> oder den Regressionsroutinen <i>regress</i> oder <i>loess</i> unter Verwendung der Datenvektoren vx und vy ermittelt wurden. vx und vy müssen reelle Vektoren derselben Länge sein. Die Werte in vx müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.
<code>linterp(vx, vy, x)</code>	Gibt für die Datenvektoren vx und vy einen linear interpolierten Wert für das Argument x zurück. vx und vy müssen reelle Vektoren derselben Länge sein. Die Werte in vx müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.
<code>lspline(vx, vy)</code>	Gibt einen Vektor mit Koeffizienten eines kubischen Splines mit linearen Endpunkten zurück, der in der <i>interp</i> -Funktion verwendet wird. vx und vy müssen reelle Vektoren derselben Länge sein. Die Werte in vx müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.
<code>prognose(v, m, n)</code>	Gibt n Prognosewerte basierend auf m aufeinander folgenden Werten des Datenvektors v zurück. Die Elemente in v sollten Beispiele enthalten, die in denselben Intervallen festgehalten wurden. m und n sind ganze Zahlen.
<code>pspline(vx, vy)</code>	Gibt einen Vektor mit Koeffizienten eines kubischen Splines mit parabolischen Endpunkten zurück, der in der <i>interp</i> -Funktion verwendet wird. vx und vy müssen reelle Vektoren derselben Länge sein. Die Werte in vx müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.

Bei der *Interpolation* werden existierende Datenpunkte verwendet, um Werte zwischen diesen Datenpunkten vorherzusagen. Die Berechnung von interpolierten Ergebnissen für Werte *außerhalb* des vorliegenden Datenbereichs ist daher nicht sinnvoll. Mathcad erlaubt Ihnen, die Datenpunkte mit geraden Linien (lineare Interpolation) oder mit Abschnitten eines kubischen Polynoms (kubische Spline-Interpolation) zu verbinden. Anders als die im nächsten Abschnitt beschriebenen Regressionsfunktionen geben diese Interpolationsfunktionen eine Kurve zurück, die die von Ihnen vorgegebenen Punkte durchlaufen muss. Wenn Ihre Daten starke Abweichungen aufweisen, sollten Sie stattdessen Regressionsfunktionen verwenden (siehe Seite 227).

Die *kubische Spline-Interpolation* legt eine Kurve durch mehrere Punkte, so dass die erste und zweite Ableitung der Kurve an jedem Punkt stetig ist. Diese Kurve wird erzeugt, indem durch drei benachbarte Punkte ein kubisches Polynom gelegt wird. Diese kubischen Polynome werden dann zur eigentlichen Kurve verbunden. Bei »tradi-

tionellen« kubischen Splines definieren die zu interpolierenden Punkte so genannte »Knoten«, an denen die Polynome verbunden werden, aber B-Splines (die durch die Funktion *bspline* implementiert werden) erlauben Ihnen, die Polynome an beliebigen Punkten zu verbinden.

Die *lineare Prognose* verwendet bereits existierende Datenwerte, um neben den existierenden Werten zusätzliche Werte vorherzusagen.

Die von den Funktionen für die Spline-Interpolation (*bspline*, *kspline*, *lspline* und *pspline*) und die Regressionsfunktionen (*regress* und *loess*) zurückgegebenen Koeffizienten werden der *interp*-Funktion von Mathcad übergeben. *interp* gibt einen einzigen interpolierten y-Wert für einen vorgegebenen x-Wert zurück. In der Praxis werden Sie *interp* für viele verschiedene Punkte auswerten, wie in Abbildung 10.7 gezeigt. Dann ist es sinnvoll, die von den Spline- oder Regressionsfunktionen zurückgegebenen Koeffizienten in einem Vektor abzulegen (wie beispielsweise **vs** in Abbildung 10.7), der *interp* zur Auswertung, zur Ausgabe oder zu weiteren Berechnungen übergeben werden kann.

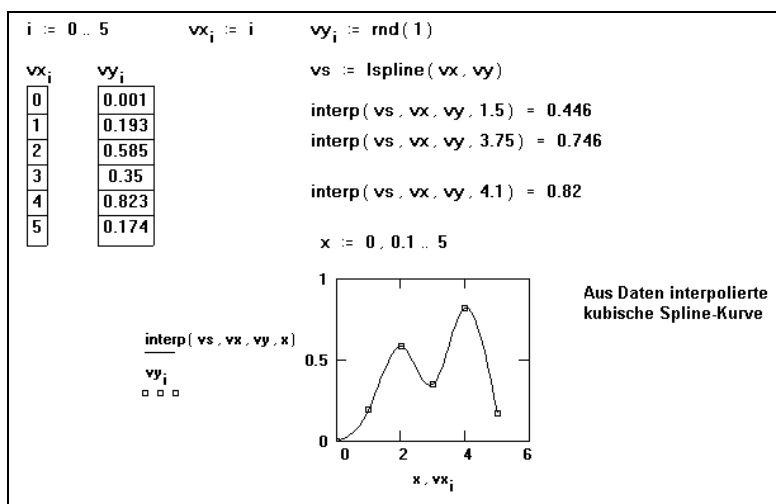


Abbildung 10.7: Spline-Kurven für die in x und y abgelegten Werte. Weil der Zufallszahlengenerator immer wieder andere Zahlen erzeugt, können sich die hier abgebildeten Werte von Ihrem Beispiel unterscheiden.

Tipp

Die besten Ergebnisse für die Spline-Interpolation erzielen Sie, wenn Sie die *interp*-Funktion nicht für x -Werte verwenden, die sich weit entfernt von den vorgegebenen Punkten befinden. Splines werden für die Interpolation, nicht für die Extrapolation bereitgestellt.

Hinweis

Mathcad behandelt die *zweidimensionale kubische Spline-Interpolation* ganz ähnlich wie im eindimensionalen Fall demonstriert: In diesem Fall nimmt die Spline-Funktion zwei Matrixargumente entgegen, **Mxy** und **Mz**. Das erste ist eine $n \times 2$ -Matrix, die die Punkte entlang der Diagonalen eines rechteckigen Rasters angibt, das zweite ist eine $n \times n$ -Matrix mit z -Werten, die die zu interpolierende Oberfläche darstellen. Mathcad

zeigt diese Oberfläche durch ein Punkteraster an. Sie entspricht einem kubischen Polynom in x und y , wobei die erste und zweite partielle Ableitung über jeden Rasterpunkt stetig in der entsprechenden Richtung sind. Ein Beispiel dafür sehen Sie in den Datenanalyse-QuickSheets im Informationszentrum (wählen Sie im HILFE-Menü den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM).

Regressions- und Glättungsfunktionen

Mathcad beinhaltet zahlreiche Funktionen für die *Regression*. In der Regel erzeugen diese Funktionen eine Kurve oder Oberfläche eines vorgegebenen Typs, der gewissermaßen den Fehler zwischen sich selbst und den von Ihnen übergebenen Daten minimiert. Die Funktionen unterscheiden sich hauptsächlich in dem Kurven- oder Oberflächentyp, den sie einsetzen. Anders als Interpolationsfunktionen ist es hier nicht nötig, dass die ermittelte Kurve oder Oberfläche die von Ihnen vorgegebenen Punkte durchläuft, deshalb sind diese Funktionen auch nicht so empfindlich gegenüber Ausreißerdaten.

Bei der *Glättung* werden y - (und möglicherweise x -) Werte übernommen. Zurückgegeben wird ein neuer Satz an y -Werten, der glatter als die Ausgangsmenge ist. Anders als Regressions- und Interpolationsfunktionen erzeugt die Glättung einen neuen Satz y -Werte, keine Funktion, die zwischen den von Ihnen vorgegebenen Datenpunkten ausgewertet werden kann. Wenn Sie die y -Werte *zwischen* den von Ihnen vorgegebenen y -Werten benötigen, sollten Sie eine Regressions- oder Interpolationsfunktion verwenden.

Lineare Regression

<code>achsenabschn(vx, vy)</code>	Gibt einen Skalar zurück; der Achsenabschnitt der Regressionslinie für die Datenpunkte in vx und vy .
<code>neigung(vx, vy)</code>	Gibt einen Skalar zurück: die Steigung der Regressionslinie für die Datenpunkte in vx und vy .
<code>stderr(vx, vy)</code>	Gibt den Standardfehler für die lineare Regression der Elemente von vy auf die Elemente von vx zurück.
<code>medanp(vx, vy)</code>	Gibt den Standardfehler für die lineare Regression der Elemente von vy auf die Elemente von vx mit Hilfe der Median-Median-Regression zurück.

Polynomiale Regression

<code>regress(vx, vy, n)</code>	Gibt einen Vektor mit Koeffizienten für die multivariable Fehlerquadrat-Polynomanpassung n -ten Grades der Antwortdaten vy gegen die Faktoren Mx zurück.
<code>loess(vx, vy, span)</code>	Gibt einen Vektor zurück, der eine Menge von Polynomen zweiter Ordnung enthält, die am besten mit den in den Parametern vx und vy spezifizierten Umgebungsdatenpunkten übereinstimmt. Das Argument <i>span</i> , $span > 0$, gibt an, wie groß <i>loess</i> die Umgebung betrachtet, wenn diese lokale Regression ausgeführt wird.

Diese Funktionen sind praktisch, wenn Sie in einer Messung y -Werte ermittelt haben, die x -Werten entsprechen (oder möglicherweise mehreren x -Werten), durch die ein Polynom gelegt werden soll.

Wenn Sie ein einziges Polynom suchen, das für alle Ihre Datenwerte geeignet ist, verwenden Sie *regress*. Die *regress*-Funktion ermöglicht es Ihnen, ein Polynom beliebiger Ordnung zu suchen. Aus praktischen Gründen sollen Sie jedoch keine Werte höher $n = 4$ verwenden.

Die *loess*-Funktion führt eine lokalere Regression aus. Statt ein einziges Polynom zu erzeugen, erzeugt sie ein anderes Polynom zweiter Ordnung, abhängig davon, an welchem Punkt der Kurve Sie sich befinden. Dazu wertet sie die Daten in einer kleinen Umgebung eines Punktes aus, an dem Sie interessiert sind.

Bei den Spline-Interpolationsfunktionen werden die von *regress* und *loess* zurückgegebenen Koeffizienten an die *interp*-Funktion von Mathcad weitergegeben. *interp* gibt einen einzigen interpolierten y -Wert für einen vorgegebenen x -Wert zurück. In der Praxis sollten Sie *interp* jedoch für mehrere verschiedene Punkte auswerten.

Hinweis

Mit Hilfe von *regress* und *loess* kann Mathcad auch eine *multivariate* polynomiale Regression durchführen, um y -Werte an zwei oder mehrere Variablen anzupassen. In diesem Fall sind die beiden ersten Argumente der Regressionsfunktion **Mx** und **vy**: Das erste ist eine $n \times m$ -Matrix, die die m -Werte eines n -Prädiktors angibt, und das zweite ist ein Vektor von Ausgabedaten, die den Faktoren von **Mx** entsprechen. Ein Beispiel hierfür finden Sie in den QuickSheets »Datenanalysen« des Informationszentrums (wählen Sie aus dem HILFE-Menü den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM). Sie können unabhängige Variablen hinzufügen, indem Sie Spalten im **Mx**-Feld und eine entsprechende Anzahl an Zeilen in den Vektor einfügen, den Sie an die *interp*-Funktion weitergeben.

Spezielle Regression

<code>expaup(vx, vy, vg)</code>	Gibt die Parameterwerte für die Exponentialkurve $a \cdot e^{(b \cdot x)} + c$ zurück, die die Daten in vx und vy am besten annähern. Der Vektor vg bestimmt die Schätzwerte für die drei unbekannten Parameter a , b , und c . Beachten Sie auch das Beispiel in Abbildung 10.8.
<code>lgspan(vx, vy, vg)</code>	Gibt die Parameterwerte für die logistische Kurve $a / (1 + b \cdot e^{(-c \cdot x)})$ zurück, die die Daten in vx und vy am besten annähern. Der Vektor vg bestimmt die Schätzwerte für die drei unbekannten Parameter a , b , und c .
<code>logaup(vx, vy, vg)</code>	Gibt die Parameterwerte für die logarithmische Kurve $a \cdot \ln(x)^b + c$ zurück, die die Daten in vx und vy am besten annähern. Der Vektor vg bestimmt die Schätzwerte für die drei unbekannten Parameter a , b , und c .

`pwransp(vx, vy, vg)`

Gibt die Parameterwerte für die Potenzkurve $a \cdot x^b + c$ zurück, die die Daten in **vx** und **vy** am besten annähern. Der Vektor **vg** bestimmt die Schätzwerte für die drei unbekannten Parameter *a*, *b*, und *c*.

`sinansp(vx, vy, vg)`

Gibt die Parameterwerte für die Sinuskurve $a \cdot \sin(x + b) + c$ zurück, die die Daten in **vx** und **vy** am besten annähern. Der Vektor **vg** bestimmt die Schätzwerte für die drei unbekannten Parameter *a*, *b*, und *c*.

Verwenden Sie diese Funktionen, wenn eine Reihe gemessener, den *x*-Werten entsprechende *y*-Werte vorliegen und Sie einen bestimmten Kurventyp durch diese *y*-Werte hindurch anpassen möchten. Die auf Seite 230 beschriebene *genansp*-Funktion lässt Sie zwar eine auf jede Funktion passende Kurve erstellen, die hier genannten Funktionen erleichtern Ihnen die Arbeit allerdings erheblich. Verwenden Sie diese, wenn Sie auf die bestimmten Funktionskurven, die Sie erstellen möchten, zutreffen.

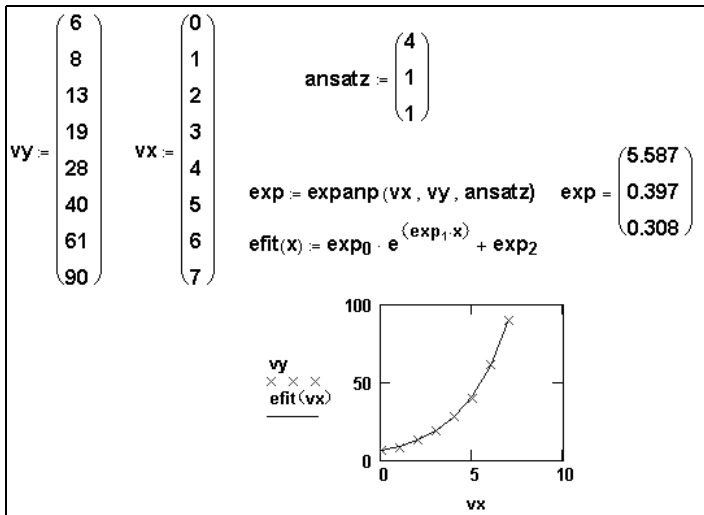


Abbildung 10.8: Mit *genansp* finden Sie Parameter für eine Funktion, so dass sie den Daten am besten entspricht. Beachten Sie, dass Sie im Funktions-Vektor unterhalb der anzupassenden Funktion als weitere Gleichungen die partiellen Ableitungen nach den jeweiligen Parametern eingeben müssen.

Allgemeine Regression

`linansp(vx, vy, F)`

Gibt einen Vektor mit den Koeffizienten für die lineare Kombination der Funktionen in **F**, die am besten für die *x*-*y*-Daten in den Vektoren **vx** und **vy** passen, zurück. Die Elemente von **vx** sollten in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.

genanp(vx, vy, vg, F) Gibt die Parameter für die beste Anpassung durch die (möglicherweise nichtlineare) Funktion zurück, die durch f für die Datenpunkte in den Vektoren \mathbf{vx} und \mathbf{vy} definiert ist. \mathbf{F} ist eine Funktion, die einen $n+1$ -Elementvektor zurückgibt, der f und seine partiellen Ableitungen in Hinblick auf die n Parameter enthält. \mathbf{vg} ist ein n -Element-Vektor mit Schätzwerten für die n Parameter.

linanp soll Ihre Daten durch eine lineare Kombination beliebiger Funktionen modellieren:

$$y = a_0 \cdot f_0(x) + a_1 \cdot f_1(x) + \dots + a_n \cdot f_n(x)$$

genanp soll Ihre Daten durch beliebige (möglicherweise nichtlineare) Funktionen modellieren, deren Parameter ausgewählt werden. Wenn Ihre Daten beispielsweise am besten durch die folgende Summe modelliert werden

$$f(x) = 2 \cdot \sin(a_1 x) + 3 \cdot \tanh(a_2 x)$$

und Sie eine Lösung für die unbekannten Parameter a_1 und a_2 suchen, verwenden Sie *genanp*. Ein Beispiel für *genanp* finden Sie in Abbildung 10.9.

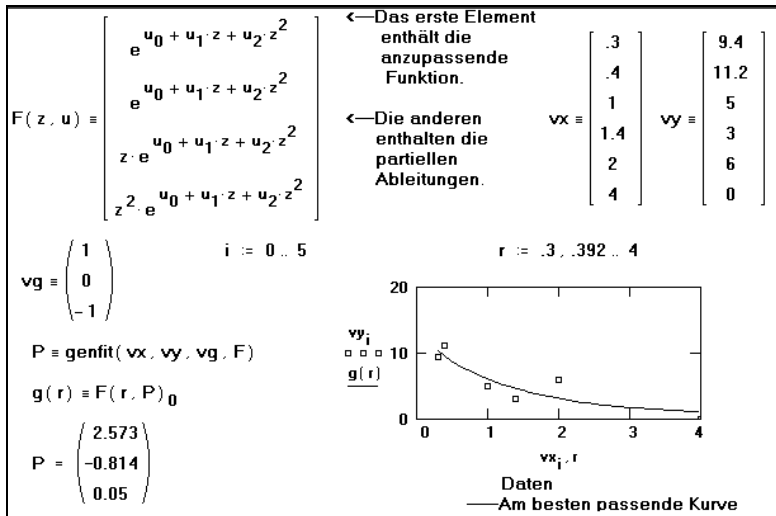


Abbildung 10.9: Mit *genanp* finden Sie die Parameter für eine Funktion, so dass sie den Daten am besten entspricht.

Alles, was Sie mit *linanp* tun können, ist auch mit *genanp* möglich – wenn auch weniger bequem. Der Unterschied zwischen den beiden Funktionen ist der Unterschied zwischen der Lösung eines linearen Gleichungssystems und der Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems. Nichtlineare Gleichungssysteme müssen im Allgemeinen durch Iteration gelöst werden, was erklärt, warum *genanp* einen Vektor mit Schätzwerten als Argument braucht, *linanp* dagegen nicht.

Glättungsfunktionen

<code>medgltt(vy, n)</code>	Gibt einen aus n Elementen bestehenden Vektor zurück, der durch die Glättung von \mathbf{vy} mit gleitenden Mittelwerten entsteht. \mathbf{vy} ist ein n -Element-Vektor mit reellen Zahlen. n ist die Breite des Fensters, über die die Glättung erfolgt. n muss eine ungerade Zahl sein, die kleiner als die Anzahl der Elemente in \mathbf{vy} ist.
<code>kgltt(vx, vy, b)</code>	Gibt einen aus n Elementen bestehenden Vektor zurück, der durch Glättung mit Hilfe eines Gauß'schen Kerns entsteht, um gewichtete Durchschnittswerte von \mathbf{vy} zu erzeugen. \mathbf{vy} und \mathbf{vx} sind n -Elemente-Vektoren mit realen Zahlen. Die Bandbreite b steuert das Glättungsfenster und sollte ein Vielfaches des Abstands zwischen Ihren x -Datenpunkten darstellen. Die Elemente in \mathbf{vx} müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.
<code>strgltt(vx, vy)</code>	Gibt einen aus m Elementen bestehenden Vektor zurück, der durch die stückweise Ausführung eines symmetrischen linearen MKQ-Anpassungsverfahrens unter Berücksichtigung des k am nächsten stehenden Nachbarn entsteht, wobei k der jeweiligen Situation angepasst wird. \mathbf{vy} und \mathbf{vx} sind n -Element-Vektoren mit realen Zahlen. Die Elemente von \mathbf{vx} müssen in aufsteigender Reihenfolge vorliegen.

medgltt ist die robusteste der drei Glättungsfunktionen, weil sie am wenigsten durch Ausreißerdaten beeinflusst wird. Diese Funktion verwendet gleitende Mittelwerte, berechnet die verbleibenden Punkte, glättet sie auf dieselbe Weise und addiert die beiden geglätteten Vektoren. Beachten Sie, dass *medgltt* die letzten $(n-1)/2$ Punkte unverändert beibehält. In der Praxis sollte die Länge des Glättungsfensters, n , im Vergleich zur Länge der Datenmenge klein gewählt werden.

kgltt verwendet einen Gauß'schen Kern, um lokal gewichtete Durchschnittswerte für den Eingabevektor \mathbf{vx} zu berechnen. Diese Glättung ist praktisch, wenn Ihre Daten innerhalb einer relativ konstanten Bandbreite liegen. Liegen Ihre Daten mit großen Schwankungen verstreut, sollten Sie eine adaptive Glättung verwenden, beispielsweise *strgltt*, das ebenfalls in Mathcad bereitgestellt wird. *strgltt* verwendet eine MKQ-Prozedur, um mehrere Liniensegmente durch Ihre Daten zu legen. Anders als *kgltt*, das eine feste Bandbreite für alle Ihre Daten verwendet, wählt *strgltt* jeweils verschiedene Bandbreiten für verschiedene Datenabschnitte aus.

Finanzfunktionen

Die hier aufgeführten Funktionen für Ihre persönlichen Finanzen führen verschiedene Berechnungen durch, die Ihnen bei Entscheidungen bezüglich Krediten und Investitionen helfen werden. Alle Finanzfunktionen akzeptieren nur reale Werte. Ausgehende Zahlungen, wie Einzahlungen auf ein Konto oder Zahlung eines Darlehns, müssen als negative Zahlen angegeben werden. Eingehende Zahlungen, wie z. B. Dividendenschecks, müssen als positive Zahlen angegeben werden. Wenn Sie den Zeitpunkt einer Zahlung festlegen möchten, können Sie die optionale Zeitvariable *type* verwenden.

Diese kann mit 0 für das Ende des Zeitraums und mit 1 für den Beginn des Zeitraums festgesetzt werden. Ansonsten ist die Einstellung für *type* 0.

Rate und Zeitraum

<code>verzper(zsatz, gw, zw)</code>	Gibt die zusammenhängenden Zeiträume an, die für einen zukünftigen Wert, <i>zw</i> , bei einem gegebenen gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , und einem gegebenen Zeitraum für den Zinssatz, <i>zsatz</i> , benötigt werden. <i>zsatz</i> > -1. <i>gw</i> > 0. <i>zw</i> > 0.
<code>fzins(nper, gw, zw)</code>	Gibt den festen Zinssatz an, der bei einem gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , für eine Investition benötigt wird, um einen zukünftigen Wert, <i>zw</i> , über einen vorgegebenen Zeitraum, <i>nper</i> , hinweg zu erzielen.
<code>nper(zsatz, zrate, gw, [[zw], [type]])</code>	Gibt die zusammenhängenden Zeiträume für eine Investition oder eine Anleihe auf der Grundlage periodischer konstanter Zahlungen, <i>zrate</i> , bei festen Zinssätzen, <i>zsatz</i> , und einem gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , an. Ansonsten gilt <i>zw</i> = 0 und <i>type</i> = 0. Wenn <i>zrate</i> > 0, dann müssen <i>zsatz</i> und <i>gw</i> gegensätzliche Zeichen sein.
<code>zsatz(nper, zrate, gw, [[zw], [type], [guess]])</code>	Gibt den Zinssatz einer Investition oder einer Anleihe pro Zeitraum über eine bestimmte Anzahl zusammenhängender Zeiträume, <i>nper</i> , hinweg bei periodischer konstanter Zahlung, <i>zrate</i> , und einem gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , an. Ansonsten gilt <i>zw</i> = 0, <i>type</i> = 0 und <i>guess</i> = 0,1 (10%).

Hinweis Wenn *zsatz* nach 20 Wiederholungen nicht mit 1×10^{-7} konvergiert, wird es zu einem Fehler. Setzen Sie in diesem Fall verschiedene Werte für *guess* ein. In den meisten Fällen konvergiert *zsatz*, wenn *guess* zwischen 0 und 1 liegt.

Kumulative Zinsen und Kapital

<code>kumzins(zsatz, nper, gw, start, end, [type])</code>	Gibt die kumulativen Zinsen für eine Anleihe zwischen dem Startzeitpunkt, <i>start</i> , und dem Endzeitpunkt, <i>end</i> , bei festgelegtem Zinssatz, <i>zsatz</i> , der Gesamtzahl der zusammenhängenden Zeiträume, <i>nper</i> , und dem gegenwärtigen Wert der Anleihe, <i>gw</i> , an. <i>zsatz</i> > 0. <i>nper</i> , <i>start</i> , und <i>end</i> sind positive ganze Zahlen. Ansonsten <i>type</i> = 0.
<code>kumtilg(zsatz, nper, gw, start, end, [type])</code>	Gibt das kumulative Kapital für eine Anleihe zwischen dem Startzeitpunkt, <i>start</i> , und dem Endzeitpunkt, <i>end</i> , bei festgelegtem Zinssatz, <i>zsatz</i> , der Gesamtzahl der zusammenhängenden Zeiträume, <i>nper</i> , und dem gegenwärtigen Wert der Anleihe, <i>gw</i> , an. <i>zsatz</i> > 0. <i>nper</i> , <i>start</i> , und <i>end</i> sind positive ganze Zahlen. Ansonsten <i>type</i> = 0.

Eine Hypothek wurde mit den folgenden Bedingungen aufgenommen:		
Zinssatz:	9% (jährlich)	Laufzeit: 30 Jahre
Aktueller Wert:	\$125,000	
Berechnen Sie die gesamten Zinsen (d. h. Zins und Zinseszins), die im 10. Jahr gezahlt werden (Zahlungen 121 bis 132):		
$zsatz := \frac{9\%}{12}$	$:= 30 \cdot 12$	$gw := 125000$
$:= 120$	$ende := 132$	
$kumzins(zsatz, nper, gw, start, ende) = -10815.54$		

Abbildung 10.10: Benutzung der Funktion kumzins.

Zinssatz

$eff(zsatz, nper)$	Gibt den jährlichen effektiven Zinssatz bei gegebenem nominalen Zinssatz, $zsatz$, und der Anzahl der zusammenhängenden Zeiträume pro Jahr, $nper$, an. $nper$ ist positiv.
$nom(zsatz, nper)$	Gibt den jährlichen nominalen Zinssatz bei gegebenem effektiven Zinssatz, $zsatz$, und der Anzahl der zusammenhängenden Zeiträume pro Jahr, $nper$, an. $zsatz > -1$. $nper$ ist positiv.

Zukünftiger Wert

$zw(zsatz, nper, zrate, [[gw], [type]])$	Gibt den zukünftigen Wert einer Investition oder einer Anleihe über eine Anzahl zusammenhängender Zeiträume, $nper$, hinweg bei periodischer konstanter Zahlung, $zrate$, und einem festen Zinssatz, $zsatz$, an. $nper$ ist eine positive ganze Zahl. Ansonsten $gw = 0$ und $type = 0$.
$zwzz(prin, v)$	Gibt den zukünftigen Wert eines Ausgangskapitals, $prin$, nach Anwendung einiger unter v gespeicherter Staffelnzinssätze an. v ist ein Vektor.
$zwz(zsatz, v)$	Gibt den zukünftigen Wert einer Auflistung von in regelmäßigen Abständen, v , eingehenden Barmittelzuschüssen an, die einen Zinssatz, $zsatz$, erbringen. v ist ein Vektor.

Hinweis Verwenden Sie bei Funktionen, die Informationen über Raten und Zeiträume erfordern, stets dieselben Zeiteinheiten. Wenn Sie zum Beispiel monatliche Zahlungen für eine auf vier Jahre angelegte Anleihe bei einem jährlichen Zinssatz von 12% leisten, geben Sie 1% als Zinssatz pro Zeitraum (Monat) und 48 Monate als Anzahl der Zeiträume an.

Zahlung

<code>zrate(zsatz, nper, gw, [[zw], [type]])</code>	Gibt die Zahlung für eine Investition oder eine Anleihe auf der Grundlage periodischer konstanter Zahlungen über eine Anzahl zusammenhängender Zeiträume, <i>nper</i> , hinweg bei einem festen Zinssatz, <i>zsatz</i> , und einem gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , an. <i>nper</i> ist eine positive ganze Zahl. Ansonsten ist der zukünftige Wert <i>zw</i> = 0 und <i>type</i> = 0.
<code>gesverz(zsatz, per, nper, gw, [[zw], [type]])</code>	Gibt die Zinszahlung einer Investition oder einer Anleihe für einen bestimmten Zeitraum, <i>per</i> , auf der Grundlage periodischer konstanter Zahlungen über eine Anzahl zusammenhängender Zeiträume, <i>nper</i> , hinweg bei einem festen Zinssatz, <i>zsatz</i> , und einem gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , an. <i>per</i> und <i>nper</i> sind positive ganze Zahlen. Ansonsten ist der zukünftige Wert <i>zw</i> = 0 und <i>type</i> = 0.
<code>trate(zsatz, nper, gw, [[zw], [type]])</code>	Gibt die Zinszahlung eines Kapitals, einer Investition oder einer Anleihe für einen bestimmten Zeitraum, <i>per</i> , auf der Grundlage periodischer konstanter Zahlungen über eine Anzahl zusammenhängender Zeiträume, <i>nper</i> , hinweg bei einem festen Zinssatz, <i>zsatz</i> , und einem gegenwärtigen Wert, <i>gw</i> , an. <i>per</i> und <i>nper</i> sind positive ganze Zahlen, <i>per</i> ≤ <i>nper</i> . Ansonsten ist der zukünftige Wert <i>zw</i> = 0 und <i>type</i> = 0.

Die monatliche Rückzahlungsrate für ein Darlehen in Höhe von DM 10.000 mit einem Jahreszinssatz von 8 %, das innerhalb von 10 Monaten zurückgezahlt werden muß:

$$\text{zsatz} := \frac{8\%}{12} \quad \text{nper} := 10 \quad \text{gw} := 10000 \quad \text{per} := 5$$

$$\text{pmt}(\text{zsatz}, \text{nper}, \text{gw}) = -1037.03$$

Der Zinsanteil der 5. Rate:

$$\text{gesverz}(\text{zsatz}, \text{per}, \text{nper}, \text{gw}) = -40.53$$

Der Tilgungsanteil der 5. Rate:

$$\text{trate}(\text{zsatz}, \text{per}, \text{nper}, \text{gw}) = -996.50$$

Abbildung 10.11: Benutzung der Funktionen *zrate*, *gesverz* und *trate*.

Interne Rückzahlungsrate

<code>izf(v, [guess])</code>	Gibt die interne Rückzahlungsrate für eine Reihe von Barmittelzuschüssen, <i>v</i> , die in regelmäßigen Abständen eingehen, an. <i>v</i> ist ein Vektor, der mindestens einen positiven und einen negativen Wert enthalten muss. Ansonsten <i>guess</i> = 0,1 (10%).
------------------------------	---

<code>mizf(v, fin_rate, rein_rate)</code>	Gibt die interne Rückzahlungsrate für eine Reihe von Barmittelzuschüssen, <code>v</code> , die in regelmäßigen Abständen eingehen, bei vorgegebenen Raten, die auf das geliehene Geld zahlbar sind, <code>fin_rate</code> , an. <code>v</code> ist ein Vektor, der mindestens einen positiven und einen negativen Wert enthalten muss.
---	--

Hinweis Wenn `izf` nach 20 Wiederholungen nicht mit 1×10^{-5} eines Anteils konvergiert, wird es zu einem Fehler. Setzen Sie in diesem Fall verschiedene Werte für `guess` ein. In den meisten Fällen konvergiert `izf`, wenn `guess` zwischen 0 und 1 liegt.

Gegenwärtiger Wert

<code>gw(zsatz, nper, zrate, [[zw], [type]])</code>	Gibt den gegenwärtigen Wert einer Investition oder einer Anleihe auf der Grundlage periodischer konstanter Zahlungen über eine Anzahl zusammenhängender Zeiträume, <code>nper</code> , hinweg bei einem festen Zinssatz, <code>zsatz</code> , und der Zahlung, <code>zrate</code> , an.
<code>gnw(zsatz, v)</code>	Gibt den gegenwärtigen Nettowert einer Investition bei einem Diskontsatz, <code>zsatz</code> , und einer Reihe von Barmittelzuschüssen, <code>v</code> , die in regelmäßigen Abständen eingehen, an. <code>v</code> ist ein Vektor.

Hinweis `izf` und `gnw` sind zusammenhängende Funktionen. Die interne Rückzahlungsrate (`izf`) ist der Wert, für den der gegenwärtige Wert (`gnw`) null ist.

Funktionen zur Lösung von Differentialgleichungen

In einer Differentialgleichung lösen Sie nach einer *unbekannten Funktion* auf. Bei normalen Differentialgleichungen ist die unbekannte Funktion eine Funktion mit einer Variablen. Bei partiellen Differentialgleichungen ist die Unbekannte eine Funktion von zwei oder mehr Variablen.

Die einfachste Art, eine einzige Differentialgleichung irgendeiner Anordnung zu lösen, ist das Arbeiten mit einem Lösungsblock und der Funktion `gdglosen` (*ODE: Ordinary Differential Equation, gewöhnliche Differentialgleichung*). Um Gleichungssysteme zu lösen oder den Lösungsvorgang besser zu steuern, können Sie den allgemeinen Lösungsansatz für Differentialgleichungen, `rkfest`, verwenden. Sie können auch andere speziellere Funktionen für die Lösung von Differentialgleichungen anwenden.

Lösung einer Differentialgleichung mit Lösungsblock

<code>gdglosen(x, b, [step])</code>	Gibt eine Funktion von <code>x</code> zurück, die die Lösung einer einfachen Differentialgleichung darstellt. <code>b</code> ist der Endpunkt des Integrationsintervalls. <code>step</code> gibt die Anzahl der Schritte an.
-------------------------------------	--

Um eine einzelne Differentialgleichung einer beliebigen Ordnung zu lösen, verwenden Sie einen Lösungsblock und die Funktion *gdglösen*. Dieser Lösungsblock für die Lösung einer Differentialgleichung entspricht dem für die Lösung von Gleichungen beschriebenen Lösungsblock. Mit den folgenden drei Schritten können Sie einen Lösungsblock für Differentialgleichungen erstellen:

1. Geben Sie das Wort *Gegeben* (Vorgabe) ein. Sie können *Gegeben* in jeder beliebigen Art und Weise schreiben, solange Sie es nicht in einen Textbereich eingeben.
2. Geben Sie die Differentialgleichung und die Bedingungen in beliebiger Reihenfolge unterhalb des Worts *Gegeben* ein. Mit Hilfe des fettgedruckten Gleichheits-

zeichens (bzw. wenn Sie die Schaltfläche **=** in der Auswertungspalette anklicken oder **[Strg] + [=]** drücken) können Sie eine Gleichung erstellen. Die unabhängige Variable x muss ausdrücklich angegeben sein. Eine typische Bedingung für einen Anfangswert könnte $y(a)=c$ oder $y'(a)=d$ sein; Mathcad lässt keine komplexeren Bedingungen wie $y(a)+y'(a)=e$ zu. Die Differentialgleichung kann mit Hilfe der Ableitungsoperatoren d/dx , d^2/dx^2 , d^3/dx^3 ... (drücken Sie **?** oder **[Strg] + [#]**, um den Ableitungs- bzw. den n -ten Ableitungsoperator einzufügen) oder mit einer Primnotation $y'(x)$, $y''(x)$, $y'''(x)$, ... dargestellt werden (drücken Sie **[Strg] + [F7]** für ein Primsymbol).

3. Geben Sie schließlich die *gdglösen*-Funktion ein. Der Endpunkt b muss größer sein als der Anfangspunkt a .

Hinweis

Die Primnotation ist nur innerhalb des Lösungsblocks zulässig. Außerhalb des Lösungsblocks wird sie als Fehler erkannt.

Die Ausgabe von *gdglösen* ist eine Funktion von x , die aus einer Wertetabelle interpoliert wurde, welche durch die *rkfest*-Funktion mit der unten beschriebenen Methode aus festgelegten Schritten berechnet worden ist. Wenn Sie eine Methode mit adaptiven Schritten vorziehen, gehen Sie wie folgt vor:

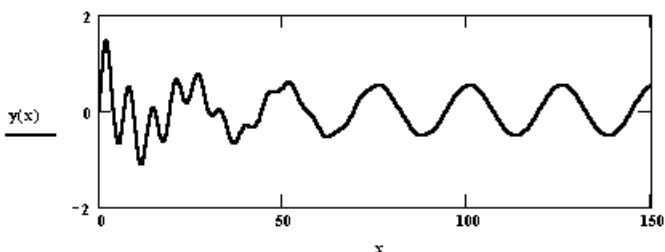
1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf *gdglösen*.
2. Wählen Sie aus dem Popup-Menü den Eintrag ADAPTIV.

Vorgabe

$$100 \cdot y''(x) + 10 \cdot y'(x) + 101 \cdot y(x) = 50 \cdot \cos\left(\frac{1}{4} \cdot x\right)$$

$$y(0) = 0 \quad y'(0) = 1$$

y := Gdglösen (x, 150)

**Vorgabe**

$$4 \cdot \frac{d^2}{dt^2} f(t) + f(t) = t \quad f(0) = 4 \quad f(5) = 13.5$$

f := Gdglösen (t, 5)

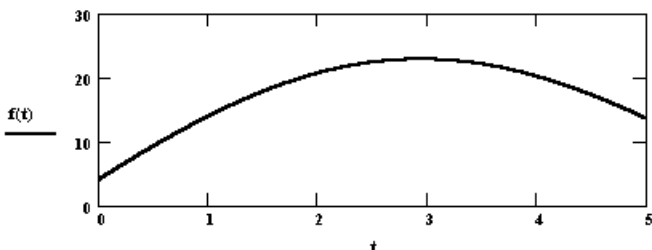


Abbildung 10.12: Lösung einer einzelnen Differentialgleichung

Hinweis Mathcad achtet sehr genau auf die Ausdrucksarten, die zwischen *Gegeben* und *gdglösen* auftreten. Die unteren Ableitungsterme können in der Differentialgleichung nicht-linear auftreten (z. B. multipliziert oder potenziert), der höchste Ableitungsterm muss hingegen linear erscheinen. Ungleichungsbedingungen sind nicht zulässig. Für eine Differentialgleichung n -ter Ordnung müssen n unabhängige Gleichheitsbedingungen vorliegen. Für ein Anfangswertproblem werden die Werte von $y(x)$ und seine erste $n-1$ -Ableitung an einem Anfangspunkt a benötigt. Für ein Grenzwertproblem sollten die n Gleichheitsbedingungen Werte für $y(x)$ und bestimmte Ableitungen an den beiden Punkten a und b vorgeben.

Allgemeine Lösungsansätze für Differentialgleichungen

Um Gleichungssysteme zu lösen oder den Anfangspunkt und die Anzahl der Punkte eines Intervalls zu bestimmen, an die eine Lösung angenähert werden soll, können Sie den Lösungsansatz für Differentialgleichungen, *rkfest*, benutzen. Sie können alternativ auch andere, speziellere Funktionen für die Lösung von Differentialgleichungen verwenden, wie in dem folgenden Abschnitt »Spezielle Lösungsansätze für Differentialgleichungen« beschrieben.

Differentialgleichungen erster Ordnung

Bei einer Differentialgleichung erster Ordnung ist die höchste Ableitung der unbekannten Funktion die erste Ableitung. *rkfest* verwendet die Runge-Kutta-Methode vierter Ordnung, um eine Differentialgleichung erster Ordnung zu lösen, und gibt eine zweispaltige Matrix zurück, wobei gilt:

- Die linke Spalte enthält die Punkte, an denen die Lösung der Differentialgleichung ausgewertet wird.
- Die rechte Spalte enthält die entsprechenden Lösungswerte.

<code>rkfest(y, x1, x2, npoints, D)</code>	
<code>y =</code>	Ein Vektor mit n Anfangswerten, wobei n die Ordnung der Differentialgleichung oder die Größe des zu lösenden Gleichungssystems darstellt. Für eine Differentialgleichung erster Ordnung beschränkt sich der Vektor auf einen einzigen Punkt, $y(0) = y(x1)$.
<code>x1, x2 =</code>	Die Randwerte des Intervalls, für die die Lösung der Differentialgleichungen ausgewertet wird. Die Anfangswerte in <code>y</code> sind die Werte an der Stelle <code>x1</code> .
<code>npoints</code>	Die Anzahl der Punkte hinter dem Ausgangspunkt, an denen die Lösung angenähert wird. Hiermit wird die Anzahl der Zeilen $(1 + npoints)$ in der Matrix bestimmt, die von <i>rkfest</i> zurückgegeben wird.
<code>D(x, y) =</code>	Eine vektorwertige Funktion mit n Elementen, die die ersten Ableitungen der unbekannten Funktionen enthält.

Abbildung 10.13 zeigt, wie die Differentialgleichung $dy/dx + 3 \cdot y = 0$ mit dem Anfangswert $y(0) = 4$ gelöst wird.

Hinweis Der schwierigste Teil beim Lösen einer Differentialgleichung, insbesondere bei nichtlinearen Differentialgleichungen, ist die Lösungsfindung für die erste Ableitung, so dass Sie die Funktion $\mathbf{D}(x, y)$ definieren können. In solchen Fällen ist es manchmal möglich, $y'(x)$ symbolisch zu lösen und diese Lösung in die Definition für $\mathbf{D}(x, y)$ einzufügen. Dazu verwenden Sie die Techniken zur symbolischen Lösungsfindung, die in Kapitel 14 beschrieben sind.

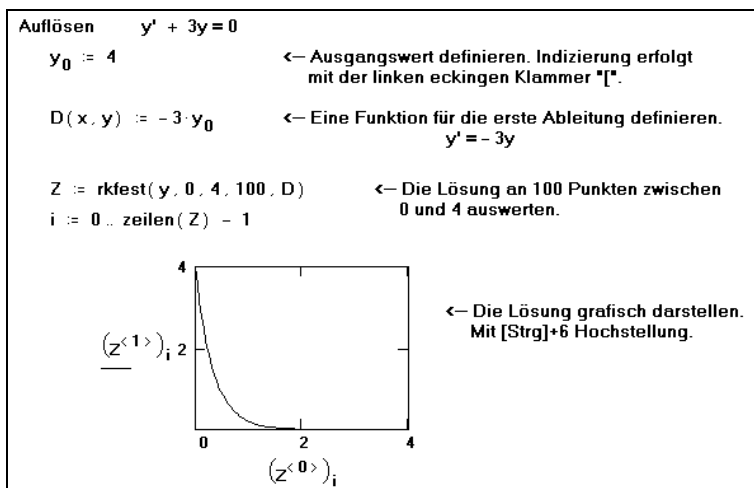


Abbildung 10.13: Lösung einer Differentialgleichung erster Ordnung

Differentialgleichungen zweiter und höherer Ordnung

rkfest kann auch genutzt werden, um Differentialgleichungen höherer Ordnung zu lösen. Eine Differentialgleichung zweiter Ordnung zeichnet sich durch die folgenden Eigenschaften aus:

- Der Vektor mit den Anfangswerten y hat jetzt zwei Elemente: den Wert der Funktion und ihre erste Ableitung am Anfangswert, x_1 .
- Die Funktion $D(t, y)$ ist jetzt ein Vektor mit zwei Elementen:

$$D(t, y) = \begin{bmatrix} y'(t) \\ y''(t) \end{bmatrix}$$

- Die Lösungsmatrix umfasst drei Spalten: die linke für die t -Werte, die mittlere für $y(t)$ und die rechte für $y'(t)$.

Abbildung 10.14 zeigt ein Beispiel für die Lösung von Differentialgleichungen zweiter Ordnung mit Hilfe von *rkfest*. Abbildung 10.12 zeigt ein Beispiel für die Verwendung von *gdg lösen*.

Tipp

Die Prozedur zur Lösung einer Differentialgleichung höherer Ordnung stellt eine Erweiterung der Lösung einer Differentialgleichung zweiter Ordnung dar. Die Unterschiede sind, dass der Vektor mit den Anfangswerten, y , jetzt n Elemente enthält, die die Anfangsbedingungen von y , y' , y'' , ..., $y^{(n-1)}$ festlegen; die Funktion D ist jetzt ein Vektor mit n Elementen, die den ersten n Ableitungen der unbekannten Funktionen entsprechen; und die Lösungsmatrix enthält n Spalten: die linke für die t -Werte, die restlichen für die Werte von $y(t)$, $y'(t)$, $y''(t)$, ..., $y^{(n-1)}(t)$.

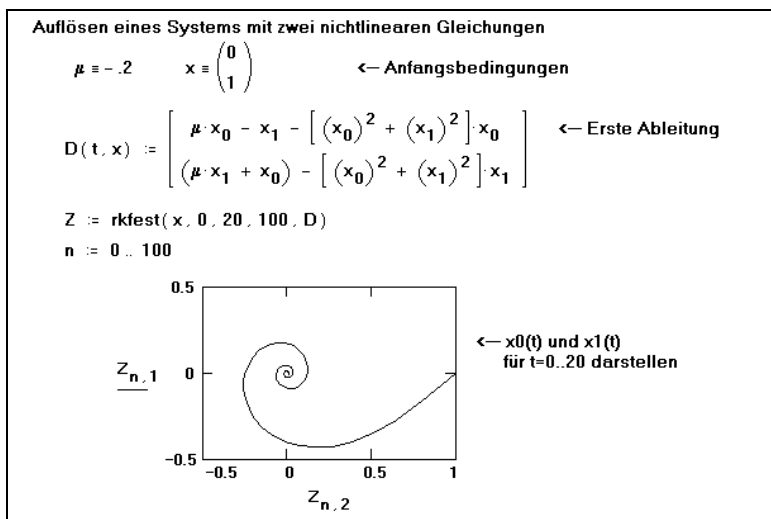


Abbildung 10.15: Ein System linearer Gleichungen der ersten Ordnung

Die Lösung eines Differentialgleichungssystems n -ter Ordnung ist der Lösung eines Differentialgleichungssystems erster Ordnung sehr ähnlich. Die größten Unterschiede sind:

- Der Vektor mit den Anfangsbedingungen muss zusätzlich zu den Anfangswerten für die Funktionen selbst Anfangsbedingungen für die $n-1$ -ten Ableitungen aller unbekannten Funktionen enthalten.
- Die vektorwertige Funktion muss zusätzlich zur n -ten Ableitung Ausdrücke für die $n-1$ -ten Ableitungen für alle unbekannten Funktionen enthalten.

rkfest gibt eine Matrix zurück, deren erste Spalte die Punkte enthält, für die die Lösungen und ihre Ableitungen berechnet werden sollen. Die restlichen Spalten enthalten die Lösungen und ihre Ableitungen, die an dem entsprechenden Punkt der ersten Spalte berechnet werden. Die Reihenfolge, in der die Lösung und ihre Ableitungen erscheint, entspricht der Reihenfolge, in der Sie sie in den Vektor mit den Ausgangsbedingungen geschrieben haben.

Spezielle Lösungsansätze für Differentialgleichungen

Mathcad beinhaltet mehrere spezialisierte Funktionen für die Lösung von Differentialgleichungen. Es gibt Situationen, für die diese speziellen Funktionen besser geeignet sind als das allgemeine *rkfest*. Diese Fälle können in drei Kategorien eingeteilt werden, wie im Folgenden gezeigt. Alle diese Funktionen lösen Differentialgleichungen *numerisch*:

Tipp

Beim Lösen einer Differentialgleichung sollten Sie mehrere Lösungsansätze verwenden, da ein bestimmter Lösungsansatz für Ihre Differentialgleichung besser geeignet sein kann als ein anderer.

Geglättete Systeme

Wenn Sie wissen, dass die Lösung glatt ist, verwenden Sie *Bulstoer*, die statt der Runge-Kutta-Methode von *rkfest* die Bulirsch-Stoer-Methode verwendet.

Bulstoer (*y*, *x1*, *x2*, *npoints*, **D**)

Die Argumenteliste und die Rückgabematrix von *Bulstoer* sind mit denen von *rkfest* identisch.

Langsam variierende Lösungen

Bei einer festen Anzahl Punkte können Sie eine Funktion exakter annähern, wenn Sie sie häufig auswerten, solange sie sich schnell ändert, und weniger häufig, wenn sie sich langsamer ändert, d. h. adaptiv einsetzen.

Rkadapt (*y*, *x1*, *x2*, *npoints*, **D**)

Die von *Rkadapt* zurückgegebene Argumentenliste und die Matrix sind mit der Ergebnismatrix von *rkfest* identisch.

Wenn Sie wissen, dass die Lösung diese Eigenschaft hat, sollten Sie *Rkadapt* verwenden. Anders als *rkfest* überprüft *Rkadapt*, wie häufig sich die Lösung ändert, und passt die Schrittweite entsprechend an.

Hinweis

Rkadapt verwendet zwar bei der Lösung der Differentialgleichung intern keine konstanten Schrittweiten, gibt jedoch die Lösung für Punkte mit gleichen Abständen zurück.

Stife Systeme

Ein System mit Differentialgleichungen der Form $\mathbf{y} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}$ ist ein steifes System, wenn die Matrix **A** annähernd singular ist. Unter diesen Bedingungen kann die von *rkfest* zurückgegebene Lösung oszillieren oder instabil sein. Wenn Sie ein steifes System auflösen, sollten Sie einen der beiden Lösungsansätze für Differentialgleichungen verwenden, die insbesondere dafür entwickelt wurden: *Stiffb* und *StiffR*, die die Bulirsch-Stoer-Methode bzw. die Rosenbrock-Methode verwenden. Sie nehmen dieselben Argumente wie *rkfest* sowie ein zusätzliches Argument entgegen.

Stiffb(*y*, *x1*, *x2*, *npoints*, **D**, **J**)

StiffR(*y*, *x1*, *x2*, *npoints*, **D**, **J**)

J(*x*, *y*) = Eine von Ihnen definierte Funktion, die die $n \times (n+1)$ -Matrix zurückgibt, deren erste Spalte die Ableitungen $\partial \mathbf{D} / \partial \mathbf{x}$ enthält, und deren restliche Zeilen und Spalten die Jakobinische Matrix $\partial \mathbf{D} / \partial \mathbf{y}_k$ für das Differentialgleichungssystem enthält. Beispielsweise gilt:

$$\mathbf{D}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \begin{bmatrix} x \cdot y_1 \\ -2 \cdot y_1 \cdot y_0 \end{bmatrix} \quad \text{dann} \quad \mathbf{J}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \begin{bmatrix} y_1 & 0 & x \\ 0 & -2 \cdot y_1 & -2 \cdot y_0 \end{bmatrix}$$

Eine Beschreibung der anderen Parameter finden Sie im Abschnitt für *rkfest*.

Auswertung des Randwerts

Wenn Sie nur die Lösung am Endpunkt benötigen, also $y(x_2)$, und nicht für die gleich weit voneinander entfernt liegenden x -Werte im Integrationsintervall zwischen x_1 und x_2 , verwenden Sie die im Folgenden beschriebenen Funktionen. Jede Funktion entspricht einer der bereits vorgestellten Funktionen. Die Eigenschaften dieser Funktionen sind identisch mit denen der entsprechenden groß geschriebenen Funktionen aus den letzten Abschnitten, bis auf die im Folgenden beschriebenen Argumente:

```
bulstoer(y, x1, x2, bes, D, kmax, save)
rkadapt(y, x1, x2, bes, D, kmax, save)
stiffb(y, x1, x2, bes, D, J, kmax, save)
stiffR(y, x1, x2, bes, D, J, kmax, save)
```

bes = Bestimmt die Genauigkeit der Lösung. Ein kleiner Wert für *bes* erzwingt, dass der Algorithmus eine kleinere Schrittweite verwendet und damit eine genauere Lösung berechnet. Werte von 0,001 ergeben genügend genaue Lösungen.

kmax = Die maximale Anzahl der Zwischenpunkte, für die die Lösung angenähert wird. Der Wert von *kmax* bildet eine Obergrenze für die Anzahl der Zeilen in der Ergebnismatrix dieser Funktion.

save = Der kleinste erlaubte Abstand zwischen den Werten, für die die Lösungen angenähert werden sollen. Damit wird eine Untergrenze für die Differenz zwischen zwei Werten in der ersten Spalte der Ergebnismatrix dieser Funktion geschaffen.

Grenzwertprobleme

Die oben beschriebenen speziellen Lösungsansätze für Differentialgleichungen sind praktisch, um *Anfangswertprobleme* zu lösen. In einigen Fällen brauchen Sie jedoch den Wert der Lösung an den Endpunkten des Integrationsintervalls – das ist ein *Grenzwertproblem* (oder auch *Randwertproblem*).

Um ein Grenzwertproblem in Mathcad zu lösen, können Sie die Funktion *gdglösen* anwenden wie im Abschnitt »Lösung einer Differentialgleichung mit Lösungsblock« beschrieben oder die hier beschriebenen Funktionen *sgrw* oder *grwanp* anwenden.

Zwei-Punkte-Grenzwertprobleme

Zwei-Punkte-Grenzwertprobleme stellen eindimensionale Differentialgleichungssysteme dar, deren Lösung eine Funktion einer einzigen Variablen ist. Der Wert der Lösung ist an zwei Punkten bekannt. Verwenden Sie *sgrw* in den folgenden Fällen:

- Sie haben eine Differentialgleichung n -ter Ordnung.
- Sie kennen einige der Werte für die Lösung, aber nicht alle, ebenso wie ihre ersten $n - 1$ Ableitungen am Anfang des Integrationsintervalls x_1 und am Ende des Integrationsintervalls x_2 .

- Zwischen dem, was Sie über die Lösung an den Stellen $x1$ und $x2$ wissen, haben Sie n bekannte Werte.

sgrw gibt einen Vektor zurück, der die Anfangswerte enthält, die für den ersten Endpunkt des Intervalls nicht angegeben waren. Nachdem Sie die fehlenden Anfangswerte an der Stelle $x1$ kennen, haben Sie nun nur noch ein Anfangswertproblem vorliegen, das mit einer der anderen in diesem Abschnitt beschriebenen Funktionen gelöst werden kann.

sgrw(v, x1, x2, D, load, score)

v = Vektor der Schätzwerte für die Ausgangswerte, die in $x1$ nicht spezifiziert wurden.

x1, x2 = Die Endpunkte des Intervalls, für das die Lösung der Differentialgleichungen berechnet wird.

D(x, y) = Eine n -elementige vektorwertige Funktion mit den ersten Ableitungen der unbekannten Funktionen.

load(x1, v) = Eine vektorwertige Funktion, deren n Elemente den Werten der n unbekannten Funktionen an der Stelle $x1$ entsprechen. Einige dieser Werte sind Konstanten, die durch Ihre Anfangsbedingungen festgelegt sind. Andere sind zunächst unbekannt, werden aber durch *sgrw* ermittelt. Ist ein Wert unbekannt, sollten Sie den entsprechenden Schätzwert aus **v** verwenden.

score(x2, y) = Eine vektorwertige Funktion, die dieselbe Anzahl Elemente wie **v** enthält. Jedes Element stellt die Differenz zwischen der Anfangsbedingung an der Stelle $x2$ und der entsprechenden Annäherung der Lösung dar. Der *score*-Vektor ermittelt, wie eng die vorgeschlagene Lösung mit den Anfangsbedingungen an der Stelle $x2$ übereinstimmt. Haben alle Elemente den Wert 0, besteht eine perfekte Übereinstimmung zwischen der Anfangsbedingung und der Rückgabe von *sgrw*.

In Anfangswert konvertieren:		$y^{(5)} + y = 0$	$y(0) = 0$	$y'(0) = 7$	
			$y(1) = 1$	$y'(1) = 10$	$y''(1) = 5$
$v := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$	\leftarrow Schätzwert für	$y''(0)$ $y'''(0)$ $y^{iv}(0)$		$\begin{bmatrix} 0 \\ 7 \\ v_0 \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$	\leftarrow bekannt $y(0)$ \leftarrow bekannt $y'(0)$ Unbekannte Anfangsbedingungen. Aufzulösen nach sbval.
$D(x, y) := \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ -y_0 \end{bmatrix}$	\leftarrow D Vektor für die	Differentialgleichung: $y^{(5)}+y=0$	$\text{load}(x1, v) :=$		
			$\text{score}(x2, y) = \begin{pmatrix} y_0 - 1 \\ y_1 - 10 \\ y_2 - 5 \end{pmatrix}$	\leftarrow Unterschied zwischen berechneten und gegebenen Werte von y.	
$S := \text{sbval}(v, 0, 1, D, \text{load}, \text{score})$					
$S = \begin{pmatrix} -85.014 \\ 348.107 \\ -516.257 \end{pmatrix}$	$\leftarrow y''(0)$ $\leftarrow y'''(0)$ $\leftarrow y^{iv}(0)$	Fehlende Anfangsbedingungen. Aufzulösen nach rkfest.			

Abbildung 10.16: Mit *sgrw* ermitteln Sie die Anfangswerte vorgegebener Endwerte einer Lösung für eine Differentialgleichung.

Hinweis Wie in Abbildung 10.12 gezeigt, gibt *sgrw* nicht wirklich die Lösung für eine Differentialgleichung zurück. Sie berechnet nur die Anfangswerte, die die Lösung haben muss, damit sie mit den von Ihnen vorgegebenen Endwerten übereinstimmt. Sie übernehmen die von *sgrw* zurückgegebenen Anfangswerte und lösen das daraus resultierende Anfangswertproblem unter Verwendung einer Funktion wie beispielsweise *rkfest*.

Es ist möglich, dass Sie nicht alle Informationen haben, die Sie für *sgrw* brauchen, aber etwas über die Lösung und ihre ersten $n - 1$ Ableitungen an einem bestimmten Zwischenwert wissen, beispielsweise *xf*. *grwanp* löst ein Zwei-Punkt-Grenzwertproblem dieser Art, indem sie sich von den Endpunkten entfernt und die Lösung und ihre Ableitungen an dem Zwischenpunkt verwendet. Diese Methode ist insbesondere dann praktisch, wenn die Ableitung irgendwo im Integrationsintervall eine Unstetigkeit aufweist.

grwanp(**v1**, **v2**, *x1*, *x2*, *xf*, **D**, **load1**, **load2**, **score**)

v1, **v2** = Vektor **v1** enthält die Schätzwerte für die Anfangswerte, die in *x1* nicht spezifiziert wurden. Vektor **v2** enthält die Schätzwerte für die Anfangswerte, die in *x2* nicht spezifiziert wurden.

x1, *x2* = Die Endpunkte des Intervalls, für die die Lösung der Differentialgleichungen berechnet wird.

xf = Ein Punkt zwischen *x1* und *x2*, an dem die Pfade der Lösungen beginnend bei *x1* und der beginnend bei *x2* gleich sind.

D(x, \mathbf{y}) = Eine n -elementige vektorwertige Funktion mit den ersten Ableitungen der unbekannten Funktionen.

load1($x1, \mathbf{v1}$) = Eine vektorwertige Funktion, deren n Elemente den Werten der n unbekannten Funktionen an der Stelle $x1$ entsprechen. Einige dieser Werte sind Konstanten, die durch Ihre Anfangsbedingungen festgelegt werden. Ist ein Wert unbekannt, sollten Sie den entsprechenden Schätzwert aus **v1** verwenden.

load2($x2, \mathbf{v2}$) = Analog zu **load1**, wird aber für Werte verwendet, die den n unbekannten Funktionen an der Stelle $x2$ entsprechen.

score(xf, \mathbf{y}) = Eine n -elementige vektorwertige Funktion, die angibt, wie die Lösungen für xf übereinstimmen sollen. In der Regel definieren Sie $score(xf, \mathbf{y}) := \mathbf{y}$, so dass die Lösungen aller unbekannten Funktionen mit xf übereinstimmen.

Partielle Differentialgleichungen

Ein zweiter Typ des Grenzwertproblems liegt vor, wenn Sie eine partielle Differentialgleichung lösen. Statt auf zwei Punkte begrenzt zu sein, gilt die Lösung für ein ganzes Kontinuum von Punkten, die irgendeine Grenze darstellen.

Zwei partielle Differentialgleichungen, die in der Analyse physischer Systeme häufig vorkommen, sind die Poisson'sche Gleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \rho(x, y)$$

und ihre homogene Form, die Laplace'sche Gleichung.

Tipp

Um ein Symbol für eine partielle Differentialgleichung wie $\frac{\partial}{\partial x}$ einzugeben, fügen Sie

den Ableitungsoperator $\frac{d}{dx}$ durch die Eingabe von **?** ein, klicken Sie mit der rechten

Maustaste auf den Ableitungsoperator und wählen Sie aus dem Popup-Menü den Eintrag ABLEITUNG BETRACHTEN ALS \Rightarrow PARTIELLE ABLEITUNG.

Mathcad beinhaltet zwei Funktionen für die Lösung dieser Gleichungen über eine quadratische Grenze. Sie sollen *relax* verwenden, wenn Sie den Wert kennen, den die unbekannte Funktion $u(x, y)$ auf allen vier Seiten eines quadratischen Bereichs annimmt.

Ist $u(x, y)$ für alle vier Seiten des Quadrats gleich Null, können Sie *multigit* einsetzen, die das Problem häufig schneller als *relax* löst. Beachten Sie, dass wenn die Grenzbedingung auf allen vier Seiten dieselbe ist, Sie die Gleichung einfach in ein Äquivalent umwandeln können, für das der Wert aller vier Seiten gleich Null ist.

relax gibt eine quadratische Matrix zurück, in der gilt:

- Die Position eines Elements in der Matrix entspricht seiner Position innerhalb des quadratischen Bereichs, und

■ ihr Wert ist eine Annäherung des Werts der Lösung an dieser Stelle.

Diese Funktion verwendet die Relaxations-Methode, um zur Lösung hin zu konvergieren. Die Poisson'sche Gleichung für eine quadratische Domäne wird repräsentiert durch:

$$a_{j,k} u_{j+1,k} + b_{j,k} u_{j-1,k} + c_{j,k} u_{j,k+1} + d_{j,k} u_{j,k-1} + e_{j,k} u_{j,k} = f_{j,k}$$

`relax(a, b, c, d, e, f, u, rjac)`

a ... e = Quadratische Matrizen derselben Größe mit den Koeffizienten der oben beschriebenen Gleichung.

f = Quadratische Matrix mit dem Quellterm an jedem Punkt im Bereich, für den die Lösung gilt.

u = Quadratische Matrix mit den Grenzwerten entlang der Kanten des Bereichs und Schätzwerten für die Lösung innerhalb des Bereichs.

rjac = Spektralradius der Jacobi'schen Iteration. Diese Zahl zwischen 0 und 1 steuert die Konvergenz des Relaxationsalgorithmus. Ihr optimaler Wert ist davon abhängig, wie detailliert Ihr Problem ist.

`multigit(M, ncycle)`

M = Quadratische Matrix mit $(1 + 2^n)$ Zeilen, deren Elemente dem Quellterm an dem entsprechenden Punkt in der quadratischen Domäne entsprechen.

ncycle = Die Anzahl der Zyklen auf jeder Ebene der *multigit*-Iteration. Der Wert 2 stellt im Allgemeinen eine ausreichende Annäherung für die Lösung dar.

Verschiedene Funktionen

Ausdruckstyp

<code>IsArray(x)</code>	Gibt 1 zurück, wenn <i>x</i> eine Matrix oder ein Feld ist, andernfalls 0.
<code>IsScalar(x)</code>	Gibt 1 zurück, wenn <i>x</i> eine reale oder komplexe Zahl ist, andernfalls 0.
<code>IsString(x)</code>	Gibt 1 zurück, wenn <i>x</i> eine Zeichenfolge ist, andernfalls 0.
<code>EinhVon(x)</code>	Gibt die Einheiten von <i>x</i> zurück, andernfalls 0.

Funktionen für Zeichenfolgen

<code>verkett(<i>S1</i>, <i>S2</i>, <i>S3</i>, ...)</code>	Gibt eine Zeichenfolge zurück, die gebildet wird, indem Zeichenfolge <i>S2</i> an das Ende von <i>S1</i> angehängt wird, <i>S3</i> an das Ende von <i>S2</i> usw.
<code>Fehler(<i>S</i>)</code>	Gibt die Zeichenfolge <i>S</i> als Fehlerbeschreibung aus. Wenn Mathcad die <i>fehler</i> -Funktion auswertet, wird der Ausdruck rot hervorgehoben, und die weitere numerische Auswertung ist nicht möglich. Wenn Sie auf den Ausdruck klicken, wird die Zeichenfolge als Erklärung für den Fehler angezeigt.
<code>zahlzlf(<i>z</i>)</code>	Gibt eine Zeichenfolge zurück, die entsteht, indem die reelle oder komplexe Zahl <i>z</i> in eine dezimalwertige Zeichenfolge umgewandelt wird.
<code>strtpos(<i>S</i>, <i>S1</i>, <i>m</i>)</code>	Gibt die Anfangsposition der Teilzeichenfolge <i>S1</i> im String <i>S</i> beginnend an Position <i>m</i> ein, oder -1, falls keine Teilzeichenkette gefunden wurde. <i>m</i> ist eine positive ganze Zahl.
<code>zfinzahl(<i>S</i>)</code>	Gibt eine Konstante zurück, die gebildet wird, indem die Zeichen der Zeichenfolge <i>S</i> in eine Zahl umgewandelt werden. <i>S</i> darf nur Zeichen enthalten, die eine ganze Zahl, eine Fließkommazahl, eine komplexe Zahl oder eine Exponentialzahl wie beispielsweise 4.51e-3 enthalten. Leerzeichen werden ignoriert.
<code>zfinvek(<i>S</i>)</code>	Gibt einen Vektor mit ASCII-Codes zurück, der den Zeichen in der Zeichenfolge <i>S</i> entspricht.
<code>zflänge(<i>S</i>)</code>	Gibt die Anzahl der Zeichen in der Zeichenfolge <i>S</i> zurück.
<code>subzf(<i>S</i>, <i>m</i>, <i>n</i>)</code>	Gibt eine Teilzeichenkette von <i>S</i> zurück, beginnend mit dem Zeichen an der <i>m</i> -ten Position und mit höchstens <i>n</i> Zeichen. <i>m</i> und <i>n</i> sind positive ganze Zahlen.
<code>vekinzf(<i>v</i>)</code>	Gibt eine Zeichenfolge zurück, die durch die Konvertierung eines Vektors <i>v</i> mit ASCII-Codes in Zeichen entsteht. Die Elemente von <i>v</i> müssen ganze Zahlen zwischen 0 und 255 sein.

Die Zeichenketten, die von diesen Funktionen verwendet und zurückgegeben werden, werden in einen mathematischen Platzhalter eingegeben, indem das doppelte Anführungszeichen (") und eine beliebige Anzahl von Buchstaben, Ziffern und anderen ASCII-Zeichen geschrieben werden. Mathcad stellt den Zeichenfolgenausdruck automatisch zwischen doppelte Anführungszeichen und zeigt auch um ein Zeichenfolgenergebnis Anführungszeichen an.

Hinweis Bei der Auswertung der Funktionen *strtpos* und *subzf* setzt Mathcad voraus, dass sich das erste Zeichen in einer Zeichenfolge an der Position 0 befindet.

Funktionen für den Dateizugriff

Das Dateiarargument für eine Dateizugriffsfunktion ist eine Zeichenfolge – oder eine Variable, der eine Zeichenfolge zugewiesen wurde –, die die folgenden Dinge repräsentieren kann:

- Den Namen der Daten- oder Bilddatei in dem Ordner des Mathcad-Arbeitsblatts, das Sie gerade bearbeiten
- Den Namen einer Farbtabelle-Datei (siehe Seite 251) im CMAP-Ordner Ihres Mathcad-Installationsordners
- Einen vollständigen oder relativen Pfad zu einer Daten-, Bild- oder Farbtabelle-Datei, die sich an einer anderen Stelle eines lokalen oder Netzwerkdateisystems befindet

ASCII-Datendateien lesen und schreiben

PRNLESEN(<i>datei</i>)	Liest eine strukturierte Datendatei. Gibt eine Matrix zurück. Jede Zeile in der Datendatei wird zu einer Zeile der Matrix. Alle Zeilen müssen dieselbe Anzahl Elemente enthalten. Diese Funktion wird normalerweise wie folgt verwendet: A := PRNLESEN(<i>datei</i>)
PRNSCHREIBEN(<i>datei</i>)	Schreibt eine Matrix in eine Datendatei. Jede Zeile wird zu einer Zeile in der Datei. Diese Funktion wird in Definitionen der folgenden Art verwendet: PRNSCHREIBEN(<i>datei</i>) := A .
PRNANFÜGEN(<i>datei</i>)	Fügt eine Matrix an eine bereits existierende Datei an. Jede Zeile in der Matrix wird zu einer neuen Zeile in der Datendatei. Diese Funktion wird in Definitionen der Form PRNANFÜGEN(<i>datei</i>) := A verwendet. Existierende Daten müssen genau so viele Spalten wie A haben.

Dateien im ASCII-Format bestehen ausschließlich aus Zahlen, die durch Kommata, Leerzeichen oder Zeilenschaltungen voneinander getrennt sind. Die Zahlen in den Datendateien können ganze Zahlen wie **3** oder **-1** sein, Fließkommazahlen wie **2.54**, oder Zahlen im Exponentialformat, wie beispielsweise **4.51E-4** (für $4.51 \cdot 10^{-4}$).

Tipp

Die Funktionen für den Zugriff auf ASCII-Dateien werden hauptsächlich der Kompatibilität mit Arbeitsblättern aus früheren Mathcad-Versionen halber bereitgestellt. Allgemeinere Funktionen zum Importieren und Exportieren von Daten in den unterschiedlichsten Formaten werden durch die Lesen/Schreiben-Funktionen realisiert. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 11.

Bilddateien lesen und schreiben

<code>BMPLESEN(<i>datei</i>)</code>	Erzeugt eine Matrix mit einer Graustufendarstellung des Bildes in <i>datei</i> , die im BMP-Format vorliegt. Jedes Element der Matrix entspricht einem einzelnen Pixel. Der Wert eines Matrixelements bestimmt die Grauschattierung des zugehörigen Pixels. Die Elemente stellen ganze Zahlen zwischen 0 (schwarz) und 255 (weiß) dar.
<code>RGBLESEN(<i>datei</i>)</code>	Erzeugt eine Matrix, in der Farbinformationen aus <i>datei</i> , die im BMP-Format vorliegt, als Rot-, Grün- und Blauwerte dargestellt werden. Diese Matrix besteht aus drei Teilmatrizen, die jeweils dieselbe Anzahl Zeilen und Spalten aufweisen. Jedem Pixel sind drei Matrixelemente zugeordnet. Die Elemente sind ganze Zahlen zwischen 0 und 255. Die drei korrespondierenden Elemente bilden die Pixelfarbe.
<code>BMPSCHREIBEN(<i>datei</i>)</code>	Erzeugt aus der Matrix eine BMP-Datei mit Grauschattierungen. Wird in Definitionen der folgenden Form eingesetzt: $\text{BMPSCHREIBEN}(\textit{datei}) := \mathbf{A}.$
<code>RGBSCHREIBEN(<i>datei</i>)</code>	Erzeugt aus einer Matrix, in der ein Bild im RGB-Format abgelegt ist, eine Farb-BMP-Datei. Wird in Definitionen in der folgenden Form eingesetzt: $\text{RGBSCHREIBEN}(\textit{datei}) := \mathbf{A}.$
<code>BILD_LESEN(<i>datei</i>)</code>	Erzeugt eine Matrix mit einer Graustufendarstellung des Bildes in <i>datei</i> , die im BMP-, GIF-, JPG- oder TGA-Format vorliegt.
<code>HLSLESEN(<i>datei</i>)</code> <code>HSVLESEN(<i>datei</i>)</code>	Erzeugt eine Matrix, in der die Farbinformationen aus <i>Dateien</i> im Format BMP, GIF, JPG oder TGA durch die entsprechenden Werte für Farbton, Helligkeit und Sättigung (HLS, Hue, Lightness und Saturation) dargestellt werden.
<code>RGB_RLESEN(<i>datei</i>)</code> <code>RGB_GLESEN(<i>datei</i>)</code> <code>RGB_BLESEN(<i>datei</i>)</code>	Extrahiert nur die Rot-, Grün- oder Blau-Komponente aus einem Farbbild im BMP-, GIF-, JPG- oder TGA-Format. Das Ergebnis umfasst ein Drittel der Spaltenanzahl, die <code>RGBLESEN</code> zurückgibt.
<code>HLS_TON_LESEN(<i>datei</i>)</code> <code>HLS_HELL_LESEN(<i>datei</i>)</code> <code>HLS_SAT_LESEN(<i>datei</i>)</code>	Extrahiert nur die Komponenten für Farbton, Helligkeit oder Sättigung aus einem Farbbild im BMP-, GIF-, JPG- oder TGA-Format. Das Ergebnis umfasst ein Drittel der Spaltenanzahl, die <code>HLSLESEN</code> zurückgibt.
<code>HSV_TON_LESEN(<i>datei</i>)</code> <code>HSV_SAT_LESEN(<i>datei</i>)</code> <code>HSV_WERT_LESEN(<i>datei</i>)</code>	Extrahiert nur die Komponenten für Farbton, Sättigung oder Wert aus einem Farbbild im BMP-, GIF-, JPG- oder TGA-Format. Das Ergebnis umfasst ein Drittel der Spaltenanzahl, die <code>HSVLESEN</code> zurückgibt.

HLSSCHREIBEN(<i>datei</i>)	Erzeugt eine Farb-BMP-Datei aus einer Matrix, in der das Bild im HLS-Format abgelegt ist. Wird in Definitionen der folgenden Form verwendet: HLSSCHREIBEN(<i>datei</i>) := A .
HSVSCHREIBEN(<i>datei</i>)	Erzeugt eine Farb-BMP-Datei aus einer Matrix, in der das Bild im HSV-Format abgelegt ist. Wird in Definitionen der folgenden Form verwendet: HSVSCHREIBEN(<i>datei</i>) := A .

WAV-Dateien lesen und schreiben

Mit den folgenden Funktionen können Sie Informationen aus WAV-Dateien nach dem PCM-Verfahren von Microsoft lesen, schreiben und abrufen.

WAVLESEN (<i>Datei</i>)	Erzeugt eine Matrix mit n -Spalten, die n -Kanälen der WAV-Datei <i>Datei</i> entspricht.
WAVSCHREIBEN (<i>Datei</i> , r , b)	Erzeugt die WAV-Datei <i>Datei</i> aus einer Matrix mit der angegebenen Sample-Rate r und der Anzahl Bits pro Sample bzw. der Bit-Auflösung b . r und b müssen ganze Zahlen sein. Muss in einer Definition der Form WAVSCHREIBEN (<i>Datei</i> , r , b) := A verwendet werden.
WAV_INFO (<i>Datei</i>)	Gibt einen Vektor in der sortierten Reihenfolge der Kanäle, der Sample-Rate, der Bit-Auflösung und der durchschnittlichen Bytes pro Sekunde der WAV-Datei <i>Datei</i> zurück.

Funktionen für 3D-Diagramme

Farbtabellen laden und speichern

LadeFarbwerte(<i>datei</i>)	Gibt ein Feld mit den Werten der Farbtabelle <i>datei</i> zurück.
SpeichernFarbwerte(<i>datei</i> , M)	Erzeugt eine Farbtabellendatei mit den Werten aus dem dreispaltigen Feld M . Gibt die Anzahl der Zeilen zurück, die in <i>datei</i> geschrieben wurden.

Eine Farbtabelle (colormap) ist eine .CMP-Datei mit drei Spalten, deren Werte die Rot-, Grün- und Blau-Komponenten darstellen. Sie können eine Farbtabelle auf eine 3D-Ausgabe anwenden, wie im Abschnitt »Füllfarbe« auf Seite 304 beschrieben. Die Werte in einer Farbtabelle sollten zwischen 0 und 255 liegen. Standardmäßig speichert Mathcad Farbtabellen im Ordner CMAPS in Ihrem Mathcad-Ordner und lädt sie von dort auch.


3D-Darstellung von Polyedern

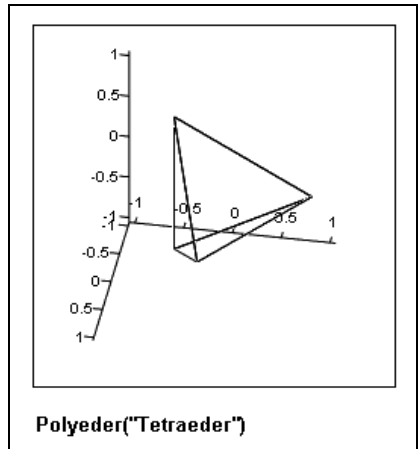
PolyInfo (<i>n</i>)	Gibt einen Vektor zurück, der den Namen, den dualen Namen und das Wythoff-Symbol für den einheitlichen Polyeder enthält, dessen Zahlencode <i>n</i> lautet. <i>n</i> ist eine ganze Zahl kleiner als 81, ein als Zeichenfolge dargestellter Name oder ein als Zeichenfolge dargestelltes Wythoff-Symbol.
Polyeder(<i>S</i>)	Erzeugt einen einheitlichen Polyeder, dessen Name, Zahlencode oder Wythoff-Symbol als Zeichenfolge dargestellt wird.

Die Prozedur zur Lösung einer Differentialgleichung höherer Ordnung stellt eine Erweiterung der Lösung einer Differentialgleichung zweiter Ordnung dar. Die Unterschiede sind, dass der Vektor mit den Startwerten, *y*, jetzt *n* Elemente enthält, die die Ausgangsbedingungen von *y*, *y'*, *y''*, ..., *y⁽ⁿ⁻¹⁾* festlegen; die Funktion **D** ist jetzt ein Vektor mit *n* Elementen, die den ersten *n* Ableitungen der unbekannten Funktionen entsprechen; und die Lösungsmatrix enthält *n* Spalten: die linke für die *t*-Werte, die restlichen für die Werte von *y(t)*, *y'(t)*, *y''(t)*, ..., *y⁽ⁿ⁻¹⁾(t)*.

Einheitliche Polyeder sind Polyeder, deren Scheitelpunkte kongruent sind. Sie haben einen Namen, eine Zahl, einen dualen Namen (Name eines anderen Polyeders) und ein Wythoff-Symbol. Das Wythoff-Symbol und den dualen Namen eines Polyeders können Sie mit Hilfe von *Poly-Info* ermitteln.

Um ein einheitliches Polyeder zu zeichnen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt. Wählen Sie aus dem EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒FLÄCHENDIAGRAMM.
2. Geben Sie die Polyeder-Funktion durch das entsprechende Zeichenfolge-Argument in den Platzhalter ein.
3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste.



Kapitel 11

Vektoren, Matrizen und Datenfelder

Felder anlegen

Zugriff auf Feldelemente

Felder anzeigen

Die Arbeit mit Feldern

Verschachtelte Felder

Felder anlegen

Eine Möglichkeit, ein Feld zu erzeugen, ist die Ausführung des Befehls **MATRIX** im **EINFÜGEN**-Menü. Damit wird ein Feld mit leeren Platzhaltern angelegt, in die Sie direkt Ausdrücke eingeben. Diese Technik ist nur für kleine Felder vorgesehen, aber sie ermöglicht es, Felder für die unterschiedlichsten Mathcad-Ausdrücke anzulegen, nicht nur für Zahlen. Der folgende Abschnitt beschreibt diese Technik, ebenso wie Ansätze zum Anlegen von Feldern beliebiger Größe:

- Verwendung von Bereichsvariablen zum Füllen der Elemente. Diese Technik ist praktisch, wenn Sie eine explizite Formel für die Feldelemente im Hinblick auf ihre Indizes anwenden.
- Verwendung der Komponente **DATEI LESEN/SCHREIBEN**, um Daten unterschiedlichster Formate aus externen Dateien zu importieren
- Manuelle Eingabe von Zahlen in einer Eingabetabelle, wie Sie sie aus Tabellenkalkulationen kennen


Anders als der Befehl **MATRIX EINFÜGEN** können diese Prozeduren jedoch nur genutzt werden, um Felder mit reinen Zahlenelementen anzulegen.

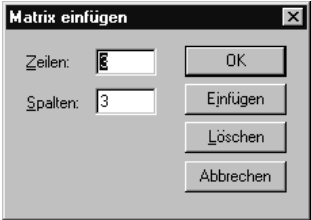
Hinweis Welche Größe die von Ihnen angelegten Felder annehmen dürfen, ist davon abhängig, wie viel Speicher Ihnen zur Verfügung steht – in der Regel mindestens 1 Million Elemente. In keinem System können mehr als 8 Millionen Elemente abgelegt werden.

Den Befehl Matrix einfügen

Um in Mathcad einen Vektor oder eine Matrix einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:


- 1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich oder auf einen Platzhalter in einem Rechenbereich.
- 2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag MATRIX, oder klicken Sie in der Vektor- und

Matrixpalette auf . Das Dialogfeld MATRIX EINFÜGEN erscheint:



- 3. Geben Sie die Anzahl der Elemente in die Textfelder ZEILEN und SPALTEN ein. Um beispielsweise einen Vektor mit drei Elementen zu erzeugen, geben Sie 3 und 1 ein.
- 4. Ein Feld mit leeren Platzhaltern erscheint auf Ihrem Arbeitsblatt.



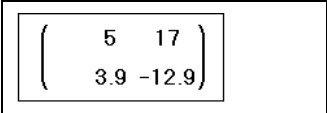
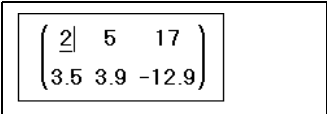
Jetzt tragen Sie die Feldelemente ein. Für Felder, die mit der oben beschriebenen Technik angelegt wurden, nehmen die Platzhalter beliebige Mathcad-Ausdrücke auf. Klicken Sie einfach auf den betreffenden Platzhalter und geben Sie eine Zahl oder einen Ausdruck ein. Mit Hilfe des  bewegen Sie sich zwischen den Platzhaltern weiter.

Hinweis Felder, die mit dem Befehl MATRIX aus dem EINFÜGEN-Menü angelegt wurden, sind auf 100 Elemente beschränkt.

Größenänderungen für Vektoren oder Matrizen

Die Größe einer Matrix wird geändert, indem Zeilen und Spalten eingefügt bzw. entfernt werden.

- 1. Klicken Sie auf eines der Matrixelemente, so dass es zwischen den Bearbeitungslinien angezeigt wird. An dieser Stelle werden Elemente hinzugefügt oder entfernt.
- 2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag MATRIX. Geben Sie an, wie viele Zeilen und/oder Spalten eingefügt oder gelöscht werden sollen. Drücken Sie EINFÜGEN oder LÖSCHEN.





Um beispielsweise die Spalte zu löschen, die das ausgewählte Element enthält, geben Sie in das Textfeld »Spalten 1« ein, in das Textfeld »Zeilen 0« und drücken LÖSCHEN.

Hinweis Wenn Sie Zeilen oder Spalten einfügen, fügt Mathcad Zeilen unterhalb und Spalten rechts von dem ausgewählten Element ein. Wenn Sie Zeilen oder Spalten löschen, beginnt Mathcad mit der Zeile oder Spalte des ausgewählten Elements und löscht von dort nach unten bzw. rechts. Um eine Zeile oberhalb der obersten Zeile oder links von der ersten Spalte einzufügen, platzieren Sie die gesamte Matrix zwischen den Bearbeitungslinien.

Felder mit Hilfe von Bereichsvariablen anlegen

Wie im Abschnitt »Bereichsvariablen« auf Seite 148 beschrieben, können Sie eine oder mehrere Bereichsvariablen nutzen, um die Elemente eines Felds zu füllen. Wenn Sie beispielsweise in einer Gleichung zwei Bereichsvariablen einsetzen, durchläuft Mathcad alle Werte jeder dieser Bereichsvariablen. Das ist eine praktische Funktion für die Definition von Matrizen. Um beispielsweise eine 5×5-Matrix zu definieren, deren *i,j*-tes Element gleich *i + j* ist, geben Sie die in Abbildung 11.1 gezeigten Gleichungen ein.

Der Bereichsvariablen-Operator wird durch Eingabe eines Semikolons (;) oder durch Anklicken von  auf der Kalkulator-Palette eingefügt. Der Index-Operator wird durch Anklicken von  in der Matrix-Palette spezifiziert.

Die Gleichung $x_{i,j}$ wird für jeden Wert jeder Bereichsvariablen berechnet – insgesamt 25 Berechnungen. Das Ergebnis ist die unten in Abbildung 11.1 gezeigte Matrix mit 5 Spalten und 5 Zeilen. Das Element in der *i*-ten Zeile und *j*-ten Spalte ist *i + j*.

Hinweis Für die Definition eines Feldelements darf eine Bereichsvariable nur ganzzahlige Werte enthalten.

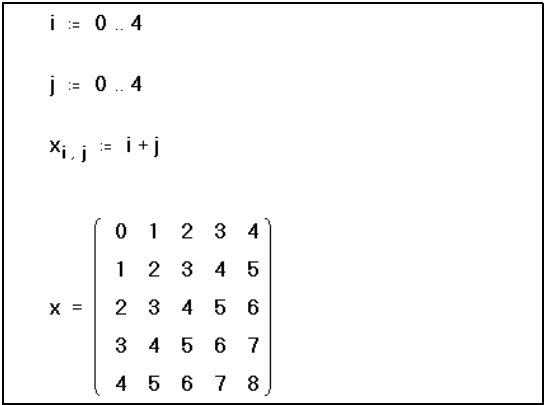


Abbildung 11.1: Definition einer Matrix unter Verwendung von Bereichsvariablen

Tipp Einzelne Feldelemente können auch mit Hilfe des Index-Operators eingefügt werden, wie im Abschnitt »Zugriff auf Feldelemente« auf Seite 259 noch beschrieben wird.

Lesen einer Datendatei

Mathcad bietet die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN, um eine Datendatei zu lesen und Daten in einer Feldvariablen zu speichern.

Hinweis

Eine Komponente ist ein spezielles OLE-Objekt, das Sie in ein Mathcad-Arbeitsblatt einfügen, um eine Verknüpfung zwischen dem Arbeitsblatt und einer Datenquelle oder einer anderen Applikation einzurichten. Weitere Informationen über Komponenten finden Sie in Kapitel 16. Falls es sich speziell um das Einlesen von Excel-Dateien handelt, dann verwechseln Sie diese Dateikomponente bitte nicht mit der Excel-Komponente aus einer Datei. Ein geänderter Inhalt in der XLS-Datei kann nur durch Verwendung der Datei-Komponente berücksichtigt werden, welche diese Excel-Datei bei jeder Neuberechnung erneut einliest.

Sie können Daten aus Dateien in den verschiedensten Formaten lesen, unter anderem:

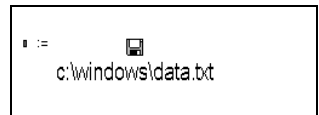
- Excel (*.XLS)
- MATLAB (*.MAT)
- Lotus 1-2-3 (*.WK*)
- ASCII-Editoren (*.DAT, *.CSV, *.PRN, *.TXT)

Tipp

Mathcad stellt zahlreiche vordefinierte Funktionen für das Importieren von ASCII-Datendateien und Bilddateien zur Verfügung, wie im Abschnitt »Funktionen für den Dateizugriff« auf Seite 249 beschrieben wird.

Um Daten mit Hilfe der Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN zu lesen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich Ihres Arbeitsblatts.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTEN.
3. Wählen Sie in der Liste den Eintrag DATEIEN LESEN/SCHREIBEN und klicken Sie auf WEITER. Der Assistent DATEI LESEN/SCHREIBEN wird aufgerufen.
4. Wählen Sie AUS EINER DATEI LESEN und drücken Sie auf WEITER.
5. Geben Sie den Typ der Datendatei an, die gelesen werden soll, ebenso den Pfad zur Datendatei (den Sie auch mit DURCHSUCHEN finden).
6. Drücken Sie auf FERTIG STELLEN. Sie sehen das Icon für die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN, ebenso den Pfad zu der Datendatei. Wenn Sie beispielsweise die Datendatei data.txt im C:\WINDOWS-Ordner angegeben haben, sehen Sie die rechts dargestellte Komponente:



Geben Sie in den Platzhalter den Namen der Mathcad-Variablen ein, in die die Daten aus der Datei geschrieben werden sollen. Sobald Sie außerhalb der Komponente klicken, wird die Datendatei eingelesen und die Daten werden der Feldvariablen zugewiesen, die Sie im Platzhalter spezifiziert haben. Immer wenn Sie das Arbeitsblatt berechnen, liest Mathcad die Daten aus der Datei neu ein. Abbildung 11.2 zeigt ein Beispiel für das Importieren von Daten mit Hilfe der Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN. Möchten Sie Daten aus einer Datei nur einmal in Mathcad importieren, lesen Sie hierfür bitte den Abschnitt »Einmaliges Importieren aus einer Datendatei« auf Seite 259.

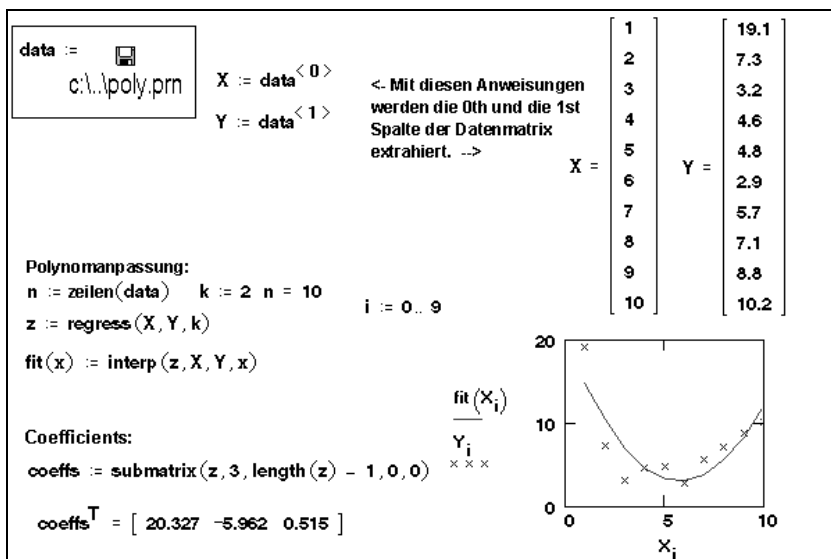


Abbildung 11.2: Lesen von Daten aus einer Datendatei. Wenn Sie ein Arbeitsblatt berechnen, wird die Datendatei eingelesen.

Um eine andere Datendatei oder aus einem anderen Dateityp einzulesen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag DATEI AUSWÄHLEN.
2. Wählen Sie im Textfeld DATENTYP den Typ der zu importierenden Datei. Suchen Sie im Dialogfeld nach der Datendatei, wählen Sie sie aus, und klicken Sie auf ÖFFNEN.

Tipp

Standardmäßig liest Mathcad die gesamte Datendatei ein und legt ein Feld mit dem von Ihnen vorgegebenen Variablennamen an. Um nur bestimmte Zeilen oder Spalten einer Datendatei einzulesen, klicken Sie einmal auf die Komponente, um sie auszuwählen, klicken dann mit der rechten Maustaste darauf und wählen im Popup-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN. Im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN spezifizieren Sie die Zeilen und Spalten, die eingelesen werden sollen.

Daten in eine Tabelle eingeben

Um für die Dateneingabe die Bequemlichkeit zu erhalten, die eine Tabellenkalkulation bietet, legen Sie das Feld mit Hilfe der Komponente EINGABENTABELLE an:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt und wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE.
2. Wählen Sie in der Liste den Eintrag EINGABENTABELLE und klicken Sie auf WEITER. Die Eingabentabelle wird in Ihr Arbeitsblatt eingefügt.

3. Geben Sie den Namen der Mathcad-Variablen, der die Daten zugewiesen werden sollen, in den Platzhalter ein.
4. Klicken Sie auf die Komponente und geben Sie Daten in die Zellen ein. Jede Zeile muss dieselbe Anzahl Datenwerte enthalten. Wenn Sie in eine Zelle keine Zahl eintragen, fügt Mathcad 0 dafür ein.

Abbildung 11.3 zeigt zwei Eingabetabellen. Beachten Sie, dass bei der Verwendung einer Eingabetabelle die Elemente einem Feld zugewiesen werden, das den Namen der Variablen trägt, die Sie in den Platzhalter eingegeben haben.

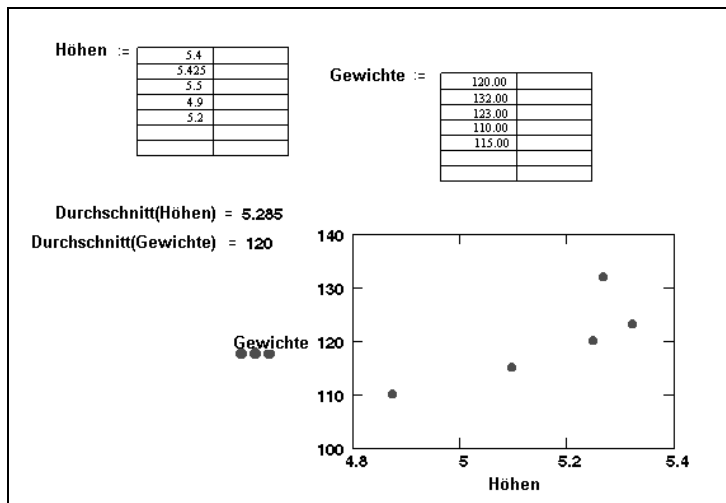


Abbildung 11.3: Mit Hilfe von Eingabetabellen werden Datenfelder angelegt

Wenn Sie die Tabelle anklicken, können Sie die darin enthaltenen Werte bearbeiten. Mit Hilfe der Bildlaufleisten bewegen Sie sich durch die Tabelle. Um die Größe der Tabelle zu ändern, schieben Sie den Cursor auf einen der »Griffe« auf ihrem Umriss, so dass er als Pfeil mit zwei Spitzen dargestellt wird. Drücken Sie die Maustaste und ziehen Sie den Cursor bei gedrückter Maustaste so, dass die Tabelle in die gewünschte Richtung vergrößert oder verkleinert wird.

Tipp

Daten werden wie folgt aus einer Eingabetabelle kopiert: Markieren Sie Daten, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag KOPIEREN. Eine einzelne Zahl wird aus der Zwischenablage in die Tabelle eingefügt, indem eine Zelle markiert und im Popup-Menü der Eintrag EINFÜGEN ausgewählt wird. Mit TABELLE EINFÜGEN wird die Tabelle mit den Werten aus der Zwischenablage überschrieben.

Einmaliges Importieren aus einer Datendatei

Es ist auch möglich, eine Tabelle nur ein einziges Mal aus einer Datendatei zu importieren. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Legen Sie eine Eingabetabelle an, wie oben beschrieben wurde.
2. Geben Sie in den Platzhalter links den Namen einer Mathcad-Variablen ein, der die Daten zugewiesen werden.
3. Klicken Sie zum Auswählen auf die Tabelle und klicken Sie dann mit der rechten Maustaste auf die Eingabetabelle, so dass das Popup-Menü angezeigt wird.
4. Wählen Sie den Eintrag IMPORTIEREN.
5. Das Dialogfeld AUS DATEI LESEN erscheint. Im Textfeld DATEITYP wählen Sie den Typ der Datei aus, die importiert werden soll. Suchen Sie im Dialogfeld nach der Datendatei und klicken Sie auf ÖFFNEN.

Die Daten aus der Datendatei erscheinen auf Ihrem Arbeitsblatt in einer Eingabetabelle.

Hinweis

Anders als bei der Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN werden die Daten beim Importieren nur gelesen, wenn Sie den Befehl IMPORTIEREN ausführen, und nicht bei jeder Berechnung des Arbeitsblatts. Verwenden Sie die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN wie im Abschnitt »Lesen einer Datendatei« beschrieben, wenn Daten bei jeder Ihrer Berechnungen importiert werden sollen, weil sich der Inhalt der Datendatei inzwischen geändert haben kann.

Zugriff auf Feldelemente

Der Zugriff auf alle Feldelemente erfolgt durch den Variablennamen. Sie können aber auch auf einzelne Elemente oder Elementgruppen zugreifen.

Indizes

Der Zugriff auf einzelne Elemente eines Vektors oder einer Matrix erfolgt über den Index-Operator, der im Abschnitt »Vektor- und Matrix-Operatoren« auf Seite 181 beschrieben wurde. Fügen Sie den Index-Operator ein, indem Sie in der Matrix-Palette


auf  klicken, oder indem Sie \mathbf{I} eingeben. Um auf ein Element eines Vektors zuzugreifen, geben Sie eine Zahl in den Index ein. Um auf ein Matrixelement zuzugreifen, geben Sie zwei durch ein Komma voneinander getrennte Zahlen ein. Um auf das i -te Element eines Vektors zuzugreifen, geben Sie $\mathbf{v}[i]$ ein. Allgemein gilt: Das Element in der i -ten Zeile und j -ten Spalte einer Matrix \mathbf{M} wird durch $\mathbf{M}[i, j]$ angesprochen.

Abbildung 11.4 zeigt Beispiele für die Definition einzelner Matrixelemente und ihre Anzeige.

$M_{0,0} := 1$
 $M_{0,1} := 3$
 $M_{0,2} := 5$

$M_{1,0} := 2$
 $M_{1,2} := 6$

Nun zeigen Sie die Werte der Elemente von **M** an...

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 0 & 6 \end{pmatrix}$$

$M_{1,2} = 6$
 $M_{1,1} = 0$

$M_{2,2} =$

Index außerhalb der Grenzen

◀-Da der Feldursprung Null ist, gibt es eine nullte Zeile und eine erste Zeile...aber keine zweite Zeile.

Abbildung 11.4: Definition und Anzeige von Matrixelementen

Hinweis Bei der Definition von Vektor- oder Matrixelementen können Sie Lücken innerhalb des Vektors oder der Matrix lassen. Ist beispielsweise v nicht definiert, und Sie definieren v_3 als 10, sind v_0 , v_1 und v_2 undefiniert. Mathcad füllt diese Lücken mit Nullen aus, bis Sie einen anderen Wert dafür bereitstellen, wie in Abbildung 11.4 gezeigt. Vermeiden Sie es, auf diese Weise versehentlich sehr große Vektoren und Matrizen anzulegen. Beachten Sie außerdem, dass die Nummerierung von Vektor- und Matrixelementen standardmäßig mit Zeile Null und Spalte Null beginnt, es sei denn, der vordefinierten Variablen **ORIGIN** wurde ein Wert ungleich Null zugewiesen (siehe Seite 261).


Bitte beachten Sie auch, dass bei wiederholter Verwendung des gleichen Matrix-Variablennamens mit kleineren Indizes ab dieser Definition keinesfalls die vorher existierende Matrix verworfen oder gar kleiner angelegt wird, sondern Sie nur die entsprechenden Elemente in einem Teil des bereits existierenden Feldes neu definieren, d. h. die nicht betroffenen Elemente weisen noch den alten Inhalt auf.

Diese Indexnotation wird in Mathcad genutzt, um parallele Berechnungen für die Feldelemente auszuführen (siehe »Parallele Berechnungen« auf Seite 265).

Tipp Wenn Sie eine Gruppe von Feldelementen definieren oder darauf zugreifen möchten, verwenden Sie im Index eine Bereichsvariable.

Zugriff auf Zeilen und Spalten

Sie können zwar eine Bereichsvariable verwenden, um auf alle Elemente in einer Zeile oder Spalte eines Felds zuzugreifen, aber Mathcad bietet auch einen Spaltenoperator an, mit dessen Hilfe Sie schnell auf alle Elemente einer Spalte zugreifen. Klicken Sie in der

Matrix-Palette auf , um den Spaltenoperator einzufügen. Abbildung 11.5 zeigt, wie die dritte Spalte der Matrix **M** extrahiert wird.

Achtung: Der Anfangspunkt ist 0. Der hochgestellte Index 2 bezieht sich daher auf die dritte Spalte der Matrix M.

$$M := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 0 & 6 \end{pmatrix}$$

$$M^{<2>} = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$

$$v := M^{<2>}$$

$$v = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$

$$M^T = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 0 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$$

$$w := (M^T)^{<1>}$$

$$w = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 6 \end{pmatrix}$$

ODER: $u := M^T$

$$u1 := u^{<1>}$$

$$u1 = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 6 \end{pmatrix}$$

Abbildung 11.5: Extrahieren einer Spalte aus einer Matrix

Um eine einzelne Zeile aus einer Matrix zu extrahieren, transponieren Sie die Matrix

mit Hilfe des Transponieren-Operators (klicken Sie in der Matrix-Palette auf n^T) und extrahieren dann die entsprechende Spalte unter Verwendung des Spaltenoperators. Diese Vorgehensweise sehen Sie oben in Abbildung 11.5 dargestellt.

Den Feldursprung ändern

Wenn Sie Indizes verwenden, um auf Feldelemente zuzugreifen, setzt Mathcad voraus, dass das Feld an dem aktuellen Wert der vordefinierten Variablen ORIGIN beginnt. Standardmäßig ist ORIGIN 0, aber Sie können diesen Wert ändern, wie im Abschnitt »Eingebaute Variablen« auf Seite 142 beschrieben.

+ ORIGIN = 1

Matrizen:

$$M := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 7 \\ 2 & 4 & 6 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

$$M_{1,1} = 1 \quad M_{1,3} = 7$$

$$M_{3,3} = 9 \quad M_{0,0} =$$

Vektoren:

$$v_1 := 1$$

$$v_2 := 3$$

$$v_3 := 5$$

$$v = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$v_0 =$$

Index außerhalb der Grenzen

Da der Feldsprung nun Eins ist, gibt es keine nullte Zeile oder Spalte mehr.

Index außerhalb der Grenzen

Abbildung 11.6: Hier beginnen die Felder mit dem Element Eins.

Abbildung 11.6 zeigt ein Arbeitsblatt mit dem ORIGIN-Wert 1. Wenn Sie versuchen, auf das nullte Element des Felds zuzugreifen, zeigt Mathcad eine Fehlermeldung an.

Felder anzeigen

Wie im Abschnitt »Ergebnisse formatieren« auf Seite 156 beschrieben, zeigt Mathcad Matrizen und Vektoren mit mehr als neun Spalten oder Zeilen automatisch als Ausgabetafeln an. Kleinere Felder werden in der herkömmlichen Matrixnotation angezeigt. Abbildung 11.7 zeigt ein Beispiel.

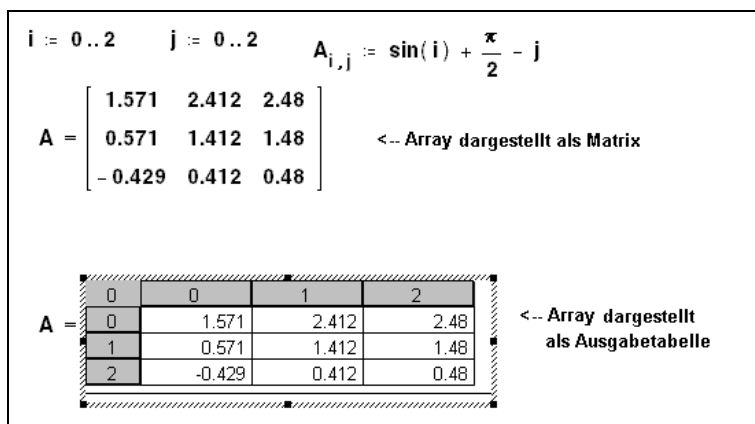


Abbildung 11.7: Anzeige von Ergebnissen in einer Ausgabetafel

Hinweis Eine Ausgabetafel zeigt einen Teil eines Felds an. Links von jeder Zeile und oben an jeder Spalte sehen Sie eine Zahl, die den Index der Zeile oder Spalte angibt. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Ausgabetafel und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag **EIGENSCHAFTEN**, um festzulegen, ob Zeilen- und Spaltennummern angezeigt werden sollen. Falls Ihre Ergebnisse größer als die Tabelle sind, werden an den entsprechenden Kanten Bildlaufleisten angezeigt. Mit Hilfe dieser Bildlaufleisten bewegen Sie sich durch die Tabelle, wie Sie es von den Fenstern her bereits kennen.

Um die Größe einer Ausgabetafel zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Ausgabetafel. An den Seiten der Tabelle sehen Sie »Griffe« zur Größenänderung.
2. Schieben Sie den Cursor auf einen dieser Griffe, so dass er als Pfeil mit zwei Spitzen dargestellt wird.
3. Drücken Sie die Maustaste und ziehen Sie den Cursor bei gedrückter Maustaste in die Richtung, in die die Tabelle vergrößert oder verkleinert werden soll.

Tipp Es ist möglich, die Ausrichtung einer Tabelle im Hinblick auf den Ausdruck auf der linken Seite des Gleichheitszeichens zu ändern. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Tabelle und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag **AUSRICHTUNG**.

Die Anzeige von Feldern ändern - Tabellen oder Matrizen

Matrizen und Vektoren mit mehr als neun Zeilen oder Spalten werden automatisch als Ausgabetafeln mit Bildlaufleisten angezeigt. Sie können jedoch veranlassen, dass Mathcad sie als Matrizen anzeigt. Sie können Matrizen auch in Ausgabetafeln umwandeln. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf die Ausgabetafel.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag ERGEBNIS.
3. Klicken Sie auf die Registerkarte OPTIONEN ANZEIGEN.
4. Wählen Sie im Dropdown-Feld MATRIX-ANZEIGEFORMATE den Eintrag MATRIX oder TABELLE.
5. Klicken Sie auf OK.

Um alle Ergebnisse auf Ihren Arbeitsblättern, unabhängig von ihrer Größe, als Matrizen oder Tabellen anzuzeigen, wählen Sie ALS STANDARD EINRICHTEN im Dialogfeld ERGEBNISFORMAT, statt auf OK zu klicken.

Hinweis Mathcad kann sehr große Felder nicht als Matrizen darstellen. Stellen Sie diese in Form einer scrollbaren Ausgabetafel dar.


Das Format angezeigter Elemente ändern

Die Zahlen in einem Feld werden so formatiert wie alle anderen numerischen Ergebnisse, was bereits im Abschnitt »Ergebnisse formatieren« auf Seite 156 beschrieben wurde. Klicken Sie einfach auf das betreffende Feld, wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag ERGEBNIS aus und ändern Sie die Einstellungen ab. Wenn Sie auf OK klicken, wendet Mathcad das ausgewählte Format auf alle Zahlen in der Tabelle, im Vektor oder in der Matrix an. Es ist nicht möglich, die Zahlen einzeln zu formatieren.


Felder kopieren und einfügen

Ein Zahlenfeld kann direkt aus einer Tabellenkalkulation oder einer Datenbank in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt kopiert werden. Dazu verwenden Sie die Freiform-Schnittstelle und ihre komplexen mathematischen Werkzeuge. Nachdem Sie die erforderlichen Berechnungen ausgeführt haben, fügen Sie das resultierende Zahlenfeld wieder in die Quelle ein oder schreiben es sogar in eine andere Applikation zurück.

Um nur eine Zahl aus einem Ergebnisfeld zu kopieren, klicken Sie auf die Zahl und wählen im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN, oder Sie klicken auf der Stan-

dard-Symbolleiste auf . Beim Kopieren mehrerer Zahlen aus einem Vektor- oder Matrixergebnis verfährt man etwas anders, abhängig davon, ob das Feld als Matrix oder als Ausgabetafel angezeigt wird. Weitere Informationen über die Anzeige von Vektor- und Matrixergebnissen finden Sie im Abschnitt »Ergebnisse formatieren« auf Seite 156.

Um ein Ergebnisfeld zu kopieren, das als Matrix angezeigt wird, gehen Sie wie folgt vor:

1. Markieren Sie das Feld rechts vom Gleichheitszeichen, um das gesamte Feld zwischen die Bearbeitungslinien zu setzen.
2. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN. Das gesamte Feld wird in die Zwischenablage kopiert.
3. Klicken Sie dort, wo das Ergebnis eingefügt werden soll. Wenn Sie es in eine andere Applikation einfügen möchten, wählen Sie im BEARBEITEN-Menü dieser Applikation den Eintrag EINFÜGEN. Wenn Sie es in ein Mathcad-Arbeitsblatt einfügen, wählen Sie im BEARBEITEN-Menü von Mathcad den Eintrag EINFÜGEN, oder Sie klicken in der Standard-Symbolleiste auf .

Hinweis Ein Feld kann auf einem Mathcad-Arbeitsblatt nur in einen mathematischen Platzhalter oder in einen leeren Bereich eingefügt werden.

Wenn Sie Feldergebnisse als Tabelle anzeigen, können Sie einige oder alle Zahlen aus der Tabelle kopieren und an anderer Stelle einfügen.

1. Klicken Sie auf die erste Zahl, die kopiert werden soll.
2. Markieren Sie bei gedrückter Maustaste alle weiteren Werte, die kopiert werden sollen.
3. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die ausgewählten Werte und wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN.

Um alle Werte in einer Zeile oder Spalte zu kopieren, klicken Sie auf die Zeilen- oder Spaltennummer. Alle Werte in der Zeile oder Spalte werden markiert. Wählen Sie im BEARBEITEN-Menü den Eintrag KOPIEREN.

$i := 0 \dots 9$
 $j := 0 \dots 9$
 $x_{i,j} := (i + j) \cdot 2$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
3	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
6	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
7	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
8	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
9	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36

$x =$

↑

Zeilennummern

$y :=$

$\begin{pmatrix} 4 & 6 & 8 \\ 6 & 8 & 10 \\ 8 & 10 & 12 \end{pmatrix}$

← Spaltennummern

← Zahlen aus der Tabelle kopieren

← Geben Sie y mit nachfolgendem Doppelpunkt ein. Wählen Sie dann "Einfügen" aus dem Menü "Bearbeiten".

Abbildung 11.8: Ergebnisse in einer Ausgabetabelle kopieren und einfügen

264

Kapitel 11 Vektoren, Matrizen und Datenfelder

Nachdem Sie eine oder mehrere Zahlen aus einer Ausgabetabelle kopiert haben, können Sie sie an anderer Stelle Ihres Arbeitsblatts oder in einer anderen Applikation wieder einfügen. Abbildung 11.8 zeigt ein Beispiel für eine neue Matrix, die durch Kopieren und Einfügen von Zahlen aus einer Ausgabetabelle erzeugt wurde.

Die Arbeit mit Feldern

Nachdem Sie ein Feld angelegt haben, können Sie es für Berechnungen nutzen. Es gibt zahlreiche Operatoren und Funktionen für die Arbeit mit Vektoren und Matrizen. Weitere Informationen darüber finden Sie in den Abschnitten »Vektor- und Matrix-Operatoren« und »Vektor- und Matrixfunktionen«. Dieser Abschnitt beschreibt den Operator »Vektorisieren«, der effiziente parallele Berechnungen für die Elemente von Feldern ermöglicht. Außerdem können die Werte eines Felds grafisch angezeigt oder in die Datendatei einer anderen Applikation exportiert werden.

Parallele Berechnungen

Alle Berechnungen in Mathcad können mit einzelnen Werten, aber auch mit Vektoren oder Matrizen ausgeführt werden. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten:



- Durch die Iteration über alle Elemente mit Hilfe von Bereichsvariablen. Ein Beispiel dafür finden Sie im Abschnitt »Felder mit Hilfe von Bereichsvariablen anlegen« auf Seite 255.
- Mit Hilfe des Vektorisieren-Operators, der es Mathcad ermöglicht, dieselbe Operation effizient für alle Elemente eines Vektors oder einer Matrix auszuführen

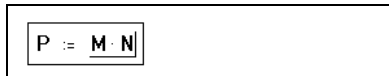
Die mathematische Notation zeigt wiederholte Operationen häufig unter Verwendung von Indizes an. Um beispielsweise die Matrix **P** zu definieren, indem die sich entsprechenden Elemente der Matrizen **M** und **N** multipliziert werden, schreiben Sie:

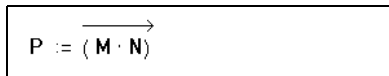
$$P_{i,j} = M_{i,j} \cdot N_{i,j}$$

Beachten Sie, dass es sich dabei nicht um eine Matrixmultiplikation handelt, sondern um eine Multiplikation der einzelnen Elemente. Diese Operation kann in Mathcad mit Hilfe von Indizes ausgeführt werden, aber viel schneller ist es, dafür eine vektorisierte Gleichung zu verwenden.

So wenden Sie den Vektorisieren-Operator auf einen Ausdruck wie **M · N** an:

1. Selektieren Sie den gesamten Ausdruck, indem Sie darauf klicken und die -Taste drücken, bis die gesamte rechte Seite zwischen den Bearbeitungslinien steht.
2. Klicken Sie auf  in der Matrix-Palette, um den Vektorisieren-Operator anzuwenden. Mathcad zeigt einen Pfeil über dem ausgewählten Ausdruck an.





Eigenschaften des Vektorisieren-Operators

- Der Vektorisieren-Operator ändert die Bedeutung der anderen Operatoren und Funktionen, auf die er angewendet wird. Er weist Mathcad an, die Operatoren und Funktionen in ihrer skalaren Bedeutung anzuwenden – für die einzelnen Elemente. Die Bedeutung der Namen und Zahlen wird dadurch nicht beeinflusst. Wenn Sie den Vektorisieren-Operator auf einen einzelnen Namen anwenden, wird einfach ein Pfeil über dem Namen angezeigt. Er dient nur kosmetischen Zwecken.
- Weil Operationen zwischen zwei Feldern elementweise erfolgen, müssen alle Felder unter einem Vektorisieren-Operator dieselbe Größe haben. Operationen zwischen einem Feld und einem Skalar werden ausgeführt, indem der Skalar auf jedes Feldelement angewendet wird.
- Sie können die folgenden Matrixoperationen unter einem Vektorisieren-Operator ausführen: Punktprodukt, Matrixmultiplikation, Matrixpotenzierung, Matrix-Inverse, Determinante oder Absolutwert eines Vektors. Der Vektorisieren-Operator wandelt diese Operationen in die entsprechenden elementweisen skalaren Operationen um.

Tipp

Mehrere vordefinierte Funktionen und Operatoren von Mathcad nehmen skalare Argumente entgegen und vektorisieren die übergebenen Vektoren (einspaltige Felder) *automatisch*: Sie berechnen das Ergebnis elementweise, egal ob Sie den Vektorisieren-Operator angewendet haben oder nicht. Vektorargumente werden unter anderem durch trigonometrische, logarithmische, Besselfunktionen und Funktionen zur Wahrscheinlichkeitsverteilung implizit vektorisiert. Operatoren, die Vektorargumente implizit vektorisieren, sind unter anderem Fakultät, Quadrat und n -te Wurzel, ebenso relationale Operatoren. Für Felder anderer Größe müssen Sie den Vektorisieren-Operator weiterhin anwenden.

Hinweis

Manche Mathcad-Funktionen, z. B. für Interpolation oder Differenzialgleichungen, erwarten teilweise skalare Argumente für ihre fest implementierten Algorithmen und können dadurch nicht vektorisiert werden. Mathcad gibt hier eine entsprechende Fehlermeldung aus.

Angenommen, Sie möchten die Quadratformel auf drei Vektoren mit Koeffizienten anwenden, a , b und c . Abbildung 11.9 zeigt, wie ein Vektorisieren-Operator realisiert wird.

Der Vektorisieren-Operator, der in Abbildung 11.9 als Pfeil über der Quadratformel angezeigt wird, ist in dieser Berechnung ganz wesentlich. Ohne diesen Pfeil würde Mathcad $\mathbf{a} \cdot \mathbf{c}$ als Vektorpunktprodukt interpretieren und die Quadratwurzel eines Vektors als Fehler monieren. Der Vektorisieren-Operator bewirkt, dass $\mathbf{a} \cdot \mathbf{c}$ und die Quadratwurzel elementweise ausgeführt werden.

Folgende Koeffizienten . . .

$$\mathbf{a} := \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{b} := \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{c} := \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Berechnung der Wurzel . . .

$$x := \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$x = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -0.25 + 0.661i \\ 0.707i \end{bmatrix}$$

... muß null sein

$$a \cdot x^2 + b \cdot x + c = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Diskrim := $\sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}$

$$\text{Diskrim} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2.646i \\ 2.828i \end{bmatrix}$$

Abbildung 11.9: Quadrieren von Vektoren

Grafische Darstellung von Feldern

Neben den Zahlen, aus denen sich ein Feld zusammensetzt, können Sie auch eine grafische Darstellung des Feldinhalts anzeigen. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Für ein beliebiges Feld verwenden Sie die verschiedenen 3D-Ausgaben, die in Kapitel 13 vorgestellt werden.
- Für ein Feld von Ganzzahlen mit Werten zwischen 0 und 255 erstellen Sie ein Graustufenbild, indem Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag BILD wählen und in den Platzhalter den Namen des Felds eingeben.
- Für drei separate Felder von Ganzzahlen mit Werten zwischen 0 und 255, die die Rot-, Grün- und Blau-Komponenten eines Bildes enthalten, wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag BILD und geben Sie die Feldnamen durch Kommata getrennt in den Platzhalter ein.

Weitere Informationen über die Anzeige einer Matrix im Bild-Operator finden Sie in Kapitel 6.

Daten in eine Datendatei schreiben

Die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN ermöglicht es Ihnen, Werte aus einer Mathcad-Variablen in die unterschiedlichsten Dateiformate zu schreiben, unter anderem in:

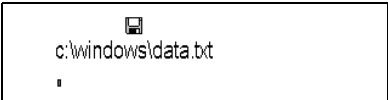
- Excel (*.XLS)
- MATLAB (*.MAT)
- Lotus 1-2-3 (*.WK*)
- ASCII-Editoren (*.DAT, *.CSV, *.PRN, *.TXT)

Tipp

Mathcad stellt zahlreiche vordefinierte Funktionen für das Exportieren von ASCII-Datendateien und Bilddateien zur Verfügung, wie in Abschnitt »Funktionen für den Dateizugriff« auf Seite 249 beschrieben.

Um Daten mit Hilfe der Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN zu exportieren, gehen Sie wie folgt vor:

- 1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich Ihres Arbeitsblatts.
- 2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTEN.
- 3. Wählen Sie in der Liste den Eintrag DATEIEN LESEN/SCHREIBEN und klicken Sie auf WEITER. Der Assistent DATEI LESEN/SCHREIBEN wird aufgerufen.
- 4. Wählen Sie DATEN IN EINE DATEI SCHREIBEN und drücken Sie auf WEITER.
- 5. Geben Sie den Typ der Datendatei an, die erstellt werden soll, ebenso den Pfad zur Datendatei (den Sie auch mit DURCHSUCHEN finden).
- 6. Drücken Sie auf FERTIG STELLEN. Sie sehen das Icon für die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN, ebenso den Pfad zu der Datendatei. Wenn Sie beispielsweise die Datendatei DATA.TXT angegeben haben, sehen Sie die rechts dargestellte Komponente.



Geben Sie in den Platzhalter den Namen der Mathcad-Variablen ein, die die Daten enthält, die geschrieben werden sollen. Sobald Sie außerhalb der Komponente klicken, werden die Werte aus dem Feld in die von Ihnen angegebene Datei geschrieben. Immer wenn Sie das Arbeitsblatt berechnen, schreibt Mathcad den Inhalt der Daten in die Datei. Abbildung 11.10 zeigt ein Beispiel für das Exportieren von Daten mit Hilfe der Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN.

$$i := 0..4$$
$$j := 0..4$$
$$A_{i,j} := i \cdot \sin(j \cdot 3 + 1) + 2$$
$$x := A^{-1} \cdot v$$

$$v := \begin{bmatrix} 6 \\ 7 \\ 6 \\ 45 \\ 4 \end{bmatrix}$$

x

Die Werte in x werden in die Datei solved.xls im Verzeichnis c:\windows exportiert.

Abbildung 11.10: Daten werden mit der Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN exportiert

Um den Namen der Datendatei oder den Dateityp zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie einmal auf die Komponente, um auszuwählen.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag DATEI AUSWÄHLEN, um das Dialogfeld IN DATEI SCHREIBEN zu öffnen.
3. Wählen Sie den gewünschten Dateityp aus. Durchsuchen Sie den Ordner, in dem die Datendatei angelegt wird und klicken Sie auf ÖFFNEN.

Tipp

Wenn Sie ein Feld als Ausgabetabelle anzeigen, wie in diesem Kapitel bereits beschrieben, können Sie Daten direkt aus der Tabelle exportieren. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Ausgabetabelle, wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag EXPORTIEREN und geben Sie den Namen der Datei ein, die die Daten aufnehmen soll. Anders als die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN schreibt die Ausgabetabelle die Daten nur in die Datei, wenn Sie EXPORTIEREN auswählen, und nicht, wenn Sie das Arbeitsblatt neu berechnen.

Verschachtelte Felder

Ein Feldelement muss nicht unbedingt skalar sein. Es ist möglich, als Feldelement wiederum ein Feld anzugeben. Damit erzeugen Sie Felder in Feldern.

Diese Felder verhalten sich ganz ähnlich wie Felder mit skalaren Elementen. Es gibt jedoch einige Unterschiede, wie im Folgenden beschrieben wird.

Hinweis

Die meisten Operatoren und Funktionen von Mathcad können nicht für verschachtelte Felder eingesetzt werden, weil es keine allgemeine Definition dafür gibt, wie ein korrektes Verhalten in diesem Kontext aussehen soll. Bestimmte Operatoren und Funktionen sind aber nichtsdestotrotz sinnvoll und für die Anwendung auf verschachtelte Felder geeignet, beispielsweise Funktionen, die Zeilen und Spalten auflisten oder die Matrizen aufteilen, erweitern und stapeln. Auch die Transpositions-, Index- und Spalten-Operatoren sowie das Boole'sche Gleichheitszeichen unterstützen verschachtelte Felder.

Definition eines verschachtelten Felds

Ein verschachteltes Feld wird ähnlich definiert wie jedes andere Feld. Der einzige Unterschied ist, dass Sie im EINFÜGEN-Menü den Befehl MATRIX nicht ausführen können, wenn Sie einen Platzhalter in einem bereits existierenden Feld ausgewählt haben. Sie können jedoch auf einen Platzhalter in einem Feld klicken und den Namen eines anderen Felds eingeben. Abbildung 11.11 zeigt mehrere Möglichkeiten, verschachtelte Felder zu definieren.

Drei Möglichkeiten zur Definition von verschachtelten Feldern...		
Mit Bereichsvariablen	Mit dem Befehl "Matrizen"	Elementweise
$m := 0 \dots 3$		
$n := 0 \dots 3$	$u := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$	$B_0 := 1$
$M_{m,n} := \text{einheit}(m + 1)$	$v := (2 \ 4)$	$B_1 := \text{einheit}(2)$
	$v := \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$	$B_2 := (B_0 \ 2 \ v)$
Anzeige der Elemente		
$M_{0,0} = 1$	$v_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$	$B_0 = 1$
$M_{1,1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	$v_1 = (2 \ 4)$	$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$
$M_{2,2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$		

Abbildung 11.11: Definition verschachtelter Felder

Hinweis Die Anzeige eines verschachtelten Felds wird durch die Einstellung FORMATVORLAGEN ANZEIGEN im Dialogfeld ERGEBNISFORMAT gesteuert. Ein verschachteltes Feld kann erweitert werden, wenn es sich in der Matrixdarstellung befindet; andernfalls sehen Sie, falls ein Feldelement selbst ein Feld ist, die Klammernotation, die die Anzahl der Zeilen und Spalten anzeigt, und nicht das eigentliche Feld. Wird das verschachtelte Feld als Ausgabetabelle angezeigt, können Sie das zugrunde liegende Feld anzeigen. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feldelement und wählen Sie im Popup-Menü EINE EBENE NACH UNTEN. Wählen Sie im Popup-Menü EINE EBENE NACH OBEN, um das Feldelement wieder in seiner nicht erweiterten Form darzustellen.

Kapitel 12

2D-Diagramme

2D-Diagramme – Überblick

Grafische Funktionen und Ausdrücke

Grafische Ausgaben von Vektoren und Daten

Formatierung eines 2D-Diagramms

Die Perspektive Ihres 2D-Diagramms

2D-Diagramme – Überblick

Um in Mathcad eine Funktion oder einen Ausdruck für eine einzelne Variable oder X-Y-Daten visuell darzustellen, legen Sie ein X-Y-Diagramm an. Sie können ein Kartesisches Diagramm oder ein Kreisdiagramm anlegen. Während ein typisches X-Y-Diagramm vertikale y -Werte für horizontale x -Werte darstellt, zeigt ein Kreisdiagramm in der Regel radiale Werte, r , in Hinblick auf Winkelausdrücke, θ , an. Beispiele für 2D-Diagramme finden Sie in Abbildung 12.1.

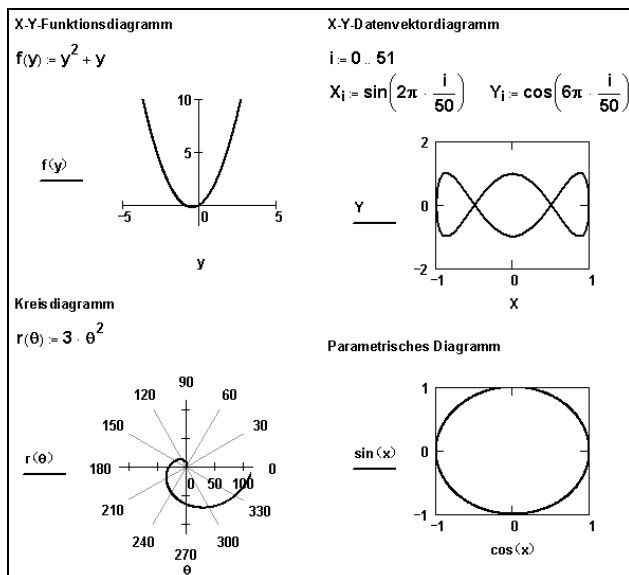

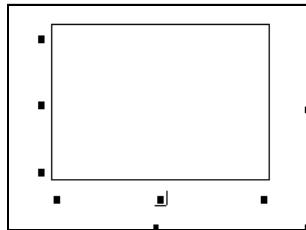


Abbildung 12.1: Beispiele für 2D-Diagramme

Erstellen eines X-Y-Diagramms

Im Allgemeinen wird ein X-Y-Diagramm wie folgt angelegt:

1. Klicken Sie auf das Arbeitsblatt, wo das Diagramm angelegt werden soll.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM**, oder klicken Sie in der Diagrammpalette auf . Alternativ können Sie auch **Strg** + **2** oder **@** eingeben. Mathcad fügt ein leeres X-Y-Diagramm ein.
3. Tragen Sie in die *x*-Achsen-Platzhalter (Mitte unten) und die *y*-Achsen-Platzhalter (Mitte links) eine Funktion, einen Ausdruck oder eine Variable ein.
4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie **↵**.



Mathcad wählt die Achsenbegrenzungen automatisch aus. Wenn Sie die Achsenbegrenzungen selbst bestimmen möchten, klicken Sie in das Diagramm und überschreiben Sie die Zahlen in den Platzhaltern am Ende der Achsen.

Mathcad erzeugt das Diagramm mit Standardbegrenzungen. Weitere Informationen zur Änderung dieser Standardeinstellungen finden Sie im Abschnitt »Formatieren von 2D-Diagrammen«.



Hinweis Wenn ein Punkt komplex ist, zeichnet Mathcad ihn nicht. Um den Real- oder Imaginärteil eines Punkts oder eines Ausdrucks auszugeben, verwenden Sie die Funktionen *Re* und *Im*, um die Real- und Imaginärteile zu extrahieren.

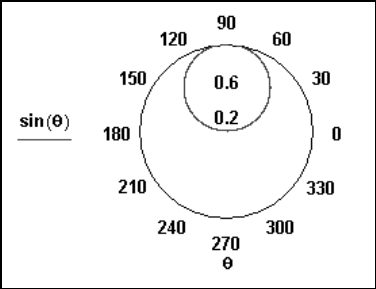
Um die Größe eines Diagramms zu ändern, markieren Sie es. Schieben Sie den Cursor auf den rechten oder linken Griff des Diagramms, so dass er als Pfeil mit zwei Spitzen dargestellt wird. Schieben Sie die Maus bei gedrückter Maustaste in die Richtung, in die das Diagramm vergrößert oder verkleinert werden soll.

Hinweis Wenn einige Punkte in einer Funktion oder einem Ausdruck gültig sind, andere dagegen nicht, zeichnet Mathcad nur die gültigen Punkte. Sind die Punkte nicht stetig, verbindet Mathcad sie nicht durch eine Linie. Sie sehen also ein leeres Diagramm, wenn die darzustellenden Punkte nicht stetig sind. Um die Punkte anzuzeigen, formatieren Sie die Spur so, dass Symbole für die Punkte angezeigt werden. Weitere Informationen über die Formatierung von Spuren finden Sie im Abschnitt »Formatieren von 2D-Diagrammen«.

Erstellen eines Kreisdiagramms

Im Allgemeinen wird ein Kreisdiagramm wie folgt angelegt:

1. Klicken Sie an der Stelle auf das Arbeitsblatt, wo das Diagramm angelegt werden soll.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒KREISDIAGRAMM**, oder klicken Sie in der Diagrammpalette auf .
3. Tragen Sie in die *x*-Achsen-Platzhalter (Mitte unten) und die *y*-Achsen-Platzhalter (Mitte links) eine Funktion, einen Ausdruck oder eine Variable ein.
4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste.



Mathcad erzeugt das Diagramm mit Standardbegrenzungen. Weitere Informationen zur Änderung dieser Standardeinstellungen finden Sie im Abschnitt »Formatieren von 2D-Diagrammen«.


Alle weiteren Abschnitte in diesem Kapitel beschreiben die Darstellung von Funktionen, Ausdrücken und Daten in einem Diagramm. Dazu werden häufig X-Y-Diagramme verwendet, aber die Beschreibung gilt auch für Kreisdiagramme.

Grafische Funktionen und Ausdrücke


2D-QuickPlots

Ein 2D-QuickPlot ist ein Diagramm, das anhand von Ausdrücken oder Funktionen erstellt wurde, die gleichzeitig die *y*-Koordinaten des Diagramms darstellen.

Um ein X-Y-Diagramm für einen einzigen Ausdruck oder eine Funktion anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

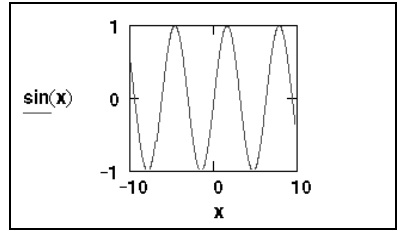
1. Klicken Sie in Ihrem Arbeitsblatt an die Stelle, wo das Diagramm erscheinen soll.
2. Geben Sie den Ausdruck oder die Funktion einer einzelnen Variablen ein. Der Ausdruck soll von den Bearbeitungslinien umschlossen bleiben.
3. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM**, oder klicken Sie in der Grafikpalette auf .




4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste.

Mathcad erzeugt automatisch ein Diagramm über einen Standardbereich für die unabhängige Variable, von -10 bis 10.

Um diesen Bereich für die unabhängigen Variablen in einem 2D-QuickPlot zu verändern, ändern Sie die Achsenbegrenzungen im Diagramm:



1. Klicken Sie in das Diagramm und klicken Sie dann auf einen der vier am Ende der Achsen liegenden Achsenbegrenzungs-Platzhalter.
2. Geben Sie den gewünschten Wert für die Achsenbegrenzung ein. Diese Werte unterliegen keinerlei Beschränkungen.
3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste, damit das aktualisierte Diagramm angezeigt wird.

Definieren einer unabhängigen Variablen



Wenn Sie nicht möchten, dass Mathcad einen Standardbereich für die unabhängige Variable festlegt, definieren Sie die unabhängige Variable als Bereichsvariable, bevor Sie das Diagramm erzeugen, beispielsweise so:

1. Definieren Sie eine Bereichsvariable, beispielsweise x , mit dem Wertebereich, für den das Diagramm angelegt werden soll. Die Bereichsvariable muss nicht unbedingt x heißen; sie kann jeden gültigen Namen erhalten. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt »Bereichsvariablen«.

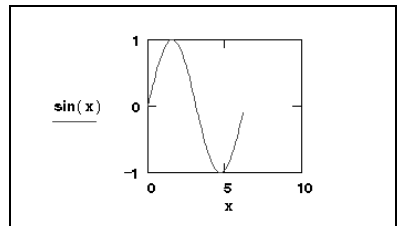
$$x := 0..1..2 \cdot \pi$$

2. Geben Sie einen Ausdruck oder die Funktion für eine einzelne Variable ein, die im Diagramm dargestellt werden soll. Der Ausdruck soll in den Bearbeitungslinien angezeigt werden.

$$\sin(x)$$

3. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM \Rightarrow X-Y-DIAGRAMM, oder klicken Sie in der Grafikalette auf .
4. Geben Sie den Namen der Variablen in den Platzhalter der x -Achse ein.
5. Drücken Sie die -Taste, oder klicken Sie außerhalb des Diagramms.

Mathcad zeichnet für jeden Wert der Bereichsvariablen einen Punkt und verbindet die einzelnen Punkte mit geraden Linien, es sei denn, Sie haben etwas anderes eingestellt.



Tipp

Um die Vorgabewerte für die Achsengrenzwerte im Diagramm zu ändern, klicken Sie in das Diagramm und überschreiben die Platzhalter am Ende der Achsen. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt »Achsenbegrenzungen«.

Diagramme mehrerer 2D-Kurven

Innerhalb desselben X-Y-Diagramms oder Kreisdiagramms können mehrere Spuren angezeigt werden. Außerdem kann ein Diagramm mehrere y-Achsen-Ausdrücke für denselben x-Achsen-Ausdruck anzeigen. Sehen Sie hierzu Abbildung 12.2. Ein Diagramm kann mehrere y-Bereiche- oder radiale Ausdrücke mit der entsprechenden Anzahl an x-Bereichen- oder Winkel-Ausdrücken abstimmen.


So erstellen Sie einen QuickPlot, der mehrere Spuren enthält:

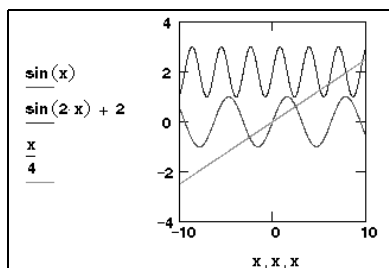
1. Geben Sie die Ausdrücke oder die Funktionen für eine einzelne Variable ein, getrennt durch Kommata. Der Ausdruck soll innerhalb der Bearbeitungslinien stehen.

$$\sin(x), \sin(2x) + 2, \frac{x}{4}$$

2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, oder klicken Sie in der Grafikalette auf



3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste.




Mathcad erzeugt ein Diagramm, das alle Spuren der Ausdrücke oder Funktionen für die unabhängige(n) Variable(n) im x-Bereich -10 bis 10 enthält. Sie können den Achsenbereich ändern, indem Sie die Ober- und Untergrenze für die auf der x-Achse angetragenen Werte ändern, wie im Abschnitt »Achsenbegrenzungen« beschrieben wird.

Hinweis

In einem QuickPlot mit mehreren Spuren müssen Sie nicht in jedem y-Achsen- (oder Radial-Achsen-) Ausdruck dieselbe unabhängige Variable verwenden. Mathcad stellt die jeweils passende Variable im x-Achsen- (oder Winkel-Achsen-) Platzhalter zur Verfügung.

Im Allgemeinen werden unabhängige Kurven innerhalb derselben Achsen wie folgt angezeigt:

1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, oder klicken Sie in der Grafikalette auf .
2. Geben Sie zwei oder mehr durch Kommata getrennte Ausdrücke in den y-Achsen-Platzhalter ein.

3. Geben Sie dieselbe Anzahl Ausdrücke in den x -Achsen-Platzhalter ein, ebenfalls durch Kommata getrennt.

Mathcad kombiniert die Ausdrücke paarweise – den ersten x -Achsen-Ausdruck mit dem ersten y -Achsen-Ausdruck, den zweiten mit dem zweiten usw. Anschließend zeichnet es für jedes dieser Paare eine Spur. Abbildung 12.3 zeigt ein Beispiel.

Hinweis Alle Spuren in einem Diagramm verwenden dieselben Achsenbegrenzungen. Die Ausdrücke und Begrenzungen auf dieser Achse müssen kompatible Einheiten verwenden.

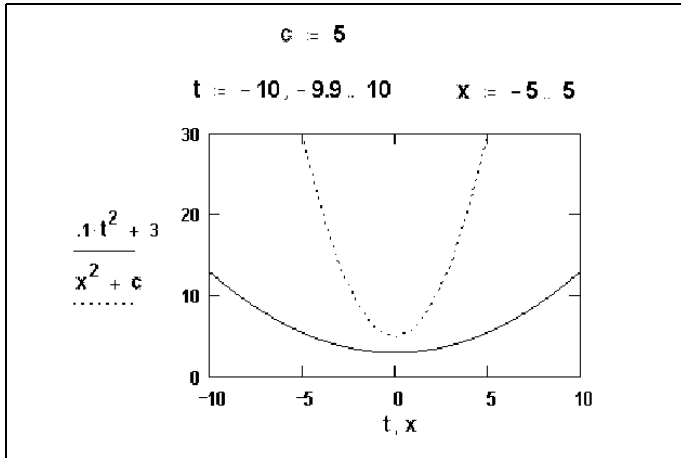


Abbildung 12.2: Diagramm mit mehreren Ausdrücken auf beiden Achsen

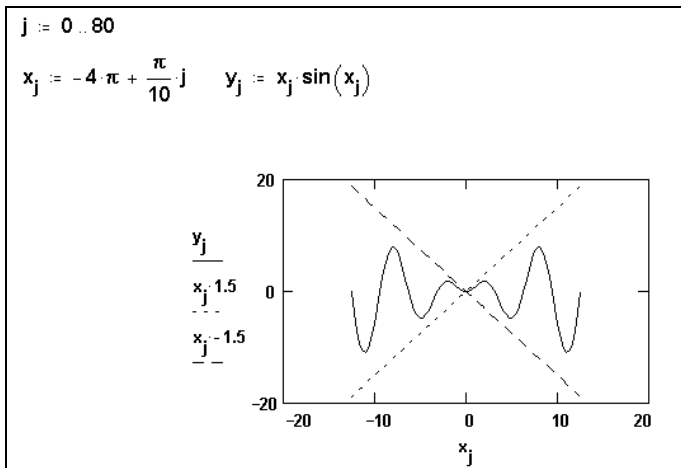




Abbildung 12.3: Diagramm mit mehreren Ausdrücken auf der y-Achse

Parametrisierte Diagramme

Ein parametrisiertes Diagramm ist ein Diagramm, das sich aus jeweils einer Funktion oder einem Ausdruck mit derselben Variablen zusammensetzt.

So erstellen Sie ein parametrisiertes Diagramm:

1. Klicken Sie an eine Stelle Ihres Arbeitsblatts, an der das Diagramm erscheinen soll.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM**, oder klicken Sie in der Grafikpalette auf . Mathcad fügt ein leeres X-Y-Diagramm mit leeren Platzhaltern ein.
3. Geben Sie in den x-Achsen-Platzhalter und in den y-Achsen-Platzhalter eine Funktion oder einen Ausdruck ein.
4. Drücken Sie die -Taste, oder klicken Sie außerhalb des Diagramms.

Mathcad legt einen QuickPlot über einen Standardbereich für die unabhängigen Variablen an. Abbildung 12.1 zeigt ein Beispiel für ein parametrisches Diagramm.

Wenn Sie nicht möchten, dass Mathcad einen Standardbereich für das Diagramm festlegt, definieren Sie die unabhängige Variable als Bereichsvariable, bevor Sie das Diagramm anlegen. Mathcad zeichnet für jeden Wert der unabhängigen Variablen einen Punkt und verbindet die Punkte mit geraden Linien. Abbildung 12.4 zeigt zwei Funktionen von θ , die auf diese Weise erzeugt wurden. Die Bereichsvariable θ wurde definiert, bevor das Diagramm angelegt wurde. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt »Bereichsvariablen«.

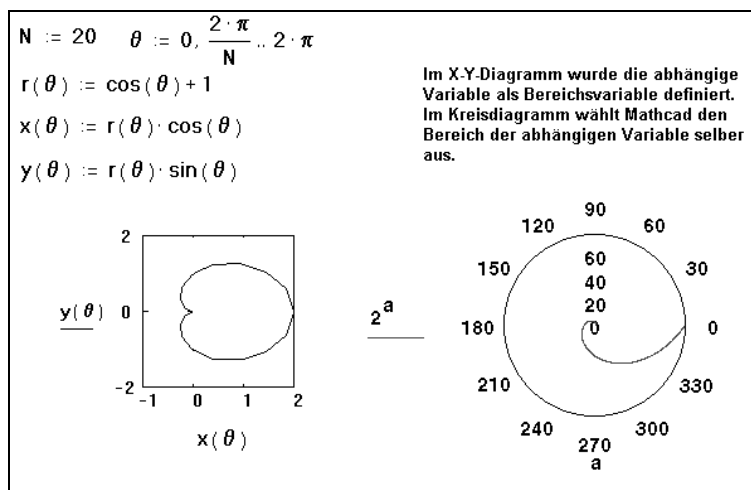



Abbildung 12.4: Vergleich von zwei Funktionen

Diagramme aus Datenvektoren

Um ein Diagramm aus einem Datenvektor zu zeichnen, legen Sie ein X-Y-Diagramm oder ein Kreisdiagramm an. Nutzen Sie den Index-Operator (siehe »Vektor- und Matrix-Operationen« auf Seite 179), um anzugeben, welche Elemente gezeichnet werden sollen. Darüber hinaus können Sie Axum LE (siehe »Diagramme mit Axum erstellen« auf Seite 280) verwenden, um ein 2D-Diagramm Ihres Datenvektors zu erstellen. Abbildung 12.5 zeigt einige Diagramme aus Vektoren.

Einzelne Datenvektoren

Um ein X-Y-Diagramm eines einzelnen Datenvektors darzustellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie eine Bereichsvariable i , auf die der Index der einzelnen Vektorelemente verweist. Für einen Vektor mit 10 Elementen wäre die Index-Bereichsvariable beispielsweise $i := 0 \dots 9$, falls der Wert für ORIGIN auf 0 eingestellt ist.
2. Klicken Sie auf Ihrem Arbeitsblatt an die Stelle, wo das Diagramm erscheinen soll.
3. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, oder klicken Sie in der Grafikpalette auf .
4. Geben Sie in den unteren Platzhalter i , in den linken Platzhalter den Vektornamen und den Index (beispielsweise y_i) ein. Geben Sie \uparrow ein, um den Index zu schreiben.
5. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die \leftarrow -Taste.

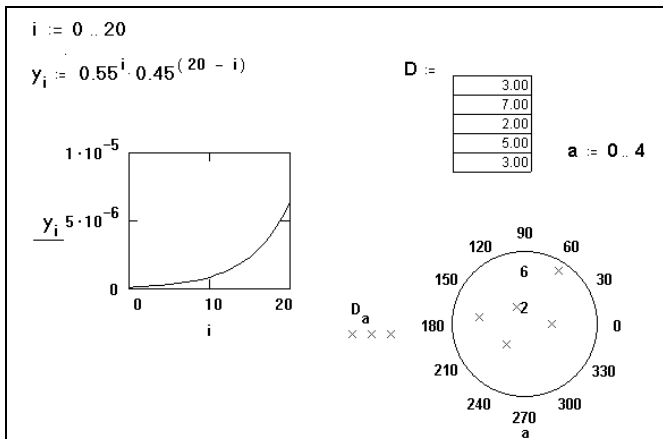




Abbildung 12.5: Darstellung eines Vektors

Hinweis Indizes sind ganze Zahlen (größer gleich ORIGIN). Das bedeutet, die x -Achse oder die Winkelvariable, die in Abbildung 12.5 gezeigt ist, kann hier nur ganzzahlige Werte durchlaufen. Falls Sie für den x -Bereich negative oder nicht ganzzahlige Werte verwenden wollen, müssen Sie, wie im folgenden Abschnitt beschrieben, vorgehen, nämlich mit paarweise zugeordneten Datenvektoren.

Vektoren gegenüberstellen

Um alle Elemente eines Datenvektors den Elementen eines anderen Vektors gegenüberzustellen, geben Sie die Namen der Vektoren in die Achsenplatzhalter des X-Y-Diagramms oder Kreisdiagramms ein. Um beispielsweise ein X-Y-Diagramm für die beiden Datenvektoren x und y zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie die Vektoren x und y .
2. Klicken Sie in Ihrem Arbeitsblatt an die Stelle, wo das Diagramm erscheinen soll.
3. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM, oder klicken Sie in der Grafikpalette auf .
4. Geben Sie y in den Platzhalter auf der y -Achse und x im Platzhalter auf der x -Achse ein.
5. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste.

Mathcad zeichnet die Elemente im Vektor x im Vergleich zu den Elementen im Vektor y .

Hinweis Wenn die darzustellenden Vektoren nicht dieselbe Länge haben, zeichnet Mathcad nur die Anzahl der Elemente des kürzeren Vektors.

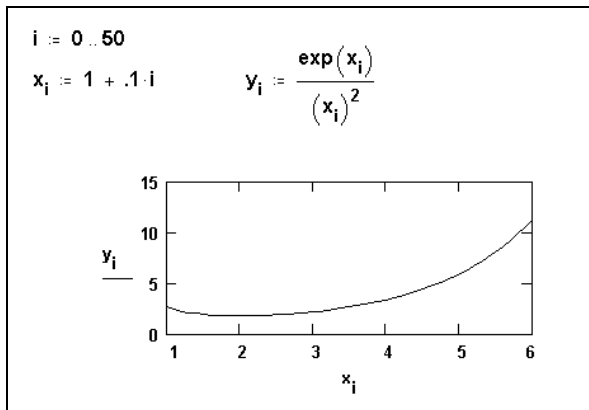


Abbildung 12.6: Darstellung von zwei einander zugeordneten Vektoren

Wenn Sie nur bestimmte Vektorelemente ausgeben möchten, definieren Sie eine Bereichsvariable und verwenden Sie sie als Index für die Vektornamen. Um im oben gezeigten Beispiel das fünfte und das zehnte Element von x und y gegenüberzustellen und auszugeben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie eine Bereichsvariable, k , von 4 bis 9 in Inkrementsschritten von 1.
(Beachten Sie, dass die ersten Elemente der Vektoren x und y standardmäßig x_0 und y_0 sind.)
2. Geben Sie in die Achsenplatzhalter y_k und x_k ein.

Hinweis

Wenn Sie einen Satz Datenwerte grafisch darstellen möchten, erstellen Sie einen Vektor, indem Sie Daten aus einer Datendatei einlesen. Dies erreichen Sie entweder durch Einfügen aus der Zwischenablage oder durch die Eingabe der Daten in eine Eingabetabelle. Sehen Sie hierzu auch Kapitel 11, »Vektoren, Matrizen und Datenfelder«. Abbildung 12.7 zeigt ein Beispiel für die Verwendung einer Eingabetabelle.

Diagramme mit Axum darstellen

Die Mathcad-CD enthält das Anwendungsprogramm Axum LE, eine Version von Axum, die Ihnen zahlreiche 2D-Diagrammart, eine umfassende Kontrolle über die Formatierung von Diagrammen und einige Anmerkungs-Tools bietet. Mit Axum LE beherrschen Sie die verschiedensten Aspekte Ihrer 2D-Diagramme und können diese in Ihre Arbeitsblätter einfügen.

Diagramme können auf zwei verschiedene Arten und Weisen mittels Axum in Ihr Arbeitsblatt eingefügt werden. Sie können ein Diagramm in Axum erstellen und dieses als Objekt in Ihr Arbeitsblatt einfügen. Sie können aber auch Daten in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt definieren, an Axum senden und dann in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt ein dynamisches Diagramm erstellen. Diese beiden Methoden werden im Folgenden kurz erläutert.

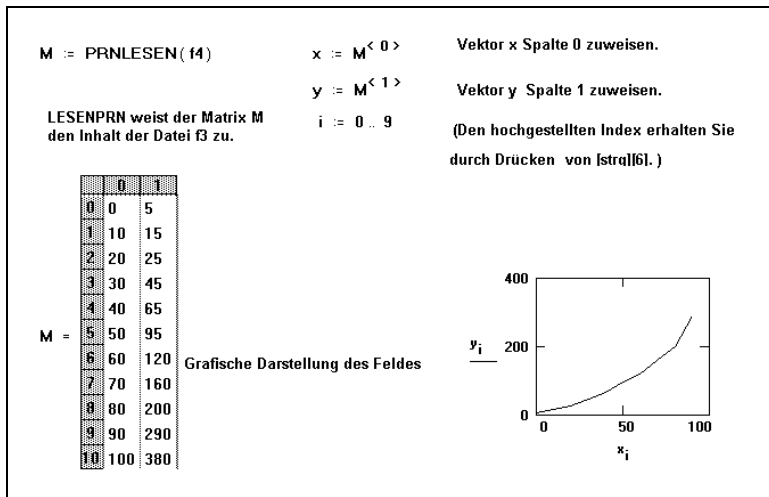


Abbildung 12.7: Ausgabe von Vektoren aus importierten Daten

Einfügen eines Axum Diagramm-Objekts


Um ein Axum Diagramm-Objekt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Erstellen und speichern Sie ein Diagramm in Axum. Weitere Informationen über Axum finden Sie in der Axum-Online-Hilfe.
2. Wählen Sie in Mathcad aus dem EINFÜGEN-Menü den Eintrag OBJEKT. Klicken Sie im Dialogfeld OBJEKT EINFÜGEN auf AUS DATEI ERSTELLEN und suchen Sie nach dem gespeicherten Axum Diagrammblatt. Wenn Sie Ihr Diagrammblatt ausgewählt haben, klicken Sie auf OK.
3. Das Axum-Diagramm erscheint in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt. Wenn Sie im Dialogfeld OBJEKT EINFÜGEN den Eintrag VERBINDUNG auswählen, können Sie das Diagramm aus Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt heraus durch Doppelklicken aktivieren und Änderungen an Ihrem ursprünglichen Diagramm vornehmen.

Weitere Informationen über das Einfügen von Objekten finden Sie in Kapitel 6, »Grafiken und andere Objekte«.

Einfügen eines dynamischen Axum-Diagramms

Um ein Axum-Diagramm einzufügen, das mit Daten aus Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt verknüpft ist, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie in Mathcad die Datenvektoren, die in einem Diagramm dargestellt werden sollen.
2. Klicken Sie auf eine leere Stelle in Ihrem Arbeitsblatt. Stellen Sie sicher, dass Sie auf eine Stelle unterhalb oder rechts von den Datenvektoren klicken.
3. Wählen Sie aus dem EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE. Wählen Sie Axum-Diagramm aus der Liste, und klicken Sie auf NÄCHSTER. Suchen Sie eine Diagrammart aus und geben Sie so viele Eingabevariablen an, wie Datenvektoren vorhanden sind. Klicken Sie auf BEENDEN.
4. Ein leeres Axum-Diagramm erscheint auf Ihrem Arbeitsblatt. Geben Sie den/die Namen Ihres/Ihrer Datenvektoren in die Platzhalter in der linken unteren Ecke Ihres Diagramms ein.
5. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die -Taste.

Wenn Sie die Datenvektoren ändern, von denen Ihr Axum-Diagramm-Komponent abhängt, wird Ihr Diagramm automatisch aktualisiert. Weitere Informationen über die Verwendung von Komponenten finden Sie in Kapitel 16, »Komplexere Berechnungen«. Abbildung 12.8 zeigt ein Axum-Diagramm, dessen Beschriftungen, Titel, Text und grafische Anmerkungen angepasst wurden.

Hinweis

Wenn Sie eine Axum-Diagramm-Komponente mit mehreren unabhängigen Spuren erstellen möchten, definieren Sie x - und y -Vektoren für jedes Diagramm. Wählen Sie dann aus dem Dialog AXUM-DIAGRAMM den Diagrammtyp »Streuungsdiagramm von x - y -Paaren« und geben Sie so viele Eingabevariablen an, wie Datenvektoren vorhanden sind. Geben Sie die Vektornamen in Form von xy -Paaren, z. B. (x_1 y_1 x_2 y_2 usw.), in die Platzhalter ein.

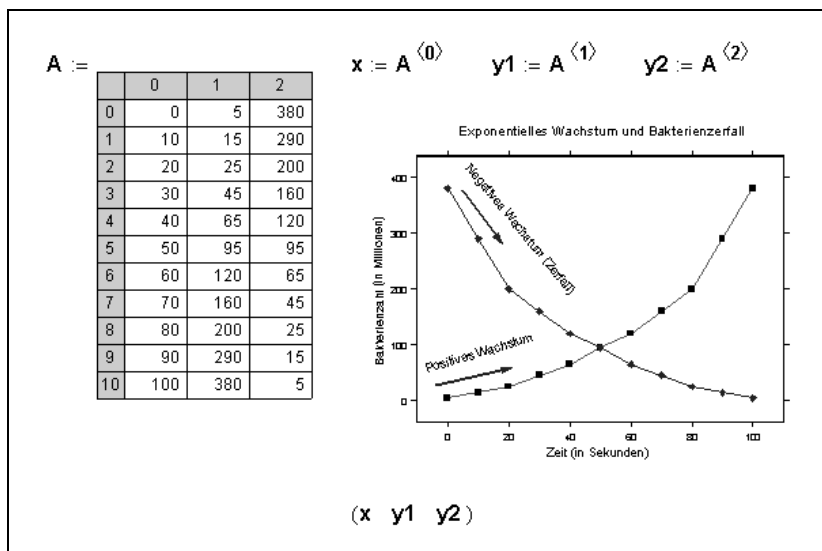


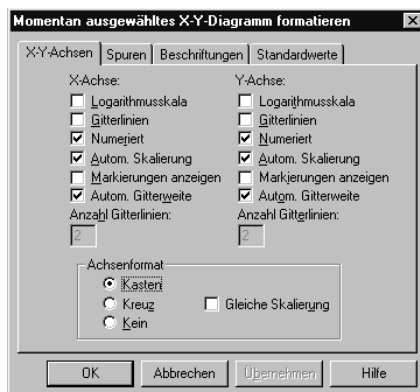
Abbildung 12.8: Ein Axum-Diagramm in einem Mathcad-Arbeitsblatt

Formatieren von 2D-Diagrammen

Wenn Sie ein X-Y-Diagramm oder ein Kreisdiagramm anlegen, verwendet Mathcad die Standardeinstellungen für die Formatierung von Achsen und Spuren. Sie können Achsen und Spuren aber auch andere Formate zuweisen. Außerdem ist es möglich, Beschriftungen in das Diagramm einzufügen.

Um ein 2D-Diagramm zu formatieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM oder DIAGRAMM⇒KREISDIAGRAMM. Sie sehen ein Dialogfeld für die Formatierung eines Diagramms.
2. Klicken Sie auf die betreffende Registerkarte. Auf der Registerkarte **ACHSEN** legen Sie das Erscheinungsbild der Achsen und der Gitterlinien fest. Auf der Registerkarte **SPUREN** bestimmen Sie Farbe, Typ und Breite der Spuren. Auf der Registerkarte **BESCHRIFTUNGEN** fügen Sie die Achsenbeschriftungen ein. Auf der Registerkarte **STANDARDWERTE** legen Sie fest, wie Diagramme standardmäßig aussehen sollen.



3. Nehmen Sie im Dialogfeld die gewünschten Änderungen vor.
4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um die Änderungen zu sehen, bevor Sie das Dialogfeld schließen.
5. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Hinweis Auf der Registerkarte **ACHSEN** sollten Sie darauf achten, die Optionen in der Spalte für die richtige Achse zu ändern. Auf der Registerkarte **SPUREN** klicken Sie in der Spalte **LEGENDENNAME** auf einen Namen und ändern die Eigenschaften unter Verwendung der Dropdown-Optionen ab.

Tipp Wenn Sie in einem Diagramm auf eine Achse doppelklicken, wird ein Format-Dialogfeld für diese Achse angezeigt.

Online-Hilfe Klicken Sie im Dialogfeld auf **HILFE**, um weitere Informationen über bestimmte Formatoptionen zu erhalten.

Achsenbegrenzungen

Wenn Sie ein 2D-Diagramm erzeugen, ist die Option **AUTOMATISCHE GITTERWEITE** aktiviert. Diese Option wird auf der Registerkarte **ACHSEN** geändert.

- Ist **AUTOMATISCHE GITTERWEITE** aktiviert, setzt Mathcad die Achsenbegrenzung auf die erste Achsennummerierung hinter den Daten. Damit ist der Bereich groß genug, um alle Punkte anzuzeigen.
- Ist **AUTOMATISCHE GITTERWEITE** deaktiviert, setzt Mathcad die Achsenbegrenzungen exakt auf die Datengrenzen.

Andere Begrenzungen

Sie übergehen die von Mathcad automatisch angelegten Begrenzungen, indem Sie sie direkt im Diagramm ändern. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in das Diagramm, um es zu markieren. Mathcad zeigt vier zusätzliche Zahlen an, eine für jede Achsenbegrenzung. Diese Zahlen sind in Platzhalter eingeschlossen, wie in Abbildung 12.9 gezeigt.
2. Klicken Sie auf diese Zahlen und geben Sie einen anderen Wert dafür ein.
3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms. Mathcad zeichnet das Diagramm unter Verwendung der geänderten Achsenbegrenzungen neu. Die Platzhalter unterhalb der geänderten Begrenzungen verschwinden. Abbildung 12.9 zeigt, wie es aussieht, wenn für ein Diagramm die Begrenzungen manuell gesetzt wurden.

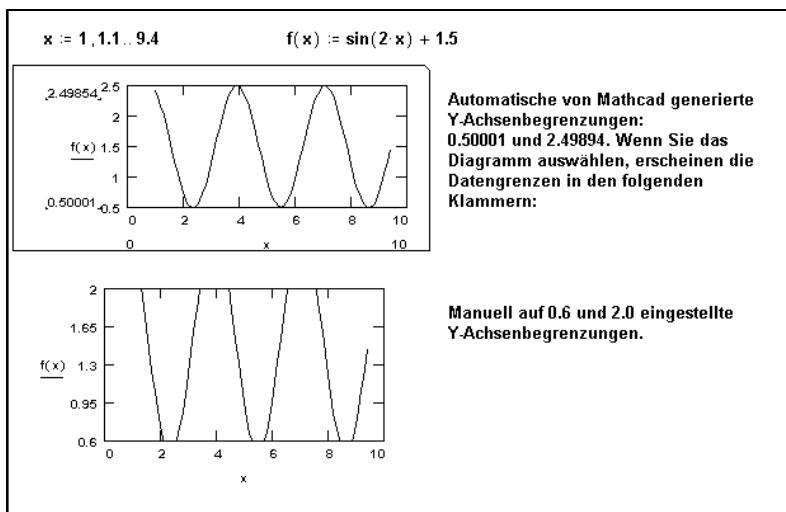


Abbildung 12.9: Automatische und manuelle Vorgabe der Achsengrenzen

Standardformate

Mathcad verwendet Standardformate für Achsen und Spuren in neuen Diagrammen.

Standards eines existierenden Diagramms kopieren

Eine Möglichkeit, neue Standardwerte anzulegen, ist die Verwendung der Formate eines bereits existierenden Diagramms. Der Vorteil dieser Methode ist, dass Sie sofort bei der Definition sehen, wie die Formateinstellungen aussehen.

Um das Format eines bereits existierenden Diagramms als Standardformat zu verwenden, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie in das Diagramm, oder klicken Sie in das Diagramm, und wählen Sie aus dem FORMAT-Menü den Eintrag **DIAGRAMM** ⇒ **X-Y-DIAGRAMM** (oder **DIAGRAMM** ⇒ **KREISDIAGRAMM**) aus. Mathcad zeigt das Dialogfeld zur Formatierung eines Diagramms an.
2. Gehen Sie auf die Registerkarte **STANDARDWERTE**.
3. Markieren Sie das Kontrollkästchen **ALS STANDARD VERWENDEN**. Wenn Sie das Dialogfeld mit OK schließen, speichert Mathcad diese Einstellungen als Ihre Standardwerte.



Standardwerte ohne Verwendung eines Diagramms setzen

Im Dialogfeld STANDARDFORMATE EINRICHTEN ändern Sie die Standardeinstellungen für Diagramme. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Stellen Sie sicher, dass kein Diagramm selektiert ist.
2. Wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒X-Y-DIAGRAMM** (oder **DIAGRAMM⇒KREISDIAGRAMM**).
3. Ändern Sie die Einstellungen für Achsen und Spuren Ihren Vorstellungen gemäß ab.
4. Klicken Sie auf OK, um das Dialogfeld zu schließen und die Änderungen zu übernehmen.

Hinzufügen von Titeln, Beschriftungen und weiteren Anmerkungen

Eine Methode, Titel und Beschriftungen in Ihr 2D-Diagramm einzufügen, ist die Verwendung der Optionen in der Registerkarte des Dialogfelds 2D-DIAGRAMM-FORMAT. Sie können Titel, Beschriftungen und Anmerkungen aber auch dadurch hinzufügen, indem Sie in Ihrem Arbeitsblatt einen Text oder ein anderes Objekt erstellen und dann an den oberen Rand des Diagramms verschieben.

Um eine Anmerkung für Ihr 2D-Diagramm zu erstellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Erstellen Sie einen Textbereich, oder fügen Sie ein grafisches Objekt in Ihr Arbeitsblatt ein, indem Sie es einfügen oder aus dem EINFÜGEN-Menü den Eintrag **OBJEKT** wählen.
2. Ziehen Sie den Text oder das Objekt in Ihr Arbeitsblatt und positionieren Sie ihn/es an geeigneter Stelle.

Abbildung 12.10 zeigt ein Diagramm, das sowohl einen Textbereich (»Wendepunkt«) als auch ein grafisches Objekt (Pfeil) enthält.

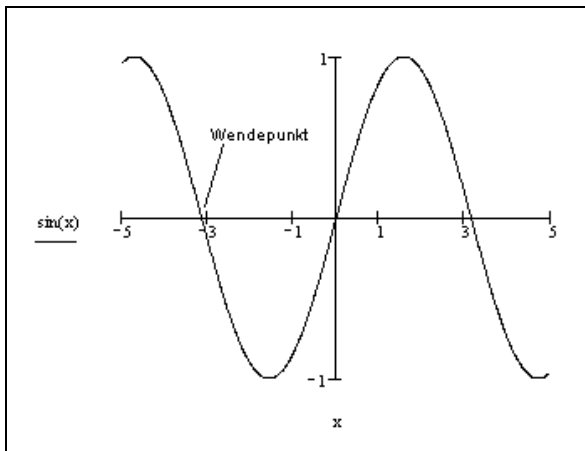


Abbildung 12.10: Mathcad Diagramm mit Anmerkungen

Hinweis Wenn Sie aus dem FORMAT-Menü den Eintrag **BEREICHE TRENNEN** auswählen, werden alle überlappenden Bereiche in Ihrem Arbeitsblatt getrennt. Bei einem Diagramm mit Anmerkungen, wie in dem oben gezeigten Beispiel, erscheinen beim Trennen von Bereichen alle Anmerkungen unterhalb des Diagramms.


Änderung der 2D-Diagrammperspektive

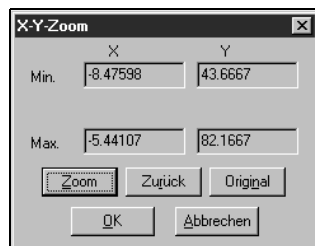
Mathcad stellt folgende Optionen für die Präsentation Ihres 2D-Diagramms bereit:

- Sie können einen Teil des Diagramms zoomen.
- Sie können die x - und y -Koordinaten jedes für die Diagrammkonstruktion gezeichneten Punkts ermitteln.
- Sie können die x - und y -Koordinaten für jede Position im Diagramm ermitteln.

Zoomen in einem Diagramm

Mathcad ermöglicht die Auswahl eines Bereichs, um ihn zu zeichnen und zu vergrößern. Um einen Teil eines Diagramms zu zoomen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in das Diagramm und wählen Sie im **FORMAT**-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒ZOOM** aus, oder klicken Sie in der Grafikalette auf . Das Dialogfeld **ZOOM** erscheint.
2. Positionieren Sie das Dialogfeld **ZOOM** gegebenenfalls so, dass Sie den gesamten Bereich Ihres Diagramms sehen, der zoomt werden soll.
3. Klicken Sie mit der Maus auf eine Ecke des Bereichs, der vergrößert werden soll.
4. Verschieben Sie die Maus bei gedrückter Maustaste. Eine gestrichelte Linie umrahmt den Auswahlbereich. Die Koordinaten in dem Auswahlbereich werden in den Textfeldern **MIN** und **MAX** angezeigt.
5. Lassen Sie die Maustaste los. Klicken Sie gegebenenfalls auf diesen Auswahlumriss, um ihn an eine andere Stelle im Diagramm zu verschieben.
6. Klicken Sie auf **ZOOM**, um das Diagramm neu zu zeichnen. Die Achsenbegrenzungen werden vorübergehend auf die im Dialogfeld **ZOOM** spezifizierten Koordinaten gesetzt. Um diese Achsenbegrenzungen permanent zu machen, klicken Sie auf **OK**.



Tipp Wenn Sie mit einem Diagramm arbeiten, das bereits zoomt wurde, können Sie das ursprüngliche Erscheinungsbild wiederherstellen. Dazu klicken Sie im Dialogfeld **ZOOM** auf **ORIGINAL**.

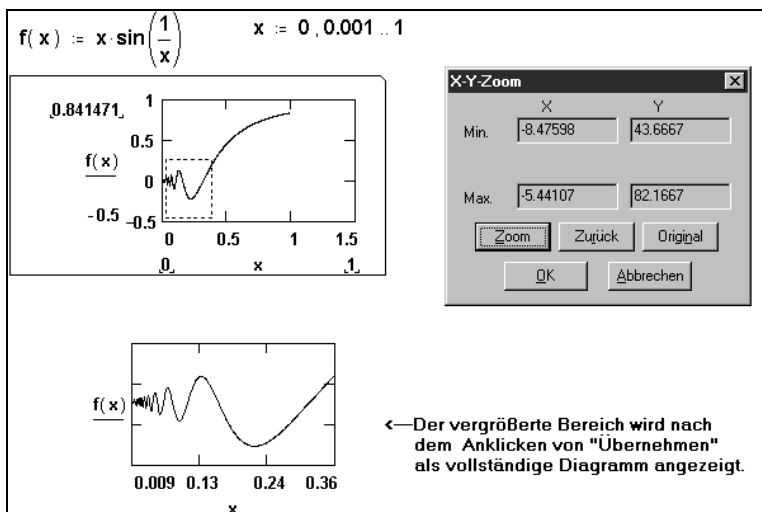

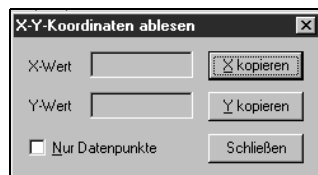


Abbildung 12.11: Ein gezoomter Bereich in einem X-Y-Diagramm

Diagrammkoordinaten auslesen

Um die Diagrammkoordinaten für bestimmte Punkte anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in das Diagramm und wählen Sie im FORMAT-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒SPUR, oder klicken Sie in der Grafikpalette auf . Das Dialogfeld X-Y-KOORDINATEN ABLESEN erscheint. Markieren Sie NUR DATENPUNKTE.
2. Markieren Sie mit der Maus die betreffende Spur. Ein gestricheltes Fadenkreuz springt von Punkt zu Punkt, während Sie den Zeiger auf der Spur bewegen.
3. Wenn Sie die Maustaste loslassen, bewegen Sie sich mit den Pfeiltasten nach links oder rechts zu vorangehenden oder nachfolgenden Datenpunkten. Mit Hilfe der Pfeiltasten nach unten oder oben selektieren Sie andere Spuren.
4. Wenn der Zeiger einen Punkt auf der Spur erreicht, zeigt Mathcad die Werte für diesen Punkt in den Feldern X-Wert und Y-Wert an.
5. In den Feldern wird jeweils der zuletzt ausgewählte Punkt angezeigt. Das Fadenkreuz wird angezeigt, bis Sie außerhalb des Diagramms klicken.



Tipp

Wenn Sie im Dialogfeld KOORDINATEN ABLESEN die Markierung von NUR DATENPUNKTE aufheben, sehen Sie eine Ausgabe aller Positionen im Diagramm, nicht nur für die Datenpunkte.

Abbildung 12.12 zeigt ein Beispiel für ein Diagramm, dessen Koordinaten ausgelesen werden.

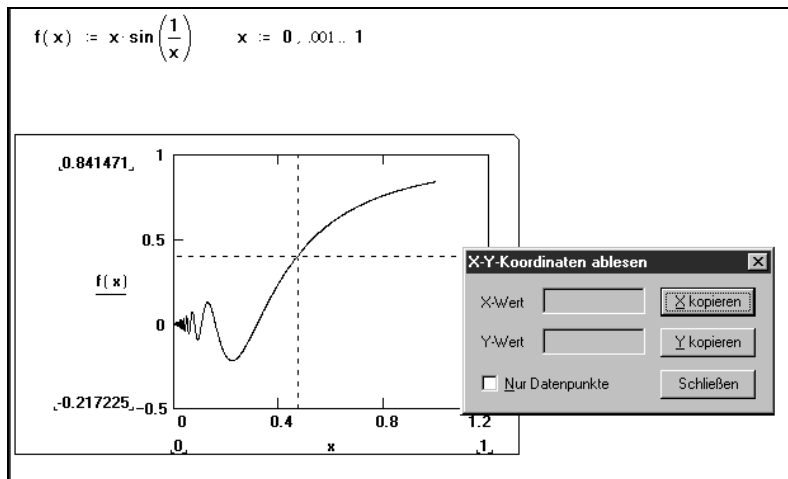


Abbildung 12.12: Auslesen von Koordinaten eines Diagramms

Um eine Koordinate unter Verwendung der Zwischenablage zu kopieren und einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf X KOPIEREN oder Y KOPIEREN.
2. Diesen Wert können Sie in einen Rechen- oder Textbereich Ihres Mathcad-Arbeitsblatts, in eine Tabellenkalkulation oder eine andere Applikation einfügen.

Kapitel 13

3D-Diagramme

- 3D-Diagramme – Überblick
- Erzeugen von 3D-Diagrammen von Funktionen
- Erzeugen von 3D-Diagrammen aus Daten
- Formatierung von 3D-Diagrammen
- Drehen und Zoomen von 3D-Diagrammen

3D-Diagramme – Überblick

Um eine Funktion von ein oder zwei Variablen visuell darzustellen oder Daten in Form von x -, y - und z -Koordinaten zu zeichnen, können Sie ein Flächendiagramm, ein Umrissdiagramm, ein 3D-Säulendiagramm, ein 3D-Streuungsdiagramm oder ein Vektorfelddiagramm erzeugen. Diese Diagramme werden unter Verwendung der Befehle im EINFÜGEN-Menü oder mit dem 3D-Diagramm-Assistenten erzeugt. Innerhalb einer Darstellung können mehrere dieser Diagramme angezeigt werden. Mathcad rendert 3D-Diagramme mit einer komplexen, leistungsfähigen OpenGL-Grafik-Engine.

Einfügen eines 3D-Diagramms

Im Allgemeinen gehen Sie beim Anlegen eines 3D-Diagramms folgendermaßen vor:

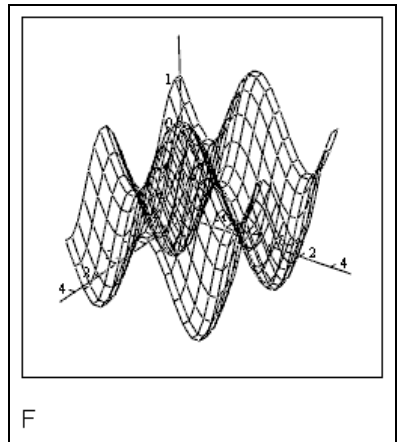
1. Definieren Sie eine Funktion von zwei Variablen oder eine Matrix aus Daten.
2. Klicken Sie auf die Stelle des Arbeitsblatts, an der das Diagramm erscheinen soll. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM und wählen Sie einen 3D-Diagrammtyp aus. Alternativ können Sie auch auf eine der 3D-DARSTELLUNG-Schaltflächen der DIAGRAMM-Symbolleiste klicken. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm mit Achsen und einen leeren Platzhalter ein.
3. Geben Sie den Namen der Funktion oder der Matrix in den Platzhalter ein.
4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste. Mathcad legt das Diagramm entsprechend der Funktion oder Datenmatrix an.

Das unten gezeigte Flächendiagramm wurde z.B. von Mathcad aus der folgenden Funktion berechnet:

$$F(x, y) := \sin(x) + \cos(y)$$

Das Anlegen eines 3D-Diagramms einer Funktion wird *QuickPlot* genannt. Ein *QuickPlot* verwendet Standardlaufbereiche und Standardschrittweiten für die unabhängigen Variablen. Um diese Einstellungen zu ändern, doppelklicken Sie auf das Diagramm und verwenden im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT die Registerkarte QUICKPLOT-DATEN. Weitere Informationen zum Ändern dieser und weiterer Eigenschaften von Diagrammen finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 301.

Um zu lernen, wie ein Diagramm aus einer Matrix mit Werten erstellt wird, betrachten Sie bitte die Beispiele in Abbildung 13.2 auf Seite 295.



3D-Diagramm-Assistent

Damit Sie beim Erstellen eines neuen Diagramms eine bessere Kontrolle der Formatierungseinstellungen haben, verwenden Sie wie folgt den *3D-Diagramm-Assistenten*:

1. Klicken Sie auf die Stelle des Arbeitsblatts, an der das Diagramm erscheinen soll.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒3D-DIAGRAMM-ASSISTENT. Nun wird die erste Seite des 3D-Diagramm-Assistenten angezeigt.
3. Wählen Sie den gewünschten 3D-Diagrammtyp aus und klicken Sie auf WEITER.
4. Bestimmen Sie auf den folgenden Seiten, wie das Diagramm aussehen und welche Farbe es haben soll. Klicken Sie auf FERTIG STELLEN, und das Diagramm wird mit einem leeren Platzhalter in Ihr Arbeitsblatt eingefügt.
5. Geben Sie geeignete Argumente (den Funktionsnamen, Datenvektoren, usw.) für das 3D-Diagramm in den Platzhalter ein.

Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste.

Das Diagramm wird mit den im Assistenten angegebenen Einstellungen erzeugt. Weitere Informationen darüber, wie Sie das Erscheinungsbild des Diagramms ändern, finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 301.

Erzeugen von 3D-Diagrammen von Funktionen

Dieser Abschnitt beschreibt die Erzeugung verschiedener 3D-Diagramme von Funktionen in Mathcad, auch *QuickPlots* genannt. Obwohl sich diese Anleitung vor allem auf die Befehle des EINFÜGEN-Menüs und das Ändern von Einstellungen mit dem Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT bezieht, kann natürlich auch der oben beschriebene 3D-Diagramm-Assistent eingesetzt werden.

Tipp

Im Informationszentrum finden Sie zahlreiche Beispiele für in Diagrammen dargestellte zwei- oder dreidimensionale Funktionen und Datensätze. Öffnen Sie dazu im HILFE-Menü den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM, klicken Sie auf KURZÜBERSICHT und wählen Sie dort den Abschnitt PRAXIS DER KURVEN UND FLÄCHEN.

Erzeugen von Flächen-, Säulen-, Umriss- und Streuungsdiagrammen

Sie können eine beliebige Funktion zweier Variablen in drei Dimensionen als Flächen-, Säulen-, Umriss- und Streuungsdiagramm darstellen.

Schritt 1: Definieren Sie eine oder mehrere Funktionen.

Definieren Sie als erstes die Funktion auf Ihrem Arbeitsblatt nach einem der folgenden Muster:

$F(x, y) := \sin(x) + \cos(y)$	$G(u, v) := \begin{pmatrix} 2 \cdot u \\ 2 \cdot u \cdot \cos(v) \\ 2 \cdot \cos(v) \end{pmatrix}$	$X(u, v) := v$ $Y(u, v) := v \cdot \cos(u)$ $Z(u, v) := \sin(u)$
--------------------------------	--	--

$F(x,y)$ ist eine Funktion zweier Variablen. Bei diesem Funktionstyp variieren die Koordinaten x und y standardmäßig mit einer Schrittweite von 0,5 zwischen -5 und 5. Jeder z -Koordinatenwert ist durch die Funktion von x und y genau bestimmt.

$G(u,v)$ ist eine vektorwertige Funktion zweier Variablen. Bei diesem Funktionstyp variieren die unabhängigen Variablen u und v standardmäßig mit einer Schrittweite von 0,5 zwischen -5 und 5. Die Koordinaten x , y und z sind mittels der Definitionen der drei Vektorkomponenten durch die Werte von u und v parametrisiert.

$X(u,v)$, $Y(u,v)$ und $Z(u,v)$ sind Funktionen zweier Variablen. Bei diesem Funktionentripel variieren die unabhängigen Variablen u und v standardmäßig mit einer Schrittweite von 0,5 zwischen -5 und 5. Die Koordinaten x , y und z sind mittels der Definitionen der drei Funktionen durch die Werte von u und v parametrisiert.


Hinweis

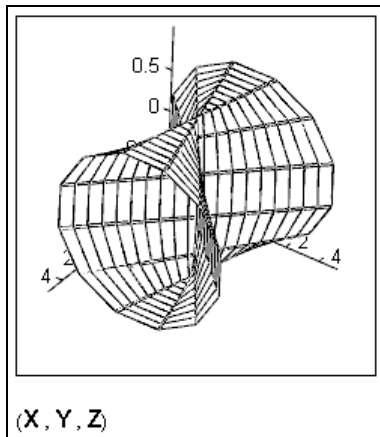
Die obigen Funktionsbeschreibungen setzen ein kartesisches Koordinatensystem voraus. Ist Ihre Funktion in Kugel- oder Zylinderkoordinaten gegeben, kann sie automatisch in kartesische Koordinaten umgewandelt werden. Doppelklicken Sie dazu auf das Diagramm, gehen Sie im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT zur Registerkarte QUICKPLOT-DATEN und klicken Sie unter KOORDINATENSYSTEM auf KUGELKOOORDINATEN oder ZYLINDERKOORDINATEN.

Schritt 2: Einfügen des 3D-Diagramms

Nach der Funktionsdefinition wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag DIAGRAMM und wählen einen 3D-Diagrammtyp aus.

Um z.B. ein Flächendiagramm der oben definierten Funktionen X , Y und Z zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒FLÄCHENDIAGRAMM**, oder klicken Sie auf das Symbol  in der DIAGRAMM-Symbolleiste. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm ein.
2. Geben Sie den Namen der Funktionen in den Platzhalter ein. Haben Sie nur eine Oberfläche, die aber durch mehr als eine Funktion definiert ist, schreiben Sie die Funktionsnamen in Klammern und trennen sie durch Kommata. In diesem Beispiel: (X, Y, Z)
3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms oder drücken Sie \leftarrow .



Wollen Sie den Typ Ihres 3D-Diagramms ändern:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld **3D-DIAGRAMMFORMAT** zu öffnen.
2. Auf der Seite **ALLGEMEIN** können Sie im Bereich **DARSTELLUNGSART** zwischen **DATENPUNKTE**, **SÄULENDIAGRAMM** und **UMRISSDIAGRAMM** wählen.
3. Klicken Sie auf **OK**.

Abbildung 13.1 zeigt ein 3D-Streuungsdiagramm der Funktion G und ein Umrissdiagramm der Funktion F gemäß der obigen Definitionen:

Hinweis Alle 3D-QuickPlots sind Kurven oder Flächen in Parameterdarstellung. Mit anderen Worten, alle QuickPlots wurden aus drei Vektoren oder Datenmatrizen erstellt, die die Koordinaten x , y und z darstellen. Im Fall einer einzelnen Funktion zweier Variablen erzeugt Mathcad intern zwei Matrizen mit x - und y -Daten mit einer Schrittweite von 0,5 im Standardbereich zwischen -5 und 5. Anschließend wird aus diesen x - und y -Koordinaten die z -Koordinate berechnet.

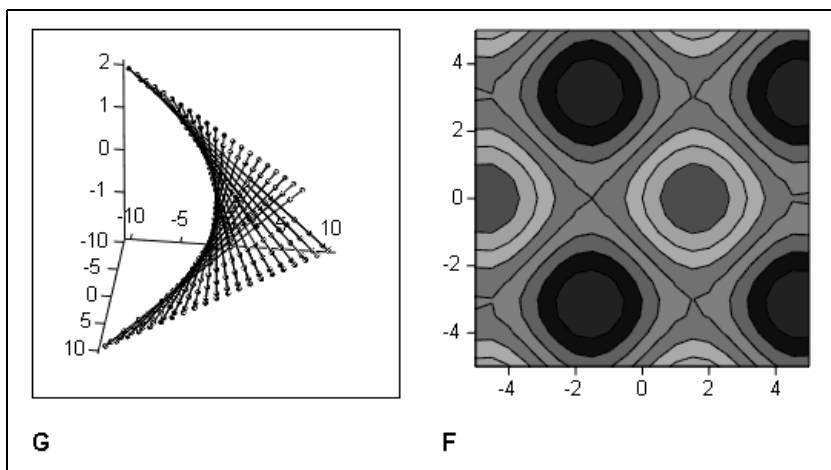


Abbildung 13.1: Ein Streudiagramm und ein Umrissdiagramm von Funktionen zweier Variablen

Um die Standard-Laufbereiche und -Schrittweiten der unabhängigen Variablen zu ändern, doppelklicken Sie auf das Diagramm und verwenden Sie im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT die Registerkarte QUICKPLOT-DATEN. Weitere Informationen über das Ändern dieser und anderer Darstellungseigenschaften finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 301.

Erzeugen einer Raumkurve

Sie können jede Parameterfunktion einer Variablen in drei Dimensionen als ein Streudiagramm visuell darstellen.

Schritt 1: Definieren Sie eine oder mehrere Funktionen.

Definieren Sie als Erstes die Funktion auf Ihrem Arbeitsblatt nach einem der folgenden Muster:

$H(u) = \begin{pmatrix} \sin(u) \\ \cos(u) \\ \sin(u) \cdot \cos(u) \end{pmatrix}$	$R(u) = 2 \cdot u$ $S(u) = u^2$ $T(u) = \cos(u)$
--	--

$H(u)$ ist eine vektorwertige Funktion einer Variablen. Bei diesem Funktionstyp läuft die unabhängige Variable u standardmäßig mit einer Schrittweite von 0,5 von -5 bis 5. Die Koordinaten x , y und z sind mittels der Definitionen der Vektorkomponenten durch u parametrisiert.

$R(u)$, $S(u)$ und $T(u)$ sind Funktionen einer Variablen. Bei diesem Funktionstriplet laufen die unabhängigen Variablen u standardmäßig mit einer Schrittweite von 0,5 von -5 bis 5. Die Koordinaten x , y und z werden entsprechend den Funktionsdefinitionen unter Verwendung dieser u -Werte dargestellt.


Hinweis

Eine Raumkurve stellt oft die Bahn eines bewegten Teilchens im Raum in Abhängigkeit der Zeit u dar.

Schritt 2: Einfügen des 3D-Streuungsdiagramms

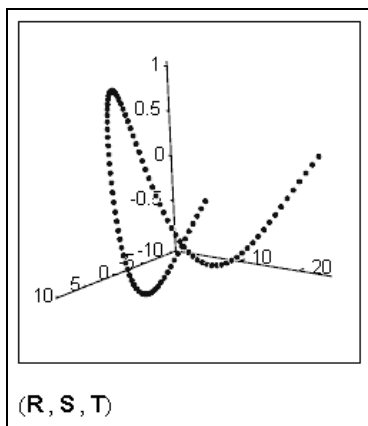
Um aus einer oder aus mehreren Funktionen eine Raumkurve darzustellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü **DIAGRAMM**⇒**3D STREUUNGSDIAGRAMM**, oder

klicken Sie auf  in der DIAGRAMM-Symboleiste. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm ein.

2. Geben Sie den Namen der einen oder mehreren Funktion(en) in den Platzhalter ein. Besteht Ihr Diagramm aus mehr als einer Funktionsdefinition, schreiben Sie die Funktionen in Klammern und trennen Sie die Namen durch Kommata. Um für die oben definierten Funktionen R , S und T eine Raumkurve zu erzeugen, geben Sie Folgendes ein:
3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms oder drücken Sie die Enter-Taste.

(R, S, T)



Allgemeine Informationen über die Formatierung von 3D-Diagrammen finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 301. Schlagen Sie bei speziellen Fragen zur Formatierung von 3D-Streuungsdiagrammen auch unter dem Punkt »Streuungsdiagramme« in der Online-Hilfe nach.


Erzeugen von 3D-Diagrammen aus Daten

Dieser Abschnitt beschreibt das Erzeugen verschiedener 3D-Diagramme aus Daten. Obwohl diese Anleitung sich vor allem auf die Befehle des EINFÜGEN-Menüs und das Ändern von Eigenschaften mit dem Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT bezieht, kann natürlich auch der auf Seite 290 beschriebene 3D-Diagramm-Assistent eingesetzt werden.

Erzeugen von Flächen-, Balken- und Streudiagrammen

Flächen-, Balken- und Streudiagramme bieten sich für die Veranschaulichung zweidimensionaler Daten in einer Matrix an. Sie können entweder als zusammenhängende Fläche, als Balken über oder unter einer Nullebene oder als Punkte im Raum dargestellt werden.

Um z.B. ein Flächendiagramm aus Daten zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Erstellen oder laden Sie die Matrix mit den darzustellenden Werten. Die Zeilen- und Spaltennummern entsprechen den Werten der x - und y -Koordinate. Die Elemente der Matrix selbst sind die z -Koordinatenwerte über bzw. unter der xy -Ebene ($z = 0$).
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒FLÄCHENDIAGRAMM**, oder klicken Sie auf das Symbol  in der DIAGRAMM-Symboleiste. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm ein.
3. Geben Sie den Namen der Matrix in den Platzhalter ein.
4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste. Abbildung 13.2 zeigt ein aus der Matrix M erzeugtes 3D-Balkendiagramm:

Standardmäßig wird das Diagramm so angezeigt, dass die erste Zeile der Matrix von der hinteren linken Ecke des Gitters aus nach rechts läuft, während die erste Spalte der Matrix von der hinteren linken Ecke in Richtung des Betrachters läuft. Im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 301 finden Sie Hilfe beim Ändern dieser Standardansicht.

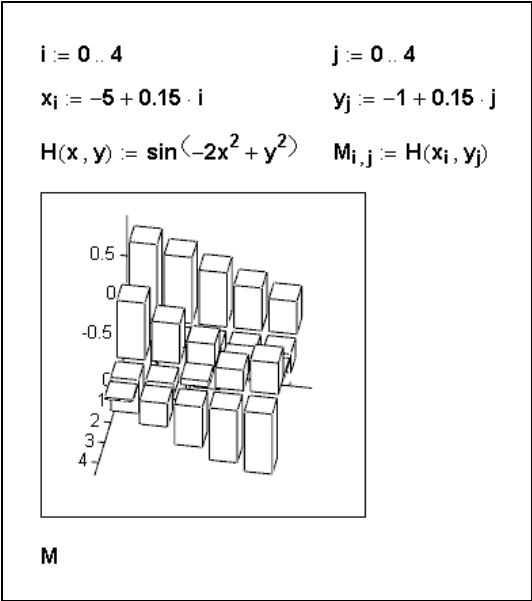


Abbildung 13.2: Die Definition einer Datenmatrix und ihre Darstellung als 3D-Balkendiagramm.

Allgemeine Informationen zum Formatieren von 3D-Diagrammen folgen im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen«. Spezielle Informationen zur Formatierung eines parametrisierten Flächendiagramms finden Sie in der Online-Hilfe unter der Überschrift »Oberflächendiagramme«.

Erzeugen eines parametrisierten Flächendiagramms

Ein parametrisiertes Flächendiagramm wird erzeugt, indem drei Matrizen, die die Koordinaten x , y und z der Punkte im Raum darstellen, an das Flächendiagramm übergeben werden.

Zum Erzeugen eines parametrisierten Flächendiagramms gehen Sie wie folgt vor:


1. Erstellen oder laden Sie drei Matrizen mit gleicher Spalten- und Zeilenanzahl.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒FLÄCHENDIAGRAMM**,
oder klicken Sie auf das Symbol  in der **DIAGRAMM**-Symbolleiste. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm ein.
3. Geben Sie die Namen der drei Matrizen in den Platzhalter ein. Trennen Sie die Namen durch Kommata und schließen Sie das Tripel in Klammern ein, wie z.B.:
(X, Y, Z)
4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste.

Abbildung 13.3 zeigt ein parametrisiertes Flächendiagramm aus den über dem Diagramm definierten Matrizen X, Y und Z.

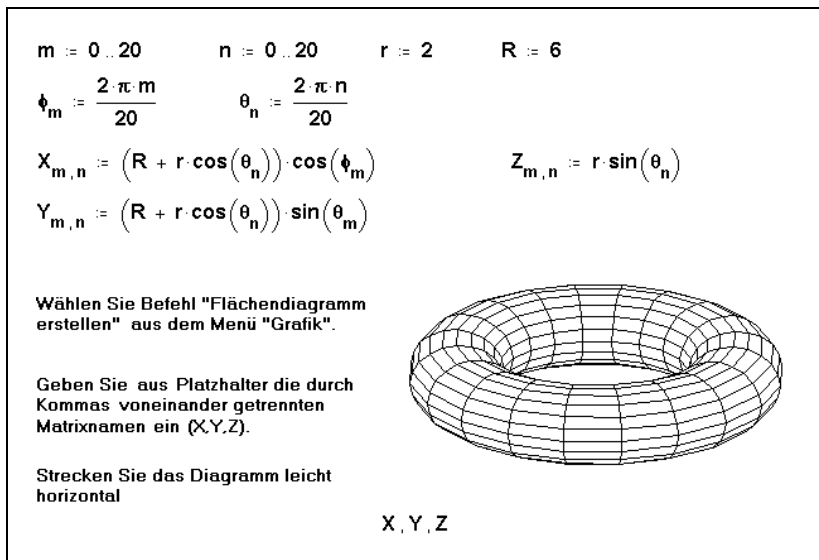



Abbildung 13.3: Ein parametrisiertes Flächendiagramm und seine Datendefinition

Hinweis Der zugrunde liegende Parameterraum ist eine rechteckige Fläche, auf der ein gleichförmiges Maschengitter liegt. Die drei Matrizen bilden diese Fläche in den dreidimensionalen Raum ab. Beispielsweise erzeugen die Matrizen **X**, **Y** und **Z** in Abbildung 13.3 eine Abbildung, die die Fläche zu einer Röhre zusammenrollt und deren Endpunkte verbindet, so dass ein Torus entsteht.

Erzeugen einer dreidimensionalen parametrisierten Kurve

Eine dreidimensionale parametrisierte Kurve wird dadurch erzeugt, dass an ein Streudiagramm drei Vektoren übergeben werden, die die Koordinaten x , y und z der Punkte im Raum darstellen.

Um eine dreidimensionale parametrisierte Kurve zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Erstellen oder laden Sie drei Vektoren mit der gleichen Anzahl von Zeilen.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM**⇒**STREUUNGSDIAGRAMM**, oder klicken Sie auf das Symbol  in der DIAGRAMM-Symboleiste. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm ein.
3. Geben Sie die Namen der Vektoren in den Platzhalter ein. Trennen Sie die Namen durch Kommata und schließen Sie das Tripel in Klammern ein, z. B.:

(X, Y, Z)

4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms oder drücken Sie die Enter-Taste.

Abbildung 13.4 zeigt eine dreidimensionale parametrisierte Kurve der über dem Diagramm definierten Vektoren **P**, **Q** und **R**.

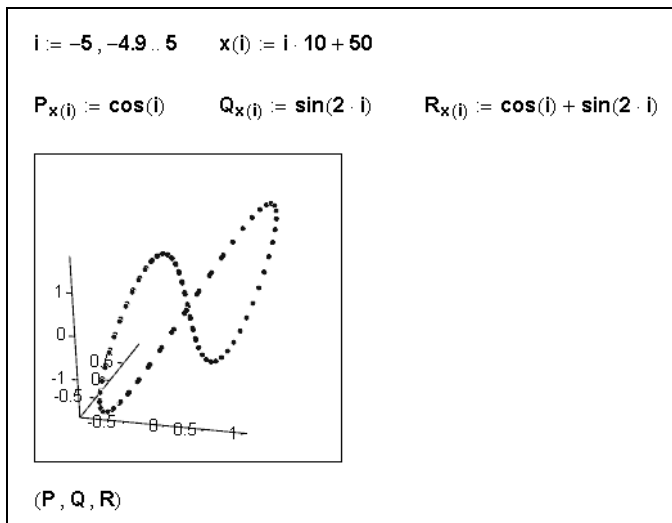



Abbildung 13.4: Eine Raumkurve und ihre Datendefinition.

Allgemeine Informationen über die Formatierung von 3D-Diagrammen finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 303. Schlagen Sie bei speziellen Fragen bezüglich der Formatierung von »Streuungsdiagrammen« auch im gleichnamigen Thema der Online-Hilfe nach.

Erzeugung von Umrissdiagrammen

Um dreidimensionale Daten als zweidimensionale Umrisskarte darzustellen, wird aus ihnen ein Umrissdiagramm erzeugt.

1. Definieren oder laden Sie eine Matrix mit den darzustellenden Werten.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒UMRISSDIAGRAMM**,

oder klicken Sie auf das Symbol  in der **DIAGRAMM**-Symbolleiste. Mathcad fügt nun ein leeres Diagramm mit einem einzelnen Platzhalter ein.

3. Geben Sie den Namen der Matrix in den Platzhalter ein.
4. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste.

■ Abbildung 13.5 zeigt ein Umrissdiagramm, das aus der über dem Diagramm definierten Matrix **C** erzeugt wurde.

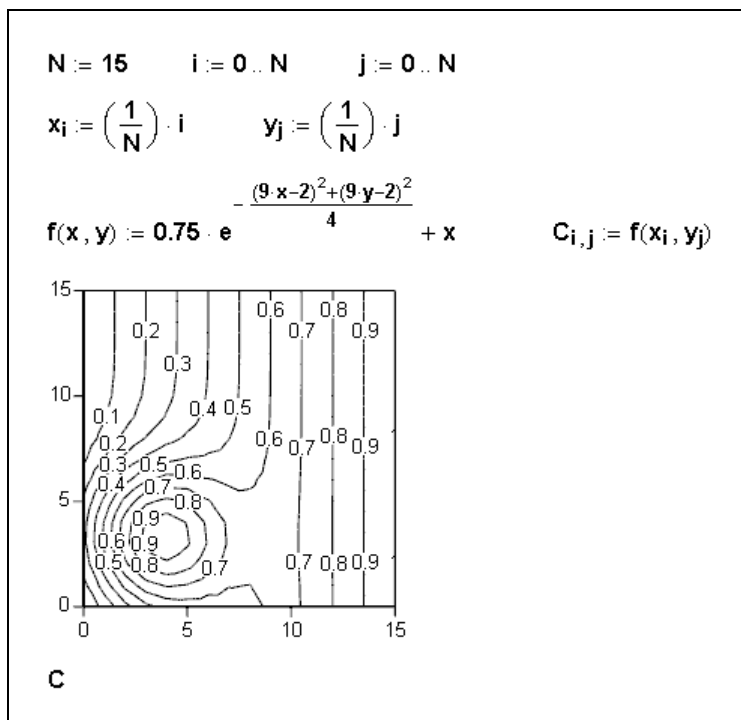


Abbildung 13.5: Ein Umrissdiagramm und seine Datendefinition

- Das Umrissdiagramm ist eine visuelle Darstellung der Höhenlinien der Matrix. Mathcad setzt voraus, dass die Zeilen und Spalten gleich große Intervalle auf den Achsen darstellen und interpoliert die Werte dieser Matrix linear, um die Höhenlinien oder Umrisse zu bilden. Jede Höhenlinie wird so erzeugt, dass sich keine zwei Kurven schneiden. Standardmäßig werden die z-Umrisse in der x-y-Ebene gezeigt. Mathcad zeichnet die Matrix so, dass das Element in Zeile 0 und Spalte 0 in der unteren linken Ecke liegt. Die Zeilen der Matrix entsprechen also den Werten auf der x-Achse und wachsen nach rechts hin an, während die Spalten den Werten auf der y-Achse entsprechen und nach oben hin anwachsen.
- Allgemeine Informationen über die Formatierung von 3D-Diagrammen finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen« auf Seite 301. Schlagen Sie bei speziellen Fragen bezüglich der Formatierung von Umrissdiagrammen auch im gleichnamigen Thema der Online-Hilfe nach.

Hinweis Wenn Sie das Umrissdiagramm einer Funktion darstellen, erstreckt sich standardmäßig die positive x-Achse des Diagramms nach rechts und die positive y-Achse nach oben.

Erzeugen eines Vektorfelddiagramms

In einem Vektorfelddiagramm wird jedem Punkt in der x-y-Ebene ein zweidimensionaler Vektor zugeordnet. Es gibt zwei Möglichkeiten, die Daten für ein solches Diagramm bereitzustellen:

1. Erstellen Sie eine Matrix aus komplexen Zahlen mit folgenden Bedingungen:
 - Die Zeilen- und Spaltennummern stellen die Koordinaten x und y dar.
 - Der Realteil jedes Matricelements ist die x -Komponente des dieser Zeile und Spalte zugeordneten Vektors.
 - Der Imaginärteil eines Matricelements ist die y -Komponente des dieser Zeile und Spalte zugeordneten Vektors.
2. Alternativ können Sie auch zwei Matrizen mit der gleichen Anzahl von Zeilen und Spalten erstellen, wobei die erste Matrix die x -Komponenten und die zweite die y -Komponenten des Vektors enthält.

Nachdem die Daten wie oben beschrieben definiert wurden, erzeugen Sie das Vektorfelddiagramm:



1. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒VEKTORFELDDIAGRAMM** oder klicken Sie auf das Symbol  in der DIAGRAMM-Symboleiste. GRAMM oder klicken Sie auf das Symbol  in der DIAGRAMM-Symboleiste.
2. Geben Sie den Namen der Matrix bzw. die Namen der Matrizen in den Platzhalter ein. Verwenden Sie zwei Matrizen, trennen Sie die Namen durch Kommata und schließen Sie das Paar in Klammern ein, z.B.:
(X, Y)
3. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste.

Abbildung 13.6 zeigt das Vektorfelddiagramm aus der über dem Diagramm definierten Matrix Q.

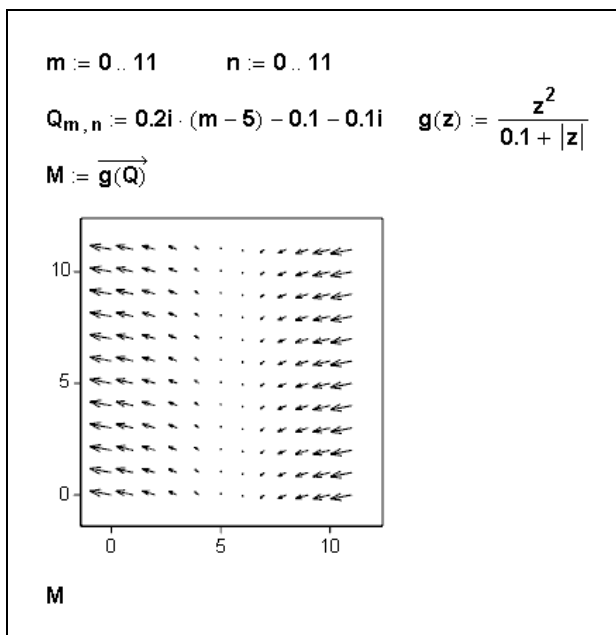


Abbildung 13.6: Ein aus der über dem Diagramm definierten Matrix Q erzeugtes Vektorfelddiagramm.


- Allgemeine Informationen über die Formatierung von 3D-Diagrammen finden Sie im Abschnitt »Formatierung von 3D-Diagrammen«. Schlagen Sie bei speziellen Fragen bezüglich der Formatierung von Vektorfelddiagrammen auch im Thema »Vektorfelddiagramme« der Online-Hilfe nach.

Mehrere 3D-Diagramme zeichnen

So, wie man mehrere Spuren in ein zweidimensionales Diagramm einzeichnen kann, kann man auch mehrere Flächen-, Kurven-, Umriss-, Balken- oder Streuungsdiagramme in einer dreidimensionalen Darstellung zusammenfassen.

Um z.B. eine 3D-Darstellung von einem Umriss- und einem Flächendiagramm zu erzeugen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Definieren Sie zwei Funktionen zweier Variablen oder alternativ irgendeine andere Kombination von zwei geeigneten Argumentsätzen für eine 2D-Darstellung (zwei Matrizen, zwei Sätze von drei Vektoren usw.).
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag **DIAGRAMM⇒UMRISSDIAGRAMM**,

oder klicken Sie auf das Symbol  in der **DIAGRAMM**-Symbolleiste. Mathcad fügt nun ein leeres 3D-Diagramm ein.

3. Geben Sie den Namen der Funktion oder Matrix für das Umrissdiagramm und anschließend ein Komma in den Platzhalter ein.
 4. Geben Sie nun den Namen der Funktion oder Matrix für das Umrissdiagramm ein.
 5. Klicken Sie außerhalb des Diagramms, oder drücken Sie die Enter-Taste. Es erscheinen zwei Diagramme.
 6. Doppelklicken Sie auf die Darstellung, um das Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT anzuzeigen. Klicken Sie auf der Registerkarte ALLGEMEIN unter DARSTELLUNGSART auf die Registerkarte DIAGRAMM 2 und wählen Sie FLÄCHENDIAGRAMM. Klicken Sie auf OK.
- Sowohl das Umrissdiagramm als auch das Flächendiagramm erscheinen nun mit den Standardeinstellungen in einer Darstellung.

Tipp

Als Faustregel können Sie sich merken, dass man nicht mehr als zwei oder drei Diagramme gleichzeitig anzeigen sollte, weil sie sich möglicherweise überdecken und die Darstellung damit schwer erkennbar wird.

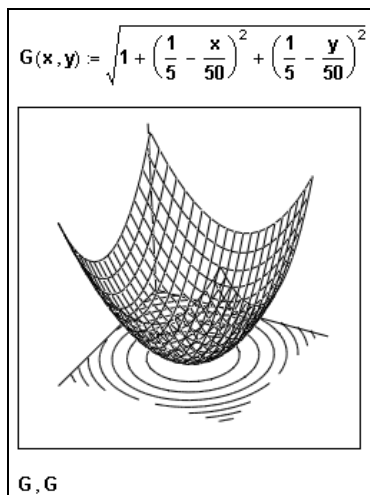


Abbildung 13.7: Ein Umriss- und ein Flächendiagramm in einer Darstellung

Formatierung von 3D-Diagrammen

Die Standardeinstellung eines 3D-Diagramms ist davon abhängig, wie es eingefügt wird. Wenn Sie über das EINFÜGEN-Menü die Einträge DIAGRAMM \Rightarrow 3D-DIAGRAMM-ASSISTENT wählen, bestimmen Sie das Erscheinungsbild des Diagramms innerhalb des Assistenten. Wenn Sie ein Diagramm einfügen, indem Sie den Typ im EINFÜGEN-Menü auswählen, nimmt das Diagramm automatisch die Standardeigenschaften an.

Sie können das Erscheinungsbild jedes 3D-Diagramms nach dem Einfügen noch ändern. Hierzu verwenden Sie eine der zahlreichen Optionen, die im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT zur Verfügung stehen. Beispielsweise können Sie diese Optionen nutzen, um die Farbe zu ändern, um die Achsen, Linien und Punkte zu formatieren oder um Hintergrundebenen einzufügen.

Um das 3D-DIAGRAMMFORMAT-Dialogfeld anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie einmal auf das Diagramm, um es auszuwählen und wählen Sie im Format-Menü den Eintrag DIAGRAMM⇒D-DIAGRAMM. Alternativ können Sie auch einfach auf das Diagramm doppelklicken. Mathcad zeigt nun das Dialogfeld 3D-Diagrammformat an. Die Registerkarte Allgemein ist in der Abbildung gezeigt. Die anderen Registerkarten enthalten weitere Einstellungen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte, auf der Sie Optionen ändern möchten.
3. Nehmen Sie die Änderungen im Dialogfeld vor.
4. Klicken Sie auf Übernehmen, wenn Sie Ihre Änderungen vor dem Schließen des Dialogfelds sehen wollen.
5. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.



Das Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT

Die Registerkarten im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT zeigen Optionen für die verschiedenen Formatierungen des 3D-Diagramms an. Einige der Optionen, die auf bestimmten Seiten in dem Dialogfeld angeboten werden, sind von dem jeweiligen Diagrammtyp abhängig, während andere für alle 3D-Diagramme zur Verfügung stehen.

- Auf der Registerkarte ALLGEMEIN haben Sie Zugriff auf alle grundlegenden Optionen, die das allgemeine Erscheinungsbild der Darstellung bestimmen. Damit legen Sie die Position eines Diagramms fest, bestimmen den Achsenstil, zeichnen einen Rahmen oder wandeln ein 3D-Diagramm in einen anderen Diagrammtyp um.
- Die Optionen auf der Registerkarte ACHSEN ermöglichen es, genau festzulegen, wie die einzelnen Achsen aussehen sollen. Hier kann die Stärke der Achse gewählt

und festgelegt werden, ob sie Zahlen oder Teilstriche tragen soll. Außerdem können die Grenzen der Achse eingestellt werden. Oben auf der Seite können Sie wählen, ob Sie die x -, y - oder z -Achse formatieren möchten.

- Auf der Registerkarte HINTERGRUNDEBENEN können Sie festlegen, ob die Hintergrundebene mit einer Farbe ausgefüllt werden soll und ob sie einen Rahmen, Gitterlinien bzw. eine Einteilung besitzen soll. Auch hier können Sie oben auf der Seite festlegen, ob Sie die xy -, yz - oder xz -Hintergrundebene formatieren möchten.

Hinweis

Sowohl auf der HINTERGRUNDEBENEN- als auch auf der ACHSEN-Registerkarte finden Sie Optionen zum Anzeigen und Einrichten von Gitterlinien. Wenn Sie diese Linien für eine Achse auf der Registerkarte ACHSEN einrichten, werden sie automatisch für die beiden an diese Achse angrenzenden Hintergrundebenen übernommen. Wenn Sie sie hingegen auf der Registerkarte HINTERGRUNDEBENEN einrichten, bleiben die Einstellungen der anliegenden Hintergrundebenen hiervon unberührt.

- Mit den Optionen der Registerkarte DARSTELLUNG formatieren Sie die Oberflächen, Linien und Punkte, aus denen ein Diagramm besteht. Diese Optionen ermöglichen es Ihnen beispielsweise, Farben direkt auf die Oberfläche eines Diagramms, auf seine Umrisse oder auf seine Linien und Punkte anzuwenden. Mehr darüber finden Sie in den folgenden Abschnitten.
- Auf der Registerkarte BELEUCHTUNG richten Sie die allgemeine Beleuchtung des Diagramms sowie einzelne Lichtquellen ein. Weitere Informationen über die Beleuchtung und ihre Auswirkungen finden Sie im Kapitel »Beleuchtung« auf Seite 309.
- Auf der Registerkarte TITEL finden Sie ein Textfeld, in dem Sie einen Titel für die Darstellung eingeben können. Außerdem bestimmen Sie hier die Lage des Titels in der Darstellung.
- Die Optionen auf der Registerkarte EXTRA legen die Eigenschaften für spezielle Diagrammtypen fest. So können Sie z. B. bei den Balkendiagrammoptionen die Anordnung der Balken im 3D-Diagramm bestimmen.
- Die Optionen auf der Registerkarte ERWEITERT benötigen sie nur, wenn Sie wirklich eine Feinabstimmung des Aussehens eines Diagramms, z. B. der vertikalen Skalierung, vornehmen möchten.
- Die QUICKPLOT-DATEN-Registerkarte enthält den Bereich und die Einteilung der unabhängigen Variablen, die einen 3D-QuickPlot bestimmen. Außerdem können Sie hier festlegen, ob Ihre Funktion(en) in kartesischen Koordinaten, in Kugelkoordinaten oder in Zylinderkoordinaten gegeben sind.

Online-Hilfe

In der Online-Hilfe finden Sie weitere Einzelheiten über die Optionen bestimmter Registerkarten im 3D-DIAGRAMMFORMAT-Dialogfeld. Klicken Sie einfach auf die Schaltfläche HILFE oben im Dialogfeld.

Einige Optionen im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT wirken beim Einstellen des Erscheinungsbildes eines Diagramms zusammen. Beispielsweise arbeiten die Optionen auf den Registerkarten DARSTELLUNG, BELEUCHTUNG, EXTRA und ERWEITERT zusammen, um die Farbe eines Diagramms festzulegen.

Hinweis Wenn Sie mit Mathcad eine Darstellung mit mehreren Diagrammen formatieren wollen (siehe »Mehrere 3D-Diagramme zeichnen« auf Seite 300), sollten Sie bedenken, dass sich einige Optionen im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT auf die gesamte Darstellung auswirken, während andere nur einzelne Diagramme beeinflussen. Beispielsweise gelten sämtliche Optionen auf den Registerkarten ACHSEN, HINTERGRUNDEBENEN und BELEUCHTUNG für die gesamte Darstellung. Alle Diagramme darin verwenden gemeinsame Achsen, Hintergrundebenen und Beleuchtungen. Die Optionen auf der Registerkarte DARSTELLUNG sind hingegen für einzelne Diagramme spezifisch, da jede Fläche, Kurve, etc. eine eigene Farbe, Linienstärke usw. besitzen kann. Die Registerkarten DIAGRAMM 1, DIAGRAMM 2 usw. geben die Eigenschaften des Diagramms an, das Sie gerade ändern.

Füllfarbe

Die Farbe eines Diagramms wird hauptsächlich durch seine Füllfarbe festgelegt. Dieser Abschnitt beschreibt, wie man Farben auf ein Diagramm anwendet, indem man seine Fläche oder seinen Umriss füllt. Die Farbe und die Schattierung eines Diagramms werden außerdem durch die ausführlich ab Seite 309 beschriebene *Beleuchtung* beeinflusst.

Mathcad ermöglicht es Ihnen, der Oberfläche oder den Umrissen eines Diagramms eine Volltonfarbe oder eine Farbzuordnung zuzuordnen. Eine Volltonfarbe ist dann zweckmäßig, wenn Sie ein Diagramm nicht durch zu viele Farben unübersichtlich machen wollen oder wenn Sie das Diagramm hauptsächlich mit der Beleuchtung schattieren möchten. Eine Farbtabelle (Farbzuordnung) wendet ein Feld mit Farben auf ein Diagramm gemäß den Koordinaten an.

Hinweis Mit Mathcad erhalten Sie eine Vielzahl von Farbzuordnungen: Regenbogenfarben, Graustufen, Abstufungen von Rot, Blau und Grün und weitere. Natürlich ist es bei Mathcad auch möglich, mittels der auf Seite 251 beschriebenen Funktionen *LadeFarbwerte* und *SpeichernFarbwerte* eigene Farbzuordnungen zu erstellen oder zu laden. Standardmäßig wird die Farbzuordnung so eingesetzt, dass der Farbton abhängig von den z-Werten, d.h. von den Höhenwerten des Diagramms, ist. Sie können dies ändern, indem Sie auf der Registerkarte ERWEITERT die gewünschte Richtung im Bereich FARBZUWEISUNG auswählen. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.

Füllen der Oberfläche

Um der Oberfläche eines Diagramms eine Volltonfarbe oder Farbzuordnung zuzuweisen, verwenden Sie die Optionen auf der Registerkarte DARSTELLUNG im 3D-DIAGRAMMFORMAT-Dialogfeld. Um beispielsweise ein 3D-Säulendiagramm gemäß einer Farbzuordnung einzufärben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG.



3. Klicken Sie im Abschnitt FÜLLUNGSOPTIONEN auf FLÄCHE FÜLLEN und im Abschnitt FARBOPTIONEN auf FARBZUORDNUNG.
4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Diagramm anzuzeigen. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Abbildung 13.8 zeigt ein Beispiel.

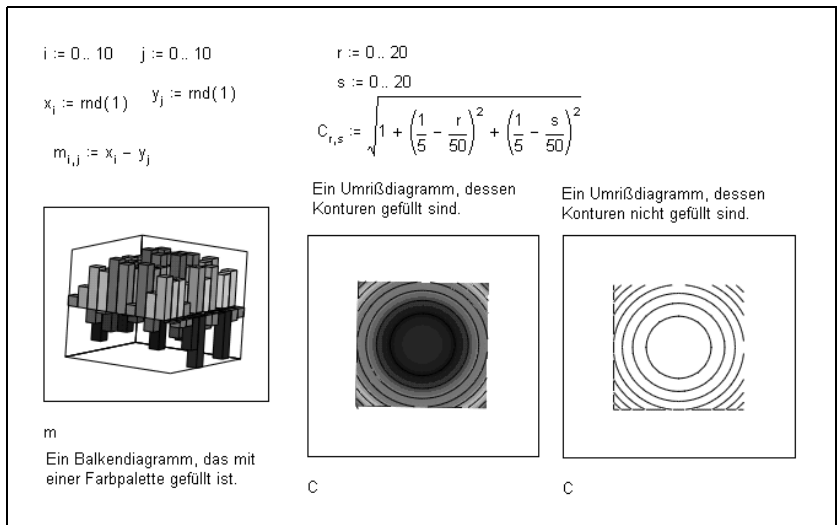


Abbildung 13.8: Das Füllen von Oberflächen oder Umrissen eines Diagramms

Das Diagramm wird standardmäßig mit der Farbzweisung »Regenbogen« schattiert. Sie können aber im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT auf der Registerkarte ERWEITERTE eine andere Farbzurordnung auswählen.

Wenn Sie die Säulen des Diagramms mit einer Volltonfarbe füllen möchten, klicken Sie stattdessen auf VOLLTONFARBE und anschließend auf das Feld FARBE, um eine Farbe auszuwählen.

Umrisse füllen

Wenn Sie ein Flächendiagramm formatieren, können Sie statt FLÄCHE FÜLLEN auch den Eintrag UMRISSE FÜLLEN wählen. Dann wird das Diagramm entsprechend seiner Umrisse und nicht direkt gemäß seiner Daten ausgefüllt. Sie können selbst bestimmen, ob die Farben gemäß den x -, y - oder z -Umrissen oder Kombinationen davon zugeordnet werden. Beim Füllen von Umrissdiagrammen hingegen müssen Sie den Eintrag UMRISSE FÜLLEN anstatt FLÄCHEN FÜLLEN verwenden.

Um ein Umrissdiagramm mit einer Farbe zu füllen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld mit den Registerkarten anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG.
3. Wählen Sie im Abschnitt FÜLLUNGSOPTIONEN den Eintrag UMRISSE FÜLLEN aus.
4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Ergebnis zu betrachten. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Das Diagramm wird standardmäßig mit der Farbzuzuweisung »Regenbogen« schattiert. Sie können aber im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT auf der Registerkarte ERWEITERT eine andere Farbzuoordnung auswählen.

Hinweis

Wenn Sie ein Umrissdiagramm auf eine andere als die x - y -Ebene projizieren, können Sie den Umriss mit Hilfe der Optionen im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT füllen. Gehen Sie auf der Registerkarte EXTRAS zum Dropdown-Menü und wählen Sie eine Umrissrichtung aus. Klicken Sie für jeden Umriss, der eine Farbe erhalten soll, auf FÜLLEN. Wenn Sie auf diese Weise z.B. festgelegt haben, dass die z - und x -Umrisse gefüllt werden sollen, sehen Sie eine entsprechende Umrissfarbe auf der x - y - und der y - z -Hintergrundebene.

Linien

Mathcad stellt zahlreiche Möglichkeiten bereit, das Erscheinungsbild von Linien in 3D-Diagrammen zu beeinflussen. Sie können Linien als Drahtmodelle zeichnen oder z.B. nur Umrisslinien darstellen. Außerdem können Sie auch die Stärke und die Farbe der Linien eines Diagramms steuern.

Ein Drahtmodell zeichnen

Um einzustellen, ob die Linien im Diagramm ein Drahtmodell bilden sollen, verwenden Sie die Optionen auf der Registerkarte DARSTELLUNG im 3D-DIAGRAMMFORMAT-Dialogfeld. Um beispielsweise, wie in Abbildung 13.9 gezeigt, das Drahtmodell eines Flächendiagramms zu entfernen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld mit den Registerkarten anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG.
3. Wählen Sie im Abschnitt LINIENOPTIONEN den Eintrag KEINE LINIEN aus.

4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Ergebnis zu betrachten. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Wollen Sie später die Linien wieder anzeigen, wählen Sie auf der Registerkarte DARSTELLUNG den Eintrag DRAHTMODELL.

Umrisslinien zeichnen

Bei der Formatierung von Flächendiagrammen können Sie auf der Registerkarte DARSTELLUNG im Abschnitt LINIENOPTIONEN auch den Eintrag UMRISSLINIEN anstatt DRAHTMODELL wählen. Diese Umrisslinien werden gemäß den Umrissen einer Oberfläche gezeichnet. Sie können zwischen x -, y - und z -Umrisslinien oder Kombinationen davon wählen.

Hinweis Bei Umrissdiagrammen verwendet Mathcad zum Zeichnen der Umrisslinien immer UMRISSLINIEN anstatt DRAHTMODELL.

Um beispielsweise Linien zu zeichnen, die die x -Umrisse eines Flächendiagramms anzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld mit den Registerkarten anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG.
3. Klicken Sie im Abschnitt LINIENOPTIONEN auf UMRISSLINIEN.
4. Klicken Sie auf die Registerkarte EXTRA.
5. Im Dropdown-Menü muss im Abschnitt UMRISSOPTIONEN unten z -UMRISSE ausgewählt sein. Klicken Sie auf LINIEN ZEICHNEN, um die Markierung zu entfernen. Damit werden die Linien für die z -Umrisse deaktiviert.
6. Wählen Sie nun im gleichen Dropdown-Menü den Eintrag x -UMRISSE.
7. Markieren Sie hier LINIEN ZEICHNEN.
8. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Ergebnis zu betrachten. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Das Flächendiagramm wird nun mit Umrisslinien gezeichnet, die, wie Abbildung 13.9 zeigt, senkrecht auf der x -Achse stehen.

Hinweis Wenn Sie ein Umrissdiagramm in einer Darstellung mit mehreren Diagrammen (siehe Seite 302) formatieren, geben die Optionen im Dropdown-Menü auf der Registerkarte EXTRA an, auf welcher Hintergrundebene die Umrisslinien gezeichnet werden. Wenn Sie beispielsweise die Option LINIEN ZEICHNEN für z -Umrisse und x -Umrisse aktiviert haben, sehen Sie die Umrisslinien sowohl auf der x - y - als auch auf der y - z - Hintergrundebene.

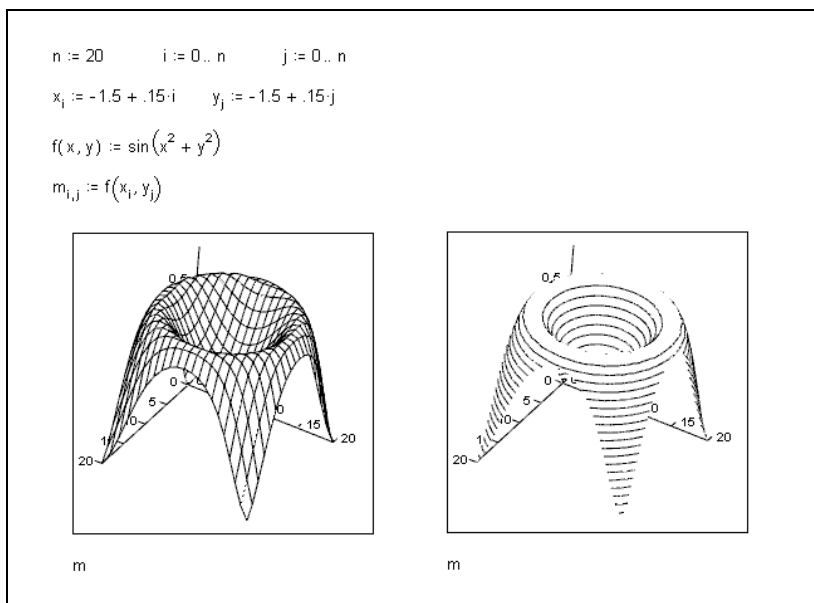


Abbildung 13.9: Drahtmodell und Umrisslinien für ein Flächendiagramm

Linienfarbe

Auf der Registerkarte DARSTELLUNG können Sie im Abschnitt LINIENOPTIONEN festlegen, welche Farbe die Linien in einem Diagramm erhalten sollen. Wie bei dem auf Seite 306 beschriebenen Füllen der Oberfläche können auch die Linien eines Diagramms eine »Volltonfarbe« oder eine Farbuordnung erhalten.

Um die Linien eines Umrissdiagramms orange darzustellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld mit den Registerkarten anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG.
3. Klicken Sie im Abschnitt LINIENOPTIONEN auf UMRISSLINIEN und auf VOLLTONFARBE.
4. Doppelklicken Sie auf das Farbfeld neben dem Eintrag VOLLTONFARBE. Klicken Sie auf die Farbe ORANGE und dann auf OK.
5. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Ergebnis zu betrachten. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Punkte

Da alle 3D-Diagramme aus diskreten Datenpunkten konstruiert werden, können Punkte in den meisten dreidimensionalen Diagrammen beliebig gezeichnet und formatiert werden. (Ausnahmen bilden Vektorfelddiagramme, Umrissdiagramme, Balkendiagramme, Patchdiagramme.) Insbesondere sind Punkte auf 3D-Streuungsdiagrammen

sinnvoll, in denen sie die Hauptbedeutung besitzen. Mathcad erlaubt Ihnen, sowohl auf die Punktsymbole als auch auf die Farbe und Größe des Symbols Einfluss zu nehmen.

Um Punkte in ein Oberflächendiagramm einzufügen oder aus ihm zu entfernen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG.
3. In dem Abschnitt PUNKTOPTIONEN findet sich ein Eintrag PUNKTE ZEICHNEN, den Sie aktivieren oder deaktivieren können.
4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Ergebnis zu betrachten. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Verwenden Sie zur Formatierung der Symbole, der Größe und der Farbe der Punkte auf Ihrem 3D-Streuungsdiagramm den Abschnitt PUNKTOPTIONEN (ebenfalls auf der Registerkarte DARSTELLUNG).

- Um das angezeigte Symbol zu ändern, wählen Sie ein Symbol aus der Dropdown-Liste aus.
- Mit den Pfeilen neben GRÖSSE können Sie die Größe der Symbole ändern.
- Um die Farbe der Symbole zu ändern, klicken Sie auf das Feld FARBE neben VOLLTONFARBE und wählen Sie einen Farbton aus, oder wählen Sie FARBUORDNUNG.

Beleuchtung

Die Farbe eines 3D-Diagramms ist sowohl das Ergebnis der Farben, mit der seine Oberfläche und seine Linien und Punkte gefüllt sind, als auch der Farben des Umgebungslichts oder der Punktlichtquellen, von denen es angestrahlt wird. Sie ist wie in der tatsächlichen Welt, in der ein Objekt eine Farbe besitzt, die aber vom Umgebungslicht beeinflusst wird. Objekte absorbieren und reflektieren Licht in Abhängigkeit von ihrer Farbe. Ein gelber Ball reflektiert z.B. hauptsächlich den Gelbanteil des eintreffenden Lichts und absorbiert den Rest. In Abhängigkeit vom einfallenden Licht kann er in der Dämmerung grau, in blauem Licht grün und in hellem Licht hellgelb erscheinen.

Wie im obigen Abschnitt beschrieben, können die Oberflächen, Umrisse, Linien und Punkte unter Verwendung der Optionen auf den Registerkarten DARSTELLUNG und ERWEITERT im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT mit Volltonfarben oder Farbuordnungen gefüllt werden.

Die Beleuchtung wird mit Hilfe der Optionen auf der Registerkarte BELEUCHTUNG des Dialogfelds 3D-DIAGRAMMFORMAT eingestellt. Wenn es Ihnen ausreicht, ein Diagramm unter Verwendung einer Farbuordnung zu füllen, benötigen Sie möglicherweise überhaupt keine Beleuchtung. Wenn Sie das Diagramm jedoch anders schattieren wollen oder wenn das Diagramm mit einer Volltonfarbe gefüllt und schattiert werden soll, können Sie die Beleuchtung aktivieren.

Hinweis Wenn Ihre 3D-Darstellung mehrere Diagramme enthält, beeinflusst die Beleuchtung alle von ihnen, wobei Sie natürlich allen Diagrammen unterschiedliche Farben zuweisen können.

Hinweis

Wenn Sie möchten, dass die Farbe eines Diagramms hauptsächlich durch die Beleuchtung bestimmt werden soll, gehen Sie auf die Registerkarte DARSTELLUNG im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT und füllen Sie das Diagramm mit der Volltonfarbe Weiß.

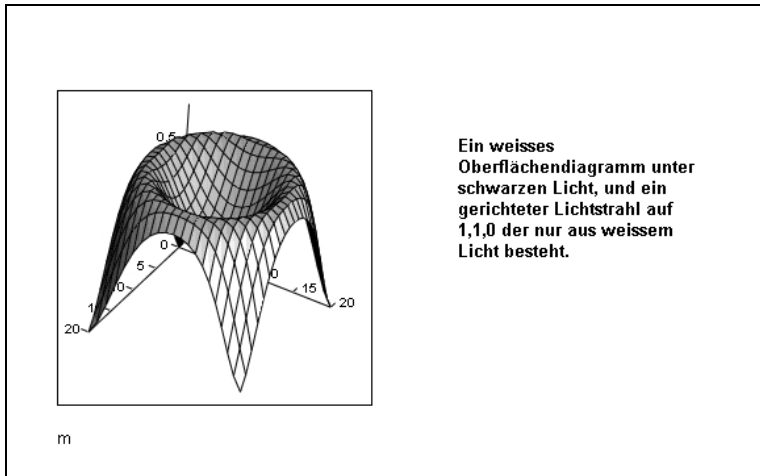


Abbildung 13.10: Ein weißes Flächendiagramm mit aktivierter Beleuchtung

Um die Beleuchtung zu aktivieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf das Diagramm, um das Dialogfeld mit den Registerkarten anzuzeigen.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte BELEUCHTUNG.
3. Wählen Sie im Abschnitt BELEUCHTUNG den Eintrag BELEUCHTUNG AKTIVIEREN.
4. Mit Hilfe der Optionen BELEUCHTUNG 1, BELEUCHTUNG 2 usw. auf den Registerkarten können Sie eine gerichtete Beleuchtung erzeugen und ihre Farbe und ihre Position ändern. Mathcad erlaubt die Verwendung von bis zu acht gerichteten Lichtquellen.
5. Klicken Sie auf das Farbkästchen UMGEBUNGSLICHTFARBE, um die Farbe des Umgebungslichts festzulegen. Dabei bedeutet »Schwarz«, dass kein Umgebungslicht verwendet wird.
6. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um das Ergebnis zu betrachten. Schließen Sie das Dialogfeld mit OK.

Online-Hilfe

Weitere Einzelheiten über die Optionen der Registerkarte BELEUCHTUNG finden Sie in der Hilfe, die Sie mit der Schaltfläche am unteren Rand des Dialogfelds aufrufen. Zusätzliche Informationen hierzu stehen in »Weitere Themen« unter »Überblick« und »Lernprogramm« im Mathcad-Informationszentrum zur Verfügung.

Den Typ eines 3D-Diagramms wechseln

Fast jedes 3D-Diagramm kann mit Hilfe der Option DARSTELLUNGSART der Registerkarte ALLGEMEIN im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT in ein anderes 3D-Diagramm umgewandelt werden. Wählen Sie einfach einen anderen 3D-Diagrammtyp aus und klicken Sie auf ÜBERNEHMEN oder OK, um die Änderung wirksam zu machen. Abbildung 13.11 zeigt die gleiche Matrix in der Darstellung durch drei verschiedene Diagramme.

Hinweis Einige dreidimensionale Diagramme wie z. B. das Vektorfelddiagramm können nicht in andere Diagrammtypen umgewandelt werden. Wenn ein Diagramm nicht umgewandelt werden kann, wird dies dadurch kenntlich gemacht, dass der Diagrammtyp in dem Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT grau erscheint.

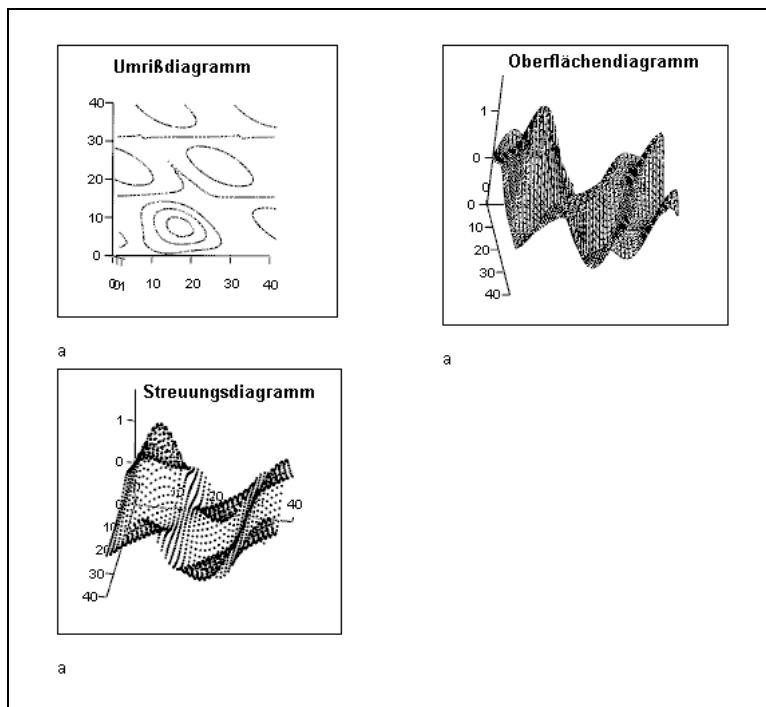


Abbildung 13.11: Die gleichen Daten in verschiedenen 3D-Diagrammtypen

Anmerkungen

Außer dem Zuweisen eines Titels zu einem Diagramm mittels der Registerkarte TITEL des Dialogfelds 3D-DIAGRAMMFORMAT können Sie auch Anmerkungen hinzufügen, indem Sie an eine beliebige Stelle des Diagramms Text oder Bitmaps einfügen. Damit ist es möglich, bestimmte Teile des Diagramms zu beschriften oder hervorzuheben.

Um Anmerkungstext zu einem 3D-Diagramm hinzuzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Legen Sie sich wie in Kapitel 5 unter »Text« beschrieben auf Ihrem Arbeitsblatt einen Textbereich an.
2. Ziehen Sie den Textbereich von der jeweiligen Stelle des Arbeitsblatts mit der Maus auf Ihr Diagramm. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter »Bereiche verschieben und kopieren« auf Seite 30.

Sie können die Textanmerkung jederzeit neu positionieren. Wenn Sie sie bearbeiten möchten, ziehen Sie sie auf Ihr Arbeitsblatt, nehmen Sie die Änderungen vor und ziehen Sie die Textanmerkung wieder auf das Diagramm.

Tipp

Genauso wie Text können Sie auch Bitmaps von Ihrem Arbeitsblatt auf Ihr Diagramm ziehen. Um die Bitmap einer anderen Anwendung in Ihr Diagramm aufzunehmen, kopieren Sie die Bitmap in die Zwischenablage, klicken mit der rechten Maustaste auf die betreffende Stelle des Diagramms und wählen INHALTE EINFÜGEN aus dem Popup-Menü.

3D-QuickPlot-Daten ändern

Wenn Sie, wie auf Seite 290 beschrieben, einen 3D-QuickPlot erzeugt haben, können Sie die Grenzen und Schrittweite jeder unabhängigen Variablen ändern, indem Sie die Einstellungen der Registerkarte QUICKPLOT-DATEN des Dialogfelds 3D-DIAGRAMM-FORMAT verwenden.

Um die Grenzen der unabhängigen Variablen zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Start- und Endwert jedes Laufbereichs mittels der Textfelder ein.
2. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um die Änderungen auszuführen und auf OK, um das Dialogfeld zu schließen.

Um die Schrittweite oder die Anzahl der Gitterlinien zwischen Start- und Endwert jeder Koordinatenachse zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

1. Erhöhen oder verringern Sie die Anzahl der Gitterlinien mit den Pfeilen neben ANZAHL DER GITTERLINIEN oder mit dem Textfeld, in das Sie die gewünschte Anzahl eintragen können.
2. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um die Änderungen auszuführen und auf OK, um das Dialogfeld zu schließen.

Hinweis

Die Grenzen, die Sie für die unabhängigen Variablen auf der QUICKPLOT-DATEN-Registerkarte einstellen, stimmen nicht unbedingt mit den Achsenbegrenzungen überein, es sei denn, es handelt sich um eine einzige Funktion zweier Variablen in kartesischen Variablen. In allen anderen Fällen werden die Achsenbegrenzungen durch die von Ihren Funktionen für den QuickPlot berechneten x -, y - und z -Daten festgelegt.

Um an den QuickPlot-Daten eine automatische Konvertierung der Koordinatensysteme vorzunehmen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie unter KOORDINATENSYSTEM auf das Optionsfeld, das dem Koordinatensystem der darzustellenden Funktion entspricht.
2. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um die Änderungen auszuführen und auf OK, um das Dialogfeld zu schließen.

Drehen und Zoomen von 3D-Diagrammen

Die Größe eines dreidimensionalen Diagramms wird genau so geändert wie die eines jeden anderen Darstellungsbereichs. Zunächst wird das Diagramm angeklickt, und dann werden die Markierungen am Rahmen des Darstellungsbereichs gezogen. Für 3D-Diagramme stellt Mathcad allerdings weitere Optionen zum Ändern der Darstellung bereit:

- Sie können ein Diagramm drehen, um es aus einer anderen Perspektive zu betrachten.
- Sie können das Diagramm in ständige Bewegung um eine Achse versetzen.
- Sie können beliebige Bereiche heran- oder wegzoomen.

Hinweis Wenn Sie ein 3D-Diagramm drehen, rotieren lassen oder zoomen, werden alle sichtbaren Achsen im Diagramm entsprechend angepasst. Text- oder Grafik-Anmerkungen, die Sie hinzugefügt haben (Seite 311) bleiben jedoch an ihrer alten Position und behalten ihre Größe.

Drehen von 3D-Diagrammen

Sie können ein Diagramm entweder interaktiv mit der Maus oder durch die Eingabe von Parametern im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT drehen.

Um ein 3D-Diagramm interaktiv mit Hilfe der Maus zu drehen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf das Diagramm und halten Sie die Maustaste gedrückt.
2. Ziehen Sie den Mauszeiger mit gedrückter Maustaste in die Richtung, in die sich das Diagramm drehen soll.
3. Lassen Sie die Maustaste los, wenn das Diagramm die gewünschte Position besitzt.

Um ein dreidimensionales Diagramm mittels des Dialogfelds 3D-DIAGRAMMFORMAT zu drehen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie einmal auf das Diagramm, um es auszuwählen und wählen Sie anschließend aus dem FORMAT-Menü den Eintrag DIAGRAMM \Rightarrow 3D-DIAGRAMM. Alternativ können Sie auch auf das Diagramm doppelklicken.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte ALLGEMEIN.
3. Ändern Sie im Bereich ANSICHT die Einstellungen für die ROTATION, NEIGUNG und VERDREHUNG.
4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um die Änderungen auszuführen, und auf OK, um das Dialogfeld zu schließen.

Ein Diagramm in Rotation versetzen

Sie können das Diagramm auch in eine ständige Drehung um eine Achse versetzen. Gehen Sie dazu wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf das Diagramm und halten Sie sowohl die Maustaste als auch die Shift-Taste gedrückt.
2. Ziehen Sie den Mauszeiger in die Richtung, in die sich das Diagramm drehen soll.
3. Lassen Sie die Maustaste los, um es in Bewegung zu setzen.

Das Diagramm wird sich nun so lange fortwährend drehen, bis Sie es wieder anklicken.

Hinweis Wenn Sie die das Diagramm betreffende Gleichungen ändern, ändert sich das Diagramm, während es sich weiter dreht!

Tipp Im Abschnitt »Animation« auf Seite 167 finden Sie Informationen, wie Sie eine AVI-Datei des rotierenden Diagramms erzeugen können.

Zoomen von Diagrammen

Ein Diagramm kann interaktiv oder mittels Eingabe eines Zoomfaktors im Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT gezoomt werden.

Um ein dreidimensionales Diagramm mit der Maus zu zoomen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf das Diagramm und halten Sie sowohl die Maustaste als auch Strg gedrückt.
2. Ziehen Sie die Maus nach oben oder unten, um die Ansicht zu verkleinern bzw. zu vergrößern.
3. Lassen Sie die Maustaste los, wenn das Diagramm die gewünschte Vergrößerung besitzt.

Tipp Wenn Sie eine IntelliMouse-kompatible Maus mit einem Drehrad verwenden, können Sie dieses Rad zum Zoomen des Diagramms nutzen.

Wenn Sie zum Zoomen das Dialogfeld 3D-DIAGRAMMFORMAT verwenden möchten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie einmal auf das Diagramm, um es auszuwählen, und wählen Sie anschließend aus dem FORMAT-Menü den Eintrag DIAGRAMM ⇒ 3D-DIAGRAMM. Alternativ können Sie auch auf das Diagramm doppelklicken.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte ALLGEMEIN.
3. Ändern Sie im Bereich ANSICHT den Zoomfaktor.
4. Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, um die Änderungen auszuführen und auf OK, um das Dialogfeld zu schließen.

Kapitel 14

Symbolische Berechnungen

Symbolische Algebra – Überblick

Symbolische Auswertung – »live«

Das Symbolik-Menü

Beispiele für die symbolische Berechnung

Symbolische Optimierung

Symbolische Algebra – Überblick

Sie haben bereits gesehen, wie Mathcad für numerische Berechnungen eingesetzt wird. Mathcad gibt eine oder mehrere Zahlen zurück, wie in Abbildung 14.1 oben gezeigt. Setzt Mathcad dagegen symbolische Mathematik ein, sieht das Ergebnis bei der Auswertung in der Regel anders aus, wie in Abbildung 14.1 unten gezeigt.

Bei einer numerischen Berechnung werden nur Zahlen zurückgegeben:

$$F(x) := \sum_{k=0}^3 \frac{3!}{k! \cdot (3-k)!} \cdot x^k \cdot (2)^{3-k}$$

$F(2) = 64$
 $F(-5) = -27$

Eine symbolische Transformation kann dagegen Einblicke in den zugrundeliegenden Ausdruck geben.

$$\sum_{k=0}^3 \frac{3!}{k! \cdot (3-k)!} \cdot x^k \cdot (2)^{3-k}$$

wird folgendermaßen vereinfacht:

$$8 + 12 \cdot x + 6 \cdot x^2 + x^3$$

Abbildung 14.1: Eine numerische und eine symbolische Auswertung desselben Ausdrucks

Es gibt drei Möglichkeiten, für einen Ausdruck eine symbolische Transformation auszuführen:

- Sie verwenden das symbolische Gleichheitszeichen, wie im Abschnitt »Symbolische Auswertung« beschrieben. Diese Methode ist der numerischen Mathematik sehr ähnlich. Wenn Sie mehr Kontrolle über die symbolische Transformation wünschen, verwenden Sie in Kombination mit dem Gleichheitszeichen Schlüsselwörter.
- Sie verwenden die Befehle aus dem Symbolik-Menü, wie im Abschnitt »Das Symbolik-Menü« beschrieben.
- Sie verwenden numerische und symbolische Prozessoren gleichzeitig. Der symbolische Prozessor vereinfacht einen Ausdruck, so dass Sie effizienter damit arbeiten können. Eine genauere Beschreibung finden Sie im Abschnitt »Symbolische Optimierung«.


Hinweis

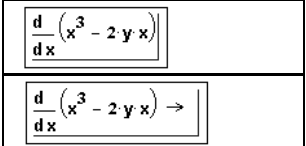
Für einen Computer sind die symbolischen Operationen in der Regel schwieriger als die entsprechenden numerischen Operationen. Viele komplizierte Funktionen und scheinbar einfache Funktionen haben keine geschlossenen Integrale oder Wurzeln.

Symbolische Auswertung – »live«

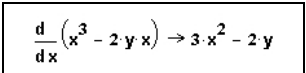
Das symbolische Gleichheitszeichen »→« bietet eine Möglichkeit, die Ergebnisanzeige von Mathcad über die numerische Auswertung hinaus zu erweitern. Sie können es sich ähnlich zum normalen Gleichheitszeichen, »=«, vorstellen. Anders als das Gleichheitszeichen, das immer ein Ergebnis auf der rechten Seite erzeugt, ist das symbolische Gleichheitszeichen in der Lage, wiederum Ausdrücke zurückzugeben. Sie verwenden es, um Ausdrücke, Variablen, Funktionen oder Programme symbolisch auszuwerten.

Um das symbolische Gleichheitszeichen zu verwenden, gehen Sie wie folgt vor:

1. Markieren Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag AUTOMATISCHE BERECHNUNG.
2. Geben Sie den Ausdruck ein, der ausgewertet werden soll.
3. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf  oder drücken Sie **[Strg] + [.]** (die **[Strg]**-Taste gefolgt von einem Punkt). Mathcad zeigt das symbolische Gleichheitszeichen an, »→«.
4. Klicken Sie außerhalb des Ausdrucks. Mathcad zeigt eine vereinfachte Version des Originalausdrucks an. Falls ein Ausdruck nicht weiter vereinfacht werden kann, wiederholt Mathcad ihn rechts vom Gleichheitszeichen.



$$\frac{d}{dx} (x^3 - 2 \cdot y \cdot x) \rightarrow$$



$$\frac{d}{dx} (x^3 - 2 \cdot y \cdot x) \rightarrow 3 \cdot x^2 - 2 \cdot y$$

Das symbolische Gleichheitszeichen ist ein Live-Operator, so wie jeder andere Mathcad-Operator. Wenn Sie irgendwo links davon eine Änderung vornehmen, aktualisiert Mathcad das Ergebnis. Das symbolische Gleichheitszeichen »weiß« alles über zuvor definierte Funktionen und Variablen und verwendet sie, wo das sinnvoll ist. Sie können das symbolische Gleichheitszeichen zwingen, alle vorhergehenden Definitionen von Funktionen und Variablen zu ignorieren, indem Sie sie rekursiv definieren, bevor Sie sie auswerten, wie in Abbildung 14.6 auf Seite 325 gezeigt.

Abbildung 14.2 zeigt einige Beispiele für die Verwendung des symbolischen Gleichheitszeichens »→«.

Hinweis Das symbolische Gleichheitszeichen, »→«, bezieht sich auf den gesamten Ausdruck. Es ist nicht möglich, mit dem symbolischen Gleichheitszeichen einen Teil eines Ausdrucks zu transformieren.

Tipp Abbildung 14.2 zeigt außerdem, dass der symbolische Prozessor Zahlen mit einem Dezimalpunkt anders behandelt als Zahlen ohne Dezimalpunkt. Wenn Sie dem symbolischen Prozessor Zahlen mit Dezimalpunkt übergeben, sind alle Ergebnisse, die Sie erhalten, ebenfalls dezimale Annäherungen an die korrekte Antwort. Andernfalls werden alle numerischen Ausdrücke, wo immer möglich, ohne Dezimalpunkte zurückgegeben.

Das symbolische Gleichheitszeichen erhalten Sie, indem Sie [Strg][.] (Punkt) drücken.

$$\int_a^b x^2 dx \rightarrow \frac{1}{3} \cdot b^3 - \frac{1}{3} \cdot a^3$$

Wenn sich der Ausdruck nicht weiter vereinfachen läßt, hat das symbolische Gleichheitszeichen keine Auswirkungen.

$$x^2 \rightarrow x^2$$

Dies entspricht dem Gleichheitszeichen, das Sie für den numerischen Ausdruck verwenden.

$$2 = 2$$


Wenn Dezimalzahlen genutzt werden, gibt das symbolische Gleichheitszeichen auch die Ergebnisse als Dezimalzahl zurück.

$$\sqrt{17} \rightarrow \sqrt{17} \quad \sqrt{17.0} \rightarrow 4.1231056256176605498$$


Abbildung 14.2: Das symbolische Gleichheitszeichen

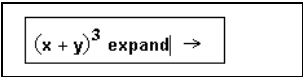
Anpassung des symbolischen Gleichheitszeichens unter Verwendung von Schlüsselwörtern

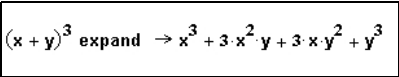
Das »→« übernimmt den Ausdruck auf der linken Seite und zeigt eine vereinfachte Version auf der rechten Seite an. Was der Begriff »vereinfachen« dabei bedeutet, ist Ansichtssache. Sie können in gewissem Maße steuern, wie das »→« den Ausdruck transformiert, indem Sie verschiedene symbolische Schlüsselwörter angeben. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

- 1. Geben Sie den Ausdruck ein, der ausgewertet werden soll.
- 2. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf  oder drücken Sie `[Strg] + [⇧] + [.]` (die Tasten `[⇧]` und `[Strg]` und einen Punkt). Mathcad zeigt links vom symbolischen Gleichheitszeichen einen Platzhalter an, »→«.
- 3. Klicken Sie in den Platzhalter links vom symbolischen Gleichheitszeichen und geben Sie eines der Schlüsselwörter aus der folgenden Tabelle ein. Sind weitere Argumente für das Schlüsselwort erforderlich, geben Sie diese durch Kommata voneinander getrennt ein.
- 4. Drücken Sie die `[↵]`-Taste, um das Ergebnis zu sehen.









Tipp

Eine andere Möglichkeit, ein Schlüsselwort einzufügen, ist, den Ausdruck einzugeben und in der Symbolik-Palette auf ein Schlüsselwort zu klicken. Damit wird das Schlüsselwort eingefügt, ebenso Platzhalter für zusätzliche Argumente sowie das symbolische Gleichheitszeichen, »→« . Drücken Sie die `[↵]`-Taste, um das Ergebnis zu sehen.

Schlüsselwort	Aufgabe
komplex	Führt die symbolische Auswertung für den komplexen Zahlenbereich aus. Das Ergebnis liegt in der Regel in der Form $a + i \cdot b$ vor.
gleit, m	Zeigt einen Fließkommawert mit m Stellen Genauigkeit an (wo das möglich ist). Wird das Argument m , eine ganze Zahl, weggelassen, ist die Genauigkeit gleich 20. Hinweis: $1 \leq m \leq 250$
vereinfachen	Vereinfacht einen Ausdruck durch Ausführung arithmetischer Zerlegungen und unter Verwendung grundlegender trigonometrischer und inverser Funktions-Identitäten

entwickeln , <i>ausdr</i>	<p>Erweitert alle Potenzen und Produkte von Summen in einem Ausdruck, außer für den Teilausdruck <i>ausdr</i>. Wird das Argument weggelassen, wird der gesamte Ausdruck erweitert.</p> <p>Handelt es sich bei dem Ausdruck um einen Bruch, wird der Zähler erweitert und der Ausdruck wird als Summe von Brüchen dargestellt.</p> <p>Sinus, Kosinus und Tangens von Variablensummen oder ganzzahligen Produkten von Variablen werden, soweit wie möglich, zu Ausdrücken mit Sinus und Kosinus einzelner Variablen erweitert.</p>
faktor , <i>ausdr</i>	<p>Zerlegt einen Ausdruck in ein Produkt, falls der gesamte Ausdruck in dieser Form dargestellt werden kann. Die Zerlegung erfolgt im Hinblick auf <i>ausdr</i>, einem einfachen Radikal oder einer Liste von durch Kommata getrennten Radikalen. Das Argument <i>ausdr</i> ist optional.</p> <p>Normalerweise wird eine einzelne Variable in Potenzen von Primzahlen zerlegt. Andernfalls wird versucht, den Ausdruck in ein Produkt einfacherer Funktionen umzuwandeln. Kombiniert eine Summe von Brüchen zu einem einzigen Bruch und vereinfacht häufig einen komplexen Bruch mit mehr als einem Bruchstrich.</p>
auflösen , <i>var</i>	Löst eine Gleichung für die Variable <i>var</i> auf, oder löst ein Gleichungssystem für die Variablen in einem Vektor <i>var</i>
sammeln , <i>var1</i> , ..., <i>varn</i>	Fasst ähnliche Ausdrücke im Hinblick auf die Variablen oder Teilausdrücke <i>var1</i> bis <i>varn</i> zusammen
koeff , <i>var</i>	Ermittelt die Koeffizienten eines Ausdrucks, wenn er als Polynom in der Variablen oder im Teilausdruck <i>var</i> neu dargestellt wird
ersetzen , <i>var1=var2</i>	<p>Ersetzt alle Vorkommen einer Variablen <i>var1</i> durch einen Ausdruck oder eine Variable <i>var2</i>. Drücken Sie die Tasten Strg + = für das fette Gleichheitszeichen.</p>
reihe , <i>var=z, m</i>	<p>Erweitert einen Ausdruck in einer oder mehreren Variablen, <i>var</i>, um den Punkt <i>z</i>. Die Reihenfolge der Erweiterung ist <i>m</i>. Die Argumente <i>z</i> und <i>m</i> sind optional. Standardmäßig erfolgt die Erweiterung um Null und es handelt sich um ein Polynom sechster Ordnung.</p> <p>Findet standardmäßig Taylor-Reihen (Reihen mit nicht negativen Potenzen der Variablen) für Funktionen, die analytisch auf 0 sind, sowie Laurent-Reihen für Funktionen deren Pol endlicher Ordnung 0 ist.</p>
teilbruch , <i>var</i>	Wandelt einen Ausdruck in einen Partialbruch-Ausdruck in <i>var</i> um, der Variablen im Nenner des Ausdrucks. Normalerweise wird der Nenner in lineare oder quadratische Faktoren zerlegt und der Ausdruck in eine Summe von Brüchen mit diesen Faktoren als Nennern dargestellt.

fourier, var	<p>Wertet die Fourier-Transformation eines Ausdrucks im Hinblick auf die Variable <i>var</i> aus. Das Ergebnis ist eine Funktion von ω:</p> $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{i\omega t} dt$ <p>Dabei ist $f(t)$ der zu transformierende Ausdruck.</p>
invfourier, var	<p>Wertet die inverse Fourier-Transformation eines Ausdrucks im Hinblick auf die Variable <i>var</i> aus. Das Ergebnis ist eine Funktion von t:</p> $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$ <p>Dabei ist $F(\omega)$ der zu transformierende Ausdruck.</p>
laplace, var	<p>Wertet die Laplace-Transformation eines Ausdrucks im Hinblick auf die Variable <i>var</i> aus. Das Ergebnis ist eine Funktion von s:</p> $\int_0^{+\infty} f(t) e^{-st} dt$ <p>Dabei ist $f(t)$ der zu transformierende Ausdruck.</p>
invlaplace, var	<p>Wertet die inverse Laplace-Transformation eines Ausdrucks im Hinblick auf die Variable <i>var</i> aus. Das Ergebnis ist eine Funktion von t:</p> $\frac{1}{2\pi} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} F(s) e^{st} dt$ <p>Dabei ist $F(s)$ der zu transformierende Ausdruck. Alle Singularitäten von $F(s)$ stehen links von der Zeile $\operatorname{Re}(s) = \sigma$.</p>
ztrans, var	<p>Wertet die z-Transformation eines Ausdrucks im Hinblick auf die Variable <i>var</i> aus. Das Ergebnis ist eine Funktion von z:</p> $\sum_{n=0}^{+\infty} f(n) z^{-n}$ <p>Dabei ist $f(n)$ der zu transformierende Ausdruck.</p>
invztrans, var	<p>Wertet die inverse z-Transformation eines Ausdrucks im Hinblick auf die Variable <i>var</i> aus. Das Ergebnis ist eine Funktion von n, gegeben durch ein Umrissintegral um den Ursprung:</p> $\frac{1}{2\pi i} \int_C F(z) z^{n-1} dz$ <p>Dabei ist $F(z)$ der zu transformierende Ausdruck. C ist ein Umriss, der alle Singularitäten des Integranden umschließt.</p>
annehmen bedingung	<p>Legt Bedingungen für eine oder mehr Variablen fest</p>

Viele Schlüsselwörter nehmen mindestens ein Argument entgegen, in der Regel den Namen einer Variablen, für die Sie die symbolische Operation ausführen. Einige Argumente sind optional. Beispiele finden Sie in den Abbildungen 14.3 und 14.4.

Hinweis

Für die Schlüsselwörter wird die Groß-/Kleinschreibung berücksichtigt; Sie sollten sie also so eingeben, wie hier gezeigt. Anders als bei Variablen ist die Schriftart nicht relevant.

Allein entspricht das symbolische Gleichheitszeichen der Auswahl von "Auswerten" ⇒ "Symbolisch auswerten" aus dem Menü "Symbolisch".

$$(x + y)^3 \rightarrow (x + y)^3$$

Bei vorangehendem Schlüsselwort nimmt das symbolische Gleichheitszeichen eine andere Bedeutung an:

$$(x + y)^3 \text{ erweitern} \rightarrow x^3 + 3 \cdot x^2 \cdot y + 3 \cdot x \cdot y^2 + y^3$$

Das Schlüsselwort "gleit" stellt das Resultat als Fließkommazahl dar.

$$x \cdot \text{acos}(0) \rightarrow \frac{1}{2} \cdot x \cdot \pi \qquad x \cdot \text{acos}(0) \text{ gleit} , 4 \rightarrow 1.571 \cdot x$$

Das Schlüsselwort "laplace" berechnet die Laplace-Transformation einer Funktion.


$$\exp(-a \cdot t) \text{ laplace} , t \rightarrow \frac{1}{(s + a)}$$

Abbildung 14.3: Die Verwendung von Schlüsselwörtern in Kombination mit dem symbolischen Gleichheitszeichen

Schlüsselwort-Modifikatoren

Einige Schlüsselwörter verwenden zusätzliche Modifikatoren, welche die Art der symbolischen Auswertung noch genauer spezifizieren.

Um einen Modifikator zu verwenden, müssen Sie diesen durch ein Komma von dem Schlüsselwort trennen. Um beispielsweise den Modifikator »annehmen=reell« verwenden zu können, müssen Sie wie folgt vorgehen:

1. Geben Sie den Ausdruck ein, der vereinfacht werden soll.
2. Klicken Sie auf  in der Symbolik-Palette oder drücken Sie **[Strg] + [⇧] + [.]**. Mathcad zeigt einen Platzhalter links vom Gleichheitszeichen, »→«, an.
3. Geben Sie **vereinfachen, annehmen=reell** in den Platzhalter ein (drücken Sie **[Strg] + [=]** für das Gleichheitszeichen).
4. Drücken Sie die **[↵]**-Taste, damit das Ergebnis angezeigt wird.

Modifikatoren für »annehmen«

var=reell

Wertet den Ausdruck unter der Voraussetzung aus, dass die Variable **var** reell ist

var=reellerBereich(a,b)

Wertet unter der Voraussetzung aus, dass alle Variablen reell sind und zwischen a und b liegen, wo a und b reelle Zahlen oder unendlich sind ($\lfloor \text{Strg} \rfloor + \lfloor \diamond \rfloor + \lfloor \text{Z} \rfloor$)

Symbolische Auswertung	Komplexe Auswertung
$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx \rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\pi}$	$e^{i \cdot n \cdot \theta} \text{ komplex} \rightarrow \cos(n \cdot \theta) + i \cdot \sin(n \cdot \theta)$
Gleitkommaauswertung	
$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx \text{ gleit, } 10 \rightarrow .8862269255$	
Beschränkte Auswertung	
$x \cdot \int_0^{\infty} e^{-\alpha \cdot t} dt \text{ annehm., } \alpha > 1, \alpha = \text{real} \rightarrow \frac{x}{\alpha}$	
(α muß größer als 1 und reell sein)	

Abbildung 14.4: Symbolische Auswertung von Ausdrücken

Modifikatoren für »vereinfachen«

annehmen=reell

Vereinfacht unter der Voraussetzung, dass alle Variablen in dem Ausdruck reell sind

annehmen=reellerBereich(a,b)

Vereinfacht unter der Voraussetzung, dass alle Variablen reell sind und zwischen a und b liegen, wo a und b reelle Zahlen oder unendlich sind ($\lfloor \text{Strg} \rfloor + \lfloor \diamond \rfloor + \lfloor \text{Z} \rfloor$)

trig

Vereinfacht einen trigonometrischen Ausdruck mit Hilfe der folgenden Identitäten:

$$\sin(x)^2 + \cos(x)^2 = 1$$

$$\cosh(x)^2 - \sinh(x)^2 = 1$$

Es vereinfacht den Ausdruck nicht durch das Vereinfachen von Logarithmen, Potenzen oder Radikalen.

Abbildung 14.5 zeigt einige Beispiele mit dem Schlüsselwort **vereinf**, mit und ohne zusätzliche Angaben.

Tipp

Erweiterungen der Schlüsselwörter können über die Schaltflächen in der Attribute-Palette eingegeben werden.

$$\begin{aligned} \frac{x^2 - 3x - 4}{x - 4} + 2x - 5 &\text{ vereinfachen} \rightarrow 3x - 4 \\ e^{2 \ln(a)} &\text{ vereinfachen} \rightarrow a^2 \\ \sin(\ln(a \cdot b))^2 &\text{ vereinfachen} \rightarrow 1 - \cos(\ln(a) + \ln(b))^2 \\ \sin(\ln(a \cdot b))^2 &\text{ vereinfachen, trig} \rightarrow 1 - \cos(\ln(a \cdot b))^2 \\ (2^b)^c &\text{ vereinfachen} \rightarrow (2^b)^c \\ (2^b)^c &\text{ vereinfachen, annehmen=reell} \rightarrow 2^{b \cdot c} \\ \sqrt{x^2} &\text{ vereinfachen} \rightarrow \text{csgn}(x) \cdot x \\ \sqrt{x^2} &\text{ vereinfachen, annehmen=RealRange}(-10, -5) \rightarrow -x \end{aligned}$$

Abbildung 14.5: Die Vereinfachung wird durch zusätzliche Schlüsselwörter gesteuert




Die Verwendung mehrerer Schlüsselwörter

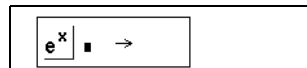
In einigen Fällen ist es sinnvoll, für einen Ausdruck mehrere symbolische Auswertungen vorzunehmen. Es gibt zwei Möglichkeiten, mehrere Schlüsselwörter anzuwenden. Welche Methode Sie wählen, ist davon abhängig, ob Sie die Ergebnisse beider Schlüsselwörter oder nur das Endergebnis anzeigen wollen.

Um mehrere Schlüsselwörter anzuwenden und die Ergebnisse einzeln anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

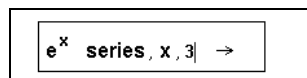
1. Geben Sie den Ausdruck ein, der ausgewertet werden soll.



2. Drücken Sie  auf der Symbolik-Palette oder geben Sie **Strg** +  +  ein. Mathcad zeigt links vom symbolischen Gleichheitszeichen einen Platzhalter an.



3. Geben Sie das erste Schlüsselwort in den Platzhalter links vom symbolischen Gleichheitszeichen ein, zusammen mit allen dafür erforderlichen Argumenten.



4. Drücken Sie die $\boxed{\leftarrow}$ -Taste, um das Ergebnis des ersten Schlüsselworts zu sehen.

$$e^x \text{ series, } x, 3 \rightarrow 1 + x + \frac{1}{2} \cdot x^2$$

5. Klicken Sie auf das Ergebnis und drücken Sie noch einmal $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\diamond} + \boxed{.}$. Das erste Ergebnis verschwindet vorübergehend. Geben Sie ein zweites Schlüsselwort in den Platzhalter ein.

$$e^x \text{ series, } x, 3 \rightarrow \text{float} \rightarrow$$

6. Drücken Sie die $\boxed{\leftarrow}$ -Taste, um das Ergebnis des zweiten Schlüsselworts zu sehen.

$$e^x \text{ series, } x, 3 \rightarrow 1 + x + \frac{1}{2} \cdot x^2 \text{ float} \rightarrow 1. + x + .5 \cdot x^2$$

Wenden Sie weitere Schlüsselwörter an, um auf diese Weise Zwischenergebnisse zu erhalten.

Um mehrere Schlüsselwörter anzuwenden und nur das Endergebnis anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Ausdruck ein, der ausgewertet werden soll.

$$e^x$$

2. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf $\boxed{\blacksquare \rightarrow}$, oder drücken Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\diamond} + \boxed{.}$. Mathcad zeigt links vom symbolischen Gleichheitszeichen einen Platzhalter an.

$$e^x \blacksquare \rightarrow$$

3. Geben Sie das erste Schlüsselwort in den Platzhalter ein, zusammen mit allen erforderlichen Argumenten.

$$e^x \text{ series, } x, 3 \mid \rightarrow$$

4. Drücken Sie noch einmal $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\diamond} + \boxed{.}$. Geben Sie ein zweites Schlüsselwort in den Platzhalter ein. Das zweite Schlüsselwort wird unmittelbar unterhalb des ersten Schlüsselworts platziert.

$$e^x \mid \begin{array}{l} \text{series, } x, 3 \\ \text{float} \end{array} \rightarrow$$

5. Drücken Sie noch einmal $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\diamond} + \boxed{.}$ und geben Sie weitere Schlüsselwörter ein. Drücken Sie die $\boxed{\leftarrow}$ -Taste, um das Ergebnis zu sehen.

$$e^x \mid \begin{array}{l} \text{series, } x, 3 \\ \text{float} \end{array} \rightarrow 1. + x + .5 \cdot x^2$$

Vorherige Definitionen ignorieren

Wenn Sie das symbolische Gleichheitszeichen nutzen, um einen Ausdruck auszuwerten, prüft Mathcad alle Variablen und Funktionen, aus denen sich dieser Ausdruck zusammensetzt, um festzustellen, ob es bereits Definitionen auf dem Arbeitsblatt dafür gibt. Findet Mathcad eine Definition, wendet es sie an. Alle anderen Variablen und Funktionen werden symbolisch ausgewertet.

Es gibt zwei Ausnahmen. Bei der Auswertung eines Ausdrucks ignoriert Mathcad frühere Definitionen:

- Wenn die Variable rekursiv definiert wurde
- Wenn die Variable als Bereichsvariable definiert wurde

Diese Ausnahmen sind in Abbildung 14.6 dargestellt.

<p>x := 3 m := 1..10</p>	<p>← Mathcad setzt vor der Auswertung dieses Ausdrucks den Wert 3 für das "x" ein, nicht aber den Wert vor "z".</p>
<p>ausdruck (x + 1) · (x - 1) → 8</p>	
<p>annehmen x</p>	
<p>ausdruck (x + 1) · (x - 1) → 8</p>	<p>← Obgleich "x" als 3 definiert ist, ignoriert Mathcad diese Definition, da ihr das Schlüsselwort "annehmen", gefolgt von einem x, vorangeht.</p>
<p>m → m</p>	<p>← Da "m" als Bereichsvariable definiert ist, ignoriert Mathcad diese Definition.</p>
<p>annehmen α > 0, x</p>	
<p>x · $\int_0^{\infty} e^{-\alpha t} dt \rightarrow \frac{x}{\alpha}$</p>	<p>← Da "α" auf positive Werte beschränkt ist, konvergiert dieses Integral. Da dem Schlüsselwort "annehmen" ein "x" folgt, wird die frühere Definition von "x" ignoriert.</p>

Abbildung 14.6: Rekursiv definierte Variablen werden vom symbolischen Prozessor ignoriert

Hinweis Mathcad wertet keine Bereichsvariablen symbolisch aus, sondern Vektoren und Matrizen, die Sie mit Hilfe der Bereichsvariablen definieren.

Das Symbolik-Menü

Ein Vorteil bei der Verwendung des symbolischen Gleichheitszeichens ist, dass es »live« ausgeführt wird, so wie alle numerischen Verarbeitungen in Mathcad. Das bedeutet, Mathcad wertet alle Variablen und Funktionen aus, aus denen sich der Ausdruck zusammensetzt, um zu prüfen, ob sie auf dem Arbeitsblatt bereits definiert sind. Wenn Mathcad eine Definition findet, verwendet es sie. Alle anderen Variablen und Funktionen werden symbolisch ausgewertet. Wenn Sie später eine Änderung an dem Arbeitsblatt vornehmen, werden die Ergebnisse automatisch aktualisiert. Das ist praktisch, wenn in einem Arbeitsblatt numerische und symbolische Gleichungen nebeneinander eingesetzt werden.

Es gibt jedoch Situationen, in denen eine symbolische Berechnung unabhängig vom restlichen Arbeitsblatt erfolgen soll. In diesem Fall sollen die Definitionen nicht berücksichtigt werden. Dazu verwenden Sie die Befehle aus dem SYMBOLIK-Menü.

Diese Befehle sind nicht »live«: Sie wenden sie nur auf bestimmte Ausdrücke an, die nichts über frühere Definitionen »wissen« und die nicht automatisch aktualisiert werden.

Die Befehle im SYMBOLIK-Menü führen dieselben Operationen aus wie die auf Seite 320 aufgelisteten Schlüsselwörter. Beispielsweise wertet der Befehl POLYNOM-KOEFFIZIENTEN den Ausdruck so aus wie das Schlüsselwort **koef**. Der einzige Unterschied ist, dass der Menübefehl keine bereits vorhandenen Definitionen berücksichtigt.

Die Vorgehensweise für den Einsatz von Menübefehlen ist für alle Befehle gleich:

1. Platzieren Sie den mathematischen Ausdruck zwischen den Bearbeitungslinien.
2. Wählen Sie den entsprechenden Befehl aus dem SYMBOLIK-Menü aus. Mathcad fügt den ausgewerteten Ausdruck in Ihr Dokument ein.

Um einen Ausdruck unter Verwendung des SYMBOLIK-Menüs symbolisch auszuwerten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Ausdruck ein, der ausgewertet werden soll.
2. Setzen Sie den Ausdruck zwischen die Bearbeitungslinien.
3. Wählen Sie AUSWERTEN⇒SYMBOLISCH aus dem SYMBOLIK-Menü. Mathcad zeigt den ausgewerteten Ausdruck auf Ihrem Arbeitsblatt an (siehe »Symbolische Ergebnisse anzeigen« auf Seite 327).

$$\frac{d}{dx} (x^3 - 2 y x)$$

$$\frac{d}{dx} (x^3 - 2 y x)$$

$$3 x^2 - 2 y$$

Für einige Befehle des SYMBOLIK-Menüs ist es erforderlich, die betreffende Variable zu selektieren, und nicht den gesamten Ausdruck. Wenn ein Menübefehl nicht zur Verfügung steht, versuchen Sie, ihn auf eine einzelne Variable anzuwenden.

Tipp

Weil sich die Befehle im Menü SYMBOLIK nur auf den Teil des Ausdrucks beziehen, der durch die Bearbeitungslinien selektiert ist, sind sie sehr praktisch, wenn Sie bestimmte Teilausdrücke bearbeiten möchten. Ergibt beispielsweise die Auswertung eines gesamten Ausdrucks nicht die Antwort, die Sie suchen, markieren Sie einen Teilausdruck und wenden einen Befehl aus dem Menü SYMBOLIK darauf an.

Lange Antworten

Symbolische Auswertungen können sehr schnell zu Antworten führen, die so lang sind, dass sie nicht mehr in Ihr Fenster passen. Solche Antworten können ganz einfach formatiert werden, indem Sie den Operator »Addition mit Zeilenumbruch« (siehe »Operatoren«) verwenden.

Manchmal ist eine symbolische Antwort so lang, dass Sie sie nicht mehr auf Ihrem Arbeitsblatt anzeigen können. Wenn das passiert, fragt Mathcad Sie, ob es die Antwort in der Zwischenablage ablegen soll. Wenn Sie den Inhalt der Zwischenablage

auswerten, sehen Sie eine Antwort im Fortran-Stil. Weitere Informationen über diese Syntax erhalten Sie in der Online-Hilfe unter dem Thema »Spezielle Funktionen und Syntax in symbolischen Ergebnissen«.

Symbolische Ergebnisse anzeigen

Wenn Sie das symbolische Gleichheitszeichen, \Rightarrow , verwenden wird das Ergebnis einer symbolischen Transformation immer rechts von diesem Gleichheitszeichen angezeigt. Wenn Sie dagegen das SYMBOLIK-Menü verwenden, können Sie Mathcad anweisen, das symbolische Ergebnis wie folgt anzuzeigen:

- Das symbolische Ergebnis steht unterhalb des Originalausdrucks.
- Das symbolische Ergebnis steht rechts vom Originalausdruck.
- Das symbolische Ergebnis ersetzt den Originalausdruck.

Darüber hinaus können Sie angeben, ob Mathcad einen Kommentar einfügen soll, der beschreibt, was durchgeführt wurde, um den Originalausdruck in das symbolische Ergebnis zu überführen. Dieser Text steht zwischen dem Originalausdruck und dem symbolischen Ergebnis und wird auch als »Auswertungskommentar« bezeichnet.

Um die Platzierung des symbolischen Ergebnisses und die Darstellung des erklärenden Texts zu steuern, wählen Sie im SYMBOLIK-Menü den Eintrag AUSWERTUNGSFORMAT, um das Dialogfeld AUSWERTUNGSFORMAT anzuzeigen.

Beispiele für die symbolische Berechnung

So, wie Sie in Mathcad die unterschiedlichsten numerischen Berechnungen ausführen können, können Sie auch alle symbolischen Berechnungen vornehmen. Jeder Ausdruck, der Variablen, Funktionen oder Operatoren enthält, kann symbolisch ausgewertet werden, entweder mit Hilfe des symbolischen Gleichheitszeichens oder mit den zuvor beschriebenen Befehlen.

Tipp

Beachten Sie bei der Wahl zwischen der Verwendung des symbolischen Gleichheitszeichens und den Menübefehlen im SYMBOLIK-Menü Folgendes: Ausdrücke, die Sie mit Hilfe von Befehlen aus dem SYMBOLIK-Menü modifizieren, werden, im Gegensatz zu den durch Schlüsselwörter modifizierten Ausdrücken, nicht automatisch aktualisiert (wie im Abschnitt »Das Symbolik-Menü« beschrieben).

Dieser Abschnitt beschreibt, wie bestimmte und unbestimmte Integrale, Ableitungen und Grenzwerte symbolisch ausgewertet werden. Außerdem wird gezeigt, wie eine Matrix symbolisch transponiert und invertiert wird und wie ihre Determinante bestimmt wird. Beachten Sie, dass dies nur wenige Beispiele dafür sind, was mit der symbolischen Auswertung möglich ist.

Hinweis

Benutzerdefinierte Funktionen und Variablen werden vom symbolischen Prozessor erkannt, wenn Sie das symbolische Gleichheitszeichen verwenden, nicht dagegen, wenn Sie die Befehle aus dem SYMBOLIK-Menü verwenden. Abbildung 14.7 zeigt den Unterschied.

Der symbolische Prozessor erkennt viele der in Mathcad integrierten Funktionen und Konstanten.

$$e^{\ln(x)} \rightarrow x$$
$$\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}$$
$$e^{2 \cdot \pi i} \rightarrow 1$$




Funktionen und Konstanten, die keine allgemein verwendete Bedeutung haben, werden allerdings nicht erkannt.

$$\text{rnd}(x) \rightarrow \text{rnd}(x)$$
$$\text{fft}(v) \rightarrow \text{fft}(v)$$

Abbildung 14.7: Der symbolische Prozessor erkennt bestimmte vordefinierte Funktionen. Benutzerdefinierte Funktionen und Variablen werden nur erkannt, wenn Sie das symbolische Gleichheitszeichen einsetzen.

Ableitungen

Um eine Ableitung symbolisch auszuwerten, verwenden Sie den Ableitungs-Operator von Mathcad und das symbolische Gleichheitszeichen, wie in Abbildung 14.8 gezeigt:

1. Klicken Sie auf , oder geben Sie **?** ein, um den Ableitungs-Operator einzufügen. Alternativ klicken Sie auf  oder geben **[Strg] + [d] + [#]** ein, um den Operator für die *n*-te Ableitung einzufügen.
2. Geben Sie den zu differenzierenden Ausdruck in den Platzhalter ein, ebenso die Variable, für die Sie differenzieren.
3. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf  oder drücken Sie **[Strg] + [=]**. Mathcad zeigt das symbolische Gleichheitszeichen, »→«, an.
4. Drücken Sie die Enter-Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Einige mit Hilfe von "Symbolisch auswerten" berechnete Integrale:

$\int_1^c x^3 dx$	ergibt	$\frac{1}{4} c^4 - \frac{1}{4}$	← Drücken Sie & für bestimmtes Integral.
$\int_0^\infty e^{-x^2} dx$	ergibt	$\frac{1}{2} \sqrt{\pi}$	← Drücken Sie Strg+Z für Unendlichkeit.
$\int a x^2 dx$	ergibt	$\frac{1}{3} a x^3$	← Drücken Sie Strg+I für unbestimmtes Integral.

Ein mit Symbolisch auswerten ermittelter Differentialquotient zweiter Ordnung:
Drücken Sie [Strg][Umschalt]+# zum Erstellen der Ableitung n-ter Ordnung.

$\frac{d^2}{dz^2} z \cdot \operatorname{atan}(z)$	ergibt	$\frac{2}{(1+z^2)} - 2 \frac{z}{(1+z^2)^2}$
---	--------	---

Abbildung 14.8: Symbolische Auswertung von Integralen und Ableitungen

Abbildung 14.9 zeigt, wie Sie einen Ausdruck differenzieren, ohne den Ableitungs-Operator zu verwenden. Der SYMBOLIK-Menübefehl VARIABLE⇒DIFFERENZIEREN differenziert einen Ausdruck im Hinblick auf eine vorgegebene Variable.

Klicken Sie ein "x" an und wählen Sie "Nach Variable differenzieren" aus dem Menü Symbolisch.

$2 \cdot x^2 + y$	durch Differenzierung, ergibt	$4 \cdot x$
$\frac{x}{\cosh(x)}$	durch Differenzierung, ergibt	$\frac{1}{\cosh(x)} - \frac{x \cdot \sinh(x)}{\cosh(x)^2}$

Klicken Sie ein "x" an und wählen Sie "Nach Variable integrieren" aus dem Menü "Symbolisch".

$x^2 \cdot e^x$	durch Integrierung, ergibt	$x^2 \cdot \exp(x) - 2 \cdot x \cdot \exp(x) + 2 \cdot \exp(x)$
$\frac{x+a}{x^2+b}$	durch Integrierung, ergibt	$\frac{1}{2} \ln(x^2+b) + \frac{a}{\sqrt{b}} \operatorname{atan}\left(\frac{x}{\sqrt{b}}\right)$

Abbildung 14.9: Differenzierung und Integration mit den Menü-Befehlen

Um beispielsweise $2 \cdot x^2 + y$ für x zu differenzieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Ausdruck ein.
2. Klicken Sie auf das x , um es zu markieren.

3. Wählen Sie im SYMBOLIK-Menü den Befehl `VARIABLE⇒DIFFERENZIEREN`. Mathcad zeigt die Ableitung an, $4 \cdot x$. Beachten Sie, dass y wie eine Konstante behandelt wird.




Ist der Ausdruck, in dem Sie eine Variable selektiert haben, ein Element eines Felds, differenziert Mathcad nur dieses Feldelement. Um ein gesamtes Feld zu differenzieren, differenzieren Sie die Elemente einzeln: Selektieren Sie eine Variable in diesem Element und wählen Sie im SYMBOLIK-Menü den Befehl `VARIABLE⇒DIFFERENZIEREN`.

Tipp

Selektieren Sie die Variable in einem Ausdruck, bevor Sie eine Auswahl im SYMBOLIK-Menü treffen. Andernfalls steht der Befehl `VARIABLE⇒DIFFERENZIEREN` nicht zur Verfügung.

Integrale

Um ein bestimmtes oder unbestimmtes Integral symbolisch auszuwerten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf  oder , um den Operator für das bestimmte oder unbestimmte Integral einzugeben.
2. Füllen Sie den Platzhalter für den Integranden und gegebenenfalls die Platzhalter für die Integrationsgrenzen aus.
3. Schreiben Sie die Integrationsvariable in den Platzhalter neben dem »d«. Dabei kann es sich um einen beliebigen Variablennamen handeln.
4. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf , oder drücken Sie `Strg` + `.`. Mathcad zeigt ein symbolisches Gleichheitszeichen an, »→«.
5. Drücken Sie die `↵`-Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Ein Beispiel für die symbolische Auswertung von Integralen sehen Sie in Abbildung 14.8.



Bei der Auswertung eines bestimmten Integrals versucht der symbolische Prozessor, ein unbestimmtes Integral für Ihren Integranden zu finden, bevor er die von Ihnen angegebenen Grenzen einsetzt. Ist die symbolische Integration erfolgreich, und die Integrationsgrenzen sind ganze Zahlen, Brüche oder Konstanten, erhalten Sie einen exakten Wert für Ihr Integral. Findet der symbolische Prozessor keine geeignete Form für das Integral, sehen Sie eine entsprechende Fehlermeldung.

Tipp

Wenn Sie `VARIABLE⇒INTEGRIEREN` auswählen, sollte der von Ihnen ausgewählte Ausdruck in der Regel den Integraloperator nicht umfassen. Sie sollten nur einen Ausdruck auswählen, der integriert werden soll. Wenn Sie den Integraloperator in den ausgewählten Ausdruck aufnehmen, erzeugen Sie ein unbeabsichtigt doppeltes Integral.

Grenzwerte

Mathcad stellt drei Grenzwert-Operatoren bereit. Sie können nur symbolisch ausgewertet werden:

1. Klicken Sie auf  , oder drücken Sie `[Strg]+[L]` , um den Grenzwert-Operator einzufügen, oder verwenden Sie einen der beiden anderen Grenzwert-Operatoren.
2. Geben Sie den Ausdruck in den Platzhalter rechts von »lim« ein.
3. Geben Sie die Grenzwertvariable in den Platzhalter unterhalb des »lim« ein.
4. Geben Sie den Begrenzungswert in den Platzhalter rechts unter dem »lim« ein.
5. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf  , oder drücken Sie `[Strg]+[.]` .
Mathcad zeigt ein symbolisches Gleichheitszeichen an, »→« .
6. Drücken Sie die `[↵]`-Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Mathcad gibt ein Ergebnis für den Grenzwert zurück. Wenn es keinen Grenzwert gibt, zeigt Mathcad eine Fehlermeldung an. Abbildung 14.10 zeigt einige Beispiele für die Auswertung von Grenzwerten.

Auswertung der Grenzen mit den Grenzoperatoren und Befehl "Symbolisch auswerten"

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{x^2 + 2}}{3x + 6}$$

ergibt

$$\frac{1}{3}$$

← Drücken Sie [Strg]+Z für Unendlichkeit

Grenze rechts

$$\lim_{x \rightarrow a^+} \frac{3x + b}{x^2}$$

ergibt

$$\frac{(3a + b)}{a^2}$$

Grenze links

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{\sin(x)}{x}$$

ergibt


$$1$$

+


Abbildung 14.10: Auswertung von Grenzwerten

Lösung einer Gleichung für eine Variable

Um eine Gleichung für eine Variable symbolisch zu lösen, verwenden Sie das Schlüsselwort **auflösen**:

1. Geben Sie die Gleichung ein. Klicken Sie auf  in der Auswertungs-Symbolleiste, oder geben Sie `[Strg]+[=]` ein, um das fette Gleichheitszeichen einzufügen.

Hinweis Wenn Sie die Wurzel eines Ausdrucks suchen, ist es nicht notwendig, den Ausdruck gleich Null zu setzen. Ein Beispiel sehen Sie in Abbildung 14.11.

- 2. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf , oder drücken Sie $\text{[Strg]} + \text{[⇧]} + \text{[.]}$. (Die Strg-Taste und die Shift-Taste gedrückt halten und dann einen Punkt eingeben). Mathcad zeigt einen Platzhalter links vom symbolischen Gleichheitszeichen an.
- 3. Geben Sie in den Platzhalter **auflösen** ein, gefolgt von einem Komma und der Variablen, für die gelöst werden soll.
- 4. Drücken Sie die $\text{[⇧]} - \text{[=]}$ -Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Mathcad löst nach der Variablen auf und fügt das Ergebnis rechts vom symbolischen Gleichheitszeichen ein. Beachten Sie, dass, wenn die Variable in der Originalgleichung quadriert war, Sie möglicherweise zwei Ergebnisse erhalten. Mathcad zeigt diese Ergebnisse in einem Vektor an. Abbildung 14.11 zeigt ein Beispiel.

Um diese Formel für A als Formel für umzustellen, wählen Sie r aus und treffen Sie die Menüauswahl "Nach Variable auflösen."

$A = \frac{L}{2} + 2 \cdot C$ \leftarrow (Gleichheitszeichen ist mit $\text{[Strg]}[\text{+}]$ einzugeben.).

hat als Lösung(en)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{A - 2 \cdot C}} \cdot \sqrt{L} \\ -1 \\ \frac{-1}{\sqrt{C - 2 \cdot C}} \cdot \sqrt{L} \end{bmatrix}$$

Um nun r in Abhängigkeit von A, C und L zu definieren, kopieren Sie die erste Lösung und fügen Sie sie ein.




$$r(A, C, L) := \frac{1}{\sqrt{A - 2 \cdot C}} \cdot \sqrt{L} \quad +$$

Abbildung 14.11: Lösung von Gleichungen, Ungleichungen und Wurzeln

Tipp Eine andere Möglichkeit, nach einer Variablen aufzulösen, ist die Eingabe der Gleichung, Anklicken der betreffenden Variablen und Auswahl von VARIABLE⇒AUFLÖSEN im SYMBOLIK-Menü.

Symbolische Lösung eines Gleichungssystems

Mit dem Schlüsselwort **auflösen**, das auch für die Lösung einer einzigen Gleichung verwendet wird, können auch Gleichungssysteme gelöst werden. Um ein System mit n Gleichungen für n Unbekannte zu lösen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Drücken Sie  in der Matrix-Palette oder geben Sie $\text{[Strg]} + \text{[M]}$ ein, um einen Vektor mit n Zeilen und 1 Spalte einzufügen.
2. Füllen Sie die Platzhalter des Vektors mit den n Gleichungen des Systems. Klicken Sie auf [=] in der Auswertungs-Palette, oder geben Sie $\text{[Strg]} + \text{[=]}$ ein, um das fette Gleichheitszeichen einzufügen.
3. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf , oder drücken Sie $\text{[Strg]} + \text{[↗]} + \text{[.]}$. Mathcad zeigt einen Platzhalter links vom symbolischen Gleichheitszeichen an.
4. Geben Sie in den Platzhalter **auflösen** ein, gefolgt von einem Komma.
5. Drücken Sie  in der Matrix-Palette, oder geben Sie $\text{[Strg]} + \text{[M]}$ ein, um einen Vektor mit n Zeilen und 1 Spalte einzufügen. Geben Sie die Variablen ein, nach denen Sie lösen.
6. Drücken Sie die [↵] -Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Mathcad zeigt die n Lösungen für das Gleichungssystem rechts von dem symbolischen Gleichheitszeichen an. Abbildung 14.12 zeigt ein Beispiel.

Symbolisches Suchen des Schnittpunkts zweier Geraden:

Vorgabe

$$x + 2 \cdot x \cdot y = a$$

$$4 \cdot x + y = b$$

← $\text{[Strg]}++$ für Gleichheitszeichen verwenden.

Suchen(x, y)

$$\begin{pmatrix} -2 \cdot x \cdot b + a \\ -1 + 8 \cdot x \\ 4 \cdot a - b \\ -1 + 8 \cdot x \end{pmatrix}$$



← $\text{[Strg]}+\text{Punkt}$ für Pfeil verwenden.

Abbildung 14.12: Zwei Methoden der symbolischen Lösung eines Gleichungssystems

Symbolische Lösung eines Gleichungssystems: Lösungsblock

Eine andere Möglichkeit, ein Gleichungssystem symbolisch zu lösen, ist die Verwendung eines Lösungsblocks, ähnlich den numerischen Lösungsblöcken, die auf Seite 218 beschrieben sind.

1. Geben Sie das Wort *Vorgabe* ein. Daran erkennt Mathcad, dass es sich bei der weiteren Eingabe um ein Gleichungssystem handelt.
2. Jetzt geben Sie unterhalb des Worts *Vorgabe* die Gleichungen in beliebiger Reihenfolge ein. Klicken Sie auf [=] in der Auswertungs-Palette, oder geben Sie $\text{[Strg]} + \text{[=]}$ ein, um das fette Gleichheitszeichen einzufügen.





3. Geben Sie die Funktion *Suchen* ein, zusammen mit den Argumenten für Ihr Gleichungssystem. Diese Funktion ist auf Seite 215 beschrieben.
4. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf  oder drücken Sie **[Strg] + [.]**.
Mathcad zeigt ein symbolisches Gleichheitszeichen an, »→«.
5. Klicken Sie außerhalb der *Suchen*-Funktion, oder drücken Sie die -Taste.

Mathcad zeigt die Lösungen des Gleichungssystems rechts von dem symbolischen Gleichheitszeichen an. Abbildung 14.12 zeigt ein Beispiel.

Für die hier verwendeten Lösungsblöcke gelten fast dieselben Regeln wie bereits auf Seite 215 beschrieben. Der größte Unterschied ist, dass bei der symbolischen Lösung keine Schätzwerte für die Lösung eingegeben werden müssen.


Symbolische Matrixmanipulation

Mit Hilfe von Mathcad ermitteln Sie symbolisch die Transponierte, die Inverse oder die Determinante einer Matrix. Dazu verwenden Sie einen vordefinierten Operator und das symbolische Gleichheitszeichen. Um beispielsweise die Transponierte einer Matrix zu ermitteln, gehen Sie wie folgt vor:

1. Setzen Sie die gesamte Matrix zwischen die beiden Bearbeitungslinien, indem Sie mehrere Male die -Taste drücken.
2. Klicken Sie in der Matrixpalette auf , um den Operator für die Matrix-Transposition einzufügen.
3. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf  oder drücken Sie **[Strg] + [.]**.
Mathcad zeigt ein symbolisches Gleichheitszeichen an, »→«.
4. Drücken Sie die -Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Mathcad zeigt das Ergebnis rechts vom symbolischen Gleichheitszeichen an. Abbildung 14.13 zeigt einige Beispiele.

Eine weitere Möglichkeit, die Transposition, Inverse oder Determinante einer Matrix zu ermitteln, ist die Verwendung der MATRIX-Befehle im SYMBOLIK-Menü. Um beispielsweise die Transposition einer Matrix zu ermitteln, gehen Sie wie folgt vor:

1. Setzen Sie die gesamte Matrix zwischen die beiden Bearbeitungslinien, indem Sie mehrere Male die -Taste drücken.
2. Wählen Sie im SYMBOLIK-Menü den Eintrag MATRIX⇒TRANSPONIEREN.

Anders als die Matrizen, die mit dem symbolischen Gleichheitszeichen ausgewertet werden, werden Matrizen, die mit Befehlen aus dem SYMBOLIK-Menü bearbeitet wurden, nicht automatisch aktualisiert, wie auf Seite 325 bereits beschrieben.

Transponieren einer Matrix

$$\begin{pmatrix} x & 1 & a \\ -b & x^2 & -a \\ 1 & b & x^3 \end{pmatrix}^T \rightarrow \begin{pmatrix} x & -b & 1 \\ 1 & x^2 & b \\ a & -a & x^3 \end{pmatrix}$$

Drücken Sie [Strg] + M, um eine Matrix zu erstellen.
Für den Pfeil drücken Sie [Strg] + [Punkt].

Berechnung der Inverse

$$\begin{pmatrix} \lambda & 2 & 1 & -\lambda \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & -\lambda \end{pmatrix}^{-1} \rightarrow \begin{bmatrix} \frac{1}{\lambda} & \frac{-2}{\lambda} & \frac{-(-5+\lambda)}{\lambda^2} \\ 0 & 1 & \frac{-2}{\lambda} \\ 0 & 0 & \frac{-1}{\lambda} \end{bmatrix}$$


Ermittlung der Determinante

$$\left| \begin{pmatrix} x & 1 & a \\ -b & x^2 & -a \\ 1 & b & x^3 \end{pmatrix} \right| \rightarrow x^6 + x \cdot a \cdot b + b \cdot x^3 - a \cdot b^2 - a - a \cdot x^2$$

Abbildung 14.13: Symbolische Matrix-Operationen

Transformationen

Mit Hilfe symbolischer Schlüsselwörter können Sie die Fourier-, Laplace- oder z-Transformationen eines Ausdrucks auswerten, ebenso wie eine inverse Transformation. Um beispielsweise die Fourier-Transformation für einen Ausdruck auszuwerten, gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie den Ausdruck ein, der transformiert werden soll.
2. Klicken Sie in der Symbolik-Palette auf , oder drücken Sie **[Strg] + [f] + [.]**. Mathcad zeigt einen Platzhalter links vom symbolischen Gleichheitszeichen an.
3. Geben Sie in den Platzhalter **fourier** ein, gefolgt von einem Komma und dem Namen der Transformationsvariablen.
4. Drücken Sie die **[↵]**-Taste, um das Ergebnis anzuzeigen.

Das Ergebnis der Fourier-Transformation ist eine Funktion von ω :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

Um die inverse Fourier-Transformation als Funktion zurückzugeben, verwenden Sie das Schlüsselwort **invfourier**:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

Dabei sind $f(t)$ und $F(\omega)$ die Ausdrücke, die transformiert werden sollen.

Mit den Schlüsselwörtern **laplace**, **invlaplace**, **ztrans** und **invztrans** führen Sie eine Laplace- oder eine z-Transformation bzw. ihre Inversen aus.

Die Laplace-Transformation ist eine Funktion von s :

$$\int_0^{+\infty} f(t)e^{-st} dt$$

Ihre Inverse ist dargestellt durch:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} F(s)e^{st} dt$$

Dabei sind $f(t)$ und $F(s)$ die Ausdrücke, die transformiert werden sollen. Alle Singularitäten von $F(s)$ stehen links von der Zeile $\operatorname{Re}(s) = \sigma$.

Das Ergebnis der z -Transformation ist eine Funktion von z :

$$\sum_{n=0}^{+\infty} f(n)z^{-n}$$

Ihre Inverse stellt sich dar als:

$$\frac{1}{2\pi i} \int_C F(z)z^{n-1} dz$$

Dabei sind $f(n)$ und $F(z)$ die Ausdrücke, die transformiert werden sollen. C ist eine Kontur, die alle Singularitäten des Integranden umfasst.

Tipp

Mit Hilfe des Schlüsselworts **ersetzen** können Sie eine von Mathcad zurückgegebene Variable aus einer Transformation oder Inverse durch eine andere Variable ersetzen.

Eine andere Methode, um eine Fourier-, eine Laplace- oder eine z -Transformation bzw. deren Inversen in einem Ausdruck auszuwerten, ist die Verwendung der Befehle aus dem SYMBOLIK-Menü. Die Laplace-Transformation eines Ausdrucks können Sie beispielsweise folgendermaßen finden:

- Geben Sie den Ausdruck ein.
- Klicken Sie auf die Transformationsvariable.
- Wählen Sie aus dem SYMBOLIK-Menü den Eintrag TRANSFORMIEREN⇒LAPLACE.

Bedenken Sie, dass Ausdrücke, die durch Befehle aus dem SYMBOLIK-Menü modifiziert worden sind (im Gegensatz zu Schlüsselwort-modifizierten Ausdrücken) nicht automatisch aktualisiert werden. Näheres hierzu im Abschnitt »Das Symbolik-Menü«.

Hinweis

Ergebnisse aus symbolischen Transformationen können Funktionen enthalten, die vom symbolischen, nicht aber vom numerischen Prozessor erkannt werden. Ein Beispiel hierfür ist die in der Mitte von Abbildung 14.14 gezeigte Funktion *Dirac*. Numerische Definitionen für diese und andere Funktionen finden Sie unter »Funktionen für die symbolische Transformation« im Anhang auf Seite 386 sowie im QuickSheet »Sonderfunktionen« des Informationszentrums.

$\exp(-a t)$	1. Klicken Sie die Transformationsvariable "t" an.
hat Laplace-Transformation	2. Wählen Sie "Transformationen⇒Laplace-Transformation" aus dem Menü "Symbolisch".
$\frac{1}{s + a}$	3. Mathcad gibt die Laplace-Transformation mit "s" als komplexer Frequenz zurück.
$\frac{s}{s + a}$	← Klicken Sie "s" an und wählen Sie "Transformationen⇒Inverse Laplace-Transformation" aus dem Menü "Symbolisch".
hat inverse Laplace-Transformation	
$-a \exp(-a t) + \text{Dirac}(t)$	← Dirac(t) ist ein Impuls bei t=0. Er ist zwar nicht numerisch definiert, Mathcads Symbolprozessor erkennt diese Funktion dennoch.
Dirac(t)	← Klicken Sie "t" an und wählen Sie "Transformationen⇒Fourier-Transformation" aus dem Menü "Symbolisch".
hat Fourier-Transformation	
1	← Wie erwartet, wird eine Konstante in Frequenz zurückgegeben

Abbildung 14.14: Symbolische Transformationen

Symbolische Optimierung

Im Allgemeinen kommunizieren die numerischen und symbolischen Prozessoren von Mathcad nicht miteinander. Sie können jedoch veranlassen, dass der numerische Prozessor den symbolischen Prozessor um Hilfe bittet, bevor er eine Auswertung vornimmt, die möglicherweise unnötig kompliziert ist.

Angenommen, Sie werten einen Ausdruck wie den folgenden aus:

$$\int_0^u \int_0^v \int_0^w x^2 + y^2 + z^2 \, dx \, dy \, dz$$

Mathcad macht sich an die Aufgabe, eine numerische Annäherung für das Dreifachintegral zu berechnen, obwohl man eine exakte Lösung einfacher finden könnte, indem man vorher einige elementare Umformungen berücksichtigt.

Dies geschieht, weil der numerische Prozessor von Mathcad keine selbstständige Vereinfachung komplizierter Ausdrücke vornimmt. Der symbolische Prozessor weiß zwar alles über die Vereinfachung, aber die beiden Prozessoren stimmen sich nicht ab, wenngleich dies bei bestimmten Definitionen sehr hilfreich wäre. Um zu veranlassen, dass beide Prozessoren miteinander kommunizieren, wählen Sie im POPUP-Menü den Eintrag OPTIMIERUNG.

Jetzt vereinfacht der symbolische Prozessor alle Ausdrücke rechts von einem »:=«, bevor der numerische Prozessor seine Arbeit beginnt. Das hilft dem numerischen Prozessor, seine Arbeit schneller zu erledigen. Außerdem werden überflüssige Berechnungen eliminiert.

Wenn Mathcad eine einfachere Form für den Ausdruck findet, reagiert es wie folgt:

- Es markiert den Bereich mit einem Stern.
- Es ersetzt *intern* Ihre Eingaben durch eine vereinfachte Form.
- Statt des von Ihnen eingegebenen Ausdrucks wird der äquivalente, einfachere Ausdruck ausgewertet. Um diesen Ausdruck anzuzeigen, doppelklicken Sie auf den *roten* Stern neben dem Bereich.

Wenn Mathcad keine einfachere Form für den Ausdruck findet, zeigt es einen *blauen* Stern neben dem Bereich an.

Im obigen Beispiel hätte der symbolische Prozessor das Dreifachintegral ausgewertet und den äquivalenten, aber sehr viel einfacheren Ausdruck zurückgegeben:

$$\frac{1}{3}(w^3vu + wv^3u + wvu^3)$$

Er verwendet dann weitere Definitionen aus Ihrem Arbeitsblatt, um den Ausdruck weiter zu vereinfachen. Um diesen Ausdruck in einem Popup-Fenster anzuzeigen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den roten Stern und wählen im Popup-Menü den Eintrag POPUP ANZEIGEN (siehe Abbildung 14.15).

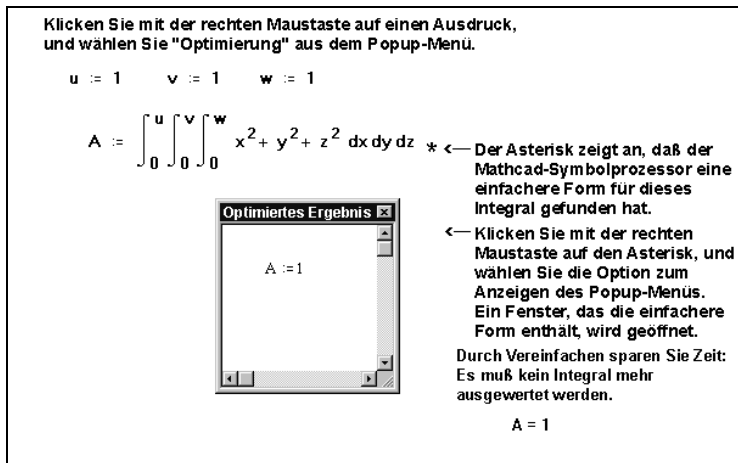


Abbildung 14.15: Ein Popup-Fenster zeigt den äquivalenten Ausdruck an, den Mathcad intern auswertet.

Für eine Optimierung des gesamten Arbeitsblatts wählen Sie aus dem RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIMIEREN. Um die Optimierung für einen Ausdruck zu deaktivieren, klicken Sie mit der rechten Maustaste darauf und entfernen im Popup-Menü die Markierung für den Eintrag OPTIMIEREN. Mathcad wertet den Ausdruck jetzt wieder so aus, wie Sie ihn eingegeben haben.

Um die Optimierung für alle Ausdrücke zu deaktivieren, entfernen Sie im RECHNEN-Menü die Markierung für den Eintrag OPTIMIERUNG.

Kapitel 15

Programmierung

Definition eines Programms

Bedingte Anweisungen

Schleifen


Steuerung des Programmflusses

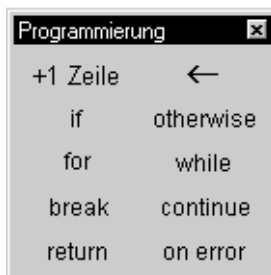
Fehlerverarbeitung

Programme innerhalb von Programmen

Definition eines Programms

Ein Mathcad-Programm ist ein spezieller Ausdruck, den Sie in Mathcad für Profis definieren können. Es handelt sich dabei um einen Ausdruck, der aus einer Folge von Anweisungen besteht, die mit Hilfe von Programmieroperatoren erzeugt werden. Diese Operatoren stehen in der Programmierungspalette zur Verfügung. Klicken Sie

in der Symbolleiste auf , oder wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag SYMBOL-LEISTEN⇒PROGRAMMIERUNG, um die Programmierungspalette anzuzeigen.



Man kann sich ein Programm wie einen zusammengesetzten Ausdruck vorstellen, in dem unter Umständen sehr viele Programmieroperatoren eingesetzt werden. Wie ein Ausdruck gibt ein Programm einen Wert zurück – einen Skalar, einen Vektor, ein Feld, ein verschachteltes Feld oder eine Zeichenfolge –, wenn seinem Aufruf ein Gleichheitszeichen oder ein symbolisches Gleichheitszeichen folgt. Genauso wie Sie für eine Variable oder eine Funktion einen Ausdruck definieren können, können Sie auch für ein Programm Ausdrücke definieren.

Das folgende Beispiel zeigt ein einfaches Programm für die Definition der Funktion

$$f(x, w) = \log\left(\frac{x}{w}\right)$$

Das Beispiel ist so einfach, dass dafür nicht unbedingt eine Programmierung erforderlich wäre, aber es demonstriert die Verwendung einzelner Anweisungen in einem Programm sowie den Einsatz des lokalen Zuweisungsoperators, $\gg\leftarrow\ll$.

1. Geben Sie die linke Seite der Funktionsdefinition ein, gefolgt von $\gg:=\ll$. Wählen Sie den Platzhalter.

2. Klicken Sie in der Programmierungspalette auf **+1 Zeile**, oder drücken Sie \downarrow . Sie sehen eine vertikale Leiste mit zwei Platzhaltern, die die Anweisungen für Ihr Programm aufnehmen.

3. Klicken Sie auf den oberen Platzhalter. Geben Sie **z** ein und klicken Sie in der Programmierungspalette auf \leftarrow . Alternativ drücken Sie \leftarrow , um einen $\gg\leftarrow\ll$, auch lokales Definitionssymbol genannt, einzufügen.

4. Geben Sie **x/w** in den Platzhalter rechts vom lokalen Definitionssymbol ein. Drücken Sie \leftarrow , um in den unteren Platzhalter zu gelangen, oder klicken Sie auf den unteren Platzhalter.

5. Geben Sie den Wert, der von dem Programm zurückgegeben werden soll, in den anderen Platzhalter ein, in diesem Beispiel ist das **log(z)**.

Jetzt können Sie diese Funktion wie jede andere Funktion in Ihrem Arbeitsblatt verwenden.

Hinweis

Innerhalb eines Programms kann der normale Zuweisungsoperator $\gg:=\ll$ von Mathcad nicht verwendet werden. Stattdessen müssen Sie den durch $\gg\leftarrow\ll$ gekennzeichneten lokalen Zuweisungsoperator verwenden. Variablen, die innerhalb eines Programms mit dem lokalen Zuweisungsoperator definiert wurden, sind für das Programm lokal und an anderer Stelle im Arbeitsblatt nicht definiert. Sie können jedoch innerhalb des Programms auf die Mathcad-Variablen und Funktionen, die an anderer Stelle im Arbeitsblatt definiert sind, zugreifen.

Abbildung 15.1 zeigt ein komplexeres Beispiel für eine quadratische Formel. Sie könnten dafür auch eine einzelne Anweisung schreiben, wie in der oberen Hälfte der Abbildung gezeigt, aber es ist einfacher, sie unter Verwendung mehrerer einfacher Anweisungen zu definieren, wie in der unteren Hälfte gezeigt.

$q(a, b, c) := \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$	<p>Obgleich es möglich ist, komplizierte Funktionen in einer einzigen Zeile zu definieren...</p>
$r(a, b, c) := \left| \begin{array}{l} \text{discr} \leftarrow b^2 - 4 \cdot a \cdot c \\ \text{num} \leftarrow -b + \sqrt{\text{discr}} \\ \text{denom} \leftarrow 2 \cdot a \\ \hline \frac{\text{num}}{\text{denom}} \end{array} \right|$	<p>ist es doch manchmal einfacher, diese Funktionen in einfachere Schritte aufzuteilen.</p>

Abbildung 15.1: Eine komplexere Definition für einen Ausdruck und ein Programm

Tipp

Ein Programm kann beliebig viele Anweisungen enthalten. Um eine Anweisung einzufügen, klicken Sie in der Programmierungspalette auf +1 Zeile, oder drücken Sie **J**. Mathcad fügt einen Platzhalter unterhalb der ausgewählten Anweisung ein. Um den Platzhalter zu entfernen, klicken Sie darauf und drücken ←.

Wie ein Ausdruck muss auch ein Mathcad-Programm einen Wert haben. Dieser Wert ist einfach der Wert der *letzten* von dem Programm ausgeführten Anweisung. Es kann sich dabei um eine Zeichenfolgenanweisung, eine einzelne Zahl oder ein Feld mit Zahlen handeln. Es kann sogar ein verschachteltes Feld zurückgegeben werden (siehe »Verschachtelte Felder« auf Seite 269).

Ein Mathcad-Programm kann auch einen symbolischen Ausdruck zurückgeben. Wenn Sie ein Programm unter Verwendung des symbolischen Gleichheitszeichens auswerten, das in Kapitel 14 beschrieben wurde, übergibt Mathcad den Ausdruck seinem symbolischen Prozessor und gibt, wenn möglich, einen vereinfachten symbolischen Ausdruck zurück. Sie können diese Fähigkeit ausnutzen, Programme symbolisch auszuwerten, um komplizierte symbolische Ausdrücke, Polynome oder Matrizen zu erzeugen. Abbildung 15.2 zeigt eine Funktion, die bei der symbolischen Auswertung symbolische Polynome erzeugt.

Hinweis

Programme, welche die Anweisungen **return** und **on error** enthalten, die auf den Seiten 348 und 349 beschrieben sind, können nicht symbolisch ausgewertet werden, weil der symbolische Prozessor diese Operatoren nicht erkennt.

Online-Hilfe

Beispiele für die Programmierung finden Sie in den QuickSheets des Informationszentrums.

Eine Funktion zum Generieren eines Polynoms.

```
f(n) :=
  a ← 0
  i ← 0
  while i ≤ n
    a ← [ a + (1 + x)i ]
    i ← i + 1
  a
```

<-- Mathcad kann eine symbolische Auswertung des Programms durchführen, obwohl x nicht definiert ist.

Symbolisch berechnen...

f(3) expand → 4 + 6 x + 4 x² + x³

<--Das symbolische Schlüsselwort "entwickeln" entwickelt das Ergebnis. Drücken Sie für diesen symbolischen Schlüsselwortoperator die Tastenkombination [Strg] + [Umschalt] + [Punkt].

Abbildung 15.2: Mit einem Mathcad-Programm wird ein symbolischer Ausdruck erzeugt

Bedingte Anweisungen

Im Allgemeinen wertet Mathcad alle Anweisungen Ihres Programms von oben nach unten aus. Es gibt jedoch Situationen, in denen man möchte, dass Mathcad eine Anweisung nur dann auswertet, wenn eine bestimmte Bedingung zutrifft. Dazu verwenden Sie eine **if**-Anweisung.

Hinweis

Bitte schreiben Sie derartige Befehlswörter nicht selbst, sondern verwenden Sie hierzu immer nur den entsprechenden Operator auf der Programmierpalette oder das zugehörige Tastaturkürzel.

Angenommen, Sie möchten eine Funktion definieren, die einen Halbkreis um den Ursprung zeichnet, sonst aber konstant ist. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Geben Sie die linke Seite der Funktionsdefinition ein, gefolgt von »:=«. Wählen Sie den Platzhalter.

f(x) :=

2. Klicken Sie in der Programmierungspalette auf **+1 Zeile**, oder drücken Sie **J**. Sie sehen eine vertikale Leiste mit zwei Platzhaltern. Diese Platzhalter nehmen die Anweisungen für Ihr Programm auf.

f(x) :=

3. Klicken Sie im oberen Platzhalter in der Programmierungspalette auf **if**. Alternativ drücken Sie **]**. Schreiben Sie nicht »if«.

$$f(x) := \begin{cases} \blacksquare & \text{if } \blacksquare \\ \blacksquare \end{cases}$$

4. Geben Sie in den rechten Platzhalter einen Boole'schen Ausdruck ein. Dazu verwenden Sie einen der relationalen Operatoren der Auswertungs-Palette. Im linken Platzhalter geben Sie den Wert ein, den das Programm zurücksenden soll, wenn der Ausdruck im rechten Platzhalter zutrifft. Fügen

$$f(x) := \begin{cases} 0 & \text{if } |x| > 2 \\ \blacksquare \end{cases}$$

Sie gegebenenfalls mit **+1 Zeile** weitere Platzhalter ein.

5. Wählen Sie den anderen Platzhalter und klicken

Sie in der Programmierungspalette auf **otherwise**, oder drücken Sie **[Strg] + [3]**.

$$f(x) := \begin{cases} 0 & \text{if } |x| > 2 \\ \blacksquare & \text{otherwise} \end{cases}$$

6. Geben Sie den Wert ein, den das Programm zurückgeben soll, wenn die Bedingung in der ersten Anweisung falsch ist.

$$f(x) := \begin{cases} 0 & \text{if } |x| > 2 \\ \sqrt{4 - x^2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Abbildung 15.3 zeigt ein Diagramm dieser Funktion.

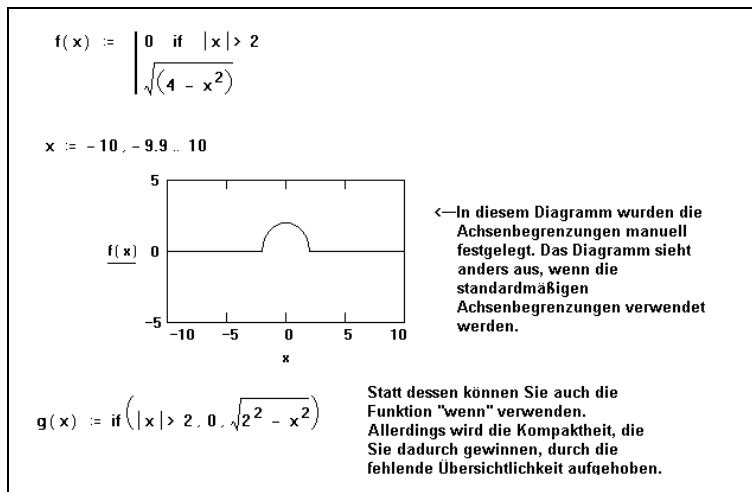


Abbildung 15.3: Mit der if-Anweisung definieren Sie eine stückweise stetige Funktion.

Hinweis

Die **if**-Anweisung in einem Mathcad-Programm ist nicht dasselbe wie die *if*-Funktion bzw. *wenn*-Funktion. Es ist zwar nicht schwer, unter Verwendung der *if*-Funktion ein Beispielprogramm zu definieren, wie in Abbildung 15.3 gezeigt, aber die *if*-Funktion wird spätestens dann unpraktisch, wenn es mehrere Verzweigungen geben soll.

Schleifen

Einer der größten Vorteile bei der Programmierbarkeit ist die wiederholte Ausführung mehrerer Anweisungen in einer Schleife. Mathcad stellt zwei Schleifenkonstrukte zur Verfügung. Welches Konstrukt Sie verwenden, hängt davon ab, wie die Schleife beendet werden soll.

- Wenn Sie genau wissen, wie oft Sie die Schleife durchlaufen möchten, verwenden Sie eine **for**-Schleife.
- Wenn Sie möchten, dass die Schleife beim Auftreten einer bestimmten Bedingung beendet wird, aber nicht wissen, nach wie vielen Iterationen dies der Fall ist, verwenden Sie eine **while**-Schleife.

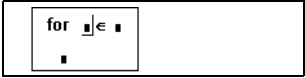
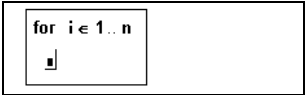
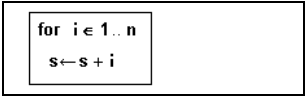
Tipp

Weitere Informationen über die Unterbrechung der Berechnungen im Schleifenkörper finden Sie auf Seite 346 im Abschnitt »Steuerung des Programmflusses«.

for-Schleifen

Eine **for**-Schleife endet nach einer bestimmten Anzahl von Iterationen. Die Iteration wird durch die Iterationsvariable bestimmt, die oben in der Schleife definiert ist. Die Definition der Iterationsvariablen ist lokal für das Programm.

Um eine **for**-Schleife anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie in der Programmierungspalette auf **for** oder drücken Sie **Strg** + **["**. Geben Sie nicht das Wort »for« ein.
2. Geben Sie in den Platzhalter links von »∈« den Namen der Iterationsvariablen ein.
3. Geben Sie den Wertebereich für die Iterationsvariable in den Platzhalter rechts von »∈« ein. In der Regel wird dieser Bereich so spezifiziert wie eine Bereichsvariable (siehe Seite 142).
4. Geben Sie den auszuwertenden Ausdruck in den letzten Platzhalter ein. Dieser Ausdruck beinhaltet in der Regel die Iterationsvariable. Fügen Sie gegebenenfalls weitere Platzhalter ein, indem Sie auf der Programmierungspalette auf **+1 Zeile** klicken.

Die obere Hälfte von Abbildung 15.4 zeigt diese **for**-Schleife für die Addition mehrerer ganzer Zahlen.

Hinweis

Der Ausdruck rechts von » \in « ist normalerweise ein Bereich, es kann sich aber auch um einen Vektor oder eine Liste mit Skalaren, Bereichen oder Vektoren handeln. Die untere Hälfte von Abbildung 15.4 zeigt ein Beispiel, in dem die Iterationsvariable als Element von zwei Vektoren definiert ist.

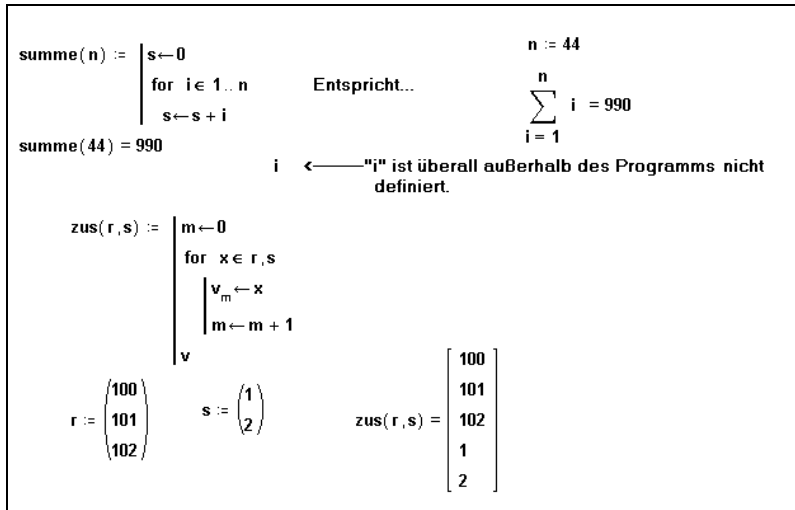


Abbildung 15.4: for-Schleifen mit zwei verschiedenen Arten von Iterationsvariablen

while-Schleifen

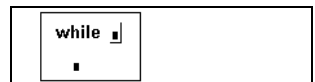
Eine **while**-Schleife ist davon abhängig, dass eine bestimmte Bedingung wahr ist. Sie müssen also nicht im Voraus wissen, wie oft die Schleife ausgeführt wird. Es ist jedoch wichtig, irgendwo eine Anweisung zu haben, entweder innerhalb der Schleife oder im Programm, die bewirkt, dass die Bedingung irgendwann nicht mehr zutrifft. Andernfalls erzeugen Sie eine Endlosschleife.

Um eine **while**-Schleife anzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

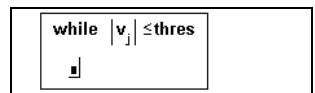
1. Klicken Sie in der Programmierungspalette auf



while, oder drücken Sie **Strg** + **J**. Geben Sie nicht das Wort »while« ein.



2. Klicken Sie in den oberen Platzhalter und geben Sie eine Bedingung ein. Dabei handelt es sich in der Regel um einen Boole'schen Ausdruck, wie hier gezeigt.



3. Geben Sie in den anderen Platzhalter den Ausdruck ein, der ausgewertet werden soll. Fügen Sie gegebenenfalls weitere Platzhalter ein, indem Sie auf der Programmierungspalette auf

```
while |vj| ≤ thresh
    j ← j + 1
```

+1 Zeile klicken.

Abbildung 15.5 zeigt ein größeres Programm, das die oben beschriebene Schleife verwendet. Nach dem Eintritt in eine **while**-Schleife prüft Mathcad die Bedingung. Trifft die Bedingung zu, führt Mathcad den Schleifenrumpf aus und prüft die Bedingung erneut. Ist die Bedingung falsch, beendet Mathcad die Schleife.

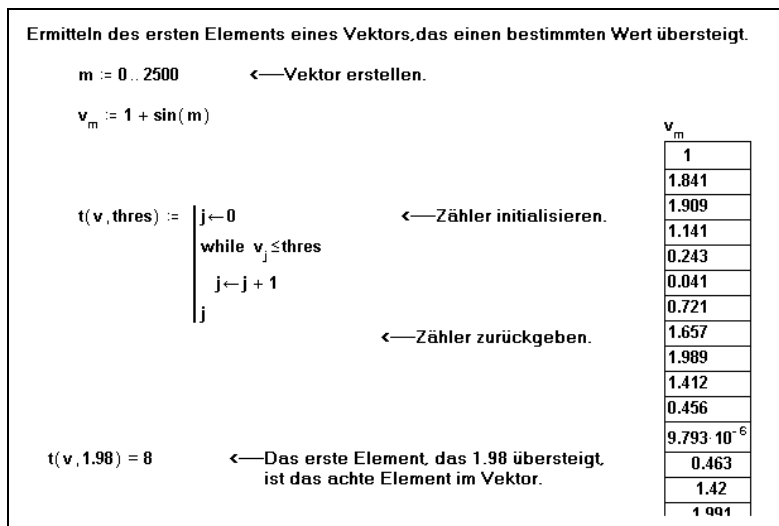


Abbildung 15.5: In einer **while**-Schleife wird das erste Auftreten einer bestimmten Zahl innerhalb einer Matrix ermittelt

Steuerung des Programmflusses

Die Programmierungspalette von Mathcad beinhaltet drei Anweisungen für die Programmsteuerung:

- Mit der **break**-Anweisung in einer **for**- oder **while**-Schleife unterbrechen Sie die Schleife, wenn eine bestimmte Bedingung wahr ist, und führen die nächste Anweisung außerhalb der Schleife aus.
- Mit der **continue**-Anweisung in einer **for**- oder **while**-Schleife unterbrechen Sie die aktuelle Iteration und erzwingen, dass die Programmausführung mit der nächsten Schleifeniteration fortgesetzt wird.
- Mit der **return**-Anweisung beenden Sie ein Programm und geben einen speziellen Wert zurück, statt den Wert der zuletzt ausgeführten Anweisung zurückzugeben.

Die break-Anweisung

Häufig ist es sinnvoll, eine Schleife zu verlassen, wenn eine bestimmte Bedingung zutrifft. In Abbildung 15.6 wird eine **break**-Anweisung verwendet, um eine Schleife zu beenden, wenn in einem Eingabevektor eine negative Zahl erkannt wird.

Um eine **break**-Anweisung einzufügen, klicken Sie auf den Platzhalter innerhalb einer Schleife und dann in der Programmierungspalette auf **break**, oder drücken Sie **[Strg]+[I]**. Geben Sie nicht das Wort »break« ein. In der Regel wird **break** in den linken Platzhalter einer **if**-Anweisung eingefügt. Das **break** wird nur ausgewertet, wenn die rechte Seite der **if**-Anweisung zutrifft.

Tipp

Um das links in Abbildung 15.6 gezeigte Programm zu erzeugen, würden Sie zuerst auf **break** und dann auf **if** klicken.

Die continue-Anweisung

Um eine Schleifeniteration zu ignorieren, verwenden Sie **continue**. In Abbildung 15.6 wird eine **continue**-Anweisung verwendet, um negative Zahlen in einem Eingabevektor zu ignorieren.

Die Anweisungen "continue" und "break" steuern Schleifen auf unterschiedliche Weise.

Mit diesem Programm wird die Schleife bei der ersten nicht positiven Zahl gestoppt...

...während mit diesem Programm die nicht positiven Zahlen einfach ausgelassen werden.

PElemb(v) :=

```
i ← -1
j ← -1
while i < letzte(v)
  i ← i + 1
  break if vi ≤ 0
  j ← j + 1
  wj ← vi
w
```

PElemb(v) :=

```
i ← -1
j ← -1
while i < letzte(v)
  i ← i + 1
  continue if vi ≤ 0
  j ← j + 1
  wj ← vi
w
```

$v := \begin{bmatrix} 2 \\ 27 \\ -3 \\ 16 \end{bmatrix}$

PElemb(v) = $\begin{bmatrix} 2 \\ 27 \end{bmatrix}$

PElemb(v) = $\begin{bmatrix} 2 \\ 27 \\ 16 \end{bmatrix}$

Abbildung 15.6: Die break-Anweisung beendet die Schleife. Für continue wird die Schleife mit der nächsten Iteration fortgesetzt.

Um die **continue**-Anweisung einzufügen, klicken Sie auf einen Platzhalter innerhalb einer Schleife und dann in der Programmierungspalette auf **continue**, oder drücken Sie **[Strg]+[I]**. Geben Sie nicht das Wort »continue« ein. Wie auch **break**, wird **continue** normalerweise in den linken Platzhalter einer **if**-Anweisung eingefügt. Die **continue**-Anweisung wird nur ausgewertet, wenn die Bedingung auf der rechten Seite des **if** zutrifft.

Die return-Anweisung

Ein Mathcad-Programm gibt den Wert des letzten im Programm ausgewerteten Ausdrucks zurück. In einfachen Programmen ist das die letzte Programmzeile. Wenn Sie kompliziertere Programme schreiben, brauchen Sie möglicherweise eine gesteigerte Flexibilität. Die **return**-Anweisung ermöglicht es Ihnen, das Programm zu unterbrechen und andere Werte als den Standardwert zurückzugeben.

Eine **return**-Anweisung kann an beliebiger Stelle im Programm verwendet werden, auch in tief verschachtelten Schleifen. Sie erzwingt, dass das Programm beendet wird, und gibt einen Skalar, einen Vektor, ein Feld oder eine Zeichenfolge zurück. Wie **break** und **continue** wird **return** in der Regel auf der linken Seite einer **if**-Anweisung verwendet. Die **return**-Anweisung wird nur dann ausgewertet, wenn die rechte Seite der **if**-Anweisung wahr ist.

Der folgende Programmausschnitt zeigt, wie eine **return**-Anweisung genutzt wird, um eine Zeichenfolge zurückzugeben, nachdem eine bestimmte Bedingung auftritt:

1. Klicken Sie in der Programmierungspalette auf

if

```
if
```

2. Klicken Sie in der Programmierungspalette auf

return

, oder drücken Sie **[Strg]**+**[]**. Geben Sie nicht das Wort »return« ein.

```
return if
```

3. Erzeugen Sie im Platzhalter rechts von **return** eine Zeichenfolge, indem Sie das doppelte Anführungszeichen (") eingeben. Geben Sie die Zeichenfolge ein, die das Programm zurückgeben soll. Mathcad zeigt die Zeichenfolge zwischen Anführungszeichen an.

```
return "int" if
```

4. Geben Sie in den Platzhalter rechts von **if** eine Bedingung ein. Dabei handelt es sich in der Regel um einen Boole'schen Ausdruck, wie hier gezeigt. (Geben Sie **[Strg]**+**[+]** (auf der Nummertastatur) ein, um das fette Gleichheitszeichen zu erhalten).

```
return "int" if floor(x)=x
```

In diesem Beispiel gibt das Programm die Zeichenfolge »int« zurück, wenn der Ausdruck $\text{floor}(x) = x$ zutrifft.

Tipp

Sie können dem Ausdruck rechts von **return** weitere Zeilen hinzufügen, indem Sie in der Programmierungspalette auf **+1 Zeile** klicken.

Fehlerbehandlung

Fehler während der Programmausführung können bewirken, dass Mathcad die Auswertung abbricht. Beispielsweise könnte ein Programm versuchen, aufgrund einer bestimmten Eingabe eine Division durch Null auszuführen, was einen Fehler verursacht. In diesen Fällen behandelt Mathcad das Programm so wie alle mathematischen Ausdrücke: Es markiert die fehlerhafte Anweisung mit einer Fehlermeldung und zeigt den Namen oder den Operator, der den Fehler verursacht hat, in einer anderen Farbe an, wie bereits in Kapitel 8 beschrieben.

Mathcad bietet Ihnen zwei Möglichkeiten, die Fehlerverarbeitung in Programmen zu verbessern:

- Mit der Anweisung **on error** fangen Sie einen numerischen Fehler auf, der andernfalls zu einer Programmunterbrechung führen würde.
- Mit der Funktion *fehler* haben Sie Zugriff auf den Mechanismus, mit dem Mathcad einen »Fehler-Tipp« anzeigt, und können ihn in Ihrem Programm nutzen.

Die Anweisung on error

In einigen Fällen kann man Programmeingaben überprüfen, die einen numerischen Fehler erzeugen (beispielsweise eine Singularität, einen Überlauf oder einen Konvergenzfehler). In so einem Fehlerfall würde Mathcad die Programmausführung beenden. In komplizierteren Fällen, insbesondere, wenn Ihre Programme viele numerische Operatoren oder vordefinierte Funktionen von Mathcad verwenden, ist es nicht möglich, alle Fehlersituationen abzu prüfen, welche in dem Programm auftreten können. Die Anweisung **on error** soll Ihnen dabei helfen, Fehler aufzufangen und einen alternativen Ausdruck zu berechnen, wenn ein numerischer Fehler auftritt, für den Mathcad andernfalls die Programmausführung beendet.

Um die Anweisung **on error** zu benutzen, klicken Sie in der Programmierungspa-

lette auf **on error**, oder drücken Sie **Strg** + **.**. Geben Sie nicht die Wörter »on error« ein. Geben Sie in den Platzhalter rechts von **on error** die Programmanweisungen ein, die normalerweise ausgewertet werden, in denen aber etwaige numerische Fehler aufgefangen werden. In den Platzhalter links von **on error** geben Sie die Programmanweisungen ein, die ausgeführt werden, wenn der Standardausdruck auf der rechten Seite nicht ausgewertet werden kann.

Abbildung 15.7 zeigt **on error** in einem Programm, das die Wurzel eines Ausdrucks ermittelt.

Dieses benutzerdefinierte Programm zum Ermitteln von Wurzeln demonstriert die "On Error"-Anweisung.

Dieses Programm sucht standardmäßig nach der reellen Wurzel eines Ausdrucks und verwendet dazu einen Schätzwert von Null. Ist keine reelle Wurzel zu finden, sucht es nach einer komplexen Wurzel, wobei der Schätzwert $0 + 2i$ verwendet wird.

$RF(f, x) := \text{wurzel}(f(x), x)$ <-- Die numerische Wurzel-Funktion von Mathcad.

RootFind(f) := $\begin{cases} gr \leftarrow 0 \\ gc \leftarrow 0 + 2i \\ RF(f, gc) \text{ on error } RF(f, gr) \end{cases}$ <-- Klicken Sie auf die Schaltfläche "On Error" auf der Programmierungspalette, um den Operator hier einzufügen.

$f1(x) := x^2 - 2x - 3$ $f2(x) := x^2 - x + 3$

RootFind(f1) = -1.000 RootFind(f2) = 0.500 + 1.658i

Ohne "On Error" kann das Beispiel nicht konvergieren:

RF(f2, 0) =

Konvergenz gegen eine Lösung nicht möglich.
Versuchen Sie es mit einem anderen Schätzwert,
oder überprüfen Sie, ob tatsächlich eine Lösung existiert.

Abbildung 15.7: Die Anweisung on error fängt numerische Fehler in einem Programm auf.

Fehlermeldungen

So wie Mathcad die weitere Auswertung unterbricht und eine Fehlermeldung für einen fehlerhaften Ausdruck erzeugt (siehe Abbildung 15.7 oben), können auch Sie die Auswertung unterbrechen und eigene Fehlermeldungen anzeigen.

Dazu verwenden Sie die *fehler*-Funktion von Mathcad. Diese Funktion, die im Abschnitt »Funktionen für Zeichenfolgen« beschrieben ist, unterbricht die numerische Auswertung für einen Ausdruck und zeigt eine Fehlermeldung an. Normalerweise wird die *fehler*-Funktion im linken Platzhalter einer **on error**-Anweisung eingegeben, so dass eine Fehlermeldung angezeigt wird, wenn eine bestimmte Bedingung zutrifft.

Abbildung 15.8 zeigt, wie selbst in kleinen Programmen benutzerdefinierte Fehlermeldungen angezeigt werden können.

Hinweis Einige *fehler*-Funktionen werden automatisch in eine Mathcad-Fehlermeldung umgewandelt, die der *fehler*-Funktion ähnlich sind. So wird zum Beispiel »muss real sein« umgewandelt in »Dieser Wert muss reell sein. Sein imaginärer Bestandteil muss 0 sein.«

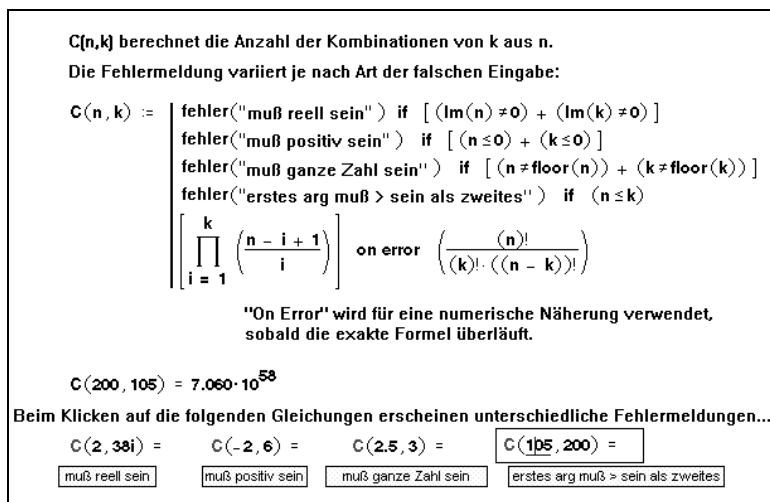


Abbildung 15.8: Benutzerdefinierte Fehlermeldungen

Programme in Programmen

Die Beispiele in den vorigen Abschnitten wurden mehr der Demonstration halber ausgewählt. Sie waren daher nicht besonders leistungsfähig. Dieser Abschnitt zeigt Beispiele für komplexere Programme.

Die Programmierung ist insbesondere deshalb so flexibel, weil man Programmstrukturen innerhalb anderer Programmstrukturen einbetten kann. In Mathcad gehen Sie dazu wie folgt vor:

- Sie können als eine der Anweisungen in einem Programm ein anderes Programm einfügen, oder Sie definieren an anderer Stelle ein Programm, das Sie innerhalb eines anderen Programms wie eine Subroutine aufrufen.
- Sie können eine Funktion rekursiv definieren.

Subroutinen

Abbildung 15.9 zeigt zwei Beispiele für Programme, die eine Anweisung enthalten, die selbst wiederum ein Programm darstellen. Im Prinzip gibt es keine Beschränkung, wie weit ein Programm verschachtelt werden darf.

Viele Programmierer vermeiden verschachtelte Programme und die dadurch eingeführte Komplexität, indem sie Subroutinen anlegen. Abbildung 15.10 zeigt ein Beispiel für diese Technik.

Newton'sches Verfahren		Fibonacci-Funktion/Folge		n := 1..6							
<pre> nroot(f, df, x) := xx ← x - f(x)/df(x) while xx - x > TOL x ← xx xx ← x - f(x)/df(x) xx </pre>		<pre> G(n) := g ← 1 if n ≤ 1 otherwise h ← 1 g ← 1 for k ∈ 2..n tmp ← h + g h ← g g ← tmp g </pre>									
<pre> f(x) := x² - 4 df(x) := 2 · x nroot(f, df, 1) = 2 </pre>		<pre> G(n) </pre>		<p>Achten Sie darauf, vor der Eingabe der verschachtelten Schleife in den "otherwise"-Platzhalter ein Klammernpaar einzugeben. Dadurch erleichtern Sie sich die Arbeit.</p>							
		<table border="1"> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>13</td></tr> </table>		1	2	3	5	8	13		
1											
2											
3											
5											
8											
13											

Abbildung 15.9: Programme, in denen Anweisungen selbst wiederum Programme sind

Tipp

Sie sollten sich angewöhnen, lange Programme in Subroutinen zu zerlegen. Lange Programme und tief verschachtelte Anweisungen können dazu führen, dass andere Ihr Programm nicht mehr verstehen. Außerdem ist es schwierig, lange Programme zu bearbeiten und auf Fehler hin zu untersuchen.

INTEGRATION MIT ADAPTIVER AUSWAHL DER INTERVAL EBEREITEN	
<pre> intsimp(f, a, b, N) := s ← 0 w ← (b - a) / N for i ∈ 1..N s ← s + w * [f(a + (i - 1) * w) + 4 * f(a + w/2 + i * w) + f(a + i * w)] / 6 s </pre>	
<pre> adapt(f, a, b) := x ← intsimp(f, a, b, 10) x if |x - intsimp(f, a, b, 5)| ≤ TOL adapt(f, a, (a + b) / 2) + adapt(f, (a + b) / 2, b) otherwise </pre>	
<pre> adapt(log, 10⁻¹⁵, 1) = -0.434958018397141 </pre>	

Abbildung 15.10: Die Komplexität wird durch eine Subroutine vermindert.

Die Funktion *Adaptieren* in Abbildung 15.10 führt mit Hilfe von *intsimp* eine adaptive Quadratur- oder Integrationsroutine durch, um das Gebiet in jedem Teilintervall anzunähern. Das sonst für die Definition von *Adaptieren* benutzte Programm wird vereinfacht, indem Sie *intsimp* separat definieren und unter *Adaptieren* anwenden.

Rekursion

Die Rekursion ist eine leistungsfähige Programmieretechnik, wobei eine Funktion in ihrer Definition auf sich selbst verweist, wie in Abbildung 15.11 gezeigt. Beachten Sie auch die Definition von *Adaptieren* in Abbildung 15.10. Die Definition rekursiver Funktionen sollte immer aus mindestens zwei Teilen bestehen:

- Einer Definition der Funktion, in der ein früherer Wert der Funktion verwendet wird
- Einer Ausgangsbedingung, die verhindert, dass die Rekursion endlos läuft.

Die Idee dabei ist ähnlich der mathematischen Induktion: Wenn Sie aus $f(n)$ den Wert $f(n+1)$ ableiten können und wenn Sie überdies $f(0)$ kennen, wissen Sie alles über f .

Tipp

Rekursive Funktionsdefinitionen sind zwar elegant und knapp, aber nicht immer effizient im Hinblick auf den Rechenaufwand. Sie werden feststellen, dass eine äquivalente Definition unter Verwendung einer der iterativen Schleifen schneller ausgewertet wird.

<u>Größter gemeinsamer Nenner</u>	
$\text{gcd}(x, y) :=$	$\begin{cases} y & \text{if } x=0 \\ \text{gcd}(\text{mod}(y, x), x) & \text{otherwise} \end{cases}$
$\text{gcd}(9, 45) = 9$	
<u>Faktorielle Funktion</u>	
$\text{factorial}(n) :=$	$\begin{cases} 1 & \text{if } n=1 \\ n \cdot \text{factorial}(n-1) & \text{otherwise} \end{cases}$
$\text{factorial}(5) = 120$	
<u>Zinseszins</u>	
$P(n, i, P_0) :=$	$\begin{cases} P_0 & \text{if } n=1 \\ P(n-1, i, P_0) \cdot (1+i\%) & \text{otherwise} \end{cases}$
$P(3, 12, 100) = 125.44$	
Das Boolesche Gleichheitszeichen(=) muß in den Programmen stets mit Hilfe der Tastenkombination [Strg][+] eingegeben werden.	

Abbildung 15.11: Rekursive Funktionsdefinition

Kapitel 16

Komplexere Berechnungen

Übersicht

Austausch von Daten mit anderen Applikationen

Skripting für benutzerdefinierte OLE-Automatisierungsobjekte

Mathcad als OLE-Automatisierungsserver

Übersicht

In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie die Funktionalität von Mathcad durch Einbinden von Eigenschaften anderer Anwendungen in das Mathcad-Arbeitsblatt erweitern können. Umgekehrt können Sie auch die Nützlichkeit anderer Programme steigern, indem Sie diese mit Mathcad verbinden. In beiden Fällen nutzen Sie die Vorteile der OLE-Fähigkeiten (Object Linking and Embedding) von Mathcad.

Daten mit anderen Applikationen austauschen

Komponenten sind spezielle OLE-Objekte innerhalb des Mathcad-Arbeitsblatts. Mit ihnen können Sie Daten mit anderen Anwendungen oder Datenquellen austauschen. *Anwendungskomponenten* erlauben Ihnen den Zugriff auf Funktionen und Daten anderer Rechenprogramme wie zum Beispiel Excel, SmartSketch und MATLAB. Im Unterschied zu anderen OLE-Objekten, die Sie in ein Arbeitsblatt einfügen (wie dies in Kapitel 6 »Grafiken und andere Objekte einfügen« beschrieben wurde), kann eine Komponente Daten von Mathcad entgegennehmen, an Mathcad zurückgeben oder beides gleichzeitig, wenn das Objekt dynamisch mit den Mathcad-Berechnungen verknüpft wird.

Tipp

Wie in Kapitel 11 beschrieben, stellt Mathcad die Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN bereit, mit der Sie *statische* Daten, d. h. Daten in gespeicherten Dateien, in unterschiedlichen Formaten importieren und exportieren können. Eine Beschreibung der dynamischen Verknüpfung zu einem Objekt, für welche es in Mathcad keine dedizierte Komponente gibt, finden Sie im Abschnitt »Skripting für benutzerdefinierte OLE-Automatisierungsobjekte« beschrieben.

Mit folgenden Komponenten kann Mathcad mit anderen Anwendungen verbunden werden:

- Axum, zum Erstellen benutzerdefinierter Axum-Diagramme
- Excel, für den Zugriff auf Zellen und Formeln einer Tabellenkalkulation von Microsoft Excel
- MATLAB, für den Zugriff auf die Programmierumgebung von MATLAB
- ODBC Read, zum Auffinden von Daten aus einer ODBC-fähigen Datenbank, die SQL unterstützt
- SmartSketch, zum Erzeugen von 2D-Zeichnungen und 2D-Skizzen
- S-Plus Graph, zum Anlegen von S-Plus-Diagrammen
- S-Plus Skript, für den Zugriff auf die Programmierumgebung von S-Plus

Hinweis Um eine Applikationskomponente nutzen zu können, muss die Applikation für diese Komponente natürlich auf Ihrem System installiert sein, aber nicht notwendigerweise ausgeführt werden.

Die folgenden vordefinierten Komponenten können mit Skripten angepasst werden:

- Datenaquisition, zum Senden oder Entgegennehmen von Daten eines Messgeräts
- MathSoft-Steuerelemente, zum Erstellen eigener Formularsteuerelemente wie Schaltflächen oder Eingabefelder

Diese Komponenten werden im anschließenden Abschnitt »OLE-Automatisierungsobjekte« ausführlich beschrieben.

Tipp Im Ordner SAMPLES finden Sie zahlreiche Beispieldateien, die Komponenten verwenden.

Die Verwendung von Komponenten

Komponenten erhalten Eingaben von einer oder mehreren Mathcad-Variablen, führen das, was Sie spezifiziert haben, mit diesen Daten durch und geben in der Regel Ausgaben an andere Mathcad-Variablen weiter. Eine »Eingabevariable« ist ein Skalar, ein Vektor, eine Matrix oder manchmal eine Zeichenfolge, die Sie auf Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt bereits definiert haben. Sie enthält die der Komponente übergebenen Daten. Ausgaben aus einer Komponente (ebenfalls Skalar, Vektor oder Matrix) werden einer Mathcad-Variablen zugewiesen. Diese Variable wird auch als »Ausgabevariable« bezeichnet.

Grundsätzlich gehen Sie wie folgt vor, um eine Komponente zu nutzen:

- Fügen Sie die Komponente ein.
- Spezifizieren Sie Eingabevariable(n) und Ausgabevariable(n).
- Konfigurieren Sie die Komponenten so, dass sie Komponenten von Mathcad entgegennehmen bzw. Ausgaben an Mathcad zurückgeben.

Weil einige Komponenten nur Eingaben entgegennehmen oder Ausgaben senden können, unterscheiden sich diese Schritte zwischen den Komponenten. Die in diesen Schritten vorgestellten Konzepte bieten einen Überblick.

Tipp

Viele Komponenten unterstützen sowohl Zeichenfolgen als auch Skalare, Vektoren und Matrizen für die Ein- und Ausgabe.

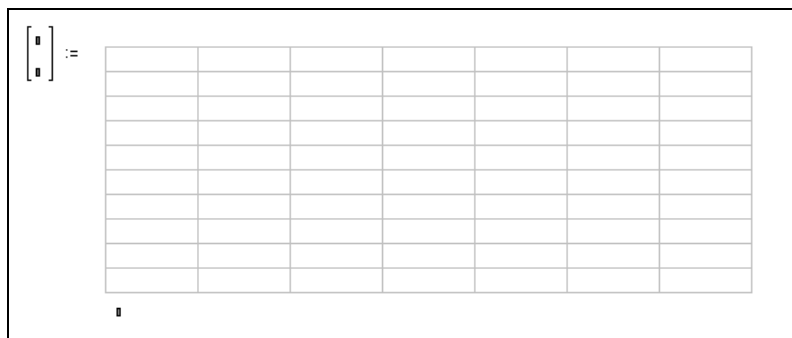
Schritt 1: Eine Komponente einfügen

Um eine Komponente in ein Mathcad-Arbeitsblatt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt, in dem die Komponente erscheinen soll. Klicken Sie unterhalb oder rechts von Definitionen für Variablen, die als Eingaben für diese Komponente dienen sollen.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE. Damit wird der Komponenten-Assistent gestartet.
3. Wählen Sie eine der Komponenten aus der Liste aus und klicken Sie auf WEITER. Abhängig von der ausgewählten Komponente wird möglicherweise ein weiteres Dialogfeld angezeigt, in dem Sie die Eigenschaften der Komponente spezifizieren können. Wenn Sie auf FERTIG STELLEN klicken, wird die Komponente in Ihr Arbeitsblatt eingefügt.

Wenn bei der Auswahl einer der Komponenten kein Assistent aufgerufen wird, wird die Komponente unmittelbar auf Ihrem Arbeitsblatt angezeigt, wobei die Standardeigenschaften verwendet werden.

Jede Komponente hat ein bestimmtes Erscheinungsbild, aber alle Komponenten haben einen oder mehrere Platzhalter links von »:=« und/oder unten in der Komponente. Beispielsweise sieht die Excel-Komponente (mit einer Eingabe und zwei Ausgaben) beim Einfügen in Ihr Arbeitsblatt so aus:



Die Platzhalter unten in der Komponente nehmen die Namen zuvor definierter Eingabevariablen auf. Die Platzhalter, die Sie links von »:=« sehen, sind für die Ausgabevariablen vorgesehen.

Nach dem Eintragen der Platzhalter für die Eingabe- und Ausgabevariablen können Sie die Variablen verbergen, indem Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente klicken und aus dem POPUP-Menü den Eintrag ARGUMENTE VERBERGEN wählen.

Hinweis Um eine Eingabe- oder Ausgabeveriable einzufügen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen im Popup-Menü den Eintrag EINGABEVARIABLE HINZUFÜGEN bzw. AUSGABEVARIABLE HINZUFÜGEN. Um eine Eingabe oder Ausgabe zu entfernen, wählen Sie in dem Menü EINGABEVARIABLE LÖSCHEN oder AUSGABEVARIABLE LÖSCHEN aus.

Schritt 2: Konfiguration einer Komponente

Nachdem Sie eine Komponente in ein Arbeitsblatt eingefügt haben, konfigurieren Sie ihre Eigenschaften, so dass die Komponente weiß, wie es die von Mathcad erhaltenen Eingaben verarbeiten und wie es Ausgaben weitergeben soll. Um die Eigenschaften für eine Komponente zu konfigurieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie einmal auf die Komponente.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente, um ein Popup-Menü anzuzeigen.
3. Wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN aus.

Die Einstellungen im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN sind für die verschiedenen Komponenten unterschiedlich. Im EIGENSCHAFTEN-Dialogfeld für die Excel-Komponente können Sie angeben, in welchen Anfangszellen die Eingabewerte abgelegt sind und aus welchem Zellbereich die Ausgabe erfolgt.

Tipp Wenn Sie eine Applikationskomponente einfügen, sehen Sie ein kleines Fenster dieser Umgebung auf Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt. Wenn Sie auf die Komponente doppelklicken, wird diese *Inplace* aktiviert, und statt der Menüs und Symbolleisten von Mathcad werden die Menüs und Symbolleisten dieser Applikation angezeigt. Damit haben Sie Zugriff auf die Funktionen dieser Applikation, ohne die Mathcad-Umgebung verlassen zu müssen.

Schritt 3: Daten austauschen

Nachdem Sie die Komponente konfiguriert haben, klicken Sie außerhalb. Jetzt findet der Datenaustausch statt. Daten werden von den Eingabeveriablen in die Komponente eingegeben, die Komponente verarbeitet die Daten, und die Ausgabeveriablen erhalten die Ausgaben der Komponente. Dieser Austausch findet statt, wenn Sie auf die Komponente klicken und **[F9]** drücken, wenn sich die Eingabeveriablen ändern oder wenn Sie im RECHNEN-Menü den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN auswählen.

Tipp Mit Hilfe mancher Komponenten können Sie die Datei, mit der die Komponente Daten austauscht, als gesonderte Datei speichern. Klicken Sie die Komponente mit der rechten Maustaste an und wählen Sie im Popup-Menü SPEICHERN UNTER.

Excel-Komponente

Die Excel-Komponente ermöglicht es Ihnen, Daten direkt mit Microsoft Excel (Version 7 oder höher) auszutauschen und auf seine Funktionen zuzugreifen, falls diese Applikation auf Ihrem System installiert ist.

Tipp

Wenn Sie eine statische Datendatei, d. h. eine gespeicherte Datei, im Excel-Format importieren oder exportieren möchten, verwenden Sie die in Kapitel 11 beschriebene Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN.

Einfügen einer Excel-Komponente

Um eine Excel-Komponente in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt. Wenn Sie Werte aus einer Mathcad-Variablen an die Komponente weitergeben möchten, klicken Sie unterhalb oder rechts von der Variablendefinition.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE.
3. Wählen Sie EXCEL aus der Liste aus und klicken Sie auf WEITER. Um ein Objekt zu erzeugen, das auf einer bereits existierenden Datei basiert, wählen Sie ERSTELLEN AUS DATEI und geben den Pfadnamen in das Textfeld ein bzw. suchen ihn mit Hilfe der DURCHSUCHEN-Schaltfläche. Klicken Sie auf ÖFFNEN. Andernfalls wählen Sie LEERE EXCEL-TABELLE ERSTELLEN.
4. Klicken Sie auf ALS SYMBOL ANZEIGEN, wenn statt der Excel-Datei ein Symbol in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt angezeigt werden soll.

Auf den darauf folgenden Seiten des Assistenten geben Sie die folgenden Informationen ein:

- **Die Anzahl der Eingabe- und Ausgabevariablen.** Sie können mehrere Ein- und Ausgabevariablen anlegen. Die Anzahl der zwischen Mathcad und Excel verfügbaren Eingabe- und Ausgabevariablen ist lediglich durch die Speicherkapazität und die Geschwindigkeit Ihres Rechners begrenzt. Es gibt keine festgelegte Beschränkung.
- **Eingabebereiche.** Die Zellen, in denen die Werte für die einzelnen Eingabevariablen von Mathcad gespeichert werden. Geben Sie die Anfangszelle an, das ist die Zelle, die das Element der oberen linken Ecke eines Eingabefelds enthält. Um beispielsweise eine Eingabevariable anzulegen, die eine 3x3-Matrix mit Werten enthält, könnten Sie A1 als Anfangszelle eingeben, dann werden die Werte in den Zellen A1 bis C3 abgelegt.
- **Ausgabebereiche.** Die Zellen, deren Werte die Ausgabevariablen in Mathcad definieren. Geben Sie beispielsweise **C2:L11** ein, um die Werte aus den Zellen C2 bis L11 zu extrahieren und daraus eine 10x10-Matrix zu erzeugen.

Tipp

Mit Hilfe von Notationen wie **TABELLE2!B2:C2** können Sie ein bestimmtes Excel-Arbeitsblatt und einen bestimmten Zellenbereich festlegen.

Wenn Sie alle Informationen in den Assistenten eingegeben haben, erscheint die Excel-Komponente in Ihrem Arbeitsblatt. Die Platzhalter für die Ein- und Ausgabeveriablen werden angezeigt. Geben Sie die Namen für die Eingabeveriablen in die unteren Platzhalter ein. Geben Sie die Ausgabeveriablen in die Platzhalter links vom »:=« ein. Wenn Sie außerhalb der Komponente klicken, werden Eingabeveriablen von Mathcad an Excel geschickt und ein Bereich von Zellen wird an Mathcad zurückgegeben.

Einheiten := $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 3 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$

Verkaufspreis := $\begin{pmatrix} 10000 \\ 20000 \\ 30000 \end{pmatrix}$

Matrizen, die als Eingabeveriablen dienen, werden oberhalb der Excel-Komponente definiert.

Ausgabeveriablen $\begin{pmatrix} \text{Jahre} \\ \text{Umsatz} \end{pmatrix} =$

Autos	1998	1999	2000	Verkaufspreis
Kleinwagen	1	2	3	\$10,000
Mittelklasse	4	3	6	\$20,000
Oberklasse	7	8	9	\$30,000
Gesamt:	12	13	18	
Umsatz:	€300,000	€320,000	€420,000	

(Einheiten Verkaufspreis)

↑
An die Komponente übergebene Eingabeveriablen, die oberhalb definiert wurden

Jahre = (1998 1999 2000)

Umsatz = (300000 320000 420000)

Der Umsatz wird in Excel berechnet.
Der Bereich B1:E1 wird unter "Jahre" ausgegeben, während der Bereich B6:E6 unter "Umsatz" erscheint.

Abbildung 16.1: Verknüpfung einer Excel-Tabellenkalkulation mit einem Mathcad-Arbeitsblatt

Abbildung 16.1 zeigt ein Beispiel für eine Excel-Komponente in einem Mathcad-Arbeitsblatt.

Hinweis Standardmäßig zeigt eine Excel-Komponente nur einige wenige Zeilen und Spalten der zugrunde liegenden Tabellenkalkulation an. Um weitere oder weniger Zeilen und Spalten zu sehen, doppelklicken Sie auf die Komponente, so dass Griffe entlang der Seiten der Komponente angezeigt werden. Anschließend ändern Sie die Größe, indem Sie einen dieser Griffe entsprechend verschieben.

Eingaben und Ausgaben ändern

Wenn Sie Eingabe- oder Ausgabeveriablen hinzufügen, müssen Sie angeben, in welchen Zellen die Komponente die neue Eingabe ablegt und welche Zellen die neue Ausgabe zur Verfügung stellen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie im Popup-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN.
2. Gehen Sie auf die Registerkarten EINGABEN oder AUSGABEN und spezifizieren Sie jeweils einen entsprechenden Zellbereich.

Sie sollten diese Schritte auch ausführen, wenn Sie die im Assistenten spezifizierten Zellbereiche für Ein- und Ausgaben ändern möchten.

Hinweis Zeichenfolgen können als Ein- oder Ausgabe mit Excel ausgetauscht werden.

Zugriff auf Excel

Nachdem Sie eine Excel-Komponente auf Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt eingefügt haben, können Sie diese nutzen, um Berechnungen in Excel auszuführen. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie auf die Excel-Komponente im Mathcad-Arbeitsblatt. Die Excel-Komponente wird geöffnet und zeigt ihre Menüs und Symbolleisten innerhalb von Mathcad an.
2. Bearbeiten Sie die Excel-Komponente.
3. Klicken Sie in das Mathcad-Arbeitsblatt, so dass die Komponenten neu berechnet werden und Sie Ihre Arbeit fortsetzen können.

MATLAB-Komponente

Die MATLAB-Komponente ermöglicht Ihnen, Daten mit der Programmierumgebung MATLAB Professional 4.2c oder höher von MathWorks auszutauschen und darauf zuzugreifen, falls diese Applikation auf Ihrem System installiert ist.

Tipp Wenn Sie nur eine statische Datendatei im MATLAB-Format importieren oder exportieren möchten, verwenden Sie die in Kapitel 11 beschriebene Komponente DATEI LESEN/SCHREIBEN.

Einfügen einer MATLAB-Komponente

Um eine MATLAB-Komponente in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt. Wenn Sie Werte aus einer Mathcad-Variablen an die Komponente weitergeben möchten, klicken Sie unterhalb oder rechts von der Variablendefinition.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE.
3. Wählen Sie MATLAB aus der Liste aus und klicken Sie auf WEITER. Die MATLAB-Komponente wird in Ihr Arbeitsblatt eingefügt.
4. In den Platzhalter unten im Diagramm geben Sie den Namen der Mathcad-Eingabevariablen ein, die der Komponente übergeben werden soll. In den Platzhalter links von der Komponente geben Sie den Namen der Mathcad-Ausgabevariable ein.

Hinweis Standardmäßig werden die Daten in den Mathcad-Variablen an MATLAB-Variablen mit den Namen **in0**, **in1**, **in2** usw. weitergegeben. Die Variablen **out0**, **out1**, **out2** usw. definieren die Daten, die gegebenenfalls den Mathcad-Ausgabevariablen übergeben werden sollen. Um diese Namen zu ändern, wählen Sie im Popup-Menü für die Komponente den Eintrag EIGENSCHAFTEN und geben auf den Registerkarten EINGABE-VARIABLEN und AUSGABEVARIABLEN neue Namen ein.

Um die MATLAB-Komponente dafür zu nutzen, Berechnungen in MATLAB auszuführen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie im Mathcad-Arbeitsblatt auf die MATLAB-Komponente. Die MATLAB-Komponente wird als Textfenster geöffnet, wo Sie MATLAB-Befehle eingeben können.
2. Bearbeiten Sie das MATLAB-Skript. Verwenden Sie die richtigen Variablennamen für Eingaben und Ausgaben.

Wenn Sie außerhalb der Komponente klicken, werden die Eingabevariablen von Mathcad an MATLAB geschickt, und die Felder von MATLAB werden den Ausgabevariablen in Mathcad zugewiesen.

Hinweis Einige MATLAB-Versionen unterstützen mehrdimensionale Felder und andere komplexe Datenstrukturen. Sie können diese Strukturen zwar innerhalb der MATLAB-Komponente nutzen, aber zwischen MATLAB und Mathcad können nur Skalare, Vektoren und zweidimensionale Felder ausgetauscht werden.

ODBC-Komponente

Die ODBC-Komponente (Open Database Connectivity) ermöglicht mit ihrem ODBC-Treiber die Übernahme von Informationen aus einer SQL-Datenbank, wie dies auch bei Microsoft Access oder FoxPro möglich ist. Es gibt einige Programme, die SQL für die Anwendungen aber nicht für die ODBC-Treiber unterstützen (wie Microsoft Excel).

Eine Verbindung zur Datenbank muss hergestellt werden, bevor eine ODBC-Komponente in das Arbeitsblatt eingefügt wird. Eine Verbindung zur Datenbank Ihres Rechners oder des Netzwerks richten Sie über die VERWALTUNG aus der SYSTEMSTEUERUNG ein. Wählen Sie unter Windows 2000 die Option DATENQUELLEN (ODBC) bzw. unter Windows 95, 98 und NT ODBC-DATENQUELLEN. Weitere Informationen zu ODBC und SQL finden Sie im Handbuch Ihres Datenbankprogramms.

Eine ODBC-Komponente einfügen

Mit den folgenden Schritten fügen Sie eine ODBC-Komponente in Ihr Arbeitsblatt ein:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich des Arbeitsblatts und wählen Sie im Menü EINFÜGEN die Option KOMPONENTE.
2. Markieren Sie in der Liste ODBC LESEN und klicken Sie auf WEITER.
3. Wählen Sie die Datenbank, von der die Informationen abgerufen werden sollen. Je nach der Datenquelle kann es erforderlich sein, einen Benutzernamen oder ein Kennwort einzugeben. Klicken Sie auf die Schaltfläche WEITER.
4. Wählen Sie eine Tabelle aus und geben Sie die Felder der Datenbank an, die gelesen werden sollen. Klicken Sie auf BEENDEN.

5. Geben Sie in dem Platzhalter links von der Komponente den Namen der zu definierenden Mathcad-Ausgabevariablen an.

Wurde eine Verbindung zu einer bestimmten Datenbank eingerichtet, dann können Sie die in das Mathcad-Arbeitsblatt zu importierende Datenquelle, die Tabelle oder die Datenspalten ändern.

Die Datenquelle einer ODBC-Komponente ändern Sie wie folgt:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste die Komponente an und wählen Sie im Popup-Menü EIGENSCHAFTEN.
2. Im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN wählen Sie auf der Registerkarte DATENQUELLE eine Datenbank, Tabelle oder Datenspalten aus.
3. Klicken Sie abschließend auf OK, um das Dialogfeld zu schließen und das Arbeitsblatt zu aktualisieren.

Hinweis

Sie können die Reihenfolge der Felder der Datenbank für die Spalten der Ausgabematrix von Mathcad ändern. Klicken Sie hierfür im Mathcad-Arbeitsblatt mit der rechten Maustaste auf die ODBC-Komponente und wählen im Popup-Menü EIGENSCHAFTEN. Wechseln Sie zur Registerkarte ERWEITERT und ordnen Sie die Reihenfolge der Felder in den Spalten der Matrix mit den Schaltflächen AUFWÄRTS und ABWÄRTS neu.

Sie können die Datenbank direkt über die ODBC-Komponente mit der SQL-Anweisung `where` abfragen, um die Daten vor der Übernahme in die Ausgabevariable von Mathcad zu filtern:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie im Popup-Menü EIGENSCHAFTEN.
2. Markieren Sie auf der Registerkarte ERWEITERT die Option SQL VERWENDEN und geben Sie im Eingabefeld eine `where`-Anweisung ein.
3. Klicken Sie auf OK, um das Dialogfeld zu schließen und das Arbeitsblatt zu aktualisieren.

Abbildung 16.2 zeigt die Verwendung der `where`-Anweisung von SQL.

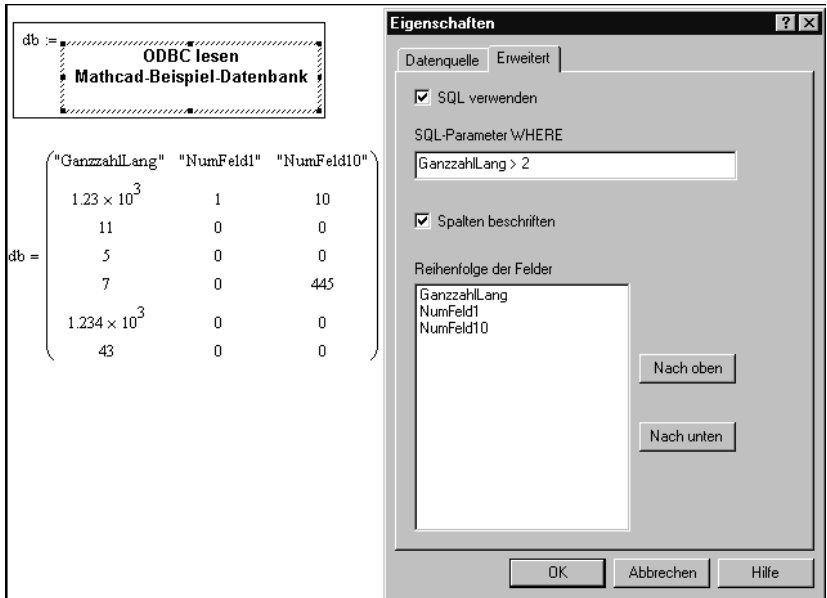


Abbildung 16.2: Mit Hilfe der *where*-Anweisung werden die Daten durch die ODBC-Komponente gefiltert.

Tip

Markieren Sie im ODBC-Komponenten-Assistenten oder auf der Registerkarte DATENQUELLE des Dialogfelds EIGENSCHAFTEN die Option ALLE FELDER ANZEIGEN, damit auch alle von Mathcad nicht unterstützten Variablen angezeigt werden. Mathcad unterstützt beispielsweise keine Zeittypen, Sie können aber die Zeitindizes aus der Datenbank für die Mathcad-Ausgabevariablen markieren und anzeigen lassen.

SmartSketch-Komponente

SmartSketch ist ein von Intergraph entwickeltes Tool für 2D-Zeichnungen und -Skizzen. Mit der SmartSketch-Komponente können Sie in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt SmartSketch-Zeichnungen erstellen, die mit Ihren Mathcad-Berechnungen verknüpft sind. So können beispielsweise Mathcad-Gleichungen die Größe von Objekten in einer Zeichnung steuern.

Die SmartSketch-Komponente macht Mathcad zur idealen Plattform für das Erstellen technischer Abbildungen und Skizzen nach Vorgaben. Die SmartSketch-Komponente steht Ihnen zur Verfügung, wenn Sie SmartSketch LE für Mathcad (in Ihrem Mathcad-Paket enthalten), SmartSketch 3, Imagination Engineer bzw. Imagineer Technical 2 installiert haben.

Einfügen einer SmartSketch-Zeichnung

Um eine Zeichnung einzufügen, die mit Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt verknüpft ist, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt. Wenn Sie Werte aus einer Mathcad-Variablen an die Zeichnung weitergeben möchten, klicken Sie unterhalb oder rechts von der Variablendefinition.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE. Wählen Sie SMART-SKETCH aus und klicken Sie auf WEITER. Die erste Seite des SmartSketch-Komponenten-Assistenten erscheint.
3. Um eine bereits erstellte SmartSketch-Zeichnung einzufügen, wählen Sie AUS DATEI und geben den Pfadnamen in das Textfeld ein, oder Sie benutzen die BROWSE-Schaltfläche zum Auffinden der Datei. Klicken Sie dann auf ÖFFNEN. Sie können auch NEUES SMARTSKETCH-DOKUMENT wählen. Die nächste Seite des Assistenten wird nun geöffnet.
4. Geben Sie die Anzahl der Ein- und Ausgaben an. Wenn Sie sich in einer bereits bestehenden Datei befinden, geben Sie auch die Namen der Variablen, der Dimensionen oder der Symbole in der Zeichnung an, an die Eingaben gesendet und von denen Ausgaben empfangen werden sollen. Verwenden Sie die Dropdown-Menüs in den Textfeldern neben jeder Ein- bzw. Ausgabe.

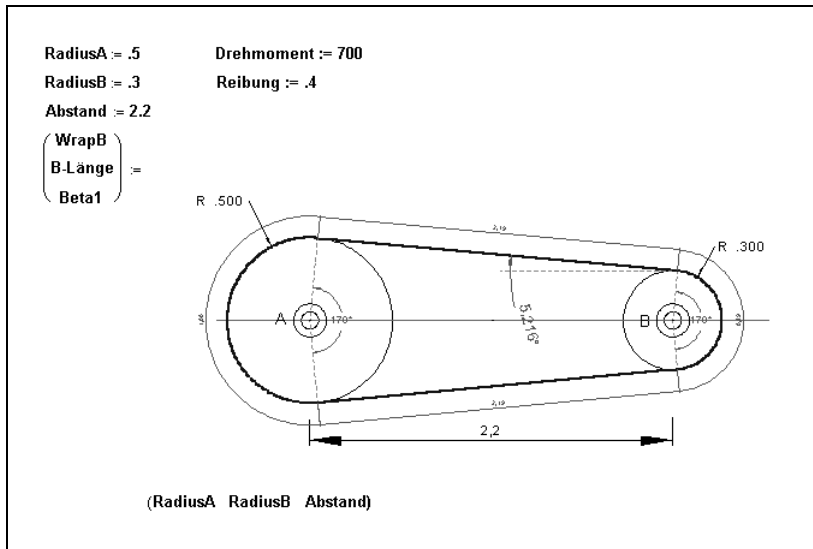


Abbildung 16.3: Eine SmartSketch-Zeichnung in ein Mathcad-Arbeitsblatt integrieren.

Wenn Sie auf FERTIG STELLEN klicken, erscheint die SmartSketch-Komponente mit Platzhaltern für die Eingabe- und Ausgabeveriablen in Ihrem Arbeitsblatt. Geben Sie die Namen der Mathcad-Eingabeveriablen in den unteren Platzhalter ein. Die Ausgabeveriablen geben Sie in die Platzhalter links neben »:=« ein.

Abbildung 16.3 zeigt eine in ein Mathcad-Arbeitsblatt eingefügte SmartSketch-Zeichnung. Die Werte aus den Variablen *Radius A*, *Radius B* und *Abstand* werden als Eingabe an SmartSketch gesandt und bei der Erstellung der Zeichnung verwendet. Die Variablen *WrapB*, *BLängen* und *Beta1* sind Ausgabeveriablen.

Hinweis Eingabewerte *ohne* Einheiten werden in SI-Einheiten weitergeleitet. Wenn Sie z. B. **2,0** als Eingabe für eine Länge versenden, wird diese Angabe als 2,0 Meter verstanden. SmartSketch wandelt sie also standardmäßig in die Anzeigeeinheiten (Standard: Zoll) um und erstellt die Zeichnung.

Erstellen einer neuen Zeichnung

Wenn Sie beim Einfügen der SmartSketch-Komponente NEUES SMARTSKETCH-DOKUMENT gewählt haben, müssen Sie eine neue SmartSketch-Zeichnung erstellen, wenn die Komponente angezeigt wird. Dabei gehen Sie wie folgt vor:

1. Doppelklicken Sie in die Komponente und erstellen Sie eine neue Zeichnung mit Hilfe der SmartSketch-Menüs und -Symboleisten. Benutzen Sie die Dimensionen-Symboleiste, um Dimensionen, d. h. Bemaßungen, in Ihre Zeichnung einzufügen.
2. Wählen Sie aus dem TOOL-Menü den Eintrag VARIABLEN, um Variablen zu definieren oder Dimensionen zu bearbeiten. Schließen Sie die Variablentabelle, bevor Sie wieder in das Arbeitsblatt zurückklicken.

Anschließend möchten Sie Variablen, Dimensionen oder Symbole an die Ein- bzw. Ausgaben binden. Klicken Sie hierfür mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie aus dem Popup-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN. In dem EIGENSCHAFTEN-Dialogfeld können Sie Folgendes angeben:

- **Eingabennamen:** die in der SmartSketch-Zeichnung verwendeten Dimensionen-, Variablen- und Symbolnamen, die durch die Eingaben an die SmartSketch-Komponente kontrolliert werden. Wählen Sie einen Dimensionen- oder Variablennamen aus der Dropdown-Liste.
- **Ausgabennamen:** die in der SmartSketch-Zeichnung verwendeten Dimensionen-, Variablen- und Symbolnamen, die die Ausgabeveriablen in Mathcad definieren. Wählen Sie einen Dimensionen- oder Variablennamen aus der Dropdown-Liste.

Wenn Sie außerhalb der Komponente klicken, werden die Eingabewerte von Mathcad an die SmartSketch-Zeichnung geschickt und als Ausgabewerte an Mathcad zurückgesandt.

Tipp Wenn die Zeichnung über das Komponentenfenster hinausgeht, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente, wählen Sie aus dem Popup-Menü den Eintrag EIGENSCHAFTEN und klicken Sie auf das Feld neben AUTOMATISCHE GRÖSSENANPASSUNG.

Hinweis Um zu gewährleisten, dass Änderungen in den Dimensionen (Bemaßungen) einer Zeichnung nur in Relation zu anderen Änderungen vorgenommen werden, sollten Sie im TOOL-Menü die Option BEZIEHUNGEN ERHALTEN aktivieren. Überprüfen Sie diese aktivierte Einstellung durch Doppelklicken auf die Komponente und wählen Sie den Eintrag TOOLS aus der Menüleiste.

Weitere Informationen über SmartSketch finden Sie in den entsprechenden Handbüchern und der Dokumentation, die über das HILFE-Menü von SmartSketch zugänglich ist. Mathcad-Beispieldateien mit SmartSketch-Komponenten liegen im SAMPLES\CAD-Ordner in dem Verzeichnis, in welches Sie Mathcad installiert haben.

Skripting für benutzerdefinierte OLE-Automatisierungsobjekte

Wie im vorigen Abschnitt bereits beschrieben, beinhaltet Mathcad verschiedene spezialisierte Komponenten für die Nutzung von Funktionalitäten aus anderen Programmierumgebungen innerhalb Ihres Mathcad-Arbeitsblatts. Zwischen Mathcad-Arbeitsblättern und anderen Applikationen, welche die OLE-Automatisierung unterstützen, können die Daten jedoch auch dynamisch ausgetauscht werden, auch wenn es in Mathcad keine spezielle Komponente dafür gibt. Dazu verwenden Sie die Komponente *SCRIPTABLE OBJECT*.

Neben einer Scriptable Object-Komponente (SOK) als Schnittstelle für andere OLE-Anwendungen können Sie auch eigene *Steuerelemente* programmieren, wie zum Beispiel Schaltflächen und Eingabefelder, die auf die Eingaben des Benutzers in das Arbeitsblatt reagieren. Ferner können Sie mit einer SOK Daten von mit dem Rechner verbundenen Messgeräten abrufen. Mathcad ist bereits mit einigen Scripted Objects für solche Aufgaben ausgerüstet. In den Abschnitten »Komponenten anpassen und neu verteilen« sowie »Datenerfassungskomponenten (DAK)« wird ihre Verwendung kurz beschrieben. Diese Komponenten werden in der Liste KOMPONENTEN EINFÜGEN aufgeführt, sie müssen aber noch durch Änderungen in den Skripten angepasst werden.

Verwendung von Scriptable Object-Komponenten

Im Allgemeinen können Sie aus jedem Objekt ein eigenes Scriptable Object erstellen, welches Sie in ein Mathcad-Arbeitsblatt einfügen können. Sie können auch jedes Active-X-Steuerelement verwenden, das auf Ihrem Rechner installiert ist. Hierfür müssen Sie folgende Schritte durchführen:

Um eine Scriptable-Object-Komponente zu erzeugen, müssen Sie die folgenden Voraussetzungen erfüllen:

1. Sie müssen eine unterstützte Skriptingsprache beherrschen, beispielsweise Microsoft VBScript oder JScript, die auf Ihrem System installiert ist.
2. Sie müssen wissen, wie die andere Applikation OLE implementiert hat.
3. Die andere Applikation und das Bedienelement müssen auf Ihrem System installiert sein.

Skriptingsprachen

Um eine *Scriptable-Object*-Komponente verwenden zu können, muss auf Ihrem System eine unterstützte Skriptingsprache installiert sein. Die folgenden Sprachen werden unterstützt: Microsoft VBScript (Visual Basic Scripting Edition) und Microsoft JScript (eine abgespeckte Implementierung von JavaScript). Diese beiden Skriptingsprachen sind im Microsoft Internet Explorer enthalten, den Sie von der Mathcad-CD installieren können. Die Skriptingsprachen können auch von der Web-Site von Microsoft heruntergeladen werden:

<http://msdn.microsoft.com/scripting>

Weitere Informationen zu Skriptsprachen und der zu verwendenden Syntax finden Sie im HILFE-Menü unter ENTWICKLER-INFO.

Einfügen eines Scriptable Object

Um eine Scriptable-Object-Komponente in Ihr Mathcad-Arbeitsblatt einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich in Ihrem Arbeitsblatt. Wenn Sie Werte aus einer Mathcad-Variablen an die Komponente weitergeben möchten, klicken Sie unterhalb oder rechts von der Variablendefinition.
2. Wählen Sie im EINFÜGEN-Menü den Eintrag KOMPONENTE.
3. Wählen Sie SCRIPTABLE OBJECT aus der Liste aus und klicken Sie auf WEITER.

Damit wird der Skripting-Assistent gestartet. Die Liste OBJECT TO SCRIPT zeigt die auf Ihrem System verfügbaren Serverapplikationen an. Wählen Sie eine Applikation, die die OLE2-Automatisierung unterstützt (schauen Sie gegebenenfalls in der Dokumentation dieser Applikation nach).

Sie müssen angeben:

- Ob es sich bei der Komponente um eine neue Datei handelt, oder ob Sie eine existierende Datei einfügen möchten.
- Ob in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt die Datei oder ein Symbol dafür angezeigt werden soll.

Auf den restlichen Seiten des Assistenten geben Sie an, welche Skriptingsprache Sie verwenden, welchen Objekttyp Sie anlegen, welchen Namen das Objekt hat und welche Ein- und Ausgaben für das Objekt implementiert werden.

Eine Scriptable-Object-Komponente erscheint in Ihrem Arbeitsblatt mit Platzhaltern für Eingabe- und Ausgabevariablen. Geben Sie die Eingabevariablen in die unteren Platzhalter ein. Geben Sie die Ausgabevariablen in die Platzhalter links neben »:=« ein.

Hinweis

Es gibt zwei Dialogfelder für die Eigenschaften einer eigenen SOK: Eine für das *Objekt* und eine für das *eingebettete Steuerelement*. Das Dialogfeld für das Objekt öffnen Sie mit einem rechten Mausklick auf das Objekt und Wahl der Option EIGENSCHAFTEN im Popup-Menü. Über dieses Dialogfeld können Sie die Anzahl der Ein- und Ausgaben sowie den Namen des Objekts angeben. Das Dialogfeld für das Steuerelement öffnen Sie, indem Sie das Objekt mit der rechten Maustaste anklicken und die Option EIGEN-

SCHAFTEN (STEUERELEMENTNAME) OBJEKT wählen. Über dieses Dialogfeld können Sie die Einstellungen für das eingebettete Steuerelement ändern. Für das Datenerfassungs-Steuerelement können Sie hier beispielsweise den Modus für die Datensammlung von punktförmig auf wellenförmig umstellen.

Komponenten anpassen und neu verteilen

Haben Sie ein Scripted Object für Ihre Bedürfnisse eingerichtet, dann können Sie es als eigene SOK für die zukünftige Verwendung speichern. Das Objekt wird als MCM-Datei gespeichert und steht nach der Registrierung jederzeit für Mathcad 2001 zur Verfügung. Sie können MCM-Dateien auch mit anderen Mathcad-Benutzern gemeinsam nutzen.

Scripted Objects als benutzerdefinierte Komponenten speichern

Um ein Scripted Object als eigene Komponente zu speichern, führen Sie folgende Schritte durch:

1. Erstellen Sie im Mathcad-Arbeitsblatt eine Scripted Object-Komponente.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Objekt und wählen Sie im Pop-up-Menü die Option ALS KOMPONENTE EXPORTIEREN.
3. Geben Sie den Namen der Komponente ein, der in der Liste KOMPONENTE EINFÜGEN erscheinen soll. Geben Sie außerdem einen Dateinamen ein und klicken Sie auf WEITER.
4. Geben Sie ein Kennwort ein und bestätigen Sie dieses, damit andere das Skript nicht verändern können.

Hinweis Die Einstellungen für eine SOK aus dem Dialogfeld EIGENSCHAFTEN werden nicht gesichert, wenn Sie die Komponente als MCM-Datei speichern. Nur die Skriptinformationen werden gespeichert.

So verwenden Sie eine Komponente aus einer MCM-Datei:

1. Kopieren Sie die MCM-Datei in den MCM-Ordner Ihrer Mathcad-Installation.
2. Doppelklicken Sie die MCM-Datei, um sie für Mathcad zu registrieren.
3. Starten Sie Mathcad. Die in der MCM-Datei definierte Komponente wird in der Liste KOMPONENTE EINFÜGEN angezeigt.

MathSoft-Steuerelementkomponenten

Die MathSoft-Steuerelementkomponenten ermöglichen das Einfügen von Schaltflächen, Textfeldern, Listenfeldern, Kombinationsfeldern und Schieberegler in das Mathcad-Arbeitsblatt. Diese Komponenten funktionieren in ähnlicher Weise wie die Formularsteuerelemente von Microsoft.

Hinweis Weitere Informationen zu den Eigenschaften und Methoden im Zusammenhang mit MathSoft-Steuerelementen und anderen Scripted Object-Komponenten finden Sie im HILFE-Menü Thema ENTWICKLER-INFO.

Eine MathSoft-Steuerelementkomponente einfügen

So fügen Sie eine MathSoft-Steuerelementkomponente in ein Mathcad-Arbeitsblatt ein:

1. Klicken Sie auf einen leeren Bereich des Arbeitsblatts. Möchten Sie an die Komponente Werte aus einer Mathcad-Variablen senden, klicken Sie unterhalb oder rechts der Variablendefinition.
2. Wählen Sie im Menü EINFÜGEN die Option KOMPONENTE. Markieren Sie in der Liste MATHSOFT TEXTFELD-STEUELEMENT und klicken Sie auf die Schaltfläche WEITER.
3. Wählen Sie die Skriptsprache, mit der Sie das Steuerelement anpassen möchten und klicken Sie auf WEITER.
4. Geben Sie den Namen des zu definierenden Objekts sowie die Anzahl der Ein- und Ausgaben an. Klicken Sie auf die Schaltfläche BEENDEN. Die MathSoft-Steuerelementkomponente wird in Ihr Arbeitsblatt eingefügt.
5. Geben Sie im Platzhalter am unteren Rand den Namen der Mathcad-Eingabevariablen ein, die dem MathSoft-Steuerelement übergeben wird. Im Platzhalter links von der Komponente geben Sie den Namen der Mathcad-Ausgabevariablen an, die definiert werden soll.

Hinweis Für jede MathSoft-Steuerelementkomponente sind maximal vier Ein- und Ausgaben zulässig. Weitere Informationen zu Ein- und Ausgaben im Skript finden Sie im HILFE-Menü unter der Option ENTWICKLER-INFO.

Tipp Für die meisten MathSoft-Steuerelementkomponenten werden Sie nur Ausgaben angeben. Für ein Textfeld geben Sie beispielsweise 0 Eingaben und eine Ausgabe an (für den in das Textfeld eingegebenen Text).

So verändern Sie das Erscheinungsbild eines MathSoft-Steuerelements:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste die Komponente an und wählen Sie im Popup-Menü MATHSOFT (STEUELEMENT) OBJEKT EIGENSCHAFTEN.

2. Im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN finden Sie verschiedene Optionen, mit denen das Erscheinungsbild des Steuerelements



verändert werden kann. Beispielsweise können Sie die Standardvorgabe für eine Optionsschaltfläche ändern. Treffen Sie Ihre Wahl.

3. Klicken Sie auf AUSFÜHREN. Das Dialogfeld EIGENSCHAFTEN bleibt geöffnet und eine Vorschau mit den Veränderungen im Arbeitsblatt wird angezeigt. Klicken Sie auf OK, um das Dialogfeld EIGENSCHAFTEN zu schließen und zum Arbeitsblatt zurückzukehren.

Tipp

Um ein Schaltfläche schnell mit einem bestimmten Bild zu versehen, erstellen Sie ein Bild und kopieren es in die Zwischenablage. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das MathSoft-Steuerelement und wählen Sie im Popup-Menü MATHSOFT (STEUERELEMENT) OBJEKT EINFÜGEN BITMAP. Alternativ können Sie auch eine Bitmap oder ein Symbol über die Registerkarte BILDER aus dem Dialogfeld EIGENSCHAFTEN suchen.

Folgendermaßen wird das Skript der MathSoft-Steuerelementkomponente bearbeitet:

1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Komponente und wählen Sie im Popup-Menü MATHSOFT (STEUERELEMENT) OBJEKT SKRIPT BEARBEITEN.
2. Ändern Sie das Skript und schließen Sie den Skript-Editor.
3. Um die Komponente im Mathcad-Arbeitsblatt zu aktualisieren, wählen Sie im Menü RECHNEN die Option BERECHNEN. Sie können auch die Komponente anklicken und gleichzeitig die Taste **[F9]** drücken.

Hinweis

Zeichenfolgen können nicht als Eingabe an eine MathSoft-Steuerelementkomponente gesendet werden. Für Eingaben sind nur die Typen Skalar, Vektor und Matrix zulässig. Sie können aber eine Ausgabevariable als Zeichenfolge einer MathSoft-Komponente definieren. Im Verzeichnis BEISPIELE Ihrer Mathcad-Installation finden Sie in der Datei STEUERELEMENTE.MCD Beispiele für MathSoft-Steuerelementkomponenten.

Datenerfassungskomponente (DAK)

Die Datenerfassungskomponente (DAK) erlaubt das direkte Einlesen oder Senden von oder an mit dem Rechner verbundene Messgeräte. Die DAK macht das Zwischenspeichern in einer externen Datei vor dem Importieren der Daten zur Anzeige und Analyse mit Mathcad überflüssig. Bis zu einem gewissen Grad gestattet die DAK eine Datenaufzeichnung und -analyse im Echtzeit-Modus. Zurzeit unterstützt die DAK nur Datenerfassungsplatinen der E-Serie von National Instruments und PC-Steckkarten. Eine vollständige Liste der unterstützten Adapter finden Sie unter der Option ENTWICKLER-INFO im HILFE-Menü.

Eine DAK einfügen

Mit den folgenden Schritten fügen Sie eine DAK in ein Mathcad-Arbeitsblatt ein:

1. Klicken Sie in einen leeren Bereich des Arbeitsblatts. Möchten Sie Werte einer Mathcad-Variablen an die Komponente senden, dann klicken Sie unterhalb oder rechts von der Variablendefinition.
2. Wählen Sie im Menü EINFÜGEN die Option KOMPONENTE.
3. Markieren Sie in der Liste DATENERFASSUNGSKOMPONENTE (DAK) und klicken Sie auf BEENDEN.

Die DAK wurde in das Arbeitsblatt mit den Standardeigenschaften (einer Eingabe und einer analogen Einzelpunktdatensammlung) eingefügt. Diese Eigenschaften können Sie jedoch leicht über das Dialogfeld EIGENSCHAFTEN des Objekts, das Fenster SKRIPT BEARBEITEN oder über die Benutzerschnittstelle des Steuerelements (siehe Abbildung 16.4) ändern.

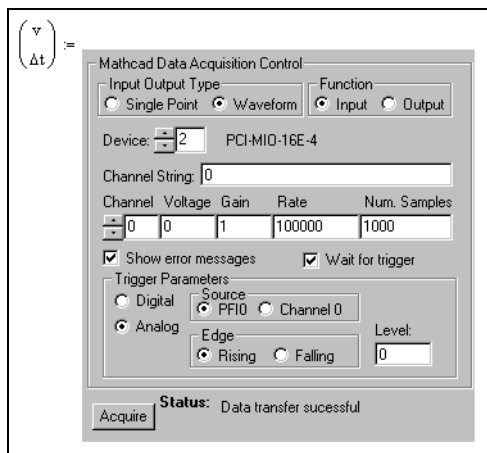


Abbildung 16.4: Die Benutzerschnittstelle der Datenerfassungskomponente (DAK)

Über das Dialogfeld EIGENSCHAFTEN des Objekts werden die DAK-Einstellungen wie folgt geändert:

1. Klicken Sie die DAK mit der rechten Maustaste an und wählen Sie im Popup-Menü EIGENSCHAFTEN MATHCADDAQ.ANALOGIO OBJEKT.
2. Über dieses Dialogfeld geben Sie die Eigenschaften der eingebetteten DAK an.

Die Anzahl der Ein- und Ausgaben der Komponente kann durch einen rechten Mausklick auf die Komponente und die Optionen HINZUFÜGEN, EINGABEN ENTFERNEN oder AUSGABEN aus dem Popup-Menü angegeben werden. Sie können aber auch im Dialogfeld EIGENSCHAFTEN die Option SCRIPTED OBJECT KOMPONENTENEIGENSCHAFTEN wählen.

Hinweis Weitere Informationen zu den Eigenschaften und Methoden im Zusammenhang mit Datenerfassungskomponenten oder anderen Scriptable Object-Komponenten finden Sie im HILFE-Menü unter dem Thema ENTWICKLER-INFO.

Tipp Wenn Sie mit der DAK analoge Wave-Daten für die Echtzeitanalyse nach Mathcad importieren, dann stellen Sie sicher, dass die Option AUTOMATISCHE BERECHNUNG im Menü BERECHNEN aktiviert ist.

Im Ordner BEISPIELE Ihrer Mathcad-Installation finden Sie Arbeitsblätter mit Beispielen, die die Verwendung der Komponente für analoge Einzelpunkt- und Wave-Ein- und Ausgabe veranschaulichen. Für alle Methoden, Eigenschaften und Ereignisse im Zusammenhang mit den Datenerfassungs-Steurelementen stehen Direkthilfen zur Verfügung. Diese Hilfen finden Sie über das ANALOGIO-OBJEKT des Visual Basic Objekt-Browsers und durch Anklicken der HILFE-Schaltfläche.

Zugriff auf Mathcad aus einer anderen Applikation

Der vorige Abschnitt hat gezeigt, wie Sie ein benutzerdefiniertes Objekt in Mathcad anlegen können. Die OLE-Automatisierungs-Schnittstelle von Mathcad stellt einen Mechanismus für den komplementären Prozess zur Verfügung, nämlich Mathcad als Automatisierungsserver in anderen Windows-Applikationen einzusetzen. Mit Hilfe der OLE-Automatisierungs-Schnittstelle von Mathcad können Sie Daten dynamisch von einer anderen Applikation an Mathcad schicken, Berechnungen und andere Datenmanipulationen in Mathcad vornehmen und die Ergebnisse dann an die Originalapplikation zurücksenden.

Mathcad-Add-Ins

Für zahlreiche Anwendungen wurden spezielle Mathcad-Add-Ins entwickelt. Add-Ins ermöglichen das Einfügen von Mathcad-Objekten in eine andere Anwendung. Eine vollständige Liste der verfügbaren Mathcad-Add-Ins finden Sie auf der Web-Site von MathSoft unter der Adresse **<http://www.mathsoft.com/mathcad/add-ins>**. Dort erfahren Sie auch, wie Sie diese Informationen herunterladen können.

Hinweis Die OLE-Automatisierungs-Schnittstelle wird in Mathcad 7.02 und höher unterstützt und ersetzt die DDE-Schnittstelle von Mathcad 5 und 6. Weitere Informationen und Beispiele für die Schnittstelle finden Sie auf der Web-Site von MathSoft unter **<http://www.mathsoft.com/support/>**. Beachten Sie auch TRAJECTORY.XLS im \SAMPLES\EXCEL-Ordner, im Mathcad-Verzeichnis, entsprechend Ihrer Installation.

Mathcad

II Referenzteil

Mathcad 2001 Professional

Kapitel 17

Funktionen

In diesem Kapitel erfolgt eine alphabetische Aufzählung und Beschreibung der von Mathcad bereitgestellten mathematischen und statistischen Funktionen.

Bestimmte Funktionen, die im Folgenden beschrieben werden, kommen auch im *Solving and Optimization Extension Pack* vor. Für dieses Pack, das separat erhältlich ist, ist Mathcad erforderlich.

Bei den Funktionsbezeichnungen ist auf die Groß- und Kleinschreibung, nicht aber auf die Schriftart zu achten. Sie können sie in einer beliebigen Schriftart eingeben, müssen aber die im Syntaxabschnitt angegebene Schreibweise einhalten.

Viele der Funktionen, die hier so beschrieben werden, als ob für sie skalare Argumente erforderlich seien, akzeptieren in Wirklichkeit auch Vektorargumente. So ist beispielsweise das Argument z für die Funktion `acos` als eine »reelle oder komplexe Zahl« angegeben, aber tatsächlich berechnet `acos` jede Vektoreingabe aus reellen oder komplexen Zahlen korrekt.

Andere Funktionen können optionale Argumente wie z. B. `kumzins` oder `zwz` besitzen. Bei solchen Funktionen wie f und g bedeutet die Notation $f(x[y])$, dass y ausgelassen werden kann. Wohingegen die Notation $g(x,[y],[z])$ bedeutet, dass sowohl x als auch y ausgelassen werden können (allerdings nur beide und nicht x oder y allein).

Einige Funktionen nehmen keine Eingabeargumente mit Einheiten an. Bei einer solchen Funktion f erscheint bei der Auswertung von $f(x)$ eine entsprechende Fehlermeldung, falls x über eine Einheit verfügt.

Funktionskategorien

Jede Funktion fällt in eine der folgenden Kategorien:

- Bessel-Funktionen
- Komplexe Zahlen
- Lösung von Differentialgleichungen
- Ausdruck-Funktionen
- Dateizugriff
- Fourier-Transformation

- Hyperbolische Funktionen
- Interpolation und Vorhersage
- Logarithmus- und Exponentialfunktionen
- Zahlentheorie/Kombinatorik
- Stückweise stetige Funktionen
- Wahrscheinlichkeitsdichte
- Wahrscheinlichkeitsverteilung
- Zufallszahlen
- Regression und Glättung
- Gleichungslösung
- Sortierung
- Sonderfunktionen
- Statistische Funktionen
- Zeichenkettenfunktionen
- Trigonometrische Funktionen
- Abbruch- und Rundungsfunktionen
- Vektor- und Matrixfunktionen
- Wavelet-Transformation

Die Kategoriebezeichnung erscheint in der rechten oberen Ecke jedes Eintrags. Um einen Überblick über sämtliche Funktionen einer gegebenen Kategorie zu erhalten, schlagen Sie im Index dieses Buchs nach.

Auffinden weiterer Informationen

Sie gelangen außerdem auf folgende Weisen an Informationen zu Funktionen:

- Um innerhalb von Mathcad eine Kurzbeschreibung einer beliebigen Funktion zu erhalten, klicken Sie den Eintrag **FUNKTION** im Menü **EINFÜGEN** an. Wählen Sie eine Funktion im Feld **FUNKTION** aus und lesen Sie die Beschreibung im Feld **BESCHREIBUNG**. Klicken Sie auf die Schaltfläche **HILFE**, um das Hilfethema zu einer ausgewählten Funktion zu lesen.
- Greifen Sie für genauere Informationen zu Funktionen, Kategorien und verwandte Themen auf die QuickSheets im Informationszentrum zurück. Wählen Sie dazu den Eintrag **INFORMATIONSZENTRUM** im **HILFE**-Menü aus, klicken Sie auf das QuickSheets-Symbol und wählen Sie anschließend ein bestimmtes Thema.

Anmerkung zum Literaturverzeichnis

Im Anhang finden Sie ein Literaturverzeichnis, damit Sie mehr über den einer Funktion oder einem Operator von Mathcad zugrunde liegenden numerischen Algorithmus erfahren können. Diese Angaben sind nicht dazu gedacht, eine Beschreibung des tatsächlich zugrunde liegenden Quellcodes zu liefern. In einigen Büchern (beispielsweise in *Numerical Recipes in C*) ist der eigentliche C-Code für die in ihnen behandelten Algorithmen enthalten, aber die Quellenangabe besagt nicht notwendigerweise, dass es sich bei dem Code um den in Mathcad implementierten handelt. Die Quellenangaben werden lediglich zu Informationszwecken angeführt.

Funktionen

achsenabschn		Regression und Glättung
Syntax	achsenabschn(vx , vy)	
Beschreibung	Liefert den y-Achsenabschnitt der Regressionsgeraden nach der Methode der kleinsten Quadrate	
Argumente		
	vx , vy	reelle Vektoren derselben Größe
Siehe auch	neigung für weitere Einzelheiten, stdabw.	
acos		Trigonometrische Funktion
Syntax	acos(z)	
Beschreibung	Liefert den Arkuskosinus von z (in Radiant). Das Ergebnis liegt zwischen 0 und π , falls z eine reelle Zahl ist. Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.	
Argumente		
	z	reelle oder komplexe Zahl
acot		Trigonometrische Funktion
Syntax	acot(z)	
Beschreibung	Liefert den Arkuskotangens von z (in Radiant). Das Ergebnis liegt zwischen 0 und π , falls z eine reelle Zahl ist. Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.	
Argumente		
	z	reelle oder komplexe Zahl

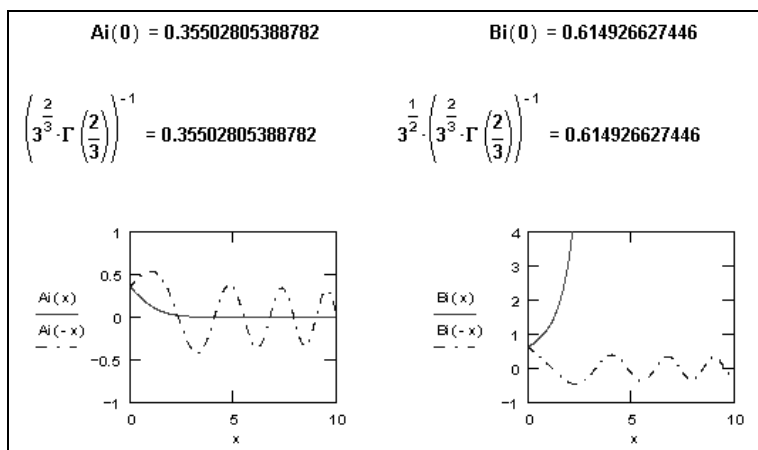
acoth	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\operatorname{acoth}(z)$
Beschreibung	Liefert den Areakotangens von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

acsc	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\operatorname{acsc}(z)$
Beschreibung	Liefert den Arkuskosekans von z (in Radiant). Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

acsch	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\operatorname{acsch}(z)$
Beschreibung	Liefert den trigonometrischen Arkuskosekans von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

Ai	Bessel-Funktion
Syntax	$\operatorname{Ai}(x)$
Beschreibung	Liefert den Wert der Airy-Funktion der ersten Art
Argumente	x reelle Zahl
Anmerkung	Diese Funktion ist eine Lösung der Differentialgleichung: $\frac{d^2}{dx^2}y - x \cdot y = 0$.
Algorithmus	Asymptotische Entwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)
Siehe auch	Bi

Beispiel



arcosh

Hyperbolische Funktion

Syntax $\operatorname{arcosh}(z)$

Beschreibung Liefert den Areakosinus von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

acsch

Hyperbolische Funktion

Syntax $\operatorname{acsch}(z)$

Beschreibung Liefert den Areakosekans von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

arg

Komplexe Zahlen

Syntax $\operatorname{arg}(z)$

Beschreibung Liefert den Winkel (in Radiant) zwischen der positiven reellen Achse und dem Punkt z in der komplexen Ebene. Das Ergebnis liegt zwischen $-\pi$ und π . Liefert den Wert θ , falls z als $r \cdot e^{i\theta}$ angegeben wird.

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

Siehe auch atan , $\operatorname{atan2}$, winkel

asech	Hyperbolische Funktion
Syntax	$\operatorname{asech}(z)$
Beschreibung	Liefert den Areasekans von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

arsinh	Hyperbolische Funktion
Syntax	$\operatorname{arsinh}(z)$
Beschreibung	Liefert den Areasinus von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

artanh	Hyperbolische Funktion
Syntax	$\operatorname{artanh}(z)$
Beschreibung	Liefert den Areatangens von z . Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

asec	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\operatorname{asec}(z)$
Beschreibung	Liefert den Arkussekans von z (in Radian). Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

asin	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\operatorname{asin}(z)$
Beschreibung	Liefert den Arkussinus von z (in Radian). Das Ergebnis liegt zwischen $-\pi/2$ und $\pi/2$, falls z eine reelle Zahl ist. Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

atan2		Trigonometrische Funktion
Syntax	atan2(x, y)	
Beschreibung	Liefert den Winkel (in Radiant) zwischen der positiven x -Achse und dem Punkt (x, y) in der x - y -Ebene. Das Ergebnis liegt zwischen $-\pi$ und π .	
Argumente	<div> <div>x, y</div> <div>reelle Zahlen</div> </div>	
Siehe auch	arg, atan, winkel	

atan		Trigonometrische Funktion
Syntax	atan(z)	
Beschreibung	Liefert den Arkustangens von z (in Radiant). Das Ergebnis liegt zwischen $-\pi/2$ und $\pi/2$, falls z eine reelle Zahl ist. Bei komplexem z ist das Ergebnis der Hauptwert.	
Argumente	<div> <div>z</div> <div>reelle oder komplexe Zahl</div> </div>	
Siehe auch	arg, atan2, winkel	

bei		Bessel-Funktion
Syntax	bei(n, x)	
Beschreibung	Liefert den Wert der imaginären Bessel-Kelvin-Funktion n -ten Grades	
Argumente	<div> <div>n</div> <div>ganze Zahl, $n \geq 0$</div> </div> <div> <div>x</div> <div>reelle Zahl</div> </div>	
Anmerkung	Die Funktion $\mathbf{ber}(n, x) + i \cdot \mathbf{bei}(n, x)$ ist eine Lösung der Differentialgleichung: $x^2 \frac{d^2}{dx^2} y + x \cdot \frac{d}{dx} y - (i \cdot x^2 + n^2) \cdot y = 0 \text{ .}$	
Algorithmus	Reihenentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)	
Siehe auch	ber	

ber		Bessel-Funktion
Syntax	ber(n, x)	
Beschreibung	Liefert den Wert des reellen Anteils der Bessel-Kelvin-Funktion n -ten Grades	
Argumente	<div> <div>n</div> <div>ganze Zahl, $n \geq 0$</div> </div> <div> <div>x</div> <div>reelle Zahl</div> </div>	

Anmerkung	Die Funktion ber (<i>n</i> , <i>x</i>) + <i>i</i> · bei (<i>n</i> , <i>x</i>) ist eine Lösung der Differentialgleichung: $x^2 \frac{d^2}{dx^2} y + x \cdot \frac{d}{dx} y - (i \cdot x^2 + n^2) \cdot y = 0 .$
Algorithmus	Reihenentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)
Siehe auch	bei

BILD_LESEN	Dateizugriff
-------------------	--------------

Syntax	BILD_LESEN(<i>Datei</i>)
Beschreibung	Erstellt eine Matrix mit der Graustufendarstellung des in <i>Datei</i> enthaltenen Bitmap-Bildes. Jedes Matrixelement entspricht dabei einem Pixel. Der Wert eines Matrixelements bestimmt die Graustufe des entsprechenden Bildpunkts. Jedes Element enthält eine ganze Zahl zwischen 0 (schwarz) und 255 (weiß). <i>Datei</i> darf im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format vorliegen.
Argumente	
<i>Datei</i>	Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Graustufenbildes
Siehe auch	RGBLESEN für Farbbilder

Bi	Bessel-Funktion
-----------	-----------------

Syntax	Bi(<i>x</i>)
Beschreibung	Liefert den Wert der Airy-Funktion der zweiten Art
Argumente	
<i>x</i>	reelle Zahl
Anmerkung	Diese Funktion ist eine Lösung der Differentialgleichung: $\frac{d^2}{dx^2} y - x \cdot y = 0 .$
Algorithmus	Asymptotische Entwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)
Siehe auch	Ai für ein Beispiel

BLAU_LESEN	Dateizugriff
-------------------	--------------

Syntax	RGB_BLESEN(<i>Datei</i>)
Beschreibung	Entnimmt <i>Datei</i> nur den Blauanteil des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die RGBLESEN liefert.
Argumente	
<i>Datei</i>	Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

BMPLESEN

Dateizugriff

Syntax BMPLESEN(*Datei*)

Beschreibung Erstellt eine Matrix mit der Graustufendarstellung des in *Datei* enthaltenen Bitmap-Bildes. Jedes Matricelement entspricht dabei einem Pixel. Der Wert eines Matricelements bestimmt die Graustufe des entsprechenden Bildpunkts. Jedes Element enthält eine ganze Zahl zwischen 0 (schwarz) und 255 (weiß).

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Graustufenbildes im BMP-Format

Anmerkungen Nachdem Sie eine Bilddatei eingelesen haben, können Sie das Bild mittels des *Bild-Operators* betrachten. Mathcad stellt überdies die Funktion BILD_LESEN bereit, mit der sich nicht nur BMP-, sondern auch JPG-, GIF-, TGA- und PCX-Dateien einlesen lassen.

Siehe auch RGBLESEN für Farbbilder

BMPSCHREIBEN

Dateizugriff

Syntax BMPSCHREIBEN(*Datei*)

Beschreibung Erzeugt aus einer Matrix die Bilddatei *Datei* für ein Graustufenbild im BMP-Format. Wird wie folgt eingesetzt: BMPSCHREIBEN(*Datei*) := **M**. Die Funktion muss allein stehend auf der linken Seite einer Definition erscheinen.

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad des BMP-Bildes

M Matrix mit ganzen Zahlen, $0 \leq \mathbf{M}_{i,j} \leq 255$

bspline

Interpolation und Vorhersage

Syntax bspline(**vx**, **vy**, **u**, *n*)

Beschreibung Liefert den Koeffizienten-Vektor eines B-Splines *n*-ten Grades mit den in **u** angegebenen Knotenpositionen. Der Ergebnisvektor wird zum ersten Argument der Funktion interp. Das erste Element von **vx** muss größer oder gleich dem ersten Element von **u** sein. Das letzte Element von **vx** muss kleiner als oder gleich dem letzten Element von **u** sein.

Argumente

vx, **vy** reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von **vx** müssen aufsteigend sortiert sein.

u reeller Vektor mit *n* – 1 weniger Elementen als **vx**; die Elemente von **u** müssen aufsteigend sortiert sein; das erste Element von **vx** ist das erste Element von **u**; das letzte Element von **vx** ist das letzte Element von **u**.

n eine der ganzen Zahlen 1, 2 oder 3; steht für den Grad der einzelnen passenden stückweise linearen, quadratischen oder kubischen Polynome.

Anmerkungen	Die Knoten, also jene Werte, an denen die Stücke sich zusammensetzen, sind im Eingabevektor u enthalten. Hierin liegt ein Unterschied zu den herkömmlichen Splines (lspline , kspline und pspline), bei denen die Knoten den im Vektor vx enthaltenen Werten entsprechen müssen. Die Tatsache, dass Knoten vom Anwender ausgewählt oder geändert werden können, machen bspline flexibler als andere Splines.
Siehe auch	lspline für weitere Einzelheiten

bulstoer Lösung von Differentialgleichungen	
Syntax	<code>bulstoer(y, x1, x2, acc, D, kmax, sv)</code>
Beschreibung	Löst eine Differentialgleichung mittels der sich anpassenden Methode nach Bulirsch-Stoer. Stellt die Abschätzung der Lösung der Differentialgleichung in <code>x2</code> bereit.
Argumente	<i>Mehrere Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei rkfest beschriebenen überein.</i>
y	reeller Vektor mit Anfangswerten
x1, x2	reelle Endpunkte des Lösungsintervalls
acc	Der reelle Wert <code>acc > 0</code> gibt die Genauigkeit der Lösung an; ein niedriger Wert für <code>acc</code> bewirkt, dass der Algorithmus kleinere Schritte entlang der Trajektorie durchführt und somit die Genauigkeit der Lösung erhöht. Werte für <code>acc</code> um 0,001 bringen im Allgemeinen genaue Lösungen hervor.
D(x, y)	Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt
kmax	Die ganze Zahl <code>kmax > 0</code> gibt die maximale Anzahl von Zwischenpunkten an, mit denen die Lösung angenähert wird; setzt eine Obergrenze für die Anzahl von Zeilen der von diesen Funktionen zurückgelieferten Matrizen fest.
sv	Die reelle Zahl <code>sv > 0</code> gibt den Mindestabstand zwischen den Werten an, mit denen die Lösung angenähert wird; setzt eine Untergrenze für die Differenz zwischen jeweils zwei Zahlen in der ersten Spalte der von der Funktion zurückgelieferten Matrix fest.
Anmerkungen	Die spezialisierten Lösungsverfahren für Differentialgleichungen Bulstoer , Rkadapt , Stiffb und stiff liefern die Lösung $y(x)$ für eine Anzahl von x -Werten mit konstantem Abstand im von <code>x1</code> und <code>x2</code> begrenzten Integrationsintervall. Wenn Sie nur am Lösungswert des Endpunkts, $y(x2)$, interessiert sind, verwenden Sie stattdessen bulstoer , rkadapt , stiffb und stiff .
Algorithmus	Bulirsch-Stoer-Methode mit angepassten Schritten (Press et al., 1992)
Siehe auch	Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen rkfest für Informationen über Ausgabe und Argumente

Bulstoer

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax	<code>Bulstoer(y, x1, x2, npts, D)</code>
Beschreibung	Löst eine Differentialgleichung mittels der sich anpassenden Methode nach Bulirsch-Stoer. Liefert eine Lösung der Differentialgleichung für x -Werte mit konstantem Abstand durch wiederholtes Anwenden der Funktion <code>bulstoer</code> .
Argumente	<i>Alle Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei <code>rkfest</code> beschriebenen überein.</i>
y	reeller Vektor mit Anfangswerten
x1, x2	reelle Endpunkte des Lösungsintervalls
npts	Die ganze Zahl $npts > 0$ gibt die Anzahl von Punkten nach dem Anfangspunkt an, für die eine Lösung ermittelt werden soll; legt die Zeilenanzahl der Ausgangsmatrix fest.
D(x, y)	Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt
Anmerkungen	Wenn Sie wissen, dass die Lösung fließend ist, setzen Sie die Funktion <code>Bulstoer</code> anstelle von <code>rkfest</code> ein. Die Funktion <code>Bulstoer</code> verwendet die Methode nach Bulirsch-Stoer, die unter diesen Umständen etwas genauer ist als die von <code>rkfest</code> verwendete Methode nach Runge-Kutta.
Algorithmus	Bulirsch-Stoer-Methode mit konstanten Schritten und angepassten Zwischenschritten (Press et al., 1992)
Siehe auch	Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen <code>rkfest</code> für Informationen über Ausgabe und Argumente

ceil

Abbruch- und Rundungsfunktion

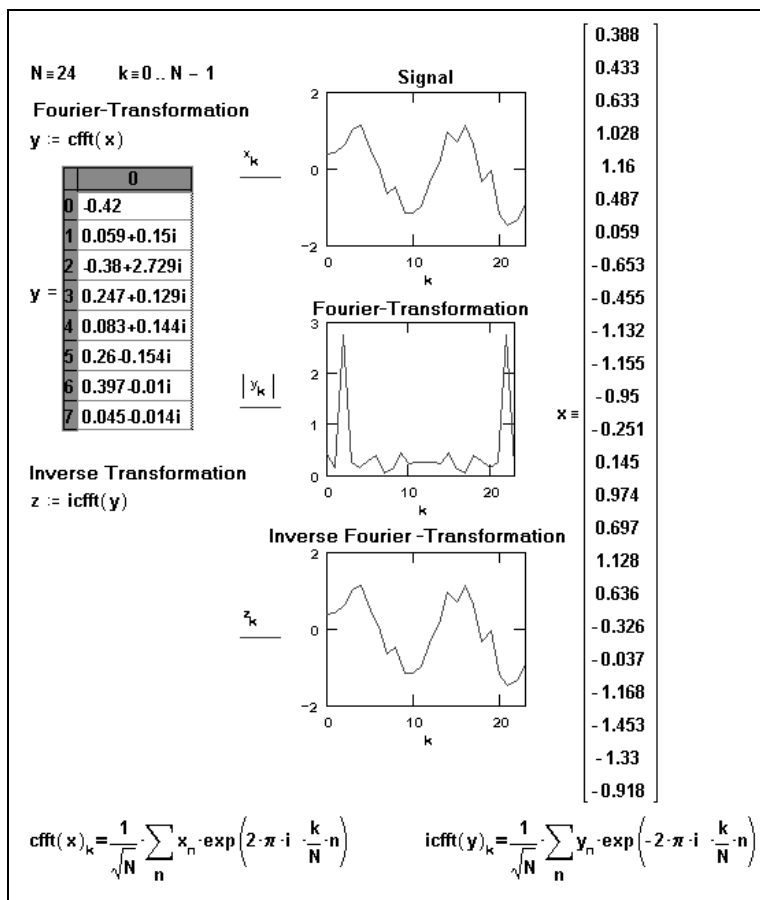
Syntax	<code>ceil(x)</code>
Beschreibung	Liefert die kleinste ganze Zahl $\geq x$
Argumente	
x	reelle Zahl
Siehe auch	<code>floor</code> für weitere Einzelheiten, <code>rund</code> , <code>trunc</code>

cfft

Fourier-Transformation

Syntax	<code>cfft(A)</code>
Beschreibung	Liefert die schnelle, diskrete Fourier-Transformation zu komplexen Daten (die für Messungen in regelmäßigen Abständen im Zeitbereich stehen). Liefert ein Feld derselben Größe wie das als Argument übergebene Feld.
Argumente	
A	reelle(r) oder komplexe(r) Matrix oder Vektor

Beispiel



Anmerkungen

Das an anderer Stelle behandelte Fourier-Transformationspaar fft/ifft können Sie aus den beiden folgenden Gründen nicht verwenden:

- Die Daten können komplexe Werte annehmen; somit kann Mathcad die bei reellen Werten vorhandene Symmetrie nicht länger nutzen.
- Der Datenvektor verfügt nicht über genau 2^m Datenpunkte; somit kann Mathcad die Vorteile des effizienten FFT-Algorithmus nicht nutzen, der bei dem Funktionspaar `fft/ifft` zur Anwendung kommt.

Auch wenn das Funktionspaar `fft/ifft` mit Feldern beliebiger Größe umgehen kann, sind die Funktionen merklich schneller, wenn sich die Anzahl der Zeilen und Spalten in viele kleinere Faktoren zerlegen lässt. Sowohl Vektoren der Länge 2^m als auch welche mit Längen wie 100 oder 120 fallen in diese Kategorie. Umgekehrt verlangsamt ein Vektor mit der Länge einer großen Primzahl den Algorithmus der Fourier-Transformation.

Algorithmus

Singleton-Methode (Singleton, 1986)

Siehe auch

fft für weitere Einzelheiten

Syntax CFFT(A)

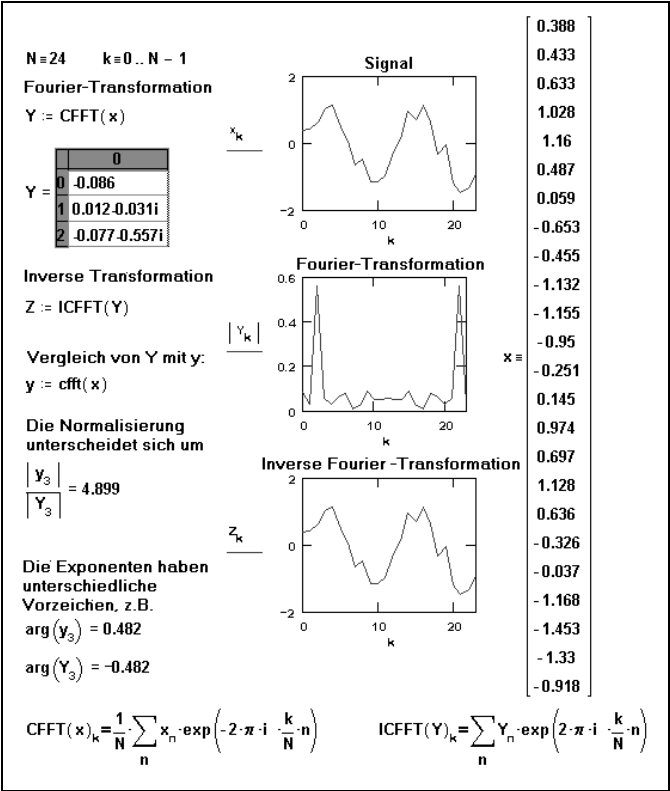
Beschreibung Liefert die schnelle, diskrete Fourier-Transformation zu komplexen Daten (die für Messungen in regelmäßigen Abständen im Zeitbereich stehen). Liefert ein Feld derselben Größe wie das als Argument übergebene Feld.

Identisch zu `cfft(A)`, außer dass ein anderer Normalisierungsfaktor und eine andere Vorzeichenkonvention verwendet werden (siehe das Beispiel)

Argumente

A reelle(r) oder komplexe(r) Matrix oder Vektor

Beispiel



Algorithmus Singleton-Methode (Singleton, 1986)

Siehe auch fft für weitere Einzelheiten

Syntax cholesky(M)

Beschreibung Liefert eine untere Dreiecksmatrix **L**, die der Gleichung **L** · **L**^T = **M** genügt

Argumente

M reelle, symmetrische, positiv definite Quadratmatrix

Anmerkungen Die Funktion **cholesky** nimmt **M** in dem Sinne als symmetrisch an, dass sie nur den Teil des oberen Dreiecks von **M** verwendet und davon ausgeht, dass dieser mit dem unteren Dreieck übereinstimmt.

combin

Zahlentheorie/Kombinatorik

Syntax combin(n, k)

Beschreibung Liefert die Anzahl der Teilmengen mit k Elementen, die sich aus n Objekten erstellen lässt

Argumente

n, k ganze Zahlen, $0 \leq k \leq n$

Anmerkungen Jede dieser Teilmengen wird als eine Kombination bezeichnet. Die Anzahl von Kombinationen berechnet sich nach: $C_k^n = \frac{n!}{k!(n-k)!}$.

Siehe auch permut

cond1

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax cond1(**M**)

Beschreibung Liefert die Konditionszahl der Matrix **M**, basierend auf der L_1 -Norm

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

cond2

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax cond2(**M**)

Beschreibung Liefert die Konditionszahl der Matrix **M**, basierend auf der L_2 -Norm

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

Algorithmus Einzelwertberechnung (Wilkinson und Reinsch, 1971)

conde

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax conde(**M**)

Beschreibung Liefert die Konditionszahl der Matrix **M**, basierend auf der euklidischen Norm

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

condi	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	$\text{condi}(\mathbf{M})$
Beschreibung	Liefert die Konditionszahl der Matrix \mathbf{M} , basierend auf der unendlichen Norm
Argumente	\mathbf{M} reelle oder komplexe Quadratmatrix
cosec	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\text{cosec}(z)$, für z in Radiant; $\text{cosec}(z \cdot \text{deg})$, für z in Grad
Beschreibung	Liefert den Kosekans von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl
cosech	Hyperbolische Funktion
Syntax	$\text{cosech}(z)$
Beschreibung	Liefert den hyperbolischen Kosekans von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl
cosh	Hyperbolische Funktion
Syntax	$\text{cosh}(z)$
Beschreibung	Liefert den hyperbolischen Kosinus von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl
cos	Trigonometrische Funktion
Syntax	$\text{cos}(z)$, für z in Radiant; $\text{cos}(z \cdot \text{deg})$, für z in Grad
Beschreibung	Liefert den Kosinus von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

cot Trigonometrische Funktion	
Syntax	$\cot(z)$, für z in Radiant; $\cot(z \cdot \text{deg})$, für z in Grad
Beschreibung	Liefert den Kotangens von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

coth Hyperbolische Funktion	
Syntax	$\coth(z)$
Beschreibung	Liefert den hyperbolischen Kotangens von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl

Csgn Komplexe Zahlen	
Syntax	$\text{csgn}(z)$
Beschreibung	Liefert 0, falls $z=0$; 1, falls $\text{Re}(z)>0$ oder ($\text{Re}(z)=0$ und $\text{Im}(z)>0$); sonst -1
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl
Siehe auch	sign, signum

dbeta Wahrscheinlichkeitsdichte	
Syntax	$\text{dbeta}(x, s1, s2)$
Beschreibung	Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Beta-Verteilung: $\frac{\Gamma(s_1 + s_2)}{\Gamma(s_1) \cdot \Gamma(s_2)} \cdot x^{s_1-1} \cdot (1-x)^{s_2-1}$
Argumente	x reelle Zahl, $0 < x < 1$ $s1, s2$ reelle Formparameter, $s1 > 0, s2 > 0$

dbinom		Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dbinom(k, n, p)	
Beschreibung	Liefert $\Pr(X = k)$, wenn die Zufallsvariable X folgende Binominalverteilung aufweist: $\frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k}$	
Argumente	<div> <div>k, n</div> <div>ganze Zahlen, $0 \leq k \leq n$</div> </div> <div> <div>p</div> <div>reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$</div> </div>	

dcauchy		Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dcauchy(x, l, s)	
Beschreibung	Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Cauchy-Verteilung: $(\pi s (1 + ((x - l) / s)^2))^{-1}$	
Argumente	<div> <div>x</div> <div>reelle Zahl</div> </div> <div> <div>l</div> <div>reeller Lageparameter</div> </div> <div> <div>s</div> <div>reeller Skalenparameter, $s > 0$</div> </div>	

dchisq		Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dchisq(x, d)	
Beschreibung	Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Chi-Quadrat-Verteilung: $\frac{e^{-x/2}}{2\Gamma(d/2)} \left(\frac{x}{2}\right)^{(d/2-1)}$	
Argumente	<div> <div>x</div> <div>reelle Zahl, $x \geq 0$</div> </div> <div> <div>d</div> <div>ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$</div> </div>	

dexp		Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dexp(x, r)	
Beschreibung	Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Exponentialverteilung: re^{-rx}	
Argumente	<div> <div>x</div> <div>reelle Zahl, $x \geq 0$</div> </div> <div> <div>r</div> <div>reelle Verteilungsrate, $r > 0$</div> </div>	

dF Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax $dF(x, d1, d2)$

Beschreibung Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die F-Verteilung:

$$\frac{d_1^{d_1/2} d_2^{d_2/2} \Gamma((d_1 + d_2) / 2)}{\Gamma(d_1 / 2) \Gamma(d_2 / 2)} \cdot \frac{x^{(d_1 - 2)/2}}{(d_2 + d_1 x)^{(d_1 + d_2)/2}}$$

Argumente

x reelle Zahl, $x \geq 0$

$d1, d2$ ganzzahlige Freiheitsgrade, $d1 > 0, d2 > 0$

dgamma Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax $dgamma(x, s)$

Beschreibung Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Gamma-Verteilung: $\frac{x^{s-1} e^{-x}}{\Gamma(s)}$

Argumente

x reelle Zahl, $x \geq 0$

s reeller Formparameter, $s > 0$

dgeom Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax $dgeom(k, p)$

Beschreibung Liefert $\Pr(X = k)$, wenn die Zufallsvariable X folgende geometrische Verteilung aufweist: $p(1 - p)^k$

Argumente

k ganze Zahl, $k \geq 0$

p reelle Zahl, $0 < p \leq 1$

dhypergeom Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax $dhypergeom(m, a, b, n)$

Beschreibung Liefert $\Pr(X = m)$, wenn die Zufallsvariable X folgende hypergeometrische Verteilung aufweist:

$$\binom{a}{m} \cdot \binom{b}{n-m} / \binom{a+b}{n}, \text{ wobei } \max\{0, n-b\} \leq m \leq \min\{n, a\}; \text{ sonst } 0 \text{ für } m$$

Argumente

m, a, b, n ganze Zahlen, $0 \leq m \leq a, 0 \leq n-m \leq b, 0 \leq n \leq a+b$

diag	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	diag(v)
Beschreibung	Liefert eine Diagonalmatrix, die auf ihrer Diagonalen die Elemente von v enthält
Argumente	
	v reeller oder komplexer Vektor

dlnorm	Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dlnorm(x, μ, σ)
Beschreibung	Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die logarithmische Normalverteilung:
	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln(x) - \mu)^2\right).$
Argumente	
	x reelle Zahl, $x \geq 0$
	m reelles logarithmisches Mittel
	s reelle logarithmische Abweichung, $\sigma > 0$

dlogis	Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dlogis(x, l, s)
Beschreibung	Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die logistische Verteilung:
	$\frac{\exp(-(x-l)/s)}{s \cdot (1 + \exp(-(x-l)/s))^2}.$
Argumente	
	x reelle Zahl
	l reeller Lageparameter
	s reeller Skalenparameter, $s > 0$

dnbinom	Wahrscheinlichkeitsdichte
Syntax	dnbinom(k, n, p)
Beschreibung	Liefert $\Pr(X = k)$, wenn die Zufallsvariable X folgende negative Binominalverteilung aufweist:
	$\binom{n+k-1}{k} p^n (1-p)^k.$

Argumente

k, n ganze Zahlen, $n > 0$ und $k \geq 0$

p reelle Zahl, $0 < p \leq 1$

dnorm

Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax `dnorm(x, μ, σ)`

Beschreibung Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Normalverteilung:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right).$$

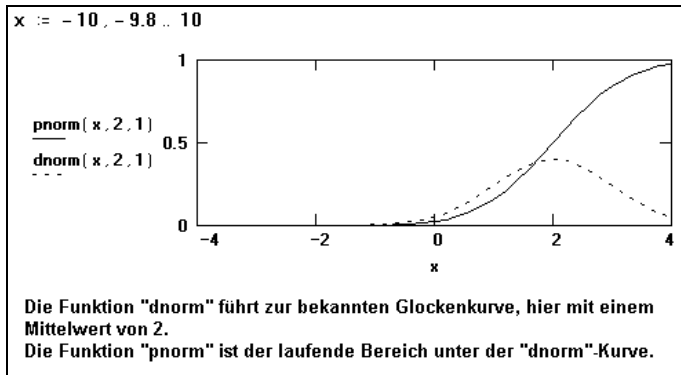
Argumente

x reelle Zahl

m reelles Mittel

s reelle Standardabweichung, $\sigma > 0$

Beispiel



dpois

Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax `dpois(k, λ)`

Beschreibung Liefert $\Pr(X = k)$, wenn die Zufallsvariable X die Poisson-Verteilung aufweist:

$$\frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}.$$

Argumente

k ganze Zahl, $k \geq 0$

λ reelles Mittel, $\lambda > 0$

dt

Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax `dt(x, d)`

Beschreibung Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die t -Verteilung nach Student:

$$\frac{\Gamma((d+1)/2)}{\Gamma(d/2)\sqrt{\pi d}} \left(1 + \frac{x^2}{d}\right)^{-(d+1)/2}.$$

Argumente

- x reelle Zahl
 d ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$

dunif

Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax $\text{dunif}(x, a, b)$

Beschreibung Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Gleichverteilung: $\frac{1}{b-a}$

Argumente

- x reelle Zahl, $a \leq x \leq b$
 a, b reelle Zahlen, $a < b$

dweibull

Wahrscheinlichkeitsdichte

Syntax $\text{dweibull}(x, s)$

Beschreibung Liefert die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Weibull-Verteilung:
 $s x^{s-1} \exp(-x^s)$.

Argumente

- x reelle Zahl, $x \geq 0$
 s reeller Formparameter, $s > 0$

eff

Finanzen

Syntax $\text{eff}(z\text{satz}, n\text{per})$

Beschreibung Liefert den effektiven Jahreszinssatz mit dem vorgegebenen nominalen Zinssatz, $z\text{satz}$, und dem Gesamtzeitraum pro Jahr, $n\text{per}$

Argumente

- $z\text{satz}$ reeller Satz
 $n\text{per}$ reelle Zahl für Gesamtzeitraum, $n\text{per} \geq 1$

Anmerkungen Effektiver Jahreszins ist auch bekannt als Annual Percentage $z\text{satz}$ (APR).

Siehe auch nom

eigenvek

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax eigenvek(**M**, **z**)

Beschreibung Liefert einen Vektor, der den normalisierten Eigenvektor zum Eigenwert **z** der Quadratmatrix **M** enthält

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

z reelle oder komplexe Zahl

Algorithmus Inverse Iteration (Press et al., 1992; Lorzak)

Siehe auch eigenwerte, eigenvektoren

eigenvektoren

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax eigenvektoren(**M**)

Beschreibung Liefert eine Matrix mit den normalisierten Eigenvektoren zu den Eigenwerten der Matrix **M**. Die *n*-te Spalte der Matrix entspricht dem *n*-ten von der Funktion eigenwerte zurückgelieferten Eigenvektor.

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

Algorithmus Reduktion auf die Hessenberg-Form zusammen mit einer QR-Zerlegung (Press et al., 1992)

Siehe auch eigenwerte, eigenvek

Beispiel

Suchen der Eigenwerte und Eigenvektoren einer reellen Matrix...

$$A := \begin{pmatrix} 1 & -2 & 6 \\ 3 & 0 & 10 \\ 2 & 5 & -1 \end{pmatrix} \quad c := \text{eigenwerte}(A) \quad c = \begin{pmatrix} 0.105 \\ 7.497 \\ -7.602 \end{pmatrix}$$

Ermitteln aller entsprechenden Eigenvektoren in einem Schritt
(nur in Mathcad PLUS)...

$$v := \text{eigenvektoren}(A) \quad v = \begin{pmatrix} 0.873 & 0.244 & -0.554 \\ -0.408 & 0.81 & -0.574 \\ -0.266 & 0.534 & 0.603 \end{pmatrix}$$

+

Die erste Spalte von **v** ist der Eigenvektor für 0.105, das erste Element von **c**. Die zweite Spalte von **v** ist dem entsprechend der Eigenvektor für 7.497, das zweite Element von **c**.

eigenwerte	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	eigenwerte(M)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit den Eigenwerten der Matrix M
Argumente	
M	reelle oder komplexe Quadratmatrix
Beispiel	
$A := \begin{pmatrix} 1 & -7 & 6 \\ 3 & 0 & 10 \\ 2 & 5 & -1 \end{pmatrix} \quad c := \text{eigenwerte}(A) \quad c = \begin{pmatrix} 3.805 + 1.194i \\ 3.805 - 1.194i \\ -7.609 \end{pmatrix}$	
Algorithmus	Reduktion auf die Hessenberg-Form zusammen mit einer QR-Zerlegung (Press et al., 1992)
Siehe auch	eigenvek, eigenvektoren

einheit	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	einheit(n)
Beschreibung	Liefert die Einheitsmatrix der Größe <i>n</i>
Argumente	
n	ganze Zahl, <i>n</i> > 0

EinhVon	Ausdruck-Funktion
Syntax	EinhVon(x)
Beschreibung	Liefert die Einheiten von <i>x</i> . Gibt 1 aus, wenn <i>x</i> keine Einheit besitzt
Argumente	
x	reelle(s) oder komplexe(s) Zahl, Feld oder String
Anmerkungen	Sie können einen Wert durch die EinhVon -Funktion teilen, damit er keine Einheit mehr besitzt. So benötigen bspw. vorgegebene Funktionen wie ln Argumente ohne Einheiten. Wenn ein Argument für ln eine Einheit besitzt, können Sie das Argument durch EinhVon teilen, um sie zu entfernen.

erfc	Sonderfunktion
Syntax	erfc(x)
Beschreibung	Liefert die komplementäre Fehlerfunktion $\text{erfc}(x) := 1 - \text{erf}(x)$
Argumente	
x	reelle Zahl
Algorithmus	Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972; Lorzak)
Siehe auch	fehlf

SyntaxErstellenGitter(**F**, $s0$, $s1$, $t0$, $t1$, $sgrid$, $tgrid$, **fmap**)**Beschreibung**Liefert ein eingebundenes Feld, das Punkte auf der parametrischen Oberfläche im dreidimensionalen Raum enthält, die durch **F** definiert sind**Argumente**

- F reelle, dreidimensionale Vektorwert-Funktion mit zwei Variablen s und t ; definiert eine parametrische Oberfläche im (u,v,w) -Raum.
- $s0, s1$ (optional) reelle Endpunkte für die Domäne für s , $s0 < s1$
- $t0, t1$ (optional) reelle Endpunkte für die Domäne für t , $t0 < t1$
- $sgrid$ (optional) ganze Zahl für Gitterpunkte in s , $sgrid > 0$
- $tgrid$ (optional) ganze Zahl für Gitterpunkte in t , $tgrid > 0$
- fmap** (optional) reelle, dreidimensionale Vektorwert-Funktion mit drei Variablen u, v und w ; definiert kartesische Koordinaten (x,y,z) mit (u,v,w) .

Anmerkungen

ErstellenGitter wird von Mathcad für die Erstellung von 3D-QuickPlots von Oberflächen verwendet. Der Standardwert für $s0$ und $t0$ ist -5, für $s1$ und $t1$ ist er 5, für $sgrid$ und $tgrid$ ist er 20 und für **fmap** ist es die Identitätsabbildung. Wenn $s0$ und $s1$ explizit angegeben sind, dann müssen auch $t0$ und $t1$ angegeben werden. Die Zellenanzahl im Gitter, die von $sgrid$ und $tgrid$ bestimmt wird, lautet $(sgrid-1)(tgrid-1)$.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Angabe der Funktion **F**. Aufrufe für **ErstellenGitter** könnten aussehen wie **ErstellenGitter(G)**, wobei **G** eine reelle Skalarwert-Funktion von u und v ist (und $w=G(u,v)$); oder **ErstellenGitter(h1,h2,h3)**, wobei $h1$, $h2$ und $h3$ reelle Skalarwert-Funktionen von s und t sind (und $u=h1(s,t)$; $v=h2(s,t)$; $w=h3(s,t)$).

Ebenso kann die Zuordnung **fmap** für **sph2xyz** definiert werden, eine vorgegebene Funktion in Mathcad, die sphärische Koordination (r,θ,ϕ) in kartesische Koordination (x,y,z) konvertiert:

$$x = u \sin(w) \cos(v) = r \sin(\phi) \cos(\theta)$$

$$y = u \sin(w) \sin(v) = r \sin(\phi) \sin(\theta)$$

$$z = u \cos(w) = r \cos(\phi)$$

oder **zylinxyz**, wodurch zylindrische Koordinaten (r,θ,z) to (x,y,z) konvertiert werden:

$$x = u \cos(v) = r \cos(\theta)$$

$$y = u \sin(v) = r \sin(\theta)$$

$$z = w = z$$

Syntax

ErstellenRaum(**F**, *t0*, *t1*, *tgrid*, **fmap**)

Beschreibung

Liefert ein eingebundenes Feld, das Punkte auf der parametrischen Oberfläche im dreidimensionalen Raum enthält, die durch **F** definiert sind

Argumente

F

reelle, dreidimensionale Vektorwert-Funktion mit zwei Variablen *s* und *t*; definiert eine parametrische Oberfläche im (u,v,w) -Raum

s0, s1

(optional) reelle Endpunkte für die Domäne für *s*, $s0 < s1$

t0, t1

(optional) reelle Endpunkte für die Domäne für *t*, $t0 < t1$

sgrid

(optional) ganze Zahl für Gitterpunkte in *s*, $sgrid > 0$

tgrid

(optional) ganze Zahl für Gitterpunkte in *t*, $tgrid > 0$

fmap

(optional) reelle, dreidimensionale Vektorwert-Funktion mit drei Variablen *u*, *v* und *w*; definiert kartesische Koordinaten (x,y,z) mit (u,v,w)

Anmerkungen

ErstellenRaum wird von Mathcad für die Erstellung von 3D-QuickPlots von Kurven verwendet. Der Standardwert für *t0* ist -5, für *t1* ist er 5, für *tgrid* ist er 20 und für **fmap** ist es die Identitätsabbildung. Die Zellenanzahl im Gitter, die von *tgrid* bestimmt wird, lautet *tgrid*–1.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Angabe der Funktion **F**. Aufrufe für ErstellenRaum könnten aussehen wie ErstellenRaum(*g1*,*g2*,*g3*), wobei *g1*,*g2* und *g3* Skalarwert-Funktionen von *t* sind und $u=g1(t)$, $v=g2(t)$, $w=g3(t)$.

Siehe auch

ErstellenGitter für Informationen über die Zuordnung **fmap**

Syntax

erweitern(**A**, **B**, **C**, ...)

Beschreibung

Liefert eine Matrix, die sich aus den seitlich aneinander gefügten Matrizen **A**, **B**, **C**, ... zusammensetzt

Argumente

A, *B* wenigstens zwei Matrizen oder Vektoren; **A**, **B**, **C**, ... müssen über dieselbe Anzahl von Zeilen verfügen

Beispiel

$$A := \begin{bmatrix} \sqrt{2} \\ e \\ \pi \end{bmatrix}$$

$$B := \text{einheit}(3)$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{erweitern}(A, B) = \begin{bmatrix} 1.41421 & 1 & 0 & 0 \\ 2.71828 & 0 & 1 & 0 \\ 3.14159 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{stapeln}(A^T, B) = \begin{bmatrix} 1.41421 & 2.71828 & 3.14159 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Siehe auch

stapeln

exp	Logarithmus- und Exponentialfunktion
Syntax	exp(<i>z</i>)
Beschreibung	Liefert den Wert der Exponentialfunktion e^z .
Argumente	<i>z</i> reelle oder komplexe Zahl

expanp	Regression und Glättung
Syntax	expanp(vx , vy , vg)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit den Parametern (<i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i>), welcher die Funktion $a \cdot e^{b \cdot x} + c$ am besten an die Daten in vx und vy annähert
Argumente	<i>vx</i> , <i>vy</i> reelle Vektoren derselben Größe <i>vg</i> reeller Vektor des Schätzwertes für (<i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i>)
Siehe auch	linie, linanp, genanp, loganp, potanp, lgsanp, sinanp, medianp

Fehler	Zeichenkettenfunktion
Syntax	Fehler(<i>S</i>)
Beschreibung	Liefert die Zeichenkette <i>S</i> als Fehlermeldung
Argumente	<i>S</i> Zeichenkette

Beispiel

$$f(x) := \text{wenn} \left(x < 5, x \cdot \frac{2}{\pi}, \text{fehler}("x \text{ muß kleiner 5 sein}") \right)$$

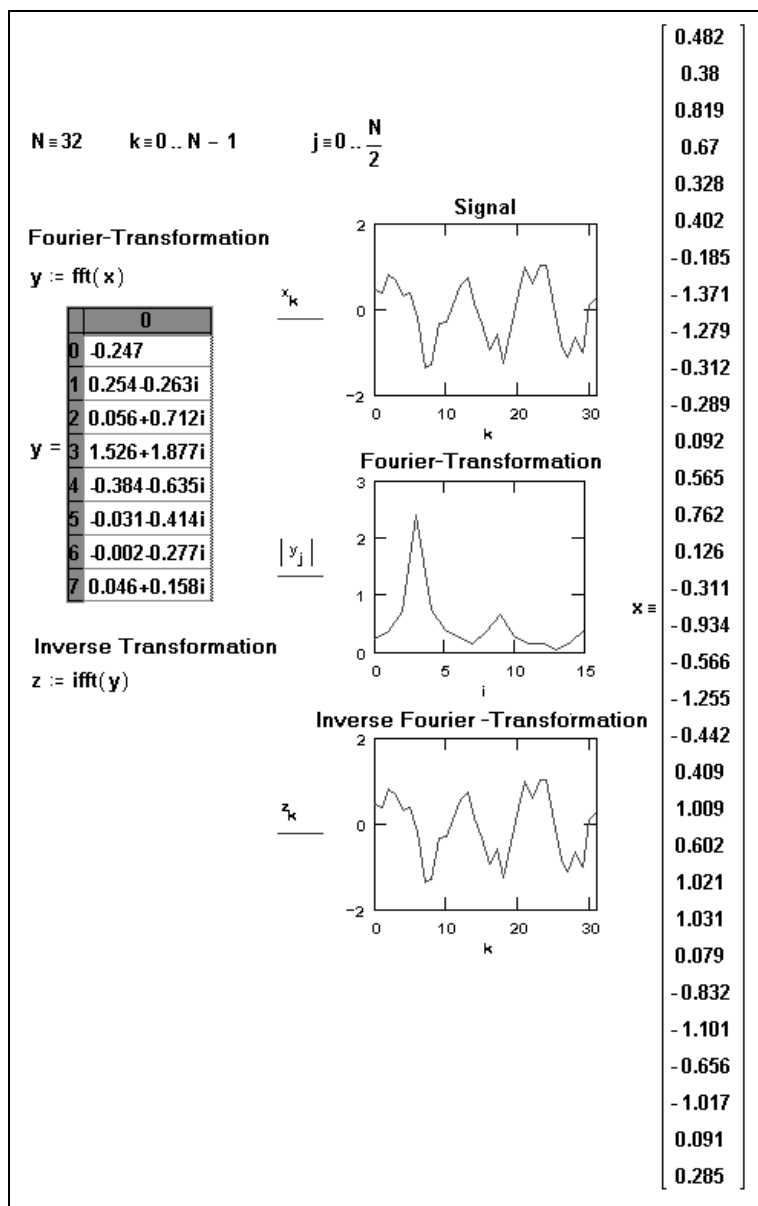
f(7) =

x muß kleiner 5 sein

Anmerkungen	<p>Die in Mathcad vorgegebenen Fehlermeldungen erscheinen als »Fehlerhinweis«, falls eine integrierte Funktion falsch angewendet wird oder kein Ergebnis liefern kann.</p> <p>Verwenden Sie die Zeichenkettenfunktion Fehler, um eigene Fehlermeldungen zu definieren, die erscheinen, wenn Ihre selbst definierten Funktionen falsch angewendet werden oder kein Ergebnis liefern können. Diese Funktion eignet sich besonders zum Abfangen fehlerhafter Eingaben in selbst geschriebenen Mathcad-Programmen.</p> <p>Wenn Mathcad in einem Ausdruck auf die Funktion Fehler stößt, hebt es den Ausdruck in Rot hervor. Sobald Sie den Ausdruck anklicken, erscheint die Fehlermeldung als Quickinfo in der Nähe des Ausdrucks. Der Text der Meldung entspricht dem Zeichenkettenargument, das Sie an die Funktion Fehler übergeben.</p>
--------------------	---

fehlf	Sonderfunktion
Syntax	fehlf(x)
Beschreibung	Liefert die Fehlerfunktion $\text{fehlf}(x) = \int_0^x \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2} dt$
Argumente	
x	reelle Zahl
Algorithmus	Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972; Lorzak)
Siehe auch	erfc

fft	Fourier-Transformation
Syntax	fft(v)
Beschreibung	Liefert die schnelle, diskrete Fourier-Transformation zu reellen Daten. Liefert einen Vektor mit $2^{n-1} + 1$ Elementen.
Argumente	
v	reeller Vektor mit 2^n Elementen (die für Messungen in regelmäßigen Abständen im Zeitbereich stehen), wobei n eine ganze Zahl ist, $n > 0$



Anmerkungen Wenn Sie einen Vektor \mathbf{v} für die Anwendung in Fourier- oder Wavelet-Transformationen definieren, stellen Sie sicher, dass Sie mit v_0 beginnen (bzw. den Wert der Systemvariable ORIGIN ändern). Wenn Sie v_0 nicht definieren, setzt

Mathcad diesen Wert auf Null. Hierdurch können die Ergebnisse der Transformationsfunktionen verfälscht werden.

Mathcad kennt zwei Arten von Funktionspaaren für die Fourier-Transformation: `fft/iff` und `cfft/icfft`. Diese Funktionen können ausschließlich auf diskrete Daten angewendet werden (d. h., die Eingaben und Ausgaben können nur Vektoren und Matrizen sein). Sie können sie nicht auf stetige Daten anwenden.

Verwenden Sie die Funktionen `fft` und `iff`, wenn:

- die Datenwerte im Zeitbereich reell sind und
- der Datenvektor über 2^m Elemente verfügt.

Greifen Sie in allen anderen Fällen auf die Funktionen `cfft` und `icfft` zurück.

Die erste Bedingung ist erforderlich, da das Funktionspaar `fft/iff` die Tatsache ausnutzt, dass die zweite Hälfte der Transformation bei reellen Daten mit der Konjugierten der ersten Hälfte übereinstimmt. Mathcad verwirft daher die zweite Hälfte des Ergebnisvektors, um Zeit und Speicherplatz zu sparen. Das Funktionspaar `cfft/icfft` geht hingegen nicht von einer Symmetrie der Transformation aus; aus diesem Grund *müssen* Sie dieses Paar für komplexe Datenwerte verwenden. Da es sich bei den reellen Zahlen lediglich um eine Teilmenge der komplexen Zahlen handelt, können Sie das Funktionspaar `cfft/icfft` auch für reelle Daten einsetzen.

Die zweite Bedingung ist erforderlich, weil das Funktionspaar `fft/iff` einen hocheffizienten Algorithmus für die schnelle Fourier-Transformation verwendet. Dafür muss der in `fft` verwendete Vektor allerdings 2^m Elemente enthalten. Das Fourier-Transformationspaar `cfft/icfft` verwendet hingegen einen Algorithmus, bei dem sowohl Vektoren als auch Matrizen beliebiger Größe zugelassen sind. Wenn Sie dieses Transformationspaar auf eine Matrix anwenden, erhalten Sie als Ergebnis eine zweidimensionale Fourier-Transformation.

Wenn Sie `fft` zur Bestimmung des Frequenzbereichs verwendet haben, *müssen* Sie `iff` verwenden, um wieder zum Zeitbereich zurückzugelangen. Entsprechendes gilt, wenn Sie `cfft` zur Bestimmung des Frequenzbereichs verwendet haben: Sie *müssen* `icfft` verwenden, um wieder zum Zeitbereich zurückzugelangen.

Unterschiedliche Quellen folgen unterschiedlichen Konventionen hinsichtlich des Anfangsfaktors der Fourier-Transformation und hinsichtlich der Frage, ob die Ergebnisse der Transformation bzw. der inversen Transformation konjugiert werden sollen. Die Funktionen `fft`, `iff`, `cfft` und `icfft` verwenden beim Übergang vom Zeit- zum Frequenzbereich den Faktor $1/\sqrt{n}$ als Normalisierungsfaktor sowie einen positiven Exponenten. Die Funktionen `FFT`, `IFFT`, `CFFT` und `ICFFT` verwenden beim Übergang vom Zeit- zum Frequenzbereich den Faktor $1/n$ als Normalisierungsfaktor sowie einen negativen Exponenten. Achten Sie darauf, diese Funktionen immer paarweise einzusetzen. Wenn Sie beispielsweise mit der Funktion `CFFT` vom Zeit- in den Frequenzbereich gewechselt haben, dann müssen Sie die Funktion `ICFFT` für die Rücktransformation in den Zeitbereich verwenden.

Die von `fft` zurückgelieferten Vektorelemente genügen folgender Gleichung:

$$c_j = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{n-1} v_k e^{2\pi i (j/n)k}.$$

In dieser Formel steht n für die Anzahl der Elemente von \mathbf{v} und i für die imaginäre Einheit.

Die von der Funktion `fft` zurückgelieferten Vektorelemente gehören zu unterschiedlichen Frequenzen. Um die eigentliche Frequenz wiederzugewinnen, müssen Sie die Abtastfrequenz des ursprünglichen Signals kennen. Wenn \mathbf{v} ein an die Funktion `fft` übergebener Vektor mit n Elementen und f_s die Abtastfrequenz ist, dann berechnet sich die zu c_k gehörige Frequenz wie folgt:

$$f_k = \frac{k}{n} \cdot f_s.$$

Aus diesem Grund ist es unmöglich, oberhalb der Abtastfrequenz liegende Frequenzen zu erfassen. Dies ist keine Begrenzung von Mathcad, sondern der zugrunde liegenden Mathematik. Um ein Signal korrekt aus seiner Fourier-Transformierten wiederherstellen zu können, müssen Sie es mit einer Frequenz abtasten, die mindestens dem Zweifachen seiner Bandbreite entspricht. Eine eingehende Behandlung dieses Phänomens würde den Rahmen dieses Handbuchs sprengen, ist aber in gängigen Lehrbüchern zur digitalen Signalverarbeitung zu finden.

Algorithmus Cooley-Tukey (Press et al., 1992)

FFT Fourier-Transformation

Syntax `FFT(v)`

Beschreibung Identisch zu `fft(v)`, außer dass ein anderer Normalisierungsfaktor und eine andere Vorzeichenkonvention verwendet werden. Liefert einen Vektor mit $2^{n-1} + 1$ Elementen.

Argumente

\mathbf{v} reeller Vektor mit 2^n Elementen (die für Messungen in regelmäßigen Abständen im Zeitbereich stehen), wobei n eine ganze Zahl ist, $n > 0$

Anmerkungen Es gibt nicht nur die im `fft`-Eintrag beschriebenen Definitionen für die Fourier-Transformation. Beispielsweise werden in dem Buch *The Fourier transformation and Its Applications* von Ronald Bracewell (McGraw-Hill, 1986) folgende Definitionen für diskrete Fourier-Transformationen und ihre Inversen gegeben:

$$F(v) = \frac{1}{n} \sum_{\tau=1}^n f(\tau) e^{-2\pi i (v/n)\tau} \quad f(\tau) = \sum_{v=1}^n F(v) e^{2\pi i (\tau/n)v}.$$

Diese Definitionen sind in der ingenieurwissenschaftlichen Literatur sehr gebräuchlich. Um auf diese Definitionen an Stelle der im letzten Abschnitt beschriebenen zurückzugreifen, verwenden Sie die Funktionen `FFT`, `IFFT`, `CFFT` und `ICFFT`. Diese unterscheiden sich folgendermaßen von den zuvor beschriebenen:

An Stelle des Faktors $1 / \sqrt{n}$ vor beiden Formeln erscheint hier der Faktor $1 / n$ vor der Transformation und kein Faktor vor der Inversen.

Das Minuszeichen erscheint im Exponenten der Transformation und nicht in ihrer Inversen.

Die Funktionen FFT, IFFT, CFFT und ICFFT werden genau so verwendet wie die Funktionen fft, ifft, cfft und icfft.

Algorithmus Cooley-Tukey (Press et al., 1992)

Siehe auch fft für weitere Einzelheiten

fhyper

Sonderfunktion

Syntax fhyper(a, b, c, x)

Beschreibung Liefert den Wert der Gaußschen hypergeometrischen Funktion ${}_2F_1(a, b; c; x)$

Argumente

a, b, c, x reelle Zahlen, $-1 < x < 1$

Anmerkungen Die hypergeometrische Funktion ist eine Lösung der Differentialgleichung

$$x \cdot (1 - x) \cdot \frac{d^2}{dx^2} y + (c - (a + b + 1) \cdot x) \cdot \frac{d}{dx} y - a \cdot b \cdot y = 0.$$

Viele Funktionen sind Spezialfälle der hypergeometrischen Funktion; beispielsweise die elementaren Funktionen $\ln(1 - x) = x \cdot \text{fhyper}(1, 1, 2, -x)$

und $\text{asin}(x) = x \cdot \text{fhyper}\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, x^2\right)$ sowie kompliziertere wie die Legendre-Funktionen.

Algorithmus Reihenentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

floor

Abbruch- und Rundungsfunktion

Syntax floor(x)

Beschreibung Liefert die größte ganze Zahl $\leq x$

Argumente

x reelle Zahl

Beispiel

$$\text{ceil}(3.25) = 4 \qquad \text{floor}(3.25) = 3$$

$$\text{mantissa}(x) := x - \text{floor}(x)$$

$$\text{mantissa}(3.45) = 0.45$$

Anmerkungen Kann zur Definition des positiven Nachkommateils einer Zahl verwendet werden:

$$\text{mantissee}(x) := x - \text{floor}(x).$$

Siehe auch ceil, rund, trunc

Syntax $\text{fzins}(nper, gw, zw)$

Beschreibung Liefert den festen Zinssatz, der für eine Investition zu einem aktuellen Wert, gw , erforderlich ist, um einen bestimmten, künftigen Wert, zw , über einen vorgegebenen Gesamtzeitraum, $nper$, auszugeben

Argumente

- $nper$ ganze Zahl für die Anzahl der Gesamtzeiträume, $nper \geq 1$
- gw reeller, aktueller Wert, $gw > 0$
- zw reeller, künftiger Wert, $zw > 0$

Siehe auch $cnper$, $zsatz$

gcd

Zahlentheorie/Kombinatorik

Syntax $\text{gcd}(\mathbf{A})$

Beschreibung Liefert die größte positive ganze Zahl, die ein Teiler sämtlicher im Feld \mathbf{A} enthaltenen Werte ist. Diese ganze Zahl wird als größter gemeinsamer Teiler der Elemente in \mathbf{A} bezeichnet.

Argumente

- \mathbf{A} ganzzahlige(r) Matrix oder Vektor; alle Elemente von \mathbf{A} sind größer als Null

Algorithmus Euklidischer Algorithmus (Niven und Zuckerman, 1972)

Anmerkungen $\text{gcd}(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \dots)$ ist ebenfalls erlaubt und liefert den größten gemeinsamen Nenner der Elemente $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \dots$

Siehe auch lcm

Gdglösen

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax $\text{Gdglösen}(x, b, [nstep])$

Beschreibung Löst eine einzige, gewöhnliche Differentialgleichung entweder anhand des ersten Wertes oder anhand der Randbedingungen. Die Differentialgleichung muss linear sein in der höchsten auftretenden Ableitungsordnung. Das Ergebnis ist eine Funktion von x , die aus einer Wertetabelle stammt, die entweder über einen Fixed Step oder über Adaptive DE Solvers errechnet wurde.

Argumente

- x Integrationsvariable, reell
- b Endpunkt des Integrationsintervalls, reell
- $nstep$ (optional) Schritte in ganzen Zahlen, $nstep > 0$

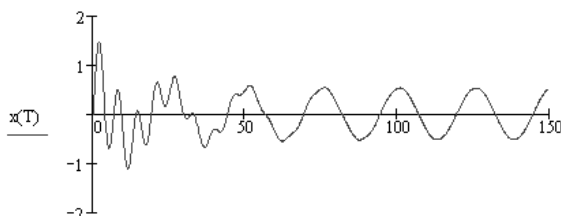
Beispiel

Vorgabe

$$100 \frac{d^2}{dt^2} x(t) + 10 \frac{d}{dt} x(t) + 101 x(t) = 50 \cos\left(\frac{1}{4}t\right)$$

$$x(0) = 0 \quad x'(0) = 1$$

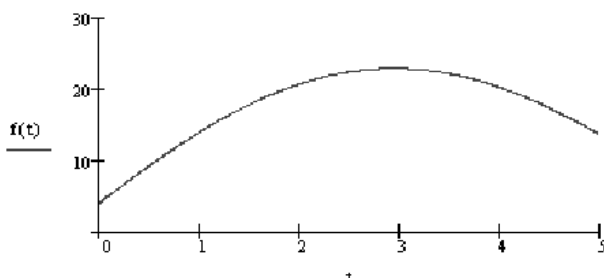
$$x := \text{gdg}\ddot{\text{lo}}\text{sen}(t, 150)$$



Vorgabe

$$4 \cdot \frac{d^2}{dt^2} f(t) + f(t) = t \quad f(0) = 4 \quad f(5) = 13.5$$

$$f := \text{gdg}\ddot{\text{lo}}\text{sen}(t, 5)$$



Anmerkungen

Für die Lösung einer Differentialgleichung mit **Gdg lösen** gibt es drei Schritte.

Geben Sie das Wort **Vorgabe** ein. Dies gibt Mathcad den Hinweis, dass eine Differentialgleichung folgt mit Bedingungen für einen Erst- oder Grenzwert. Sie können sowohl **Vorgabe** als auch **vorgabe** eingeben. Geben Sie es jedoch nicht innerhalb eines Textbereichs ein.

Geben Sie die Differentialgleichung und die Bedingungen in einer beliebigen Reihenfolge hinter dem Wort **Vorgabe** ein. Verwenden Sie **[Strg] + [=]** für die Eingabe von »=« und **[Strg] + [F7]** für die Eingabe von '. Die Differentialgleichung kann mit den Differentialoperatoren d/dx , d^2/dx^2 , d^3/dx^3 , ... oder mit der Notation $y'(x)$, $y''(x)$, $y'''(x)$, ... geschrieben werden. Beachten Sie, dass die unabhängige Variable x stets explizit angezeigt werden muss. Eine Erstwertbedingung könnte zum Beispiel folgendermaßen aussehen: $y(a)=c$ oder $y'(a)=d$; Mathcad erlaubt keine komplizierten Bedingungen wie $y(a)+y'(a)=e$.

Geben Sie schließlich die **Gdg lösen**-Funktion ein. Sie können für x keinen numerischen Wert eingeben: **Gdg lösen**(2, 150) wie im obigen Beispiel ist

nicht erlaubt. Genauso wie bei **Vorgabe** können Sie sowohl **Gdglösen** als auch **Gdglösen** eingeben.

Das Wort **Vorgabe**, die darauffolgenden Gleichungen und die **Gdglösen**-Funktion bilden einen *Lösungsblock*, ähnlich dem Lösungsblock bei der **Suchen**-Funktion, wobei jedoch hier keine Schätzwerte erforderlich sind.

Mathcad benötigt spezielle Ausdruckstypen, die zwischen **Vorgabe** und **Gdglösen** erscheinen können. Die kleineren Ableitungen können nichtlinear in der Differentialgleichung erscheinen (z. B. können sie miteinander multipliziert oder zu Potenzen erhöht werden). Die höchste Ableitung muss jedoch linear erscheinen. Ungleichungsbedingungen sind nicht erlaubt. Es muss n unabhängige Gleichungsbedingungen für eine n te Ordnung der Differentialgleichung geben. Falls ein Problem mit einem Erstwert auftritt, sind die Werte für $y(x)$ und seine ersten $n-1$ Differentiale an einem einzigen Anfangspunkt a erforderlich. Falls es ein Problem mit einem Grenzwert gibt, sollten die n Gleichungsbedingungen Werte für $y(x)$ und für bestimmte Differentiale an exakt zwei Punkten a und b vorgeschrieben werden. Mathcad überprüft den korrekten Typ und die Anzahl der Bedingungen.

Bei Problemen mit Erstwerten setzt **Gdglösen** seine Standardroutine **rkfest** ein. Wenn Sie **Rkadapt** bevorzugen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Wort **Gdglösen** und wählen Sie »Adaptiv«. Bei Problemen mit Grenzwerten wird die Routine **sgrw** verwendet, gefolgt von **rkfest** oder **Rkadapt**. Die Ausgabe dieser Lösungen für Differentialgleichungen ist eine Wertetafel, die von Mathcad mit **lspline**, gefolgt von **interp**, interpoliert. Beachten Sie in diesem Beispiel, dass $y(x)$ und $f(t)$ Funktionen sind, die wie jede andere Funktion geplottet werden können, obwohl y und f als Ausgabe von **Gdglösen** (es wurde keine unabhängige Variable angezeigt) definiert wurden.

Der Standardwert für $nstep$ ist zehnmal so lang wie das Intervall $[a, b]$ (reduziert auf ein Integral).

Siehe auch rkfest, Rkadapt, sgrw, lspline, interp

genanp

Regression und Glättung

Syntax

genanp(**vx**, **vy**, **vs**, **F**)

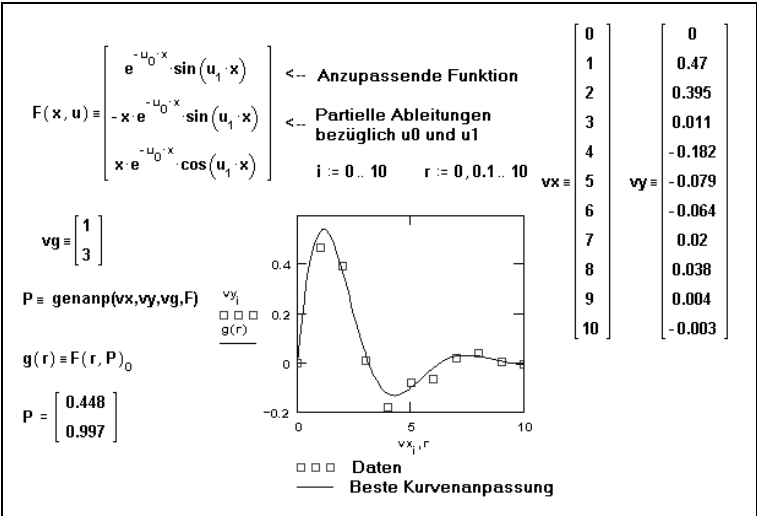
Beschreibung

Liefert einen Vektor mit denjenigen Parametern, die eine Funktion $f(x)$ und n Parameter u_0, u_1, \dots, u_{n-1} am besten an die Daten in **vx** und **vy** annähert

Argumente

- vx**, **vy** reelle Vektoren derselben Größe
- vs** reeller Vektor mit Schätzwerten für n Parameter
- F** eine Funktion, die einen Vektor mit $n+1$ Elementen zurückliefert, welcher die Funktion f und deren partielle Ableitungen unter Berücksichtigung ihrer n Parameter enthält

Beispiel



Anmerkungen Die Funktionen `linanp` und `genanp` sind eng miteinander verwandt. Alles, was Sie mit `linanp` tun können, können Sie auch mit `genanp` erreichen, wenn auch weniger komfortabel. Der Unterschied zwischen diesen beiden Funktionen entspricht dem Unterschied zwischen dem Lösen eines linearen und eines nichtlinearen Gleichungssystems. Ersteres lässt sich am einfachsten mit den Methoden der linearen Algebra erledigen. Letzteres ist weitaus schwieriger und muss in der Regel über Iterationen angegangen werden. Dies erklärt auch, warum `genanp` im Gegensatz zu `linanp` einen Vektor mit Schätzwerten benötigt.

Im vorstehenden Beispiel wird `genanp` eingesetzt, um den am besten zu einer Datenmenge passenden Exponenten zu ermitteln. Durch eine Verringerung des Wertes für die Systemvariable `TOL` lässt sich in `genanp` unter Umständen eine größere Genauigkeit erreichen.

Algorithmus Levenberg-Marquardt (Press et al., 1992)

Siehe auch `linanp`, `linie`, `expanp`, `loganp`, `pwrnanp`, `lgsanp`, `sinanp`, `medanp`

geninv

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax `geninv(A)`

Beschreibung Liefert die links-inverse Matrix zur Matrix **A**

Argumente

A reelle $m \times n$ -Matrix, mit $m \geq n$

Anmerkungen Mit **L** als links-inverser Matrix gilt: $L \cdot A = I$, wobei **I** die Einheitsmatrix mit `spalten(I) = spalten(A)` ist.

Algorithmus SVD-basierter Aufbau (Nash, 1979)

genvektoren

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax	genvektoren(M, N)
Beschreibung	Liefert eine Matrix mit normalisierten Eigenvektoren entsprechend der Eigenwerte im Vektor v , der von der Funktion genwerte zurückgeliefert wird. Die <i>j</i> -te Spalte dieser Matrix ist der Eigenvektor x , der dem verallgemeinerten Eigenwertproblem $M \cdot x = v_j \cdot N \cdot x$ genügt.
Argumente	
M, N	reelle Quadratmatrizen derselben Größe
Algorithmus	Stabile QZ-Methode (Golub und Van Loan, 1989)
Siehe auch	genwerte für ein Beispiel

genwerte

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax	genwerte(M, N)
Beschreibung	Liefert einen Vektor v mit Eigenwerten, die alle der verallgemeinerten Eigenwertgleichung $M \cdot x = v_j \cdot N \cdot x$ für Eigenvektoren x ungleich Null genügen
Argumente	
M, N	reelle Quadratmatrizen derselben Größe

Beispiel

$$M := \begin{bmatrix} -3 & 6 & 0 \\ 3 & 0 & -4 \\ 6 & 6 & -5 \end{bmatrix}$$
$$N := \begin{bmatrix} -5 & 9 & -1 \\ 0 & 4 & -7 \\ -3 & 10 & 4 \end{bmatrix}$$

Vektor mit generalisierten Eigenwerten

$$v := \text{genwerte}(M,N)$$
$$v = \begin{bmatrix} 2.177 \\ 0.803 \\ 0.285 \end{bmatrix}$$

Matrix mit generalisierten Eigenvektoren die zu den generalisierten Eigenwerten im Vektor **v** korrespondieren:

$$x := \text{genvektoren}(M,N)$$
$$x = \begin{bmatrix} 0.839 & 0.562 & -0.597 \\ 0.515 & 0.725 & -0.21 \\ 0.175 & 0.397 & -0.774 \end{bmatrix}$$

Vergleich:

$$M \cdot x0 = \begin{bmatrix} 0.571 \\ 1.818 \\ 7.25 \end{bmatrix}$$
$$M \cdot x1 = \begin{bmatrix} 2.666 \\ 0.1 \\ 5.744 \end{bmatrix}$$
$$M \cdot x2 = \begin{bmatrix} 0.534 \\ 1.306 \\ -0.969 \end{bmatrix}$$
$$v_0 \cdot (N \cdot x0) = \begin{bmatrix} 0.571 \\ 1.818 \\ 7.25 \end{bmatrix}$$
$$v_1 \cdot (N \cdot x1) = \begin{bmatrix} 2.666 \\ 0.1 \\ 5.744 \end{bmatrix}$$
$$v_2 \cdot (N \cdot x2) = \begin{bmatrix} 0.534 \\ 1.306 \\ -0.969 \end{bmatrix}$$

$x0 := \text{submatrix}(x, 0, 2, 0, 0)$ $x1 := \text{submatrix}(x, 0, 2, 1, 1)$ $x2 := \text{submatrix}(x, 0, 2, 2, 2)$

Anmerkungen	Zur Berechnung der Eigenvektoren greifen Sie auf die Funktion genvektoren zurück.
Algorithmus	Stabile QZ-Methode (Golub und Van Loan, 1989)

412

Kapitel 17 Funktionen

Syntax	<code>gesverz(<i>zsatz</i>, <i>per</i>, <i>nper</i>, <i>gw</i>, [<i>zw</i>], [<i>type</i>]))</code>
Beschreibung	Liefert die Zinszahlung für eine Investition oder Anleihe für einen vorgegebenen Zeitraum, <i>per</i> , basierend auf regelmäßigen, konstanten Zahlungen über einen vorgegebenen Gesamtzeitraum, <i>nper</i> , mit einem festen Zinssatz, <i>zsatz</i> , und einem bestimmten, aktuellen Wert, <i>gw</i>
Argumente	<div><div><div><i>zsatz</i></div><div>reeller Satz</div></div><div><div><i>per</i></div><div>ganze Zahl für Zeitraum, $per \geq 1$</div></div><div><div><i>nper</i></div><div>ganze Zahl für Gesamtzeitraum, $1 \leq per \leq nper$</div></div><div><div><i>gw</i></div><div>reeller, aktueller Wert</div></div><div><div><i>zw</i></div><div>(optional) reeller, künftiger Wert, Standard ist $zw = 0$</div></div><div><div><i>type</i></div><div>(optional) Anzeiger für Zahlungsplanung. 0 für Zahlungen gegen Ende des Zeitraums. 1 für Zahlungen zu Beginn des Zeitraums. Standard ist $type = 0$.</div></div></div>
Anmerkungen	<p>Wenn Sie den Jahreszinssatz, <i>ann_rate</i>, kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsatz = ann_rate/nper$.</p> <p>Zahlungen wie Sparanlagen oder Zahlungen für Anleihen müssen mit negativen Zahlen eingegeben werden. Zahlungseingänge wie Schecks müssen mit positiven Zahlen eingegeben werden.</p>
Siehe auch	<code>kumzins</code> , <code>zrate</code> , <code>ppmt</code>

gmittel

Statistische Funktion

Syntax	<code>gmittel(A)</code>
Beschreibung	Liefert das geometrische Mittel der Elemente von A :
	$gmittel(A) = \left(\prod_{i=0}^{m-1} \prod_{j=0}^{n-1} A_{i,j} \right)^{1/(mn)}.$
Argumente	<div><div><div>A</div><div>reelle(r) $m \times n$-Matrix oder Vektor, mit allen Elementen größer als Null</div></div></div>
Anmerkungen	<code>gmittel(A, B, C, ...)</code> ist ebenfalls erlaubt und liefert das geometrische Mittel der Elemente A, B, C, ...
Siehe auch	<code>hmean</code> , <code>mittelwert</code> , <code>median</code> , <code>modus</code>

Syntax $\text{gnw}(\text{zsatz}, \mathbf{v})$

Beschreibung Liefert den aktuellen Nettowert einer Investition bei einem Diskontsatz, zsatz , und diversen Cash Flows zu regelmäßigen Intervallen, \mathbf{v}

Argumente

zsatz reeller Satz

\mathbf{v} reeller Vektor des Cash Flow

Anmerkungen gnw geht davon aus, dass die Zahlung gegen Ende des Zeitraums vorgenommen wird. Bei \mathbf{v} müssen die Zahlungen mit negativen Zahlen und Zahlungseingänge mit positiven Zahlen eingegeben werden.

Die gnw -Investition beginnt vor dem Datum des ersten Cash Flow und endet mit dem letzten Cash Flow im Vektor. Wenn Ihr erster Cash Flow zu Beginn der ersten Periode auftritt, muss der erste Wert dem gnw -Ergebnis hinzugefügt und darf nicht in den Vektor des Cash Flow mit eingezogen werden.

Siehe auch izf , gw

grwanp

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax $\text{grwanp}(\mathbf{v1}, \mathbf{v2}, x1, x2, xf, \mathbf{D}, \mathbf{ld1}, \mathbf{ld2}, \text{sc})$

Beschreibung Konvertiert eine Grenzwertdifferentialgleichung in Anfangs-/Endwertprobleme. Nützlich, wenn Ableitungen lediglich an dem Zwischenpunkt xf nicht stetig sind.

Argumente

$\mathbf{v1}$ reeller Vektor zur Abschätzung der fehlenden Anfangswerte in $x1$

$\mathbf{v2}$ reeller Vektor zur Abschätzung der fehlenden Anfangswerte in $x2$

$x1, x2$ reelle Endpunkte des Intervalls, für das die Lösung der Differentialgleichungen ermittelt wird

xf Punkt zwischen $x1$ und $x2$, an dem die Trajektorien der bei $x1$ bzw. $x2$ ansetzenden Lösungen gleich sein müssen

$\mathbf{D}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ Eine n reelle Vektorelemente liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt

$\mathbf{ld1}(x1, \mathbf{v1})$ Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, deren n Elemente den Werten der n unbekannten Funktionen in $x1$ entsprechen. Bei einigen dieser Werte handelt es sich um Konstanten, die durch ihre Anfangsbedingungen festgelegt sind. Falls ein Wert nicht bekannt ist, sollten Sie auf den entsprechenden Schätzwert aus $\mathbf{v1}$ zurückgreifen.

$\mathbf{ld2}(x2, \mathbf{v2})$ analog zu $\mathbf{ld1}$, allerdings für die von den n unbekannten Funktionen in $x2$ angenommenen Werte

$\text{sc}(xf, \mathbf{y})$ Eine n reelle Vektorelemente liefernde Funktion, die angibt, wie Sie die Lösungen in xf anpassen wollen. Üblicherweise definiert man $\text{sc}(xf, \mathbf{y}) := \mathbf{y}$, damit die Lösungen für alle unbekannten Funktionen in xf angepasst sind.

Beispiel

```
Lösen  $y'' = \begin{pmatrix} y \\ -y \end{pmatrix}$  für  $x < 0$  Wo.  $y(-1)=1$  und  $y(1)=2$   
für  $x \geq 0$   
 $D(x, y) := \begin{bmatrix} y_1 \\ (x < 0) \cdot y_0 + (x \geq 0) \cdot -y_0 \end{bmatrix}$   $xf := 0$   $\leftarrow$  Diskontinuitätspunkt  
 $v1_0 := 1$   $\leftarrow$  Schätzwert für  $y'(-1)$   
 $v2_0 := 1$   $\leftarrow$  Schätzwert für  $y'(1)$   
 $load1(x1, v1) := \begin{pmatrix} 1 \\ v1_0 \end{pmatrix}$   $\leftarrow y(-1)$   $\leftarrow$  Schätzwert für  $y'(-1)$   
 $load2(x2, v2) := \begin{pmatrix} 2 \\ v2_0 \end{pmatrix}$   $\leftarrow y(1)$   $\leftarrow$  Schätzwert für  $y'(1)$   
 $score(xf, y) := y$   $\leftarrow$  weist Mathcad an, die beiden Hälften der Gleichung anzupassen  
 $S := grwanp(v1, v2, -1, 1, 0, D, load1, load2, score)$   
 $S = (0.092 \ -0.678)$   $\leftarrow$  enthält  $(y'(-1) \ y'(1))$ 
```

Anmerkungen Falls Sie Kenntnisse über die Anfangs- und Endpunkte besitzen, verwenden Sie die Funktion **sgrw**. Falls Sie jedoch etwas über die Lösung und deren erster Ableitung an einigen Zwischenwerten xf wissen, verwenden Sie die Funktion **grwanp**.

grwanp löst ein Zwei-Punkte-Grenzwertproblem dieser Art, indem die Funktion von den Endpunkten aus vorstößt und die Trajektorien der Lösung und deren Ableitungen im Zwischenpunkt in Übereinstimmung bringt. **grwanp** eignet sich besonders dann, wenn eine Ableitung wie im vorstehenden Beispiel eine unstetige Stelle im Integrationsintervall besitzt. **grwanp** liefert keine Lösung zu einer Differentialgleichung. Die Funktion berechnet lediglich die Anfangswerte, über welche die Lösung verfügen muss, damit die Lösung zu den von Ihnen angegebenen Endwerten passt. Sie müssen dann die von **grwanp** gelieferten Werte nehmen und das resultierende Anfangswertproblem mittels **rkfest** oder einer der anderen spezialisierten Lösungsverfahren für Differentialgleichungen lösen.

Algorithmus Shooting method with 4th order Runge-Kutta method (Press et al., 1992)

Siehe auch **rkfest** für Informationen über Ausgabe und Argumente.

gw

Finanzen

Syntax $gw(zsatz, nper, zrate, [[zwz], [type]])$

Beschreibung Liefert die Zahlung bei einer Investition oder einer Anleihe für einen vorgegebenen Zeitraum, *nper*, basierend auf regelmäßigen, konstanten Zahlungen über einen vorgegebenen Gesamtzeitraum, *nper*, bei einem festen Zinssatz, *zsatz*, und einem bestimmten, aktuellen Wert, *gw*

Argumente

zsatz reeller Satz

nper ganze Zahl für Gesamtzeitraum $nper \geq 1$

<i>gw</i>	reeller, aktueller Wert
<i>zwz</i>	(optional) reeler künftiger Wert, Standard ist $zwz = 0$
<i>type</i>	(optional) Zahlungsplan-Indikator, 0 für Zahlungen, die am Ende einer Periode und 1 für Zahlungen, die zu Beginn einer Periode vorgenommen wurden. Standard ist $type = 0$.

Anmerkungen Wenn Sie den Jahreszinssatz, *ann_rate*, kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsat = ann_rate/nper$.

Zahlungen wie Sparanlagen oder Zahlungen für Anleihen müssen mit negativen Zahlen eingegeben werden. Zahlungseingänge wie Schecks müssen mit positiven Zahlen eingegeben werden.

Siehe auch *zwz*, *nper*, *zrate*, *zsat*

Her Sonderfunktion

Syntax $Her(n, x)$

Beschreibung Liefert den Wert des Hermite-Polynoms *n*-ten Grades an der Stelle *x*

Argumente

n ganze Zahl, $n \geq 0$

x reelle Zahl

Anmerkungen Das Hermite-Polynom *n*-ten Grades ist eine Lösung der Differentialgleichung:

$$x \cdot \frac{d^2}{dx^2} y - 2 \cdot x \cdot \frac{d}{dx} y + 2 \cdot n \cdot y = 0.$$

Algorithmus Rekursive Relation (Abramowitz und Stegun, 1972)

hist Statistische Funktion

Eindimensionaler Fall

Syntax $hist(n, A)$

Beschreibung Liefert einen Vektor, der die Häufigkeiten enthält, mit denen Werte aus **A** in die durch den Vektor *n* angegebenen Intervalle fallen. Der resultierende Histogrammvektor ist um ein Element kürzer als *n*.

Argumente

n ganze Zahl, $n > 0$

A reelle Matrix

Anmerkungen Dies ist identisch mit $hist(intervals, A)$ mit

$$intervals_i = \min(A) + \frac{\max(A) - \min(A)}{n} \cdot i \text{ und } 0 \leq i \leq n \text{ (siehe unten).}$$

Zweidimensionaler Fall

Syntax

hist(intervals, A)

Beschreibung

Liefert einen Vektor, der die Häufigkeiten enthält, mit denen Werte aus **A** in die durch den Vektor **intervals** angegebenen Intervalle fallen. Der resultierende Histogrammvektor ist um ein Element kürzer als **intervals**.

Argumente

intervals reeller Vektor mit Elementen in aufsteigender Reihenfolge
A reelle Matrix

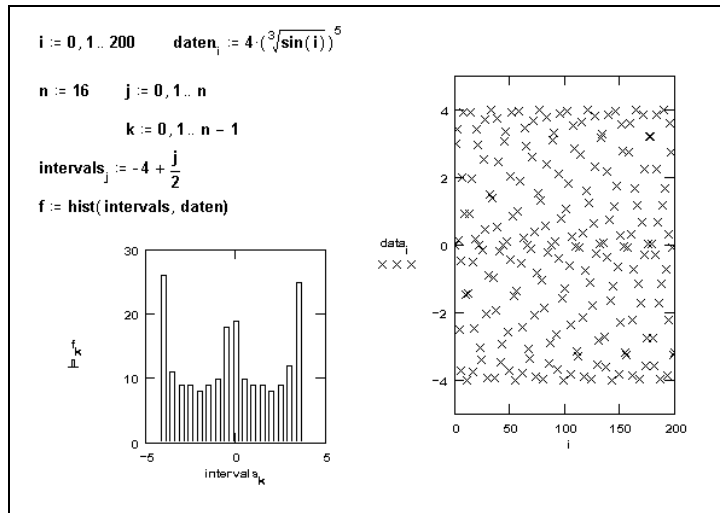
Anmerkungen

Der Vektor **intervals** enthält die Endpunkte von Teilintervallen, die eine Aufteilung der Daten bewirken. Das Ergebnis der Funktion **hist** ist ein Vektor **f**, in dem f_i der Anzahl von Werten in **A** entspricht, die der Bedingung

$int_i \leq \text{Wert} < int_{i+1}$ genügen.

Mathcad lässt Datenpunkte unberücksichtigt, die kleiner als der erste oder größer als der letzte Wert in **intervals** sind.

Beispiel



Histogram

Statistik

Eindimensionaler Fall

Syntax

histogram(Datei)

Beschreibung

Gibt eine zweispaltige Matrix zurück. Die erste Spalte enthält Mittelpunkte von n Teilintervallen gleicher Größe des Bereichs $\min(\mathbf{A}) = \text{Wert} = \max(\mathbf{A})$. Die zweite Spalte ist identisch mit **hist**(n , **A**), daher besitzt die resultierende Matrix n Reihen.

Argumente

- n ganze Zahl, $n > 0$
- A reelle Matrix

Anmerkungen Die Verwendung von `histogram` an Stelle von `hist` erspart die Definition horizontaler Achsendaten für die Darstellung.

Zweidimensionaler Fall

Syntax `histogram(intervals, A)`

Beschreibung Gibt eine zweispaltige Matrix zurück. Die erste Spalte enthält Mittelpunkte von Intervallen, die vom Vektor **intervals** dargestellt werden. Die zweite Spalte ist identisch mit `hist(intervals, A)`, daher besitzt die resultierende Matrix eine Reihe weniger als die Anzahl der Intervalle.

Argumente

- intervals reeller Vektor mit Elementen in aufsteigender Reihenfolge
- A reelle Matrix

Siehe auch `hist`

hlookup

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax `hlookup(z, A, r)`

Beschreibung Sucht in der ersten Reihe einer Matrix **A** nach dem gegebenen Wert **z** und gibt den oder die Werte der gleichen Spalte(n) der angegebenen Reihe **r** zurück. Mehrere Werte werden sie als Vektor dargestellt.

Argumente

- z reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge
- A reelle oder komplexe Zahl oder Zeichenfolge $m * n$ Matrix
- r ganze Zahl, `ORIGIN=r=ORIGIN+m-1`

Anmerkungen Der Grad der Genauigkeit des Vergleichs wird durch die *TOL*-Einstellung für das Arbeitsblatt festgelegt.

Siehe auch `lookup`, `vlookup`, `match`

HLS_HELL_LESEN

Dateizugriff

Syntax `HLS_HELL_LESEN(Datei)`

Beschreibung Entnimmt *Datei* nur die Helligkeitskomponente des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- und PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die `HLSLESEN` liefert.

Argumente

- Datei* ZeichenkettenvARIABLE für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

HLSLESEN

Dateizugriff

Syntax HLSLESEN(*Datei*)

Beschreibung Erstellt eine Matrix, in der die Farbinformationen aus *Datei* durch die entsprechenden Werte für Farbton, Helligkeit und Sättigung dargestellt sind. *Datei* darf im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format vorliegen.

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

Siehe auch RGBLESEN für einen Überblick

HLS_SAT_LESEN

Dateizugriff

Syntax HLS_SAT_LESEN(*Datei*)

Beschreibung Entnimmt *Datei* nur die Sättigungskomponente des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die HLSLESEN liefert.

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

HLSSCHREIBEN

Dateizugriff

Syntax HLSSCHREIBEN(*Datei*)

Beschreibung Erzeugt aus einer Matrix, die aus der Aneinanderreihung der drei Matrizen für die Farbton-, Helligkeits- und Sättigungskomponenten eines Bildes besteht, die Bilddatei *Datei* für ein Farbbild im BMP-Format

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad des BMP-Bildes

M Matrix mit ganzen Zahlen, $0 \leq \mathbf{M}_{i,j} \leq 255$

Siehe auch RGBSCHREIBEN für eine allgemeine Übersicht über das Erstellen von Dateien für Farbdaten

HLS_TON_LESEN

Dateizugriff

Syntax HLS_TON_LESEN(*Datei*)

Beschreibung Entnimmt *Datei* nur die Farbtonkomponente des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die HLSLESEN liefert.

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

hmean

Statistische Funktion

Syntax hmean(A)

Beschreibung Liefert das harmonische Mittel der Elemente von A:

$$\text{hmean}(\mathbf{A}) = \left(\frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{1}{A_{i,j}} \right)^{-1}$$

Argumente

A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor, mit allen Elementen größer als Null

Anmerkungen hmean(A, B, C, ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert das harmonische Mittel der Elemente A, B, C, ...

Siehe auch gmean, mittelwert, median, modus

HSVLESEN

Dateizugriff

Syntax HSVLESEN(Datei)

Beschreibung Erstellt eine Matrix, in der die Farbinformationen aus Datei durch die entsprechenden Werte für Farbton, Sättigung und Wert dargestellt sind. Datei darf im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format vorliegen.

Argumente

Datei Zeichenkettensvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

Siehe auch RGBLESEN für einen Überblick

HSV_SAT_LESEN

Dateizugriff

Syntax HSV_SAT_LESEN(Datei)

Beschreibung Entnimmt Datei nur die Sättigungskomponente des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die HSV_LESEN liefert.

Argumente

Datei Zeichenkettensvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

HSVSCHREIBEN

Dateizugriff

Syntax HSVSCHREIBEN(Datei)

Beschreibung Erzeugt aus einer Matrix, die aus der Aneinanderreihung der drei Matrizen für die Farbton-, Sättigungs- und Wertkomponenten eines Bildes besteht, die Bilddatei Datei für ein Farbbild im BMP-Format

Argumente

- Datei* Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad des BMP-Bildes
- M** Matrix mit ganzen Zahlen, $0 \leq M_{i,j} \leq 255$

Siehe auch RGBSCHREIBEN für eine allgemeine Übersicht

HSV_TON_LESENDateizugriff

- Syntax** HSV_TON_LESEN(*Datei*)
- Beschreibung** Entnimmt *Datei* nur die Farbtonkomponente des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die HSV_LESEN liefert.

Argumente

- Datei* Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

HSV_WERT_LESENDateizugriff

- Syntax** HSV_WERT_LESEN(*Datei*)
- Beschreibung** Entnimmt *Datei* nur die Wertkomponente des Farbbildes im BMP-, GIF-, JPG- oder TGA-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die HSV_LESEN liefert.

Argumente

- Datei* Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

I0Bessel-Funktion

- Syntax** I0(*x*)
- Beschreibung** Liefert den Wert der modifizierten Bessel-Funktion **I**₀(*x*) der ersten Art. Entspricht ln(0, *x*).

Argumente

- x* reelle Zahl

Algorithmus Small order approximation (Abramowitz und Stegun, 1972)

I1Bessel-Funktion

- Syntax** I1(*x*)
- Beschreibung** Liefert den Wert der modifizierten Bessel-Funktion **I**₁(*x*) der ersten Art. Entspricht ln(1, *x*).

Argumente

x reelle Zahl

Algorithmus Small order approximation (Abramowitz und Stegun, 1972)

ibeta Sonderfunktion

Syntax `ibeta(a , x , y)`

Beschreibung Liefert den Wert der unvollständigen Beta-Funktion mit dem Parameter a an der Stelle (x, y)

Argumente

a reelle Zahl

x, y reelle Zahlen, $x > 0, y > 0$

Anmerkungen Die unvollständige Beta-Funktion taucht häufig in Wahrscheinlichkeitsberechnungen auf. Sie ist durch folgende Formel definiert:

$$\text{ibeta}(a, x, y) = \frac{\Gamma(x+y)}{\Gamma(x) \cdot \Gamma(y)} \cdot \int_0^a t^{x-1} \cdot (1-t)^{y-1} dt .$$

Algorithmus *Stetige Bruchentwicklung =? Continued fraction expansion* (Abramowitz und Stegun, 1972)

icfft Fourier-Transformation

Syntax `icfft(A)`

Beschreibung Liefert die inverse Fourier-Transformation zu `cfft`. Liefert ein Feld derselben Größe wie das als Argument übergebene Feld.

Argumente

A reelle(r) oder komplexe(r) Matrix oder Vektor

Anmerkungen Die Funktionen `cfft` und `icfft` sind genau invers zueinander: `icfft(cfft(A)) = A`.

Algorithmus Singleton-Methode (Singleton, 1986)

Siehe auch `fft` für weitere Einzelheiten und `cfft` für ein Beispiel

ICFFT Fourier-Transformation

Syntax `ICFFT(A)`

Beschreibung Liefert die inverse Fourier-Transformation zu `CFFT`. Liefert ein Feld derselben Größe wie das als Argument übergebene Feld.

Argumente

A reelle(r) oder komplexe(r) Matrix oder Vektor

Anmerkungen Die Funktionen CFFT und ICFFT sind genau invers zueinander:
icfft(cfft(A)) = A.

Algorithmus Singleton-Methode (Singleton, 1986)

Siehe auch fft für weitere Einzelheiten und CFFT für ein Beispiel

ifft Fourier-Transformation

Syntax ifft(v)

Beschreibung Liefert die inverse Fourier-Transformation zu fft. Liefert einen reellen Vektor mit 2^n Elementen.

Argumente

v reeller Vektor mit $1 + 2^{n-1}$ Elementen, wobei n eine ganze Zahl ist

Anmerkungen Das Argument v ist ein Vektor, der den von der Funktion fft erzeugten Vektoren ähnelt. Um das Ergebnis zu berechnen, erzeugt Mathcad zunächst einen neuen Vektor w, indem die Konjugierten der Elemente von v erzeugt und an den Vektor v angehängt werden. Anschließend berechnet Mathcad einen Vektor d, dessen Elemente folgender Formel genügen:

$$d_j = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{n-1} w_k e^{-2\pi i (j/n)k}.$$

Dies ist, abgesehen von dem Minuszeichen im Exponenten, dieselbe Formel wie für fft. Die Funktionen fft und ifft sind genau invers zueinander. Für alle reellen v gilt: ifft(fft(v)) = v.

Algorithmus Cooley-Tukey (Press et al., 1992)

Siehe auch fft für weitere Einzelheiten

IFFT Fourier-Transformation

Syntax IFFT(v)

Beschreibung Liefert die inverse Fourier-Transformation zu FFT. Liefert einen reellen Vektor mit 2^n Elementen.

Argumente

v reeller Vektor mit $1 + 2^{n-1}$ Elementen, wobei n eine ganze Zahl ist

Algorithmus Cooley-Tukey (Press et al., 1992)

Siehe auch fft für weitere Einzelheiten

Im	Komplexe Zahlen
Syntax	$\text{Im}(z)$
Beschreibung	Liefert den imaginären Anteil von z
Argumente	z reelle oder komplexe Zahl
Siehe auch	Re

In	Bessel-Funktion
Syntax	$\text{In}(m, x)$
Beschreibung	Liefert den Wert der modifizierten Bessel-Funktion $\mathbf{I}_m(x)$ der ersten Art
Argumente	m ganze Zahl, $0 \leq m \leq 100$ x reelle Zahl
Anmerkungen	Lösung der Differentialgleichung $x^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2}y + x \cdot \frac{d}{dx}y - (x^2 + m^2) \cdot y = 0$.
Algorithmus	Small order approximation, upward recurrence Relation (Abramowitz und Stegun, 1972; Press et al., 1992)
Siehe auch	Kn

interp	Interpolation und Vorhersage
	Eindimensionaler Fall
Syntax	$\text{interp}(\mathbf{vs}, \mathbf{vx}, \mathbf{vy}, x)$
Beschreibung	Interpoliert den Wert aus Spline- oder Regressions-Koeffizienten. Nimmt die drei Vektorargumente \mathbf{vx} , \mathbf{vy} (gleich groß) und \mathbf{vs} entgegen. Liefert den interpolierten y -Wert zur Stelle x .
Argumente	\mathbf{vs} reeller Ergebnisvektor der Interpolationsroutinen <code>bspline</code> , <code>kspline</code> oder <code>pspline</code> bzw. der Regressionsroutinen <code>regress</code> oder <code>loess</code> \mathbf{vx} , \mathbf{vy} reelle Vektoren derselben Größe x reelle Zahl
Anmerkungen	Lassen Sie uns zuerst über das Ergebnis von kubischen Spline-Routinen bei <code>interp</code> sprechen. Um den interpolierten Wert für ein bestimmtes x zu ermitteln, bestimmt Mathcad die beiden Punkte, zwischen die der Punkt x fällt. Als Ergebnis wird der y -Wert des von diesen beiden Punkten umschlossenen kubischen Kurvenabschnitts zurückgeliefert. Für vor dem ersten Wert aus \mathbf{vx} liegende x -Werte extrapoliert Mathcad den kubischen Kurvenabschnitt mittels

der beiden ersten Punkte von **vx**. Entsprechend extrapoliert Mathcad den kubischen Kurvenabschnitt für hinter dem letzten Wert von **vx** liegende x -Werte mittels der beiden letzten Punkte von **vx**.

Um gute Ergebnisse zu erzielen, sollten Sie die Funktion **interp** nicht auf x -Werte anwenden, die zu weit von geeigneten Punkten entfernt sind. Da Splines zur Interpolation und nicht zur Extrapolation gedacht sind, ist es unwahrscheinlich, dass für solche x -Werte berechnete Werte von Nutzen sind. Greifen Sie als Alternative auf **prognose** zurück.

Bei **regress** errechnet **interp** einfach den Wert des Regresspolynoms: für **loess** verwendet **interp** das lokale Polynom der kleinsten Quadrate beim Intervall.

Zweidimensionaler Fall

Syntax **interp**(**vs**, **Mxy**, **Mz**, **v**)

Beschreibung Interpoliert den Wert aus Spline- oder Regressions-Koeffizienten. Nimmt zwei Matrixargumente **Mxy** und **Mz** (mit derselben Zeilenanzahl) sowie ein Vektorargument **vs** entgegen. Liefert den interpolierten z -Wert zum Punkt

$x = v_0$ und $y = v_1$.

Argumente

- vs** reeller Ergebnisvektor der Interpolationsroutinen **bspline**, **kspline** oder **pspline** bzw. der Regressionsroutinen **regress** oder **loess**
- Mxy**, **Mz** reelle Matrizen (mit derselben Zeilenanzahl)
- v** reeller zweidimensionaler Vektor

Anmerkungen Um gute Ergebnisse zu erzielen, sollten Sie die Funktion **interp** nicht auf x - und y -Werte anwenden, die zu weit von den Gitterpunkten entfernt sind. Da Splines zur Interpolation und nicht zur Extrapolation gedacht sind, ist es unwahrscheinlich, dass für solche x - und y -Werte berechnete Werte von Nutzen sind. Greifen Sie als Alternative auf **prognose** zurück.

Siehe auch **lspline** für ein Beispiel, **bspline**, **kspline**, **pspline**, **regress**, **loess**

IsArray

Ausdruck-Funktion

Syntax **IsArray**(x)

Beschreibung Liefert den Wert 1, falls x eine Matrix oder ein Vektor ist; sonst 0.

Argumente

- x reelle oder komplexe Zahl, Feld oder Zeichenkette

IsScalar		Ausdruck-Funktion
Syntax	IsScalar(x)	
Beschreibung	Liefert den Wert 1, falls x eine reelle oder komplexe Zahl ist; sonst 0.	
Argumente	x reelle oder komplexe Zahl, Feld oder Zeichenkette	
IsString		Ausdruck-Funktion
Syntax	IsString(x)	
Beschreibung	Liefert den Wert 1, falls x eine Zeichenkette ist; sonst 0.	
Argumente	x reelle oder komplexe Zahl, Feld oder Zeichenkette	
iwave		Wavelet-Transformation
Syntax	iwave(v)	
Beschreibung	Liefert die inverse Wavelet-Transformation zu wave	
Argumente	v reeller Vektor mit 2^n Elementen, wobei $n > 0$ eine ganze Zahl ist	
Algorithmus	Pyramidenförmiger Daubechies-Vierkoeffizienten-Wavelet-Filter (Press et al., 1986)	
Siehe auch	wave für ein Beispiel	
izf		Finanzen
Syntax	izf(v , [guess])	
Beschreibung	Liefert die interne Kapitalverzinsung für diverse Cash Flows, v , die zu regelmäßigen Intervallen stattfinden	
Argumente	v reeller Vektor des Cash Flow guess (optional) reeller Schätzwert, Standard ist guess = 0,1 (10%)	
Anmerkungen	<p>In v müssen Zahlungen mit negativen Zahlen und Einnahmen mit positiven Zahlen eingegeben werden. Es muss mindestens einen negativen und einen positiven Wert in v geben.</p> <p>Wenn izf kein Ergebnis ermitteln kann, das nach 20 Iterationen eine Abweichung von $1 \cdot 10^{-5}$ Prozent zulässt, wird eine Fehlermeldung ausgegeben. In diesem Fall sollte ein anderer Schätzwert genommen werden, obwohl es hierbei keine Lösungsgarantie gibt.</p>	
Siehe auch	mizf, gnw	

J0	Bessel-Funktion
Syntax	$J_0(x)$
Beschreibung	Liefert den Wert der Bessel-Funktion $J_0(x)$ der ersten Art. Entspricht $J_n(0, x)$.
Argumente	
x	reelle Zahl
Algorithmus	Verfahren nach Steed (Press et al., 1992)

J1	Bessel-Funktion
Syntax	$J_1(x)$
Beschreibung	Liefert den Wert der Bessel-Funktion $J_1(x)$ der ersten Art. Entspricht $J_n(1, x)$.
Argumente	
x	reelle Zahl
Algorithmus	Verfahren nach Steed (Press et al., 1992)

Jac	Sonderfunktion
Syntax	$Jac(n, a, b, x)$
Beschreibung	Liefert den Wert des Jacobi-Polynoms n -ten Grades mit den Parametern a und b an der Stelle x
Argumente	
n	ganze Zahl, $n \geq 0$
a, b	reelle Zahlen, $a > -1, b > -1$
x	reelle Zahl
Anmerkungen	Die Jacobi-Polynome sind Lösungen der Differentialgleichung
	$(1 - x^2) \cdot \frac{d^2}{dx^2} y + (b - a - (a + b + 2) \cdot x) \cdot \frac{d}{dx} y - n \cdot (n + a + b + 1) \cdot y = 0$ und schließt die Chebyshev- und Legendre-Polynome als Spezialfälle mit ein.
Algorithmus	Rekursive Relation (Abramowitz und Stegun, 1972)

Jn	Bessel-Funktion
Syntax	$J_n(m, x)$
Beschreibung	Liefert den Wert der Bessel-Funktion $J_m(x)$ der ersten Art
Argumente	
m	ganze Zahl, $0 \leq m \leq 100$
x	reelle Zahl

Anmerkungen	Lösung der Differentialgleichung $x^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2}y + x \cdot \frac{d}{dx}y + (x^2 - m^2) \cdot y = 0$.
Algorithmus	Verfahren nach Steed (Press et al., 1992)
Siehe auch	Yn

js	Bessel-Funktion
Syntax	js(<i>n</i> , <i>x</i>)
Beschreibung	Liefert den Wert der sphärischen Bessel-Funktion der ersten Art <i>n</i> -ten Grades an der Stelle <i>x</i>
Argumente	
<i>x</i>	reelle Zahl, <i>x</i> > 0; <i>x</i> = 0 ist zulässig für js, wenn <i>n</i> ≥ 0
<i>n</i>	ganze Zahl
Anmerkungen	Lösung der Differentialgleichung: $x^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2}y + 2 \cdot x \cdot \frac{d}{dx}y + (x^2 - n \cdot (n + 1)) \cdot y = 0$.
Algorithmus	Small order approximation, upward recurrence Relation (Abramowitz und Stegun, 1972; Press et al., 1992)
Siehe auch	ys

K0	Bessel-Funktion
Syntax	K0(<i>x</i>)
Beschreibung	Liefert den Wert der modifizierten Bessel-Funktion K ₀ (<i>x</i>) der ersten Art. Entspricht Kn(0, <i>x</i>).
Argumente	
<i>x</i>	reelle Zahl, <i>x</i> > 0
Algorithmus	Small order approximation (Abramowitz und Stegun, 1972)

K1	Bessel-Funktion
Syntax	K1(<i>x</i>)
Beschreibung	Liefert den Wert der modifizierten Bessel-Funktion K ₁ (<i>x</i>) der ersten Art. Entspricht Kn(1, <i>x</i>).
Argumente	
<i>x</i>	reelle Zahl, <i>x</i> > 0
Algorithmus	Small order approximation (Abramowitz und Stegun, 1972)

Syntax kgltt(vx, vy, b)

Beschreibung Erzeugt einen neuen Vektor derselben Größe wie **vy**, der unter Verwendung eines Gauß'schen Kerns berechnete gewichtete Durchschnittswerte von **vy** liefert

Argumente

vx, vy reelle Vektoren derselben Größe; Elemente von **vx** müssen aufsteigend sortiert sein.

b reelle Bandbreite, $b > 0$; bestimmt den Glättungsbereich und sollte in Abhängigkeit davon, welche Bereichsgröße Sie beim Glätten verwenden wollen, ein Mehrfaches des Abstands zwischen den Datenpunkten entlang der x -Achse betragen.

Anmerkungen Die Funktion **kgltt** verwendet einen Gauß'schen Kern, um lokal gewichtete Durchschnittswerte des Eingabevektors **vy** zu berechnen. Dieses Glättungsverfahren ist am nützlichsten, wenn Ihre Daten auf einem Band verhältnismäßig konstanter Breite liegen. Falls Ihre Daten auf einem Band mit beträchtlich schwankender Breite verstreut liegen, sollten Sie auf ein adaptives Glättungsverfahren, wie beispielsweise **strgltt**, zurückgreifen.

Für jedes vy_j im n -dimensionalen Vektor **vy** liefert die Funktion **kgltt** ein neues vy'_j nach:

$$vy'_j = \frac{\sum_{j=1}^n K\left(\frac{vx_i - vx_j}{b}\right) vy_j}{\sum_{j=1}^n K\left(\frac{vx_i - vx_j}{b}\right)}, \text{ wobei } K(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot (0,37)} \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{2 \cdot (0,37)^2}\right)$$

und b die Bandbreite ist, die Sie an die Funktion **kgltt** übergeben. Die Bandbreite beträgt in Abhängigkeit davon, welche Bereichsgröße Sie beim Glätten verwenden wollen, üblicherweise ein Mehrfaches des Abstands der Datenpunkte entlang der x -Achse.

Algorithmus Moving window Gaussian Kernel Smoothing (Lorczak)

Siehe auch medgltt für weitere Einzelheiten, strgltt

Syntax knorm(x)

Beschreibung Liefert die kumulative Standard-Normalverteilung. Äquivalent zu $\text{pnorm}(x, 0, 1)$.

Argumente

x reelle Zahl

Anmerkungen Knorm wird hauptsächlich aus Kompatibilitätsgründen zu mit früheren Versionen von Mathcad erstellten Dokumenten bereitgestellt.

Kn Bessel-Funktion

Syntax $\text{Kn}(m, x)$

Beschreibung Liefert den Wert der modifizierten Bessel-Funktion $\mathbf{K}_m(x)$ der ersten Art

Argumente

m ganze Zahl, $0 \leq m \leq 100$

x reelle Zahl, $x > 0$

Anmerkungen Lösung der Differentialgleichung $x^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2}y + x \cdot \frac{d}{dx}y - (x^2 + m^2) \cdot y = 0$.

Algorithmus Small order approximation, upward recurrence Relation (Abramowitz und Stegun, 1972; Press et al., 1992)

Siehe auch Yn

korr Statistische Funktion

Syntax $\text{korr}(\mathbf{A}, \mathbf{B})$

Beschreibung Liefert den Korrelationskoeffizienten nach Pearson für die Elemente der beiden $m \times n$ -Felder **A** und **B**: $\text{korr}(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = \frac{\text{kvar}(\mathbf{A}, \mathbf{B})}{\text{stdabw}(\mathbf{A}) \cdot \text{stdabw}(\mathbf{B})}$

Argumente

A, B reelle oder komplexe $m \times n$ -Matrizen oder Vektoren derselben Größe

Siehe auch kvar

kspline Interpolation und Vorhersage

Eindimensionaler Fall

Syntax $\text{kspline}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy})$

Beschreibung Liefert den Koeffizienten-Vektor eines kubischen Splines mit kubischen Endpunkten. Dieser Vektor wird zum ersten Argument der Funktion interp.

Argumente

vx, vy reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von **vx** müssen aufsteigend sortiert sein.

Zweidimensionaler Fall

Syntax `kspline(Mxy, Mz)`

Beschreibung Liefert den Koeffizienten-Vektor eines zweidimensionalen kubischen Splines, der an den Bereichsgrenzen von **Mxy** kubisch sein muss. Dieser Vektor wird zum ersten Argument der Funktion `interp`.

Argumente

Mxy $n \times 2$ -Matrix, deren Elemente $M_{xyi,0}$ und $M_{xyi,1}$ die x - und y -Koordinaten entlang der *Diagonalen* eines rechtwinkligen Gitters angeben. Diese Matrix spielt genau dieselbe Rolle wie **vx** im zuvor beschriebenen eindimensionalen Fall. Da diese Punkte eine Diagonale beschreiben, müssen die Elemente in jeder Spalte von **Mxy** aufsteigend sortiert sein ($M_{xyi,k} < M_{xyj,k}$ für $i < j$).

Mz $n \times n$ -Matrix, deren ij -tes Element die z -Koordinate des Punktes mit $x = M_{xyi,0}$ und $y = M_{xyj,1}$ ist. **Mz** spielt genau dieselbe Rolle wie **vy** im zuvor beschriebenen eindimensionalen Fall.

Algorithmus Lösung tridiagonaler Systeme (Press et al., 1992; Lorzczak)

Siehe auch `lspline` für weitere Einzelheiten

kumtilg

Finanzen

Syntax `kumtilg(zsatz, nper, gw, start, end, [type])`

Beschreibung Liefert die aufgelaufenen Zinsen, die zwischen einem Startzeitraum, *start*, und einem Endzeitraum, *end*, bei einem vorgegebenen Zinssatz, *zsatz*, dem Gesamtzeitraum, *nper*, und dem aktuellen Wert der Anleihe, *gw*, für Kapitaleinlagen bezahlt wurden

Argumente

zsatz reeller Zinssatz, $zsatz \geq 0$

nper ganze Zahl für Gesamtzeitraum, $nper \geq 1$

gw reeller, aktueller Wert, $gw > 0$

start Startzeitraum der Ansammlung, $start \geq 1$

end Endzeitraum der Ansammlung, $end \geq 1$, $start \leq end$, $end \leq nper$

type (optional) Anzeiger für Zahlungsplanung. 0 für Zahlungen gegen Ende des Zeitraums. 1 für Zahlungen zu Beginn des Zeitraums. Standard ist $type = 0$.

Anmerkungen Wenn Sie den Jahreszinssatz, *ann_rate*, kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsatz = ann_rate/nper$.

Siehe auch `kumzins`, `zrate`, `ppmt`

Syntax	kumzins(<i>zsatz</i> , <i>nper</i> , <i>gw</i> , <i>start</i> , <i>end</i> , [<i>type</i>])
Beschreibung	Liefert die aufgelaufenen Zinsen, die zwischen einem Startzeitraum, <i>start</i> , und einem Endzeitraum, <i>end</i> , bei einem vorgegebenen Zinssatz, <i>zsatz</i> , dem Gesamtzeitraum, <i>nper</i> , und dem aktuellen Wert der Anleihe, <i>gw</i> , für Anleihen bezahlt wurden
Argumente	
zsatz	reeller Zinssatz, $zsatz \geq 0$
nper	ganze Zahl für Gesamtzeitraum, $nper \geq 1$
gw	reeller, aktueller Wert, $gw > 0$
start	Startzeitraum der Ansammlung, $start \geq 1$
end	Endzeitraum der Ansammlung, $end \geq 1$, $start \leq end$, $end \leq nper$
type	(optional) Anzeiger für Zahlungsplanung. 0 für Zahlungen gegen Ende des Zeitraums. 1 für Zahlungen zu Beginn des Zeitraums. Standard ist $type = 0$.
Anmerkungen	Wenn Sie den Jahreszinssatz, <i>ann_rate</i> , kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsatz = ann_rate/nper$.
Siehe auch	kumtilg, gesverz, zrate

Syntax	kurt(A)
Beschreibung	Liefert den Häufigungsgrad der Elemente von A :
	$kurt(\mathbf{A}) = \left(\frac{mn(mn+1)}{(mn-1)(mn-2)(mn-3)} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left(\frac{\mathbf{A}_{i,j} - \text{mittelwert}(\mathbf{A})}{\text{Stdabw}(\mathbf{A})} \right)^4 \right) - \frac{3 \cdot (mn-1)^2}{(mn-2)(mn-3)}$
Argumente	
A	reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor; $m \cdot n \geq 4$
Anmerkungen	kurt(A , B , C , ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert den Häufigungsgrad der Elemente A , B , C , ...

Syntax	kvar(A , B)
Beschreibung	Liefert die Kovarianz der Elemente in den beiden $m \times n$ -Feldern A und B :
	$kvar(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left[\mathbf{A}_{i,j} - \text{mittelwert}(\mathbf{A}) \right] \overline{\left[\mathbf{B}_{i,j} - \text{mittelwert}(\mathbf{B}) \right]}$, wobei der Balken die Konjugiertkomplexe kennzeichnet.

Argumente

A, B reelle oder komplexe $m \times n$ -Matrizen oder Vektoren

Siehe auch korr

LadeFarbwerte Dateizugriff

Syntax LadeFarbwerte(*Datei*)

Beschreibung Liefert ein Feld mit den Werten der Farbpalette *Datei*

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für einen CMP-Dateinamen

Anmerkungen *Datei* ist der Dateiname für eine im Unterverzeichnis »CMAPS« Ihres Mathcad-Verzeichnisses befindliche Farbpalette. Die Funktion **LadeFarbwerte** ist nützlich, wenn Sie eine Farbpalette bearbeiten oder zur Erstellung einer neuen Farbpalette verwenden wollen. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.

Siehe auch SpeichernFarbwerte

Lag Sonderfunktion

Syntax Lag(*n*, *x*)

Beschreibung Liefert den Wert des Laguerre-Polynoms *n*-ten Grades an der Stelle *x*

Argumente

n ganze Zahl, $n \geq 0$

x reelle Zahl

Anmerkungen Die Laguerre-Polynome sind Lösungen der Differentialgleichung:

$$x \cdot \frac{d^2}{dx^2} y + (1 - x) \cdot \frac{d}{dx} y + n \cdot y = 0.$$

Algorithmus Recurrence Relation (Abramowitz und Stegun, 1972)

länge Vektor- und Matrixfunktion

Syntax länge(**v**)

Beschreibung Liefert die Anzahl von Vektorelementen in **v**

Argumente

v Vektor

Anmerkungen entspricht zeilen(**v**)

lcm**Zahlentheorie/Kombinatorik**

Syntax lcm(**A**)

Beschreibung Liefert die kleinste positive ganze Zahl, die ein Vielfaches aller im Feld **A** enthaltenen Werte ist. Diese ganze Zahl wird als kleinstes gemeinsames Vielfaches der Elemente aus **A** bezeichnet.

Argumente

A ganzzahlige(r) Matrix oder Vektor; alle Elemente in **A** sind größer als Null.

Anmerkungen lcm(**A**, **B**, **C**, ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert das gemeinsame Vielfache der Elemente **A**, **B**, **C**, ...

Algorithmus Euklidischer Algorithmus (Niven und Zuckerman, 1972)

Siehe auch gcd

Leg**Sonderfunktion**

Syntax Leg(*n*, *x*)

Beschreibung Liefert den Wert des Legendre-Polynoms *n*-ten Grades an der Stelle *x*

Argumente

n ganze Zahl, $n \geq 0$

x reelle Zahl

Anmerkungen Die Legendre-Polynome sind Lösungen der Differentialgleichung:

$$(1 - x^2) \cdot \frac{d^2}{dx^2} y - 2 \cdot x \cdot \frac{d}{dx} y + n \cdot (n + 1) \cdot y = 0.$$

Algorithmus Recurrence Relation (Abramowitz und Stegun, 1972)

letzte**Vektor- und Matrixfunktion**

Syntax letzte(**v**)

Beschreibung Liefert den Index des letzten Vektorelements von **v**

Argumente

v Vektor

Anmerkungen letzte(**v**) = länge(**v**) – 1 + ORIGIN

Siehe auch zeilen

Syntax lgsanp(vx, vy, vg)

Beschreibung Liefert zur Erstellung der Funktion $a \cdot (1 + b \exp(-cx))^{-1}$ einen Vektor mit den Parametern (a, b, c) , der sich am besten an die Daten in **vx** und **vy** annähert

Argumente

- vx, vy** reelle Vektoren derselben Größe
vg reeller Vektor mit Schätzwerten für (a, b, c)

Anmerkungen Dies ist ein spezieller Fall der **genanp**-Funktion. Ein Vektor mit Schätzwerten ist für die Initialisierung erforderlich. Je niedriger der Wert der vorgegebenen TOL-Variable, desto genauer ist das Ergebnis in **lgsanp**.

Siehe auch linie, linanp, genanp, expanp, loganp, potanp, sinanp, medianp

Syntax linanp(vx, vy, F)

Beschreibung Liefert einen Vektor mit den zur Erstellung einer Linearkombination der Funktionen in **F** verwendeten Koeffizienten, die sich am besten an die Daten in **vx** und **vy** annähert. In der Funktion **genanp** finden Sie ein allgemeineres Verfahren.

Argumente

- vx, vy** reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von **vx** müssen aufsteigend sortiert sein.
F eine Funktion einer einzigen Variable, die einen Vektor mit Funktionen zurückliefert

Beispiel

$$\mathbf{vx} := \begin{bmatrix} 0 \\ .2 \\ .4 \\ .6 \\ .8 \end{bmatrix} \quad \mathbf{vy} := \begin{bmatrix} .43 \\ .22 \\ .8 \\ .1 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{g}(t) := \mathbf{F}(t) \cdot \mathbf{S}$$

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 3.087 \\ -1.475 \\ 0.515 \end{bmatrix}$$

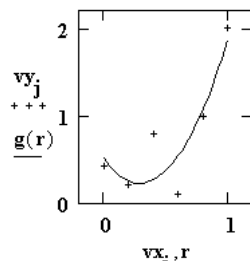
$$\text{Beste Anpassung: } 3.087x^2 - 1.475x + 0.515 \cdot \frac{1}{x+1}$$

$$\mathbf{F}(x) := \begin{bmatrix} x^2 \\ x \\ \frac{1}{x+1} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{j} := 0..5$$

$$\mathbf{S} := \text{linanp}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}, \mathbf{F})$$

$$\mathbf{r} := 0, .025..1$$



Anmerkungen Nicht alle Datensätze lassen sich durch Geraden oder Polynome modellieren. Es gibt Situationen, in denen Sie Ihre Daten mit einer Linearkombination aus beliebigen Funktionen modellieren müssen, von denen keine einzige Polynomausdrücke darstellt. In einer Fourier-Reihe versuchen Sie beispielsweise die Daten mittels einer Linearkombination komplexer Exponentialfunktionen anzunähern. Oder Sie sind davon überzeugt, dass Ihre Daten durch eine gewichtete Kombination von Legendre-Polynomen modelliert werden können, wissen jedoch nicht, welche Gewichtungen zu verwenden sind.

Die Funktion `linanp` ist für die Lösung dieser Art von Problemen gedacht. Wenn Sie glauben, dass sich Ihre Daten durch eine Linearkombination beliebiger Funktionen modellieren lassen:

$$y = a_0 \cdot f_0(x) + a_1 \cdot f_1(x) + \dots + a_n \cdot f_n(x) ,$$

sollten Sie `linanp` zur Bestimmung der a_i verwenden. Das obige Beispiel zeigt eine Linearkombination der drei Funktionen x , x^2 und $(x + 1)^{-1}$ zur Modellierung von Daten.

Es gibt aber auch Situationen, in denen selbst die Flexibilität von `linanp` nicht ausreicht. Möglicherweise müssen Ihre Daten nicht durch eine Linearkombination, sondern durch eine Funktion mit erst noch zu bestimmenden Parametern modelliert werden. Wenn sich Ihre Daten beispielsweise durch folgende Summe modellieren lassen:

$$f(x) = a_1 \cdot \sin(2x) + a_2 \cdot \tanh(3x)$$

und Sie nur noch die unbekannten Gewichtungen a_1 und a_2 zu bestimmen brauchen, dann ist `linanp` ausreichend. Wenn Ihre Daten hingegen durch folgende Summe modelliert werden:

$$f(x) = 2 \cdot \sin(a_1x) + 3 \cdot \tanh(a_2x)$$

und nun die unbekannten Parameter a_1 und a_2 zu bestimmen sind, dann sollten Sie die Funktion `genanp` verwenden.

Algorithmus SVD-basierte Minimierung nach der Methode der kleinsten Quadrate (Press et al., 1992)

Siehe auch `genanp`, `linie`

linie	Regression und Glättung
Syntax	<code>linie(vx, vy)</code>
Beschreibung	Liefert einen Vektor, der den y-Achsenabschnitt und die Steigung der Regressionsgeraden der kleinsten Quadrate enthält
Argumente	
<code>vx, vy</code>	reelle Vektoren derselben Größe
Siehe auch	<code>neigung</code> , weitere Details unter <code>achsenabschn</code> , <code>stderr</code> , <code>medanp</code>

linterp

Interpolation und Vorhersage

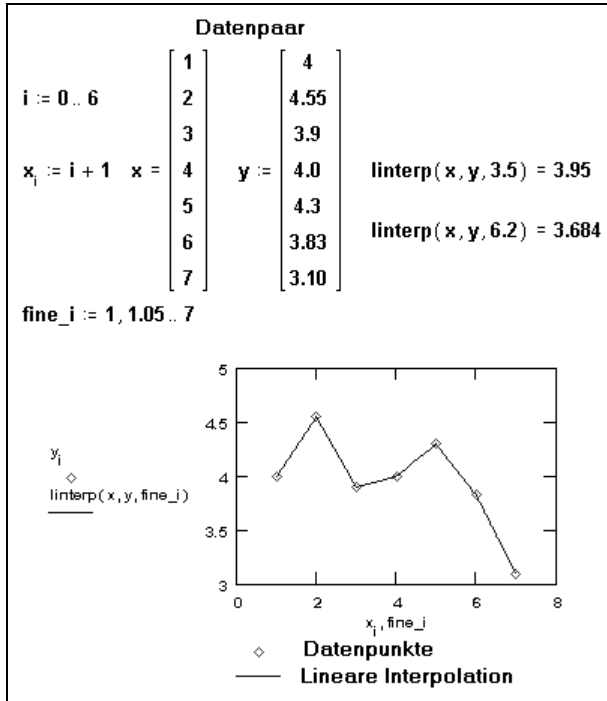
Syntax `linterp(vx, vy, x)`

Beschreibung Liefert einen linear interpolierten Wert zur Stelle x

Argumente

- vx, vy reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von vx müssen aufsteigend sortiert sein.
- x reelle Zahl, für die interpoliert werden soll

Beispiel



Anmerkungen Bei der Interpolation werden vorhandene Datenpunkte verwendet, um zwischen diesen Datenpunkten liegende Werte vorherzusagen. Mathcad ermöglicht es Ihnen, die Datenpunkte entweder mit geraden Linien (lineare Interpolation wie bei `linterp`) oder mit Abschnitten eines kubischen Polynoms (kubische Spline-Interpolation wie bei `lspline`, `pspline`, `kspline`, `bspline` und `interp`) zu verbinden.

Im Gegensatz zu den an anderer Stelle behandelten Regressionsfunktionen liefern diese Interpolationsfunktionen eine Kurve, die durch die von Ihnen vorgegebenen Punkte verläuft. Aus diesem Grunde ist die resultierende Funktion äußerst empfindlich gegenüber verfälschten Datenpunkten. Wenn Ihre Daten verrauscht sind, sollten Sie stattdessen eher auf die Regressionsfunktionen zurückgreifen.

Sorgen Sie dafür, dass in allen Feldelementen von **vx** und **vy** Datenwerte enthalten sind. Da jedes Feldelement über einen Wert verfügen muss, weist Mathcad jedem nicht ausdrücklich von Ihnen belegten Element den Wert 0 zu.

Um den interpolierten Wert für ein bestimmtes x zu bestimmen, ermittelt **linterp** die beiden Punkte, zwischen die der Wert fällt und liefert den entsprechenden y -Wert auf der geraden Linie zwischen den beiden Punkten als Ergebnis zurück.

Für vor dem ersten Punkt aus **vx** liegende x -Werte extrapoliert **linterp** die gerade Linie zwischen den ersten beiden Datenpunkten.

Um gute Ergebnisse zu erzielen, sollte der x -Wert zwischen dem größten und kleinsten Wert des Vektors **vx** liegen. Da die Funktion **linterp** zur Interpolation und nicht zur Extrapolation gedacht ist, sind für außerhalb dieses Bereichs liegende x -Werte berechnete Werte wahrscheinlich von geringem Nutzen. Greifen Sie als Alternative auf **prognose** zurück.

llösen

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax

llösen(**M**, **v**)

Beschreibung

Liefert einen Lösungsvektor **x**, so dass $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{v}$

Argumente

- M** reelle oder komplexe Quadratmatrix, die weder singulär noch annähernd singulär ist
- v** reeller oder komplexer Vektor

Beispiel

$\begin{aligned} 3 \cdot x + 6 \cdot y &= 9 \\ 2 \cdot x + .54 \cdot y &= 4 \end{aligned}$	← Aufzulösendes Gleichungssystem.
$\mathbf{M} := \begin{pmatrix} 3 & 6 \\ 2 & .54 \end{pmatrix} \quad \mathbf{v} := \begin{pmatrix} 9 \\ 4 \end{pmatrix}$	← Matrix und Vektor erstellen.
$\text{llösen}(\mathbf{M}, \mathbf{v}) = \begin{pmatrix} 1.844 \\ 0.578 \end{pmatrix}$	← Wert für x , der dem Gleichungssystem genügt. ← Wert für y , der dem Gleichungssystem genügt.

Anmerkungen

Eine Matrix ist singulär, wenn ihre Determinante Null ist; sie ist annähernd singulär, wenn sie über eine hohe Konditionalzahl verfügt. Sie können ein lineares Gleichungssystem auch unter Verwendung der Matrixinversion mittels numerischer oder symbolischer Lösungsblöcke auflösen.

Algorithmus

LU-Zerlegung und Vorwärts/Rückwärts-Substitution (Press et al., 1992)

In Logarithmus- und Exponentialfunktion

Syntax $\ln(z)$

Beschreibung Liefert den natürlichen Logarithmus für z ungleich Null (zur Basis e). Für komplexe z ist dies der Hauptwert (imaginärer Anteil zwischen π und $-\pi$).

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl ungleich Null

Beispiel

$\ln(2) = 0.693$	\longleftrightarrow	$e^{.693} = 2$
$\ln(-2) = 0.693 + 3.142i$		\leftarrow Der Logarithmus einer negativen Zahl ist stets der Logarithmus des Betrags plus πi
$\ln(0) =$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Bereichsfehler</div>		\leftarrow Da alles, was in die nullte Potenz erhoben wird, 1 ist, läßt sich der Logarithmus von 0 nicht berechnen.
$\ln(1) = 0$	\longleftrightarrow	$e^0 = 1$

Anmerkungen Im Allgemeinen liefert ein komplexes Argument in der Funktion für den natürlichen Logarithmus das Ergebnis von:

$$\ln(x + i \cdot y) = \ln|x + i \cdot y| + \operatorname{atan}(y/x) \cdot i + 2 \cdot n \cdot \pi \cdot i$$

Die Mathcad-Funktion \ln liefert den Wert für $n = 0$, d. h.:

$$\ln(x + i \cdot y) = \ln|x + i \cdot y| + \operatorname{atan}(y/x) \cdot i \quad (\text{Hauptverzweigung des natürlichen Logarithmus})$$

Siehe auch \log

Infit Regression und Glättung

Syntax $\operatorname{Infit}(vx, vy)$

Beschreibung Gibt einen Vektor mit den Parametern (a, b) zurück, mit denen sich die Funktion $a \cdot \ln(x) + b$ am besten an die Daten von vx und vy annähert

Argumente

vx, vy reelle Vektoren gleicher Größe

Anmerkungen Dies ist eine Alternative mit zwei Parametern zur loganp -Funktion mit drei Parametern. Sie verwendet die lineare Regression, um die Kurve anzupassen (indem der Logarithmus der y -Werte genommen wird, da keine Abschätzung der Vektorwerte erfolgen muss).

Siehe auch linie , linanp , genanp , expanp , potanp , loganp , lgsanp , sinanp , medanp

loess Regression und Glättung

Eindimensionaler Fall

Syntax $\operatorname{loess}(vx, vy, \text{spanne})$

Beschreibung Liefert den von der Funktion `interp` benötigten Vektor zum Ermitteln des Polynoms zweiten Grades, das am besten in bestimmte Umgebungen von in den Feldern `vx` und `vy` angegebenen Datenpunkten passt

Argumente

- `vx, vy` reelle Vektoren derselben Größe
- `spanne` reelle Zahl; `spanne > 0` gibt die Größe der Umgebung an, die `loess` bei der Durchführung dieser lokalen Regression betrachtet

Beispiel

```
i := 0..39   x_i := i - 10   y := stapeln(P,Q)

y1 := loess(x, y, 0.9)  <-- Bereich=0.9
y2 := loess(x, y, 0.3)  <-- Bereich=0.3
```

Ein kleinerer Bereich führt zu einer kleineren Nachbarschaft, was zu einer Regressionskurve führt, die die Daten noch genauer beschreibt.

-3.5	1.99
-1	2.24
0.9	2.89
2.11	3.59
2.78	4.39
3.41	4.7
3.65	5.12
3.65	5.25
3.79	5.39
3.53	5.16
3.55	4.9
2.95	4.4
2.54	3.7
2	2.89
1.49	2.11
1.2	1.81
1.1	1.77
1.18	2
1.29	2.4
1.64	3.4

Anmerkungen Anstatt wie `regress` ein einziges Polynom zu ermitteln, generiert `loess` in Abhängigkeit von der von Ihnen gewünschten Stelle auf der Kurve ein unterschiedliches Polynom zweiten Grades. Hierzu wird eine kleine Umgebung des Sie interessierenden Punktes untersucht. Das Argument `spanne` bestimmt die Größe dieser Umgebung. Mit zunehmender `spanne` wird `loess` äquivalent zu `regress` für $n = 2$. Ein guter Vorgabewert für `spanne` ist 0,75.

Das vorstehende Beispiel zeigt, welche Auswirkungen `spanne` auf die von der Funktion `loess` generierten Ergebnisse hat. Ein kleinerer Wert für `spanne` lässt die Ergebniskurve die Schwankungen in den Daten in stärkerem Maße nachzeichnen. Ein größerer Wert für `spanne` führt zu einem Verwischen der Schwankungen in den Daten und somit zu einer glatteren Ergebniskurve.

Zweidimensionaler Fall

Syntax `loess(Mxy, vz, spanne)`

Beschreibung	Liefert den von der Funktion <code>interp</code> benötigten Vektor zum Ermitteln des Polynoms zweiten Grades, das am besten in bestimmte Umgebungen von in den Feldern Mxy und vz angegebenen Datenpunkten passt
Argumente	
Mxy	reelle $m \times 2$ -Matrix mit den x - y -Koordinaten der m Datenpunkte
vz	reeller m -dimensionaler Vektor mit den z -Koordinaten zu den in Mxy angegebenen Punkten
spanne	reelle Zahl; <i>spanne</i> > 0 gibt die Größe der Umgebung an, die <code>loess</code> bei der Durchführung dieser lokalen Regression betrachtet
Anmerkungen	Kann einfach auf die drei- und vierdimensionalen Fälle erweitert werden (also auf bis zu vier unabhängige Variablen)
Algorithmus	Lokale Polynomabschätzung (Cleveland und Devlin, 1988)
Siehe auch	<code>regress</code> für weitere Einzelheiten

log

Logarithmus- und Exponentialfunktion

Klassische Definition

Syntax	<code>log(z)</code>
Beschreibung	Liefert den Logarithmus von z ungleich Null zur Basis 10. Für komplexe z ist das Ergebnis der Hauptwert (imaginärer Anteil zwischen π und $-\pi$).
Argumente	
z	reelle oder komplexe Zahl ungleich Null

Erweiterte Definition

Syntax	<code>log(z, b)</code>
Beschreibung	Liefert den Logarithmus von z ungleich Null zur Basis b . Für komplexe z ist das Ergebnis der Hauptwert (imaginärer Anteil zwischen π und $-\pi$).
Argumente	
z	reelle oder komplexe Zahl ungleich Null
b	reelle Zahl, $b > 0$, $b \neq 1$
Siehe auch	<code>ln</code>

loganp

Regression und Glättung

Syntax	<code>loganp(vx, vy, vg)</code>
Beschreibung	Liefert einen Vektor, der die Parameter (a, b, c) enthält, aus denen die Funktion $a \cdot \ln(x + b) + c$ erstellt wird, die am besten zu den Datenfeldern vx und vy passt

Argumente

- vx, vy** reelle Vektoren derselben Größe
- vg** reeller Vektor mit Schätzwerten für (a, b, c)

Anmerkungen Dies ist ein spezieller Fall der **genanp**-Funktion. Je niedriger der Wert der vorgegebenen **TOL**-Variable, desto genauer das Ergebnis von **loganp**.

Siehe auch **linie**, **linanp**, **genanp**, **expanp**, **potanp**, **lgsanp**, **sinanp**, **medanp**

lookup

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax **lookup**(*z*, **A**, **B**)

Beschreibung Sucht in einem Vektor oder einer Matrix **A** nach dem gegebenen Wert *z* und gibt den oder die Werte an der oder den gleichen Positionen (d. h. gleiche Reihen- und Spaltennummer) der Matrix **B** zurück. Mehrere Werte werden als Vektor dargestellt, reihenweise sortiert, beginnend in der oberen linken Ecke von **B** und von dort nach rechts verlaufend.

Argumente

- z** reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge
- A, B** reelle oder komplexe Zahl oder Zeichenfolge, $m * n$ Matrix oder Vektor

Anmerkungen Der Grad der Genauigkeit des Vergleichs wird durch die **TOL**-Einstellung für das Arbeitsblatt festgelegt.

Siehe auch **hlookup**, **vlookup**, **match**

Ispline

Interpolation und Vorhersage

Eindimensionaler Fall

Syntax **Ispline**(**vx**, **vy**)

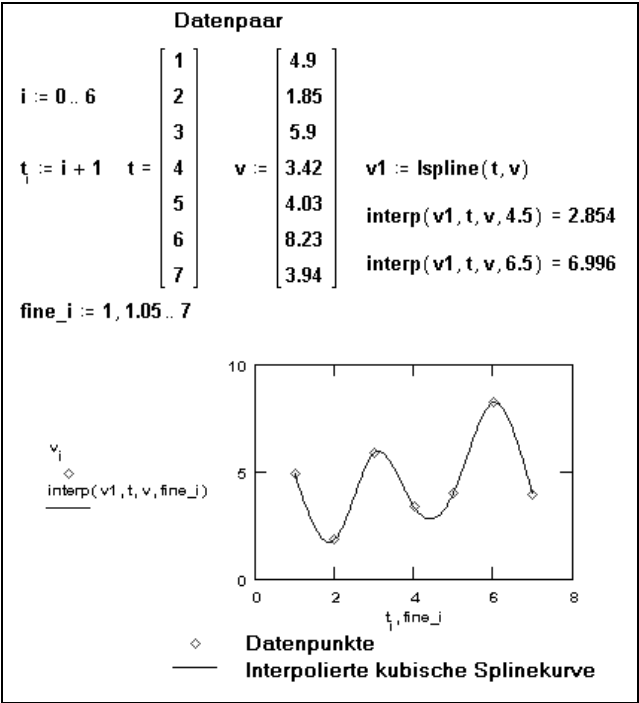
Beschreibung Liefert den Koeffizienten-Vektor eines kubischen Splines mit linearen Endpunkten. Dieser Vektor wird zum ersten Argument der Funktion **interp**.

Argumente

- vx, vy** reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von **vx** müssen aufsteigend sortiert sein.

Anmerkungen Die kubische Spline-Interpolation ermöglicht es Ihnen, eine Kurve auf eine Weise durch eine Punktmenge zu legen, dass die erste und zweite Ableitung der Kurve in jedem Punkt stetig sind. Für die Bildung dieser Kurve werden jeweils drei benachbarte Punkte genommen und ein durch diese Punkte verlaufendes kubisches Polynom konstruiert. Diese kubischen Polynome werden anschließend aneinander gehängt, um die gesamte Kurve zu bilden.

Beispiel



Um eine kubische Spline-Kurve durch eine Menge von Punkten zu legen:

1. Erstellen Sie die Vektoren \mathbf{vx} und \mathbf{vy} mit den x - und y -Koordinaten, durch die der kubische Spline verlaufen soll. Die Elemente von \mathbf{vx} müssen aufsteigend sortiert sein. (Auch wenn wir die Bezeichnungen \mathbf{vx} , \mathbf{vy} und \mathbf{vs} verwenden, haben diese Variablennamen keine besondere Bedeutung; Sie können die Variablenbezeichnungen frei wählen.)
2. Erzeugen Sie den Vektor $\mathbf{vs} := \text{lspline}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy})$. Der Vektor \mathbf{vs} enthält Zwischenergebnisse für die Weiterverarbeitung mit `interp`. Er enthält unter anderem die zweiten Ableitungen der Spline-Kurve, die für die Anpassung an die Punkte aus \mathbf{vx} und \mathbf{vy} benötigt werden.
3. Um den kubischen Spline für eine beliebige Stelle, sagen wir $x0$, zu bestimmen, berechnen Sie `interp(vs, vx, vy, x0)`, wobei \mathbf{vs} , \mathbf{vx} und \mathbf{vy} die zuvor beschriebenen Vektoren sind.
Dasselbe Ergebnis hätten Sie durch die Auswertung von `interp(lspline(vx, vy), vx, vy, x0)` erzielen können.

Allerdings werden Sie `interp` in der Praxis vermutlich für viele verschiedene Punkte auswerten. Der Aufruf von `lspline` kann zeitaufwändig sein, und das Ergebnis ändert sich nicht von einem Punkt zum nächsten. Daher ist es sinnvoll, den Aufruf nur einmal durchzuführen und das Ergebnis im Feld \mathbf{vs} zu speichern.

Sorgen Sie dafür, dass in allen Elementen des Eingabefelds Datenwerte enthalten sind. Da jedes Feldelement über einen Wert verfügen muss, weist Mathcad jedem nicht ausdrücklich von Ihnen belegten Element den Wert 0 zu.

Neben **lspline** verfügt Mathcad noch über drei weitere kubische Spline-Funktionen: **pspline**, **kspline** und **bspline**. Die Funktion **pspline** erzeugt eine Spline-Kurve, die sich an den Endpunkten einer Parabel annähert, wohingegen die Funktion **kspline** eine Spline-Kurve erzeugt, die an den Endpunkten vollständig kubisch sein kann. **bspline** wiederum ermöglicht dem Anwender die Auswahl der Interpolationsknoten.

Die ersten drei Komponenten des Ergebnisvektors **vs** von **lspline** sind: **vs**₀=0 (dieser Code teilt **interp** mit, dass **vs** das Ergebnis einer Spline-Funktion und nicht einer Regressionsfunktion ist), **vs**₁=3 (der Index innerhalb von **vs**, ab dem die Koeffizienten der zweiten Ableitung beginnen) und **vs**₂=0 (die Kennung für **lspline**). Für **pspline** und **kspline** sind die ersten drei Komponenten, abgesehen von **vs**₂=1 (die Kennung für **pspline**) bzw. **vs**₂=2 (die Kennung für **kspline**), identisch.

Zweidimensionaler Fall

Syntax

lspline(**Mxy**, **Mz**)

Beschreibung

Liefert den Koeffizienten-Vektor eines zweidimensionalen kubischen Splines, der an den Bereichsgrenzen von **Mxy** kubisch sein muss. Dieser Vektor wird zum ersten Argument der Funktion **interp**.

Argumente

- Mxy** $n \times 2$ -Matrix, deren Elemente $M_{xyi,0}$ und $M_{xyi,1}$ die x - und y -Koordinaten entlang der *Diagonalen* eines rechtwinkligen Gitters angeben. Diese Matrix spielt genau dieselbe Rolle wie **vx** im zuvor beschriebenen eindimensionalen Fall. Da diese Punkte eine Diagonale beschreiben, müssen die Elemente in jeder Spalte von **Mxy** aufsteigend sortiert sein ($M_{xyi,k} < M_{xyj,k}$ für $i < j$).
- Mz** $n \times n$ -Matrix, deren ij -tes Element die z -Koordinate des Punktes mit $x = M_{xyi,0}$ und $y = M_{xyj,1}$ ist. **Mz** spielt genau dieselbe Rolle wie **vy** im zuvor beschriebenen eindimensionalen Fall.

Anmerkungen

Mathcad behandelt die zweidimensionale kubische Spline-Interpolation in der gleichen Weise wie die eindimensionale. An Stelle einer durch eine Punktmenge gelegten Kurve, deren erste und zweite Ableitung an jeder Stelle stetig sind, legt Mathcad eine Oberfläche durch ein Gitter von Punkten. Diese Oberfläche entspricht einem kubischen Polynom in x und y , deren erste und zweite partielle Ableitung in der jeweiligen Richtung in jedem Gitterpunkt stetig sind.

Der erste Schritt bei der zweidimensionalen Spline-Interpolation ist genau derselbe wie im eindimensionalen Fall: Geben Sie die Punkte an, durch welche die Oberfläche verlaufen soll. Das Vorgehen ist allerdings etwas komplizierter, da Sie nun ein Gitter von Punkten anzugeben haben.

Gehen Sie folgendermaßen vor, um eine zweidimensionale Spline-Interpolation durchzuführen:

1. Erstellen Sie **Mxy**.
2. Erstellen Sie **Mz**.
3. Erzeugen Sie den Vektor **vs** := **lspline(Mxy, Mz)**. Der Vektor **vs** enthält Zwischenergebnisse für die Weiterverarbeitung mit **interp**.
Um den kubischen Spline für eine beliebige Stelle, sagen wir (x_0, y_0) , zu bestimmen, berechnen Sie $\text{interp}\left(\mathbf{vs}, \mathbf{Mxy}, \mathbf{Mz}, \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}\right)$, wobei **vs**, **Mxy** und **Mz** die zuvor beschriebenen Vektoren bzw. Felder sind. Das Ergebnis ist der zum Punkt (x_0, y_0) gehörige Wert auf der interpolierten Oberfläche. Dasselbe Ergebnis hätten Sie durch die Auswertung von $\text{interp}\left(\text{lspline}(\mathbf{Mxy}, \mathbf{Mz}), \mathbf{Mxy}, \mathbf{Mz}, \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}\right)$ erzielen können.

Allerdings werden Sie **interp** in der Praxis vermutlich für viele verschiedene Punkte auswerten. Der Aufruf von **lspline** kann zeitaufwändig sein und das Ergebnis ändert sich nicht von einem Punkt zum nächsten. Führen Sie den Aufruf daher nur einmal durch und speichern Sie das Ergebnis im Feld **vs**.

Neben **lspline** verfügt Mathcad noch über zwei weitere kubische Spline-Funktionen für den zweidimensionalen Fall: **pspline** und **kspline**. Die Funktion **pspline** erzeugt eine Spline-Kurve, die sich an den Kanten an ein Polynom zweiten Grades in x und y annähert. Die Funktion **kspline** erzeugt eine Spline-Kurve, die sich an den Kanten an ein Polynom dritten Grades in x und y annähert.

Algorithmus Lösung tridiagonaler Systeme (Press et al., 1992; Lorzczak)

lu Vektor- und Matrixfunktion

Syntax $\text{lu}(\mathbf{M})$

Beschreibung Liefert eine $n \times (3 \cdot n)$ -Matrix, deren erste n Spalten eine $n \times n$ -Permutationsmatrix **P**, deren nächste n Spalten eine untere $n \times n$ -Dreiecksmatrix **L** und deren restliche n Spalten eine obere $n \times n$ -Dreiecksmatrix **U** enthalten. Diese Matrizen genügen der Gleichung $\mathbf{P} \cdot \mathbf{M} = \mathbf{L} \cdot \mathbf{U}$.

Argumente

M reelle oder komplexe $n \times n$ -Matrix

Anmerkungen Dieses Verfahren wird als LU-Zerlegung (oder -Faktorisierung) der durch **P** permutierten Matrix **M** bezeichnet.

Algorithmus Crouts-Verfahren mit partieller Picotierung (Press et al., 1992; Golub und Van Loan, 1989)

match

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax match(z , A)

Beschreibung Sucht in einem Vektor oder einer Matrix A nach dem gegebenen Wert z und gibt den oder die Indizes der Positionen A an. Mehrere Werte werden in einem geschachtelten Array dargestellt, reihenweise sortiert, beginnend in der oberen linken Ecke von B und von dort nach rechts verlaufend.

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge

A reelle oder komplexe Zahl oder Zeichenfolge, $m * n$ Matrix oder Vektor

Anmerkungen Der Grad der Genauigkeit des Vergleichs wird durch die *TOL*-Einstellung für das Arbeitsblatt festgelegt.

Siehe auch lookup, hlookup, vlookup

matrix

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax matrix(m , n , f)

Beschreibung Erstellt eine Matrix, in der das ij -te Element dem Wert $f(i, j)$ entspricht; mit $i = 0, 1, \dots, m - 1$ und $j = 0, 1, \dots, n - 1$.

Argumente

m, n ganze Zahlen

f eine Funktion, die einen skalaren Wert liefert

max

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax max(A)

Beschreibung Liefert das größte Element aus A . Liefert $\max(\text{Re}(A)) + i \max(\text{Im}(A))$, falls A komplex ist.

Argumente

A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor

Anmerkungen max(A, B, C, \dots) ist ebenfalls erlaubt und liefert das größte Element in A, B, C, \dots

Siehe auch min

maximieren

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax maximieren(f , $var1$, $var2$, ...)

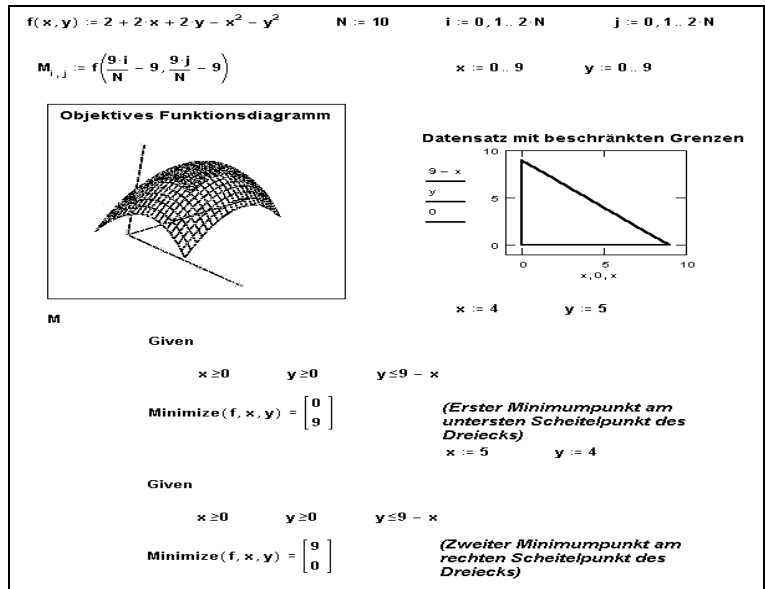
Beschreibung Liefert diejenigen Werte $var1, var2, \dots$, die ein vorgegebenes Gleichungssystem mit vorgegebenen Ungleichungen lösen und die Funktion f dabei ihren

höchsten Wert annehmen lassen. Die Anzahl von Argumenten entspricht der Anzahl von Unbekannten plus eins. Das Ergebnis ist ein Skalar, wenn nur eine Unbekannte vorhanden ist; sonst ein Ergebnisvektor.

Argumente

- f eine reelle Zahlen liefernde Zielfunktion
- $var1, var2$ reelle oder komplexe Variablen; $var1, var2, \dots$ müssen vor der Verwendung von **maximieren** Schätzwerte zugewiesen werden.

Beispiele



Anmerkungen

Folgende fünf Schritte müssen zum Lösen eines Maximierungsproblems durchgeführt werden:

1. Definieren Sie eine Zielfunktion f .
2. Geben Sie Schätzwerte für alle Unbekannten vor, nach denen Sie auflösen wollen. Dadurch erhält Mathcad einen Ausgangspunkt für die Lösungssuche.
3. Geben Sie das Wort **Vorgabe** ein. Damit wird Mathcad mitgeteilt, dass ein System von bedingenden Gleichungen bzw. Ungleichungen folgt. Sie können **Vorgabe** oder **vorgabe** auf beliebige Weise eingeben. Geben Sie das Wort nicht in einem Textbereich ein.
4. Geben Sie nun die Gleichungen und Ungleichungen in beliebiger Reihenfolge unterhalb des Wortes **Vorgabe** ein. Drücken Sie Strg + =, um »=
einzugeben.
5. Geben Sie schließlich die Funktion **maximieren** mit f und Ihrer Auflistung der Unbekannten ein. Sie dürfen keine numerischen Werte in der Auflis-

tung von Unbekannten angeben; so wäre beispielsweise die Eingabe **maximieren**(f , 2) nicht zulässig. Wie **vorgabe** können Sie auch **maximieren** bzw. **Maximieren** auf beliebige Weise eingeben.

Die Funktion **maximieren** übergibt die Ergebniswerte folgendermaßen:

- Falls es eine Unbekannte gibt, liefert **maximieren** einen die Funktion f optimierenden skalaren Wert.
- Falls es mehr als eine Unbekannte gibt, liefert **maximieren** einen Ergebnisvektor; beispielsweise liefert **maximieren**(f , $var1$, $var2$) einen Vektor mit Werten für $var1$ und $var2$, die den Bedingungen genügen und f optimieren.

Das Wort **Vorgabe**, die darauf folgenden Gleichungen und Ungleichungen sowie die Funktion **maximieren** bilden zusammen einen *Lösungsblock*.

Standardmäßig untersucht Mathcad Ihre Zielfunktion sowie die Bedingungen und löst sie mit einem geeigneten Verfahren auf. Wenn Sie es mit anderen Algorithmen für Überprüfungen und Vergleiche versuchen wollen, können Sie aus folgenden Optionen aus dem mit **maximieren** verbundenen Popup-Menü (per rechter Maustaste zu erreichen) auswählen:

- **AUTOSELECT** – wählt für Sie einen geeigneten Algorithmus aus.
- **LINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein lineares Problem handelt (weshalb lineare Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für $var1$, $var2$, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).
- **NICHTLINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein nichtlineares Problem handelt (weshalb folgende allgemeine Verfahren auf das Problem angewendet werden: der Lösungsalgorithmus für konjugierte Gradienten; falls dieser nicht konvergiert, der quasi-Newton'sche Lösungsalgorithmus); Schätzwerte für $var1$, $var2$, ... haben einen erheblichen Einfluss auf die Lösung.
- **QUADRATISCH** (erscheint nur, wenn das Solving and Optimization Extension Pack oder der Expert Solver installiert ist) – zeigt an, dass es sich um ein quadratisches Problem handelt (weshalb quadratische Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für $var1$, $var2$, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).
- **ERWEITERTE OPTIONEN** – bezieht sich ausschließlich auf die Lösungsalgorithmen für nichtlineare konjugierte Gradienten und das quasi-Newton-Verfahren.

Diese Optionen bieten Ihnen eine größere Einflussnahme beim Ausprobieren verschiedener Algorithmen für Überprüfungen und Vergleiche. Sie können außerdem die Werte der Systemvariablen CTOL und TOL anpassen. Die *Bedingungstoleranz* CTOL überwacht, in welchem Maße die Annäherung an eine Bedingung erfolgt sein muss, damit eine Lösung als annehmbar gilt. Falls CTOL beispielsweise der Wert 0,001 zugewiesen wäre, würde eine Bedingung wie $x < 2$ auch dann als eingehalten gelten, wenn der Wert von x die Bedingung $x < 2,001$ erfüllte. Die *Bedingungstoleranz* lässt sich auf die gleiche Weise definieren oder ändern wie die *Konvergenztoleranz* TOL, die eingehend in Verbindung mit der Funktion Suchen behandelt wird. Da **maximieren** auch ohne

einschränkende Bedingungen eingesetzt werden kann, ist der Wert von CTOL manchmal ohne Bedeutung. Sein Vorgabewert ist 10^{-3} .

Weitere Funktionen des Solving and Optimization Pack sind eine teils ganzzahlige Programmierung und bedingungsabhängige Berichtgenerierung für Bedingungen. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.

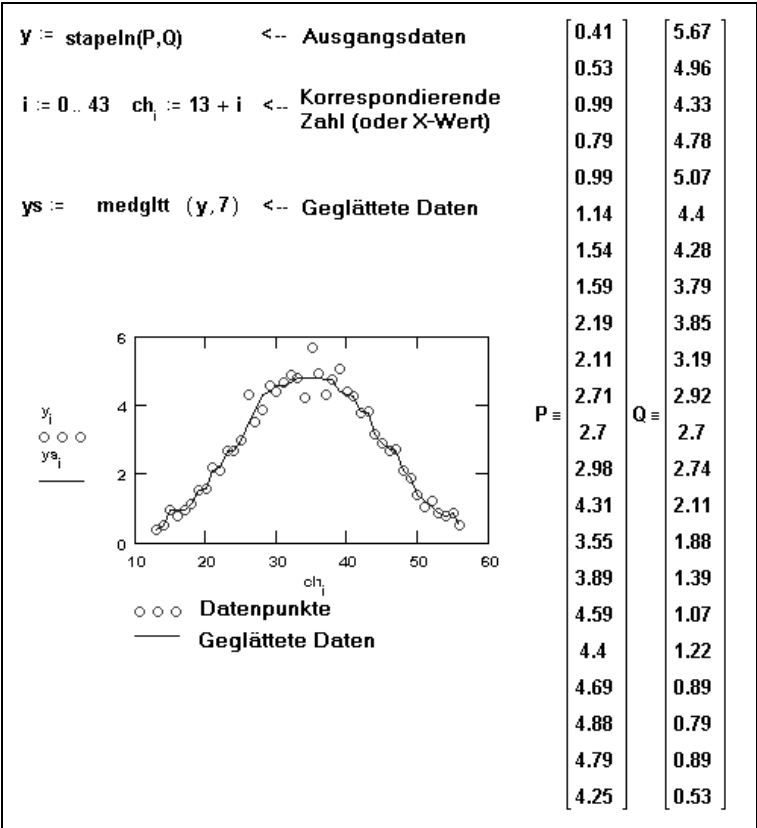
Für ein bedingungsloses Maximierungsproblem sind das Wort **Vorgabe** und die Bedingungen nicht erforderlich.

Algorithmus	Im nichtlinearen Fall: Quasi-Newton, konjugierter Gradient Im linearen Fall: Simplex-Verfahren mit Verzweigungs- und Sprungtechniken (Press et al., 1992; Polak, 1997; Winston, 1994)
Siehe auch	Suchen für weitere Einzelheiten zu Lösungsblöcken, Minfehl, minimieren

medanp	Regression und Glättung
Syntax	medanp(vx, vy)
Beschreibung	Beschreibt den y-Achsenabschnitt und die Neigung der median-median-Zeile
Argumente	
vx, vy	reelle Vektoren derselben Größe
Anmerkungen	medanp stellt eine lineare Entsprechung zur Verfügung, die stabiler (weniger anfällig gegenüber Datenausfällen) ist als linie.
Siehe auch	linie, linanp, genanp, expanp, loganp, potanp, lgsanp, sinanp

medgltt	Regression und Glättung
Syntax	medgltt(vy, n)
Beschreibung	Erzeugt einen neuen Vektor derselben Größe wie vy, der durch Glättung von vy mit gleitendem Median gebildet wird
Argumente	
vy	reeller Vektor
n	ungerade ganze Zahl, $n > 0$; die Größe des Glättungsbereichs
Anmerkungen	Die kubische Spline-Interpolation ermöglicht es Ihnen, eine Kurve auf eine Weise durch eine Punktmenge zu legen, dass die erste und zweite Ableitung der Kurve in jedem Punkt stetig sind. Für die Bildung dieser Kurve werden jeweils drei benachbarte Punkte genommen und ein durch diese Punkte verlaufendes kubisches Polynom konstruiert. Diese kubischen Polynome werden anschließend aneinander gehängt, um die gesamte Kurve zu bilden.

Beispiel



Anmerkungen

Beim Glätten wird aus einer Menge von y-Werten (und möglicherweise auch x-Werten) eine neue Menge von y-Werten erzeugt, die gegenüber der Ursprungsmenge einen glatteren Verlauf nimmt. Anders als die Interpolationsfunktionen `kspline`, `lspline`, `bspline` oder `pspline` bzw. die Regressionsfunktionen `regress` oder `loess`, ist das Ergebnis der Glättung eine neue Menge von y-Werten und nicht eine Funktion, die für zwischen von Ihnen angegebenen Datenpunkten liegende Stellen ausgewertet werden kann. Falls Sie an y-Werten zwischen den von Ihnen angegebenen y-Werten interessiert sind, greifen Sie auf eine Interpolations- oder Regressionsfunktion zurück.

Wann immer Sie Vektoren in einer der hier beschriebenen Funktionen verwenden, sollten Sie dafür sorgen, dass jedes Vektorelement über einen Datenwert verfügt. Da jedes Vektorelement einen Wert enthalten muss, weist Mathcad allen nicht ausdrücklich von Ihnen belegten Elementen den Wert 0 zu.

Die Funktion `medgltt` ist die robusteste der drei Glättungsfunktionen von Mathcad, da sie am wenigsten von verfälschten Datenpunkten beeinträchtigt wird. Diese Funktion verwendet einen Glättungsalgorithmus mit gleitendem Median, berechnet den jeweiligen Rest, glättet diesen auf dieselbe Weise und fügt diese beiden geglätteten Vektoren zusammen.

Dabei geht **medgltt** folgendermaßen vor:

1. Der gleitende Median des Eingabevektors **vy** wird bestimmt. Wir werden ihn **vy'** nennen. Das *i*-te Element ist gegeben durch:

$$vy'_i = \text{median}(vy_{i-(n-1/2)}, \dots, vy_i, \dots, vy_{i+(n-1/2)}).$$
2. Der Rest wird berechnet: **vr** = **vy** – **vy'**.
3. Der Restvektor **vr** wird auf dieselbe Weise wie im ersten Schritt geglättet, um einen geglätteten Restvektor **vr'** zu erzeugen.
4. Als Ergebnis wird die Summe dieser beiden geglätteten Vektoren zurückgegeben:

$$\text{medgltt}(\mathbf{vy}, n) = \mathbf{vy}' + \mathbf{vr}'.$$

medgltt lässt dabei die ersten und letzten $(n - 1)/2$ Punkte unverändert. In der Praxis sollte die Größe des Glättungsbereichs *n* klein im Vergleich zur Größe des Datensatzes sein.

Algorithmus *Moving window median method* (Lorczak)

Siehe auch **kgltt** und **strgltt**

median

Statistische Funktion

Syntax **median**(**A**)

Beschreibung Liefert den Median der Elemente von **A**. Der Median ist der Wert, für den es gleich viele oberhalb und unterhalb liegende Werte in **A** gibt. Falls **A** eine gerade Anzahl von Werten umfasst, ist der Median das arithmetische Mittel der beiden zentralen Werte.

Argumente

A reelle(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor

Anmerkungen **median**(**A**, **B**, **C**, ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert den median der Elemente **A**, **B**, **C**, ...

Siehe auch **gmittel**, **median**, **mittelwert**, **modus**

mhyper

Sonderfunktion

Syntax **mhyper**(*a*, *b*, *x*)

Beschreibung Liefert den Wert der zusammenlaufenden hypergeometrischen Funktion ${}_1F_1(a; b; x)$ bzw. $M(a; b; x)$

Argumente

a, *b*, *x* reelle Zahlen

Anmerkungen Die zusammenlaufende hypergeometrische Funktion ist eine Lösung der Differentialgleichung

$$x \cdot \frac{d^2}{dx^2} y + (b - x) \cdot \frac{d}{dx} y - a \cdot y = 0 \text{ und ist auch als Kummer-Funktion bekannt.}$$

Viele Funktionen sind Spezialfälle dieser Funktion; beispielsweise die elementaren Funktionen $\exp(x) = \text{mhyper}(1, 1, x)$ und $\exp(x) \cdot \sinh(x) = x \cdot \text{mhyper}(1, 2, 2 \cdot x)$ sowie kompliziertere wie die Hermite-Funktionen.

Algorithmus Reihenentwicklung, asymptotische Approximation (Abramowitz und Stegun, 1972)

Minfehl

Gleichungslösung

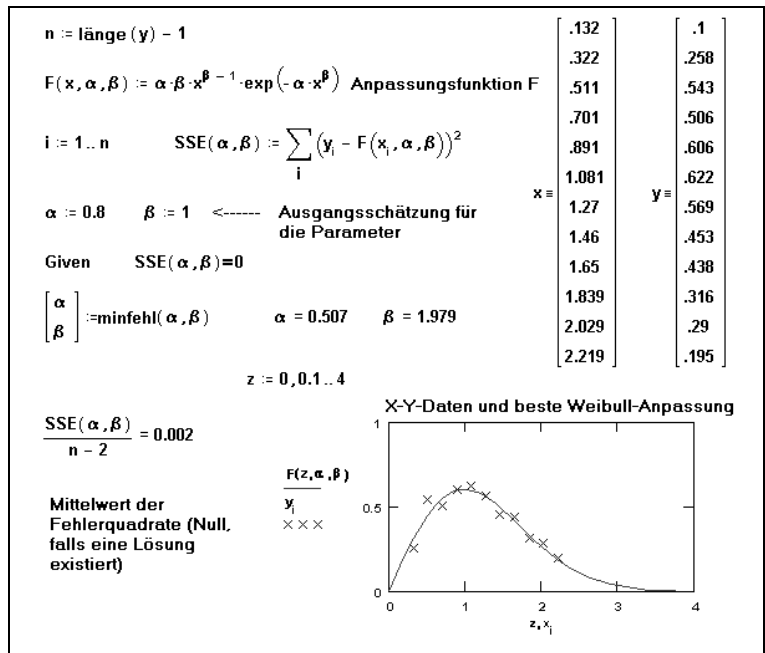
Syntax `Minfehl(var1, var2, ...)`

Beschreibung Liefert die Werte von *var1*, *var2*, ..., die der Lösung eines vorgegebenen Systems aus Gleichungen und Ungleichungen am nächsten kommt. Die Anzahl von Argumenten entspricht der Anzahl von Unbekannten. Das Ergebnis ist ein Skalar, falls nur ein Argument vorhanden ist; andernfalls ein Ergebnisvektor.

Argumente

var1, *var2*, ... reelle oder komplexe Variablen; den Variablen *var1*, *var2*, ... müssen vor der Verwendung von **Minfehl** Schätzwerte zugewiesen sein.

Beispiel



Anmerkungen Die Funktion **Minfehl** ist der Funktion **Suchen** sehr ähnlich und greift auf denselben Algorithmus zurück. Der Unterschied besteht darin, dass **Minfehl** auch dann versucht, möglichst nah an einer Lösung liegende Werte zu ermitteln, wenn keine Lösungen zu einem System gefunden werden. Die Funktion **Suchen** würde hingegen eine Fehlermeldung liefern, die anzeigt, dass sie keine Lösung finden konnte. Sie setzen **Minfehl** auf genau die gleiche Weise ein wie **Suchen**.

Sie geben **Minfehl** wie **Suchen** mit Ihrer Auflistung von Unbekannten ein. Es dürfen keine numerischen Werte in der Auflistung von Unbekannten enthalten sein; so wäre beispielsweise **Minfehl(0,8, 1)** im vorstehenden Beispiel nicht zulässig. Wie **Suchen** können Sie **Minfehl** bzw. **minfehl** in beliebiger Schreibweise eingeben.

Minfehl liefert normalerweise ein Ergebnis mit minimierten Fehlern für die Bedingungen. Allerdings kann **Minfehl** nicht feststellen, ob das Ergebnis ein absolutes Minimum für die Fehler dieser Bedingungen darstellt.

Wenn Sie **Minfehl** in einem Lösungsblock einsetzen, sollten Sie immer zusätzliche Überprüfungen auf Plausibilität der Ergebnisse vorsehen. Die Systemvariable **ERR** gibt die Größe des Fehlervektors für die Näherungslösung an. Es gibt keine Systemvariable, mit der sich die Größe des Fehlers für einzelne Lösungen der Unbekannten angeben ließe.

Minfehl ist besonders für die Lösung bestimmter nichtlinearer Probleme kleinster Quadrate geeignet. Im vorstehenden Beispiel wird **Minfehl** eingesetzt, um die unbekannten Parameter einer Weibull-Verteilung zu ermitteln. Auch die Funktion **genanp** eignet sich zur Lösung nichtlinearer Probleme kleinster Quadrate.

Das mit **Minfehl** verbundene Popup-Menü (per rechter Maustaste zu erreichen) enthält folgende Optionen:

- **AUTOSELECT** – wählt einen geeigneten Algorithmus für Sie aus.
- **LINEAR** – in **Minfehl** nicht verfügbar (da die Zielfunktion eine quadratische Funktion ist und das Problem somit niemals linear sein kann).
- **NICHTLINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein nichtlineares Problem handelt (weshalb folgende allgemeine Verfahren auf das Problem angewendet werden: der Lösungsalgorithmus für konjugierte Gradienten; falls dieser nicht konvergiert, der Levenberg-Marquardt'sche Lösungsalgorithmus; falls auch der scheitert, der quasi-Newton'sche Lösungsalgorithmus); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... haben einen erheblichen Einfluss auf die Lösung.
- **QUADRATISCH** (erscheint nur, wenn das Solving and Optimization Extension Pack oder der Expert Solver installiert ist) – zeigt an, dass es sich um ein quadratisches Problem handelt (weshalb quadratische Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).
- **ERWEITERTE OPTIONEN** – bezieht sich ausschließlich auf die Lösungsalgorithmen für nichtlineare konjugierte Gradienten und das quasi-Newton-Verfahren.

Diese Optionen bieten Ihnen eine größere Einflussnahme beim Ausprobieren verschiedener Algorithmen für Überprüfungen und Vergleiche. Sie können außerdem die Werte der Systemvariablen **CTOL** und **TOL** anpassen. Die *Bedingungstoleranz* **CTOL** überwacht, in welchem Maße die Annäherung an eine Bedingung erfolgt sein muss, damit eine Lösung als annehmbar gilt. Falls **CTOL** der Wert 0,001 zugewiesen wäre, würde eine Bedingung wie beispiels-

weise $x < 2$ auch dann als eingehalten gelten, wenn der Wert von x die Bedingung $x < 2,001$ erfüllte. Die Bedingungstoleranz lässt sich auf die gleiche Weise definieren oder ändern wie die *Konvergenztoleranz* TOL. Der Vorgabewert für CTOL ist 10^{-3} .

Weitere Funktionen des Solving and Optimization Pack sind eine teils ganzzahlige Programmierung und bedingungsabhängige Berichtgenerierung. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.

Algorithmus	Im nichtlinearen Fall: Levenberg-Marquardt, Quasi-Newton, konjugierter Gradient Im linearen Fall: Simplex-Verfahren mit Verzweigungs- und Sprungtechniken (Press et al., 1992; Polak, 1997; Winston, 1994)
Siehe auch	Suchen für weitere Einzelheiten zu Lösungsblöcken; maximieren, minimieren.

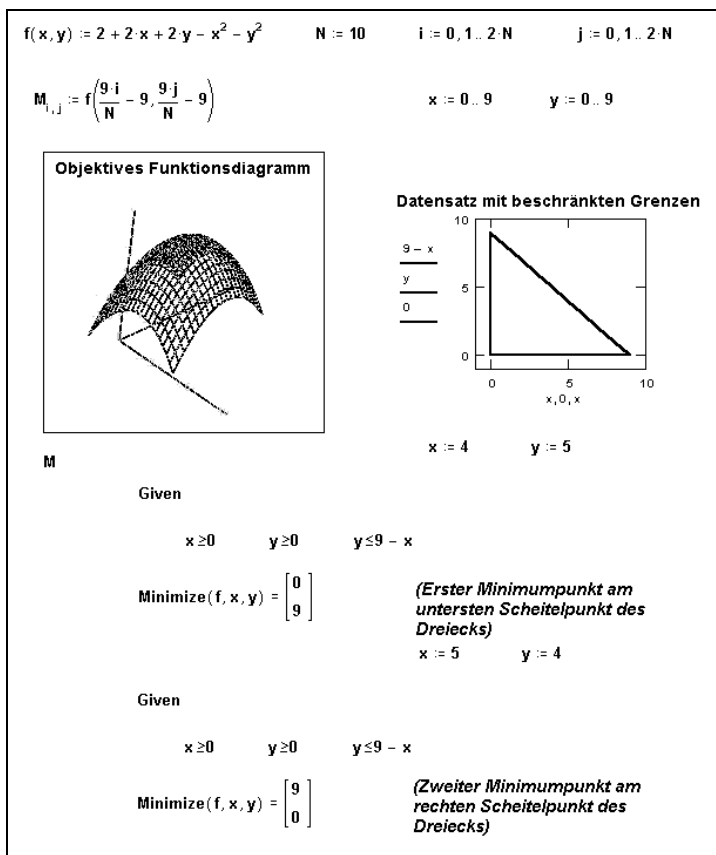
min	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	<code>min(A)</code>
Beschreibung	Liefert das kleinste Element aus A . Liefert $\min(\text{Re}(\mathbf{A})) + i \cdot \min(\text{Im}(\mathbf{A}))$, falls A komplex ist.
Argumente	A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor
Anmerkungen	<code>min(A, B, C, ...)</code> ist ebenfalls erlaubt und liefert das kleinste Element in A, B, C, ...
Siehe auch	<code>max</code>

minimieren	Lösung von Differentialgleichungen
Syntax	<code>minimieren(f, var1, var2, ...)</code>
Beschreibung	Liefert diejenigen Werte <i>var1, var2, ...</i> , die ein vorgegebenes Gleichungssystem mit vorgegebenen Ungleichungen lösen und die Funktion <i>f</i> dabei ihren niedrigsten Wert annehmen lassen. Die Anzahl von Argumenten entspricht der Anzahl von Unbekannten plus eins. Das Ergebnis ist ein Skalar, wenn nur eine Unbekannte vorhanden ist; sonst ein Ergebnisvektor.
Argumente	<i>f</i> eine reelle Zahlen liefernde Zielfunktion <i>var1, var2, ...</i> reelle oder komplexe Variablen; <i>var1, var2, ...</i> müssen vor der Verwendung von <code>minimieren</code> Schätzwerte zugewiesen werden.
Beispiele	(siehe folgende Seite)
Anmerkungen	Folgende fünf Schritte müssen zum Lösen eines Minimierungsproblems durchgeführt werden:

1. Definieren Sie die Zielfunktion f .
2. Geben Sie Schätzwerte für alle Unbekannten vor, nach denen Sie auflösen wollen. Dadurch erhält Mathcad einen Ausgangspunkt für die Lösungssuche.
3. Geben Sie das Wort **Vorgabe** ein. Damit wird Mathcad mitgeteilt, dass ein System von bedingenden Gleichungen bzw. Ungleichungen folgt. Sie können **Vorgabe** oder **vorgabe** auf beliebige Weise eingeben. Geben Sie das Wort nicht in einem Textbereich ein.
4. Geben Sie nun die Gleichungen und Ungleichungen in beliebiger Reihenfolge unterhalb des Wortes **Vorgabe** ein. Drücken Sie Strg + =, um »=« einzugeben.
5. Geben Sie schließlich die Funktion **minimieren** mit f und Ihrer Auflistung der Unbekannten ein. Sie dürfen keine numerischen Werte in der Auflistung von Unbekannten angeben; so wäre beispielsweise die Eingabe **minimieren**(f , 2) nicht zulässig. Wie **vorgabe** können Sie auch **minimieren** bzw. **Minimieren** auf beliebige Weise eingeben.

Beispiele

$f(x) := 8 \cdot x_0 + 10 \cdot x_1 + 7 \cdot x_2 + 6 \cdot x_3 + 11 \cdot x_4 + 9 \cdot x_5$	<i>Objektive Funktion</i>
$M := \begin{bmatrix} 12 & 9 & 25 & 20 & 17 & 13 \\ 35 & 42 & 18 & 31 & 56 & 49 \\ 37 & 53 & 28 & 24 & 29 & 20 \end{bmatrix}$	$v := \begin{bmatrix} 60 \\ 150 \\ 125 \end{bmatrix}$
$x_5 := 0$	<i>Initialisierung</i>
Given	<i>(letzte Komponente von x)</i>
$M \cdot x \geq v$	<i>Linearer</i>
$x \leq 1$	<i>Programm</i>
$x \geq 0$	<i>Lösungsblock</i>
Minimize(f, x) =	<i>Lösung</i>



Die Funktion minimieren übergibt die Ergebniswerte folgendermaßen:

- Falls es eine Unbekannte gibt, liefert **minimieren** einen die Funktion f optimierenden skalaren Wert.
- Falls es mehr als eine Unbekannte gibt, liefert **minimieren** einen Ergebnisvektor; beispielsweise liefert **minimieren**(f , $var1$, $var2$) einen Vektor mit Werten für $var1$ und $var2$, die den Bedingungen genügen und f optimieren.

Das Wort **Vorgabe**, die darauf folgenden Gleichungen und Ungleichungen sowie die Funktion **minimieren** bilden zusammen einen **Lösungsblock**.

Standardmäßig untersucht Mathcad Ihre Zielfunktion sowie die Bedingungen und löst sie mit einem geeigneten Verfahren auf. Wenn Sie es mit anderen Algorithmen für Überprüfungen und Vergleiche versuchen wollen, können Sie folgende Optionen aus dem mit **minimieren** verbundenen Popup-Menü (per rechter Maustaste zu erreichen) auswählen:

- **AUTOSELECT** – wählt einen geeigneten Algorithmus für Sie aus.
- **LINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein lineares Problem handelt (weshalb lineare Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).
- **NICHTLINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein nichtlineares Problem handelt (weshalb folgende allgemeine Verfahren auf das Problem angewendet werden: der Lösungsalgorithmus für konjugierte Gradienten; falls dieser nicht konvergiert, der quasi-Newton'sche Lösungsalgorithmus); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... haben einen erheblichen Einfluss auf die Lösung.
- **QUADRATISCH** (erscheint nur, wenn das Solving and Optimization Pack oder der Expert Solver installiert ist) – zeigt an, dass es sich um ein quadratisches Problem handelt (weshalb quadratische Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).
- **ERWEITERTE OPTIONEN** – bezieht sich ausschließlich auf die Lösungsalgorithmen für nichtlineare konjugierte Gradienten und das quasi-Newton-Verfahren.

Diese Optionen bieten Ihnen eine größere Einflussnahme beim Ausprobieren verschiedener Algorithmen für Überprüfungen und Vergleiche. Sie können außerdem die Werte der Systemvariablen CTOL und TOL anpassen. Die *Bedingungstoleranz* CTOL überwacht, in welchem Maße die Annäherung an eine Bedingung erfolgt sein muss, damit eine Lösung als annehmbar gilt. Falls CTOL beispielsweise der Wert 0,001 zugewiesen wäre, würde eine Bedingung wie $x < 2$ auch dann als eingehalten gelten, wenn der Wert von x die Bedingung $x < 2,001$ erfüllte. Die Bedingungstoleranz lässt sich auf die gleiche Weise definieren oder ändern wie die *Konvergenztoleranz* TOL, die eingehend in Verbindung mit der Funktion **Suchen** behandelt wird. Da **minimieren** auch ohne einschränkende Bedingungen eingesetzt werden kann, ist der Wert von CTOL manchmal ohne Bedeutung. Der Vorgabewert ist 10^{-3} .

Weitere Funktionen des Solving and Optimization Pack sind eine teils ganzzahlige Programmierung und bedingungsabhängige Berichtgenerierung. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.

Für ein bedingungsloses Maximierungsproblem sind das Wort **Vorgabe** und die Bedingungen nicht erforderlich.

Algorithmus

Im nichtlinearen Fall: *Levenberg-Marquardt*, *Quasi-Newton*, *konjugierter Gradient*

Im linearen Fall: Simplex-Verfahren mit Verzweigungs- und Sprungtechniken (Press et al., 1992; Polak, 1997; Winston, 1994)

Siehe auch

Suchen für weitere Einzelheiten zu Lösungsblöcken, **maximieren**, **Minfehl**

mittelwert

Statistische Funktion

Syntax	mittelwert(A)
Beschreibung	Liefert das arithmetische Mittel der Elemente von A: $\text{mittelwert}(\mathbf{A}) = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} A_{i,j}$
Argumente	A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor
Anmerkungen	mittelwert(A, B, C, ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert den arithmetrischen Mittelwert der Elemente von A, B, C, ...
Siehe auch	gmittel, hmean, median, modus

mizf

Finanzen

Syntax	mizf(v, fin_rate, rein_rate)
Beschreibung	Liefert die modifizierte interne Kapitalverzinsung für diverse Cash Flows, die zu regelmäßigen Intervallen, v, bei einem vorgegebenen Zahlungsstatus über Ihre Cash-Flow-Anleihen, fin_rate, und einer Reinvestitionsrate, die durch Cash-Flow-Erträge, rein_rate, erzielt werden
Argumente	v reeller Vektor des Cash Flow fin_rate reeller Zahlungsstatus reinvest_rate reelle Reinvestitionsrate
Anmerkungen	Für v müssen Zahlungen mit negativen Zahlen eingegeben werden und Einnahmen mit positiven Zahlen. Für rein_rate muss es mindestens einen positiven und einen negativen Wert geben.
Siehe auch	izf

mod

Zahlentheorie/Kombinatorik

Syntax	mod(n, k)
Beschreibung	Liefert den Rest von n nach einer Teilung durch k. Das Ergebnis hat dasselbe Vorzeichen wie n.
Argumente	n, k ganze Zahlen, k ≠ 0

mode	Statistische Funktion
Syntax	mode(A)
Beschreibung	Liefert den am häufigsten vorkommenden Wert aus A
Argumente	A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektoren
Anmerkungen	mode(A, B, C, ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert den Wert in A, B, C, ..., der am häufigsten vorkommt.
Siehe auch	gmittel, hmean, mittelwert, median

multigit	Lösung von Differentialgleichungen
Syntax	multigit(M, nzyklen)
Beschreibung	Löst die partielle Differentialgleichung nach Poisson über eine quadratische Fläche. Die $n \times n$ -Matrix M stellt die Werte der Quellfunktion bereit, wobei $n - 1$ eine Zweierpotenz ist und an allen vier Seiten der Wert Null als Randbedingung vorausgesetzt wird.
Argumente	<p>M reelle $(1 + 2^k) \times (1 + 2^k)$-Quadratmatrix mit den Quellwerten für jeden Punkt der Fläche, in der die Lösung gesucht wird (beispielsweise die rechte Seite in der unten angeführten Gleichung)</p> <p><i>nzyklen</i> Die positive ganze Zahl gibt die Anzahl von Durchläufen für jede Stufe der multigit-Iteration an; mit dem Wert 2 erreicht man in der Regel eine gute Annäherung der Lösung.</p>

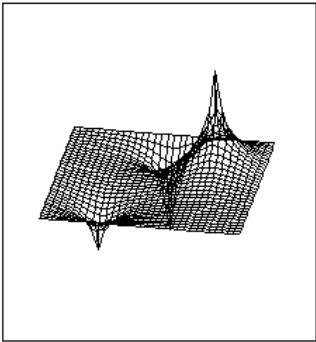
Beispiel

```

R := 32      M_R,R := 0      M_R/4,3,R/4 := -2      M_3,R/4,R/4 := 1      M_R/8,R/2 := 2

S := multigit ( M, 2 )

```



S

Anmerkungen Zwei häufig bei der Untersuchung physikalischer Systeme auftauchende partielle Differentialgleichungen sind die Poisson'sche Gleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \rho(x, y) \text{ und deren homogene Form, die Laplace'sche Gleichung.}$$

Mathcad verfügt über zwei Funktionen zum Lösen dieser Gleichungen über einer quadratischen Fläche, vorausgesetzt, die von der unbekannten Funktion $u(x, y)$ an allen vier Seiten der Grenze angenommenen Werte sind bekannt. Der allgemeinste Lösungsalgorithmus ist die Funktion **relax**. In dem Spezialfall, in dem die Funktion $u(x, y)$ an allen vier Seiten der Grenze bekanntermaßen den Wert Null hat, können Sie aber auf die Funktion **multigit** zurückgreifen. Diese Funktion löst das Problem dann häufig schneller als **relax**. Wenn die Randbedingungen für alle vier Seiten übereinstimmen, können Sie einfach eine Umwandlung in eine äquivalente Gleichung vornehmen, für die der Wert für alle vier Seiten Null ist.

Die Funktion **multigit** liefert eine Quadratmatrix zurück, in der

- die Position eines Matricelements dessen Position in der quadratischen Fläche entspricht und
- dessen Wert sich dem Wert der Lösung an dieser Stelle annähert.

Algorithmus Full multigrid Algorithmus (Press et al., 1992)

Siehe auch relax

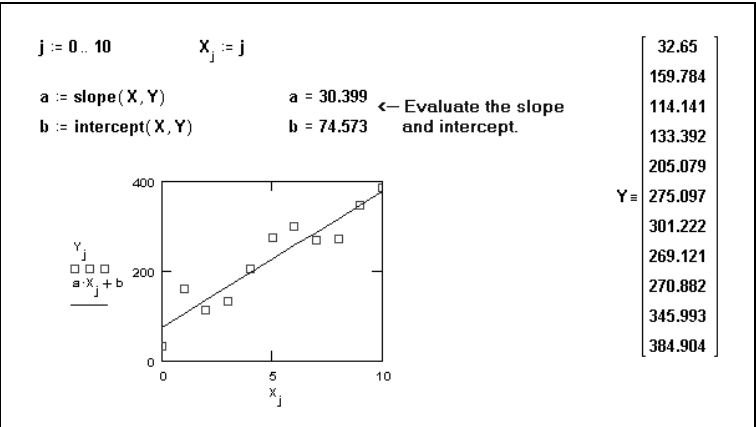
neigungRegression und Glättung

Syntax neigung(vx, vy)

Beschreibung Liefert die Steigung der Regressionsgeraden der kleinsten Quadrate

Argumente
vx, vy reelle Vektoren derselben Größe

Beispiel



Anmerkungen Die Funktionen `achsenabschn` und `neigung` liefern die Steigung bzw. den Achsenabschnitt derjenigen Geraden, die hinsichtlich der kleinsten Quadrate am besten zu den Daten passt: $y = \text{achsenabschn}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}) + \text{neigung}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}) \cdot x$. Alternativ hierzu können Sie die `linie`-Funktion verwenden, die beide Parameterschätzungen über einen Funktionsaufruf liefert.

Sorgen Sie dafür, dass in allen Feldelementen von `vx` und `vy` Datenwerte enthalten sind. Da jedes Feldelement über einen Wert verfügen muss, weist Mathcad jedem nicht ausdrücklich von Ihnen belegten Element den Wert 0 zu.

Diese Funktionen eignen sich nicht nur für inhärent lineare, sondern auch für exponentielle Daten. Wenn x und y im Zusammenhang $y = Ae^{kx}$ stehen, können Sie diese Funktionen auf den Logarithmus der Datenwerte anwenden und von der Tatsache Gebrauch machen, dass Folgendes gilt:
 $\ln(y) = \ln(A) + kx$ mit $A = \exp(\text{achsenabschn}(\mathbf{vx}, \ln(\mathbf{vy})))$ und $k = \text{neigung}(\mathbf{vx}, \ln(\mathbf{vy}))$.

Die resultierende Anpassung gewichtet die Fehler anders als eine exponentielle Anpassung nach der Methode der kleinsten Quadrate (wie sie von der Funktion `expantp` geliefert wird), führt aber für gewöhnlich zu einer guten Annäherung.

Siehe auch `achsenabschn`, `linie`, `medanp`, `stdfehl`

nom

Finanzen

Syntax `nom(zsatz, nper)`

Beschreibung Liefert den nominalen Zinssatz, aus dem sich der effektive Jahreszinssatz, `zsatz`, sowie der Gesamtzeitraum pro Jahr, `nper`, ergeben

Argumente

`zsatz` reeller Zinssatz, $zsatz > -1$

`nper` reelle Zahl des Gesamtzeitraums, $nper \geq 1$

Anmerkungen Effektiver Jahreszinssatz ist auch als Annual Percentage Rate (APR) bekannt

Siehe auch `eff`

norm1

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax `norm1(M)`

Beschreibung Liefert die L_1 -Norm der Matrix **M**

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

norm2	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	norm2(M)
Beschreibung	Liefert die L_2 -Norm der Matrix M
Argumente	
M	reelle oder komplexe Quadratmatrix
Algorithmus	Einzelwertberechnung (Wilkinson und Reinsch, 1971)

norme	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	norme(M)
Beschreibung	Liefert die euklidische Norm der Matrix M
Argumente	
M	reelle oder komplexe Quadratmatrix

normi	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	normi(M)
Beschreibung	Liefert die unendliche Norm der Matrix M
Argumente	
M	reelle oder komplexe Quadratmatrix

nper	Finanzen
Syntax	nper(<i>zsatz</i> , <i>zrate</i> , <i>gw</i> , [[<i>zw</i>], [<i>type</i>]])
Beschreibung	Liefert die Anzahl von Vergleichszeiträumen für eine Investition oder Anleihe basierend auf regelmäßigen, konstanten Zahlungen, <i>zrate</i> , mit einem festen Zinssatz, <i>zsatz</i> , und einem bestimmten Wert, <i>gw</i>
Argumente	
<i>zsatz</i>	reeller Zinssatz
<i>zrate</i>	reelle Zahlung
<i>gw</i>	reeller Wert
<i>zw</i>	(optional) reeller zukünftiger Wert, Standard ist <i>zw</i> = 0
<i>type</i>	(optional) Zahlungsplanung, 0 für Zahlungen am Ende des Zeitraums, 1 für Zahlungen zu Beginn des Zeitraums, Standard ist <i>type</i> = 0
Anmerkungen	Wenn Sie den Jahreszinssatz, <i>ann_rate</i> , kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum als <i>zsatz</i> = <i>ann_rate</i> / <i>nper</i> ermitteln.

Zahlungen wie Sparanlagen oder Zahlungen für Anleihen müssen mit negativen Zahlen eingegeben werden. Zahlungseingänge wie Schecks müssen mit positiven Zahlen eingegeben werden. Bei *nper* müssen für *zsatz* und *gw* gegensätzliche Zeichen verwendet werden, wenn *zrate* > 0.

Siehe auch cnper, zwz, zrate, gw, zsatz

nullstellen

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax nullstellen(v)

Beschreibung Liefert die Wurzeln aus Polynomen *n*-ten Grades, deren Koeffizienten in *v* enthalten sind. Das Ergebnis ist ein Vektor der Länge *n*.

Argumente

v reeller oder komplexer Vektor der Länge *n* + 1.

Beispiel

$$\begin{array}{lcl}
 x^3 - 10 \cdot x + 2 & \leftarrow & \text{Polynom} \\
 \\
 v := \begin{bmatrix} 2 \\ -10 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \leftarrow & \text{Vektor mit den Koeffizienten, beginnend mit der Konstanten; der Vektor muß alle Koeffizienten enthalten, selbst wenn diese Null sind.} \\
 \\
 \text{nullstellen}(v) = \begin{bmatrix} -3.258 \\ 0.201 \\ 3.057 \end{bmatrix} & \leftarrow & \text{gibt alle Wurzeln mit einem Mal zurück}
 \end{array}$$

Anmerkungen Um die Wurzeln eines Ausdrucks der Form $v_n x^n + \dots + v_2 x^2 + v_1 x + v_0$ zu ermitteln, können Sie die Funktion *nullstellen* anstelle von *wurzel* verwenden. Im Gegensatz zu *wurzel* ist für *nullstellen* kein Schätzwert erforderlich. Weiterhin liefert *nullstellen* sämtliche Wurzeln mit einem Mal, unabhängig davon, ob sie real oder imaginär sind.

Die Funktion *nullstellen* kann nur eine Polynomgleichung mit einer Unbekannten auflösen. Einen allgemeineren Algorithmus zur Gleichungslösung finden Sie unter *wurzel*. Um mehrere Gleichungen gleichzeitig zu lösen, müssen Sie Lösungsblöcke verwenden (**Suchen** oder **Minfehl**). Um eine Gleichung symbolisch zu lösen, also ein genaues numerisches Ergebnis in Form von Termen aus elementaren Funktionen zu ermitteln, verwenden Sie den Eintrag **NACH VARIABLE AUFLÖSEN** aus dem Menü **SYMBOLIK** oder das Schlüsselwort **auflösen**.

Algorithmus	Laguerre with deflation and polishing (Lorczak) ist die Standardmethode. Eine matrixbasierte Methode (welche die eigenwerte -Funktion von Mathcad verwendet) steht zur Verfügung, wenn man mit der rechten Maustaste auf das Wort nullstellen klickt und seine Auswahl aus dem Popup-Menü trifft.
Siehe auch	das Schlüsselwort Koeff für eine Möglichkeit zur sofortigen Bildung des Koeffizientenvektors v zu einem gegebenen Polynom

pbeta		Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	pbeta(<i>x</i> , <i>s1</i> , <i>s2</i>)	
Beschreibung	Liefert die kumulative Beta-Verteilung mit den Formparametern <i>s1</i> und <i>s2</i>	
Argumente		
	<i>x</i>	reelle Zahl, $0 < x < 1$
	<i>s1</i> , <i>s2</i>	reelle Formparameter, $s1 > 0$, $s2 > 0$
Algorithmus	Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)	

pbinom		Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	pbinom(<i>k</i> , <i>n</i> , <i>p</i>)	
Beschreibung	Liefert $\Pr(X \leq k)$, wenn die Zufallsvariable <i>X</i> die Binominalverteilung mit den Parametern <i>n</i> und <i>p</i> aufweist	
Argumente		
	<i>k</i> , <i>n</i>	ganze Zahlen, $0 \leq k \leq n$
	<i>p</i>	reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$
Algorithmus	Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)	

pcauchy		Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	pcauchy(<i>x</i> , <i>l</i> , <i>s</i>)	
Beschreibung	Liefert die kumulative Cauchy-Verteilung	
Argumente		
	<i>x</i>	reelle Zahl
	<i>l</i>	reeller Lageparameter
	<i>s</i>	reeller Skalenparameter, $s > 0$

pchisq		Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	pchisq(<i>x</i> , <i>d</i>)	
Beschreibung	Liefert die kumulative Chi-Quadrat-Verteilung	

Argumente

- x reelle Zahl, $x \geq 0$
- d ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$

Algorithmus Stetige Bruchentwicklung und asymptotische Entwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

permut Zahlentheorie/Kombinatorik

Syntax `permut(n, k)`

Beschreibung Liefert die Anzahl von Möglichkeiten, in denen sich jeweils k Elemente aus n einzelnen Objekten anordnen lassen

Argumente

- n, k ganze Zahlen, $0 \leq k \leq n$

Anmerkungen Jede dieser Anordnungen wird als eine Permutation bezeichnet. Die Anzahl von Permutationen berechnet sich nach: $P_k^n = \frac{n!}{(n - k)!}$.

Siehe auch `combin`

pexp Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `pexp(x, r)`

Beschreibung Liefert die kumulative Exponentialverteilung

Argumente

- x reelle Zahl, $x \geq 0$
- r reelle Verteilungsrate, $r > 0$

pF Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `pF($x, d1, d2$)`

Beschreibung Liefert die kumulative F-Verteilung

Argumente

- x reelle Zahl, $x \geq 0$
- $d1, d2$ ganzzahlige Freiheitsgrade, $d1 > 0, d2 > 0$

Algorithmus Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

pgamma Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `pgamma(x, s)`

Beschreibung Liefert die kumulative Gamma-Verteilung

Argumente

- x reelle Zahl, $x \geq 0$
- s reeller Formparameter, $s > 0$

Algorithmus Stetige Bruchentwicklung und asymptotische Entwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

pgeom Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `pgeom(k, p)`

Beschreibung Liefert $\Pr(X \leq k)$, wenn die Zufallsvariable X die geometrische Verteilung mit dem Parameter p aufweist

Argumente

- k ganze Zahl, $k \geq 0$
- p reelle Zahl, $0 < p \leq 1$

phypergeom Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `phypergeom(m, a, b, n)`

Beschreibung Liefert $\Pr(X \leq m)$, wenn die Zufallsvariable X die hypergeometrische Verteilung mit den Parametern a, b und n aufweist

Argumente

- m, a, b, n ganze Zahlen, $0 \leq m \leq a, 0 \leq n-m \leq b, 0 \leq n \leq a+b$

plnorm Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `plnorm(x, μ, σ)`

Beschreibung Liefert die kumulative logarithmische Normalverteilung

Argumente

- x reelle Zahl, $x \geq 0$
- m reelles logarithmisches Mittel
- s reelle logarithmische Abweichung, $\sigma > 0$

plogis Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `plogis(x, l, s)`

Beschreibung Liefert die kumulative logistische Verteilung

Argumente

- x reelle Zahl
- l reeller Lageparameter
- s reeller Skalenparameter, $s > 0$

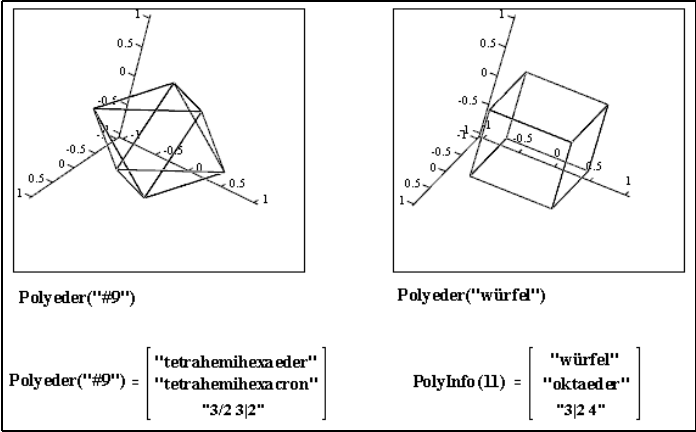
pnbinom	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	pnbinom(k, n, p)
Beschreibung	Liefert die kumulative negative Binominalverteilung mit den Parametern n und p
Argumente	
k, n	ganze Zahlen, $n > 0$ und $k \geq 0$
p	reelle Zahl, $0 < p \leq 1$
Algorithmus	Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

pnorm	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	pnorm(x, μ, σ)
Beschreibung	Liefert die kumulative Normalverteilung
Argumente	
x	reelle Zahl
m	reelles Mittel
s	reelle Standardabweichung, $\sigma > 0$

polinxy	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	polinxy(r, θ)
Beschreibung	Wandelt die Polarkoordinaten eines Punktes im zweidimensionalen Raum in Winkelkoordinaten um
Argumente	r, θ reelle Zahlen
Anmerkungen	$x = r \cos(\theta), y = r \sin(\theta)$
Siehe auch	xyinpol

Polyeder	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	Polyeder(S)
Beschreibung	Liefert den linearen Polyeder, dessen Name, Zahlencode oder Wytoff-Symbol S lautet
Argumente	
S	String-Ausdruck, der den Namen eines Polyhedrons, seinen Zahlencode oder sein Wytoff-Symbol enthält

Beispiel



Anmerkungen

Die Oberfläche eines linearen Polyhedrons besteht aus regelmäßigen Polygonen, und jeder Scheitelpunkt steht in derselben Beziehung zum Solid. Die Oberflächen müssen jedoch nicht identisch sein. Es gibt 75 solcher Polyhedra sowie zwei Arten von Prismen und Antiprismen. Die `Polyeder`-Funktion kann 80 solcher Beispiele konstruieren und wird gemeinsam mit dem 3D-Oberflächenplot-Tool verwendet (siehe Abbildung). Zu seinen Argumenten zählen entweder ein Name (`»Kubus«`), das Symbol `#` gefolgt von einer Zahl (`»#6«`) oder ein Wytoff-Symbol (`»3|2 4«`).

PolyInfo

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax

`PolyInfo(n)`

Beschreibung

Liefert einen Vektor, der den Namen, den dualen Namen und das Wytoff-Symbol für das durch n angezeigte Polyeder enthält

Argumente

n ganze Zahl, ist der Code für ein Polyeder. Alternativ hierzu ein String-Ausdruck, der den Zahlencode, den Namen oder das Wytoff-Symbol des Polyhedrons enthält.

Siehe auch

`Polyeder`

potanp

Regression und Glättung

Syntax

`potanp(vx, vy, vg)`

Beschreibung

Liefert einen Vektor, der die Parameter (a, b, c) enthält, aus denen die Funktion $a \cdot x^b + c$ erstellt wird, die am besten zu den Datenfeldern `vx` und `vy` passt

Argumente

`vx, vy` reelle Vektoren derselben Größe
`vg` reeller Vektor mit Schätzwerten für (a, b, c)

Anmerkungen	Dies ist ein spezieller Fall der <code>genanp</code> -Funktion. Für die Initialisierung ist ein Vektor mit Schätzwerten erforderlich. Wird der Wert der vorgegebenen TOL-Variable verringert, kann dadurch mehr Genauigkeit in <code>potanp</code> erzielt werden.
Siehe auch	<code>linie</code> , <code>linanp</code> , <code>genanp</code> , <code>expanp</code> , <code>loganp</code> , <code>lgsanp</code> , <code>sinanp</code> , <code>medanp</code>

ppmt	Finanzen
-------------	----------

Syntax	<code>ppmt(zsatz, per, nper, gw, [[zw], [type]])</code>
Beschreibung	Liefert die Zahlung bei einer Investition oder einer Anleihe für einen vorgegebenen Zeitraum, <i>per</i> , basierend auf regelmäßigen, konstanten Zahlungen über einen vorgegebenen Gesamtzeitraum, <i>nper</i> , bei einem festen Zinssatz, <i>zsatz</i> , und einem bestimmten, aktuellen Wert, <i>gw</i>
Argumente	
<i>zsatz</i>	reeller Satz
<i>per</i>	ganze Zahl, $per \geq 1$
<i>nper</i>	ganze Zahl für Gesamtzeitraum $1 \leq per \leq nper$
<i>gw</i>	reeller aktueller Wert
<i>zw</i>	(optional) reeler künftiger Wert, Standard ist $zw = 0$
<i>type</i>	(optional) Zahlungsplan-Indikator, 0 für Zahlungen, die am Ende einer Periode, und 1 für Zahlungen, die zu Beginn einer Periode vorgenommen wurden. Standard ist <i>type</i> = 0.

Anmerkungen	Wenn Sie den Jahreszinssatz, <i>ann_rate</i> , kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsatz = ann_rate/nper$. Zahlungen wie Sparanlagen oder Zahlungen für Anleihen müssen mit negativen Zahlen eingegeben werden. Zahlungseingänge wie Schecks müssen mit positiven Zahlen eingegeben werden.
Siehe auch	<code>kumtilg</code> , <code>gesverz</code> , <code>zrate</code>

ppois	Wahrscheinlichkeitsverteilung
--------------	-------------------------------

Syntax	<code>ppois(k, λ)</code>
Beschreibung	Liefert die kumulative Poisson-Verteilung
Argumente	
<i>k</i>	ganze Zahl, $k \geq 0$
<i>l</i>	reelles Mittel, $\lambda > 0$
Algorithmus	Stetige Bruchentwicklung und asymptotische Entwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

Syntax PRNANFÜGEN(*Datei*) := **A**

Beschreibung Hängt eine Matrix **A** an eine vorhandene strukturierte ASCII-Datei an. Jede Zeile in der Matrix wird zu einer neuen Zeile in der Datendatei. Die vorhandenen Daten müssen über gleich viele Spalten verfügen wie **A**. Die Funktion muss allein auf der linken Seite einer Definition erscheinen.

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für einen Dateinamen bzw. Pfad

Siehe auch PRNSCHREIBEN für weitere Einzelheiten

PRNLESEN

Syntax PRNLESEN(*Datei*)

Beschreibung Liefert die Matrix zu einer eingelesenen strukturierten ASCII-Datei. Jede Zeile in der Datendatei wird zu einer Zeile in der Matrix. Die Anzahl von Elementen pro Zeile muss gleich sein. Die Funktion wird folgendermaßen verwendet:

A := PRNLESEN(*Datei*).

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad einer strukturierten ASCII-Datei

Anmerkungen Die Funktion PRNLESEN liest eine vollständige Datendatei ein, ermittelt die Anzahl von Zeilen und Spalten und erstellt aus den Daten eine Matrix.

Wenn Mathcad Daten mittels der Funktion PRNLESEN einliest, geschieht Folgendes:

- Jede Instanz der Funktion PRNLESEN liest eine vollständige Datendatei ein.
- Sämtliche Zeilen in der Datendatei müssen über dieselbe Anzahl von Werten verfügen. (Mathcad ignoriert dabei Zeilen ohne Werte.) Falls die Zeilen in der Datei unterschiedlich viele Werte enthalten, kennzeichnet Mathcad die PRNLESEN-Gleichung mit einer Fehlermeldung. Verwenden Sie dann einen Texteditor, um die fehlenden Werte durch Nullen zu ersetzen, bevor Sie PRNLESEN erneut verwenden.
- Die Funktion PRNLESEN ignoriert in der Datendatei vorkommenden Text.
- Das Ergebnis des Einlesens der Datei ist eine $m \times n$ -Matrix **A**, wobei m die Anzahl von Daten enthaltenden Zeilen der Datei und n die Anzahl der Werte pro Zeile ist.

PRNSCHREIBEN und PRNLESEN ermöglichen Ihnen das Schreiben und Einlesen von in Mathcad erstellten verschachtelten Feldern.

Syntax PRNSCHREIBEN(*Datei*) := A

Beschreibung Schreibt eine Matrix **A** in eine strukturierte ASCII-Datendatei namens *Datei*. Jede Zeile der Matrix wird zu einer Zeile in der Datei. Die Funktion muss allein stehend auf der linken Seite einer Definition erscheinen.

Argumente

Datei Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad der strukturierten ASCII-Datei

A Matrix oder Vektor

Anmerkungen Die Funktionen PRNSCHREIBEN und PRNANFÜGEN schreiben Datenwerte geordnet in Zeilen und Spalten in eine Datei. Beim Einsatz dieser Funktionen gilt Folgendes:

- Gleichungen mit PRNSCHREIBEN und PRNANFÜGEN müssen in einer vorgegebenen Form angegeben werden. Auf der linken Seite muss PRNSCHREIBEN(*Datei*) bzw. PRNANFÜGEN(*Datei*) stehen. Darauf folgen das Definitionszeichen (:=) und ein Matrixausdruck. Verwenden Sie im Matrixausdruck keine Bereichsvariablen oder Indizes.
- Jede neue Gleichung, in der PRNSCHREIBEN vorkommt, erzeugt eine neue Datei. Wenn zwei Gleichungen in dieselbe Datei schreiben, werden die mit der ersten Gleichung geschriebenen Daten von denen der zweiten Gleichung überschrieben. Verwenden Sie PRNANFÜGEN, wenn Sie Daten an eine vorhandene Datei anfügen möchten, statt sie zu überschreiben.
- Die Systemvariablen PRNCOLWIDTH und PRNPRECISION legen das Format der von Mathcad erzeugten Datendatei fest. Der Wert von PRNCOLWIDTH gibt die Breite der Spalten (in Zeichen), der von PRNPRECISION die Anzahl der signifikanten Ziffern an. Standardmäßig gilt: PRNCOLWIDTH=8 und PRNPRECISION=4. Zum Ändern dieser Werte wählen Sie den Eintrag OPTIONEN aus dem Menü RECHNEN aus und bearbeiten die Werte auf der Registerkarte VORDEFINIERTER VARIABLEN, oder Sie geben diese Variablen oberhalb der Funktion PRNSCHREIBEN in Ihrem Mathcad-Dokument ein.

PRNSCHREIBEN und PRNLESEN ermöglichen Ihnen das Schreiben und Einlesen von in Mathcad erstellten *verschachtelten Datenfeldern*.

Wenn es sich bei dem zu schreibenden Datenfeld entweder um ein verschachteltes Datenfeld (ein Datenfeld, dessen Elemente wiederum aus Datenfeldern bestehen) oder ein komplexes Datenfeld (ein Datenfeld, dessen Elemente komplex sind) handelt, dann erzeugt PRNSCHREIBEN *keine* einfache ASCII-Datei. Stattdessen erstellt PRNSCHREIBEN eine Datei in einem speziellen Format, das für andere Anwendungen wahrscheinlich nicht lesbar ist. Allerdings lässt sich diese Datei mittels der Mathcad-Funktion PRNLESEN einlesen.

Indem Sie die Funktion **erweitern** verwenden, können Sie mehrere Variablen verketteten und sie alle mittels **PRNSCHREIBEN** in eine Datendatei schreiben.

Siehe auch

PRNANFÜGEN

prognose

Interpolation und Vorhersage

Syntax

`prognose(v, m, n)`

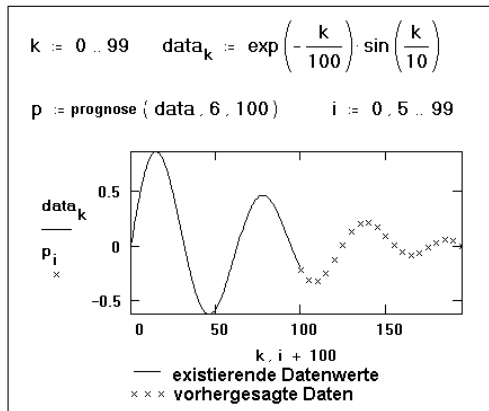
Beschreibung

Liefert n prognostizierte Werte basierend auf m Konsekutivwerten aus dem Datenvektor **v**. Elemente in **v** sollten Beispiele enthalten, die ähnlichen Intervallen entnommen wurden.

Argumente

- v** reeller Vektor
m, n ganze Zahlen, $m > 0$, $n > 0$

Beispiel



Anmerkungen

Interpolationsfunktionen wie `kspline`, `lspline` oder `pspline` ermöglichen es Ihnen zusammen mit `interp`, zwischen vorhandenen Datenpunkten liegende Werte zu ermitteln. Es kann aber auch vorkommen, dass Sie jenseits ihrer vorhandenen Werte liegende Datenpunkte benötigen. Mathcad stellt die Funktion **prognose** zur Verfügung, die auf einige der vorhandenen Daten zurückgreift, um Vorsagen über hinter den bekannten Werten liegende Datenpunkte zu treffen. Diese Funktion setzt einen linearen Vorhersagealgorithmus ein, der für glatte und oszillierende, nicht notwendigerweise periodische, Kurvenverläufe geeignet ist. Dieser Algorithmus kann als eine Art Extrapolationsverfahren betrachtet werden, ist aber nicht mit linearer oder polynomischer Extrapolation zu verwechseln.

Die Funktion **prognose** greift für die Berechnung der Vorhersagekoeffizienten auf die letzten m Werte der Ursprungsdaten zurück. Nach der Bestimmung dieser Koeffizienten verwendet sie die letzten m Punkte, um die Koordinaten

des $(m+1)$ -ten Punktes vorherzusagen, wodurch letztendlich ein m Punkte breiter gleitender Bereich erzeugt wird.

Algorithmus Verfahren nach Burg (Press et al., 1992)

pspline Interpolation und Vorhersage

Eindimensionaler Fall

Syntax pspline(**vx**, **vy**)

Beschreibung Liefert den Koeffizienten-Vektor eines kubischen Splines mit parabolischen Endpunkten. Dieser Vektor wird zum ersten Argument der Funktion `interp`.

Argumente

vx, **vy** reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von **vx** müssen aufsteigend sortiert sein.

Zweidimensionaler Fall

Syntax pspline(**Mxy**, **Mz**)

Beschreibung Liefert den Koeffizienten-Vektor eines zweidimensionalen kubischen Splines, der an den Bereichsgrenzen von **Mxy** parabolisch sein muss. Dieser Vektor wird zum ersten Argument der Funktion `interp`.

Argumente

Mxy $n \times 2$ -Matrix, deren Elemente $M_{xy,i,0}$ und $M_{xy,i,1}$ die x - und y -Koordinaten entlang der *Diagonalen* eines rechtwinkligen Gitters angeben. Diese Matrix spielt genau dieselbe Rolle wie **vx** im zuvor beschriebenen eindimensionalen Fall. Da diese Punkte eine Diagonale beschreiben, müssen die Elemente in jeder Spalte von **Mxy** aufsteigend sortiert sein ($M_{xy,i,k} < M_{xy,j,k}$ für $i < j$).

Mz $n \times n$ -Matrix, deren ij -tes Element die z -Koordinate des Punktes mit $x = M_{xy,i,0}$ und $y = M_{xy,j,1}$ ist. **Mz** spielt genau dieselbe Rolle wie **vy** im zuvor beschriebenen eindimensionalen Fall.

Algorithmus Lösung tridiagonaler Systeme (Press et al., 1992; Lorzczak)

Siehe auch lspline für weitere Einzelheiten

pt Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax pt(x , d)

Beschreibung Liefert die kumulative t -Verteilung nach Student

Argumente

x reelle Zahl, $x \geq 0$

d ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$

Algorithmus Stetige Bruchentwicklung (Abramowitz und Stegun, 1972)

punif	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>punif(x, a, b)</code>
Beschreibung	Liefert die kumulative Gleichverteilung
Argumente	
x	reelle Zahl
a, b	reelle Zahlen, $a < b$

pweibull	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>pweibull(x, s)</code>
Beschreibung	Liefert die kumulative Weibull-Verteilung
Argumente	
x	reelle Zahl, $x \geq 0$
s	reeller Formparameter, $s > 0$

qbeta	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>qbeta($p, s1, s2$)</code>
Beschreibung	Liefert die inverse Beta-Verteilung mit den Formparametern $s1$ und $s2$
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$
$s1, s2$	reelle Formparameter, $s1 > 0, s2 > 0$
Algorithmus	Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992)

qbinom	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>qbinom(p, n, q)</code>
Beschreibung	Liefert die inverse Binominalverteilung, d. h., die kleinste ganze Zahl k für die $\text{pbinom}(k, n, q) \geq p$ gilt
Argumente	
n	ganze Zahl, $n > 0$
p, q	reelle Zahlen, $0 \leq p \leq 1, 0 \leq q \leq 1$
Algorithmus	Diskretes Halbierungsverfahren (Press et al., 1992)

qcauchy	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qcauchy(p, l, s)
Beschreibung	Liefert die inverse Cauchy-Verteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 < p < 1$
l	reeller Lageparameter
s	reeller Skalenparameter, $s > 0$

qchisq	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qchisq(p, d)
Beschreibung	Liefert die inverse Chi-Quadrat-Verteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p < 1$
d	ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$
Algorithmus	Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992) Rationale Funktionsnherungen (Abramowitz und Stegun, 1972)

qexp	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qexp(p, r)
Beschreibung	Liefert die inverse Exponentialverteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p < 1$
r	reelle Verteilungsrate, $r > 0$

qF	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qF($p, d1, d2$)
Beschreibung	Liefert die inverse F-Verteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p < 1$
$d1, d2$	ganzzahlige Freiheitsgrade, $d1 > 0, d2 > 0$
Algorithmus	Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992)

qgamma	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>qgamma(p, s)</code>
Beschreibung	Liefert die inverse Gamma-Verteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p < 1$
s	reeller Formparameter, $s > 0$
Algorithmus	Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992) Rationale Funktionsnäherungen (Abramowitz und Stegun, 1972)
qgeom	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>qgeom(p, q)</code>
Beschreibung	Liefert die inverse geometrische Verteilung, d. h., die kleinste ganze Zahl k , für die <code>pgeom(k, q)</code> $\geq p$ gilt
Argumente	
p, q	reelle Zahlen, $0 < p < 1, 0 < q < 1$
Anmerkungen	k ist näherungsweise die ganze Zahl, für die $\Pr(X \leq k) = p$ gilt, wenn die Zufallsvariable X die geometrische Verteilung mit dem Parameter q aufweist. Dies ist die Bedeutung von »inverser« geometrischer Verteilungsfunktion.
qhypergeom	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>qhypergeom(p, a, b, n)</code>
Beschreibung	Liefert die inverse hypergeometrische Verteilung, d. h., die kleinste ganze Zahl k für die <code>phypergeom(k, a, b, n)</code> $\geq p$ gilt
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$
a, b, n	ganze Zahlen, $0 \leq a, 0 \leq b, 0 \leq n \leq a+b$
Anmerkungen	k ist näherungsweise die ganze Zahl, für die $\Pr(X \leq k) = p$ gilt, wenn die Zufallsvariable X die hypergeometrische Verteilung mit den Parametern a, b und n aufweist. Dies ist die Bedeutung von »inverser« hypergeometrischer Verteilungsfunktion.
Algorithmus	Diskretes Halbierungsverfahren (Press et al., 1992)
qlnorm	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	<code>qlnorm(p, μ, σ)</code>
Beschreibung	Liefert die inverse logarithmische Normalverteilung

Argumente

- p* reelle Zahl, $0 \leq p < 1$
- m* logarithmisches Mittel
- s* logarithmische Abweichung, $\sigma > 0$

Algorithmus Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992)

qlogis Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `qlogis(p, l, s)`

Beschreibung Liefert die inverse logistische Verteilung

Argumente

- p* reelle Zahl, $0 < p < 1$
- l* reeller Lageparameter
- s* reeller Skalenparameter, $s > 0$

qnbinom Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `qnbinom(p, n, q)`

Beschreibung Liefert die inverse negative Binominalverteilung, d. h., die kleinste ganze Zahl *k* für die `qnbinom(k, n, q) ≥ p` gilt

Argumente

- n* ganze Zahl, $n > 0$
- p*, *q* reelle Zahlen, $0 < p < 1$, $0 < q < 1$

Algorithmus Diskretes Halbierungsverfahren (Press et al., 1992)

qnorm Wahrscheinlichkeitsverteilung

Syntax `qnorm(p, μ , σ)`

Beschreibung Liefert die inverse Normalverteilung

Argumente

- p* reelle Zahl, $0 < p < 1$
- m* reelles Mittel
- s* Standardabweichung, $\sigma > 0$

Algorithmus Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992)

qpois**Wahrscheinlichkeitsverteilung****Syntax** `qpois(p , λ)`**Beschreibung** Liefert die inverse Poisson-Verteilung, d. h. die kleinste ganze Zahl k , für die $\text{ppois}(k, \lambda) \geq p$ gilt**Argumente** p reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$ λ reelles Mittel, $\lambda > 0$ **Anmerkungen** k ist näherungsweise die ganze Zahl, für die $\text{Pr}(X \leq k) = p$ gilt, wenn die Zufallsvariable X die Poisson-Verteilung mit dem Parameter λ aufweist. Dies ist die Bedeutung von »inverser« Poisson-Verteilungsfunktion.**Algorithmus** Diskretes Halbierungsverfahren (Press et al., 1992)

qr**Vektor- und Matrixfunktion****Syntax** `qr(A)`**Beschreibung** Liefert eine $m \times (m + n)$ -Matrix, deren ersten m Spalten die $m \times m$ -Orthonormalmatrix \mathbf{Q} und deren letzten n Spalten die obere $m \times n$ -Dreiecksmatrix \mathbf{R} enthalten. Diese genügen der Matrixgleichung $\mathbf{A} = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{R}$.**Argumente** \mathbf{A} reelle $m \times n$ -Matrix**Beispiel**

$$\mathbf{A} := \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 2.3 & 4 & 4 \\ -2 & 5.1 & 4 \\ 0 & .8 & 6 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{M} := \text{qr}(\mathbf{A})$$
$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0.312 & 0.279 & -0.437 & -0.796 & 3.208 & 0.312 & 0.062 \\ 0.717 & 0.553 & 0.129 & 0.403 & 0 & 6.823 & 5.742 \\ -0.623 & 0.776 & -0.069 & 0.066 & 0 & 0 & 6.002 \\ 0 & 0.117 & 0.888 & -0.446 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$
$$\mathbf{Q} := \text{submatrix}(\mathbf{M}, 0, 3, 0, 3) \qquad \mathbf{R} := \text{submatrix}(\mathbf{M}, 0, 3, 4, 6)$$
$$\mathbf{Q} \cdot \mathbf{Q}^T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{Q} \cdot \mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 2.3 & 4 & 4 \\ -2 & 5.1 & 4 \\ 0 & 0.8 & 6 \end{pmatrix}$$

qt	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qt(p, d)
Beschreibung	Liefert die inverse t -Verteilung nach Student
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 < p < 1$
d	ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$
Algorithmus	Wurzelsuche (Halbierungs- und Sekantenverfahren) (Press et al., 1992)

qunif	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qunif(p, a, b)
Beschreibung	Liefert die inverse Gleichverteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$
a, b	reelle Zahlen, $a < b$

qweibull	Wahrscheinlichkeitsverteilung
Syntax	qweibull(p, s)
Beschreibung	Liefert die inverse Weibull-Verteilung
Argumente	
p	reelle Zahl, $0 < p < 1$
s	reeller Formparameter, $s > 0$

rbeta	Zufallszahlen
Syntax	rbeta($m, s1, s2$)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit m Beta-verteilten Zufallszahlen
Argumente	
m	ganze Zahl, $m > 0$
$s1, s2$	reelle Formparameter, $s1 > 0, s2 > 0$
Algorithmus	XG-Algorithmus nach Best, Johnk-Generator (Devroye, 1986)
Siehe auch	rnd

rbinom	Zufallszahlen
Syntax	rbinom(m, n, p)

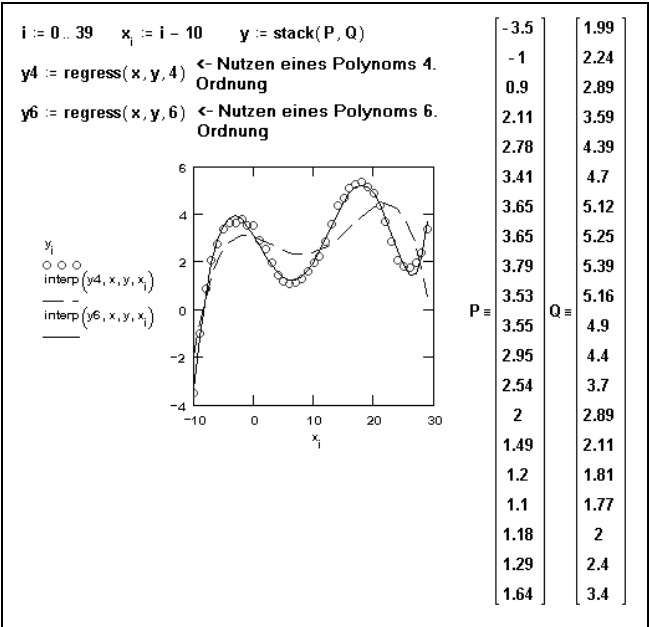
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit m binominalverteilten Zufallszahlen
Argumente	
m, n	ganze Zahlen, $m > 0, n > 0$
p	reelle Zahl, $0 \leq p \leq 1$
Algorithmus	Waiting time and rejection algorithms (Devroye, 1986)
Siehe auch	rnd

rcauchy	Zufallszahlen
Syntax	rcauchy(m, l, s)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit m Cauchy-verteilten Zufallszahlen
Argumente	
m	ganze Zahl, $m > 0$
l	reeller Lageparameter
s	reeller Skalenparameter, $s > 0$
Algorithmus	Inverse cumulative density method (Press et al., 1992)
Siehe auch	rnd

rchisq	Zufallszahlen
Syntax	rchisq(m, d)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit m chi-quadrat-verteilten Zufallszahlen
Argumente	
m	ganze Zahl, $m > 0$
d	ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$
Algorithmus	XG-Algorithmus nach Best, Johnk-Generator (Devroye, 1986)
Siehe auch	rnd

regress	Regression und Glättung
	Eindimensionaler Fall
Syntax	regress(vx , vy , n)
Beschreibung	Liefert den von der Funktion interp benötigten Vektor zum Ermitteln des Polynoms n -ten Grades, das am besten zu den Datenfeldern vx und vy passt
Argumente	
vx , vy	reelle Vektoren derselben Größe
n	ganze Zahl, $n > 0$

Beispiel



Anmerkungen

Die Regressionsfunktionen **regress** und **loess** sind hilfreich, wenn Sie über eine Menge von y-Messwerten zu entsprechenden x-Werten verfügen und ein Polynom *n*-ten Grades an diese y-Werte annähern wollen. (Für eine einfache lineare Annäherung, also mit *n* = 1, können Sie auch auf die Funktionen **neigung** und **achsenabschn** zurückgreifen.)

Verwenden Sie **regress**, wenn Sie alle Ihre Daten mit einem einzigen Polynom annähern wollen. Die Funktion **regress** lässt Sie ein Polynom beliebigen Grades ermitteln. In der Praxis werden Sie allerdings kaum über *n* = 6 hinauszugehen brauchen.

Da die Funktion **regress** versucht, alle Ihre Datenpunkte mit einem einzigen Polynom zu erfassen, liefert sie keine guten Ergebnisse, wenn sich Ihre Daten nicht wie ein einziges Polynom verhalten. Nehmen wir beispielsweise an, Sie erwarten für ein *y_i* einen linearen Verlauf von *x₁* bis *x₁₀* und ein kubisches Verhalten von *x₁₁* bis *x₂₀*. Wenn Sie **regress** darauf mit *n* = 3 (kubisch) ansetzen, erhalten Sie eine gute Annäherung für die zweite Hälfte, aber eine schlechte für die erste.

Die von Mathcad bereitgestellte Funktion **loess** mildert diese Art von Problemen durch die Durchführung einer in stärkerem Maße lokalen Regression ab.

Die ersten drei Komponenten des Ergebnisvektors **vr** := **regress**(**vx**, **vy**, *n*) sind: **vr**₀:=3 (dieser Code teilt **interp** mit, dass **vr** das Ergebnis von **regress** und nicht einer Spline-Funktion ist), **vr**₁:=3 (der Index innerhalb von **vr**, ab dem die Koeffizienten des Polynoms beginnen) und **vr**₂:=*n* (der Grad der Annäherung). Die übrigen *n* + 1 Komponenten sind die Koeffizienten des angenäherten Polynoms vom Term mit dem niedrigsten Grad bis zum Term mit dem höchsten Grad.

Zweidimensionaler Fall

Syntax regress(**Mxy**, **vz**, n)

Beschreibung Liefert den von der Funktion **interp** benötigten Vektor zum Ermitteln des Polynoms n -ten Grades, das am besten zu den Datenfeldern **Mxy** und **vz** passt. **Mxy** ist eine $m \times 2$ -Matrix mit x - y -Koordinaten. **vz** ist ein m -dimensionaler Vektor mit den z -Koordinaten zu den m in **Mxy** angegebenen Punkten.

Argumente

- Mxy** reelle $m \times 2$ -Matrix mit den x - y -Koordinaten der m Datenpunkte
- vz** reeller m -dimensionaler Vektor mit den z -Koordinaten zu den in **Mxy** angegebenen Punkten
- n ganze Zahl, $n > 0$

Anmerkungen Nehmen wir beispielsweise an, Sie verfügten über eine Menge von z -Messwerten zu entsprechenden x - und y -Werten und wollen ein Polynom n -ten Grades an diese z -Werte annähern. Die Bedeutung der Eingabeargumente ist allgemeiner als im eindimensionalen Fall:

- Das Argument **vx**, das bisher ein m -dimensionaler Vektor von x -Werten war, wird zur $m \times 2$ -Matrix **Mxy**. Jede Zeile von **Mxy** enthält einen x -Wert in der ersten und einen zugehörigen y -Wert in der zweiten Spalte.
- Das Argument x für die Funktion **interp** wird zum zweidimensionalen Vektor **v**, mit denjenigen x - und y -Werten, für die Sie das Polynom der Oberfläche ermitteln wollen, die am besten zu den Datenpunkten in **Mxy** und **vz** passt.

Diese Betrachtung lässt sich problemlos auf höherdimensionale Fälle übertragen. Sie können weitere unabhängige Variablen hinzufügen, indem Sie einfach das Feld **Mxy** um entsprechende Spalten erweitern. Dann müssen Sie auch die entsprechende Anzahl von Zeilen zu dem Vektor **v** hinzufügen, den Sie an die Funktion **interp** übergeben. Die Funktion **regress** kann mit beliebig vielen unabhängigen Variablen umgehen. Allerdings wird **regress** langsamer rechnen und mehr Speicher erfordern, wenn die Anzahl unabhängiger Variablen und der Grad des Polynoms größer ist als vier. Die Funktion **loess** ist dagegen auf maximal vier unabhängige Variablen beschränkt.

Denken Sie daran, dass die Anzahl von Datenwerten m für **regress** der Bedingung $m > \binom{n+k-1}{n} \cdot \frac{n+k}{k}$ genügen muss, wobei k für die Anzahl unabhängiger Variablen (und somit für die Spaltenanzahl von **Mxy**), n für den Grad des geforderten Polynoms und m für die Anzahl von Datenwerten (und somit für die Zeilenanzahl von **vz**) steht. Wenn Sie beispielsweise fünf erläuternde Variablen und ein Polynom vierten Grades vorliegen haben, benötigen Sie über 126 Stützpunkte.

Die von Mathcad bereitgestellte Funktion **loess** eignet sich für solche Daten besser als **regress**, die sich nicht von einem einzigen Polynom beschreiben lassen.

Algorithmus Normale Gleichungslösung durch Gauß-Jordan-Eliminierung (Press et al., 1992)

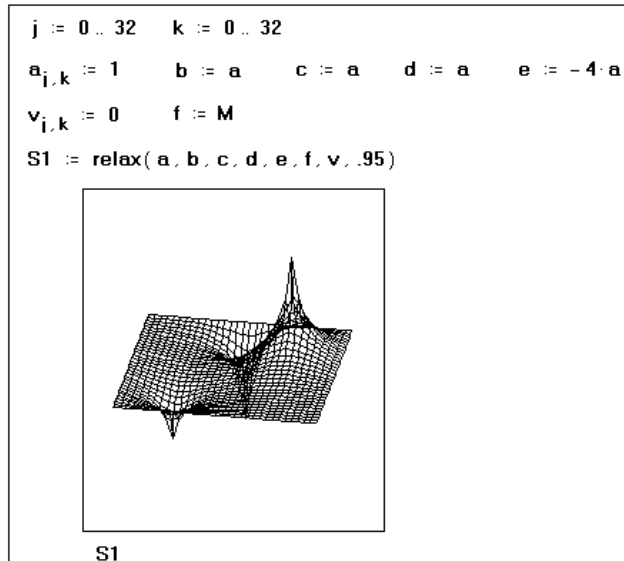
Syntax relax(A, B, C, D, E, F, U, rjac)

Beschreibung Liefert eine Matrix mit Lösungswerten für eine Poisson'sche partielle Differentialgleichung über einer quadratischen Fläche. Allgemeiner als das schnellere multigit.

Argumente

- A, B, C, D, E** reelle Quadratmatrizen derselben Größe mit den Koeffizienten der diskretisierten Laplace'schen Gleichung (beispielsweise die linken Seiten der unten stehenden Gleichungen)
- F** reelle Quadratmatrix mit dem Ursprungsterm an jedem Punkt der Fläche, in der die Lösung gesucht wird (beispielsweise die rechten Seiten der unten stehenden Gleichungen)
- U** reelle Quadratmatrix mit Randwerten der Flächenseiten und anfänglichen Schätzwerten für die Lösung innerhalb der Fläche
- rjac** der Spektralradius der Jacobi-Iteration, $0 < rjac < 1$, der die Konvergenz des Relaxationsalgorithmus vorgibt; der optimale Wert hängt von den jeweiligen Details Ihres Problems ab.

Beispiel



Anmerkungen Zwei häufig bei der Untersuchung physikalischer Systeme auftauchende partielle Differentialgleichungen sind die Poisson'sche Gleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \rho(x, y) \text{ und deren homogene Form, die Laplace'sche Gleichung.}$$

Mathcad verfügt über zwei Funktionen zum Lösen dieser Gleichungen über einer quadratischen Fläche, vorausgesetzt, die von der unbekannten Funktion

$u(x, y)$ an allen vier Seiten der Grenze angenommenen Werte sind bekannt. Der allgemeinste Lösungsalgorithmus ist die Funktion **relax**. In dem Spezialfall, in dem die Funktion $u(x, y)$ an allen vier Seiten der Grenze bekanntermaßen den Wert Null hat, können Sie aber auf die Funktion **multigit** zurückgreifen. Diese Funktion löst das Problem dann häufig schneller als **relax**. Wenn die Randbedingungen für alle vier Seiten übereinstimmen, können Sie einfach eine Umwandlung in eine äquivalente Gleichung vornehmen, für die der Wert für alle vier Seiten Null ist.

Die Funktion **relax** liefert eine Quadratmatrix zurück, in der

- die Position eines Matricelements dessen Position in der quadratischen Fläche entspricht und
- dessen Wert sich dem Wert der Lösung an dieser Stelle annähert.

Diese Funktion greift auf die Relaxationsmethode zurück, um zur Lösung zu konvergieren. Die Poisson'sche Gleichung für einen quadratischen Bereich ist gegeben durch:

$$a_{j,k}u_{j+1,k} + b_{j,k}u_{j-1,k} + c_{j,k}u_{j,k+1} + d_{j,k}u_{j,k-1} + e_{j,k}u_{j,k} = f_{j,k}$$

Algorithmus Gauß-Seidel mit successive overrelaxation (Press et al., 1992)
Siehe auch multigit

Re Komplexe Zahlen

Syntax $\text{Re}(z)$
Beschreibung Liefert den reellen Anteil von z
Argumente
 z reelle oder komplexe Zahl
Siehe auch Im

rexp Zufallszahlen

Syntax $\text{rexp}(m, r)$
Beschreibung Liefert einen Vektor mit m exponentialverteilten Zufallszahlen
Argumente
 m ganze Zahl, $m > 0$
 r reelle Verteilungsrate, $r > 0$
Algorithmus Inverse cumulative density method (Press et al., 1992)
Siehe auch rnd

rF		Zufallszahlen
Syntax	$\text{rF}(m, d1, d2)$	
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit m F-verteilten Zufallszahlen	
Argumente		
	m	ganze Zahl, $m > 0$
	$d1, d2$	ganzzahlige Freiheitsgrade, $d1 > 0, d2 > 0$
Algorithmus	XG-Algorithmus nach Best, Johnk-Generator (Devroye, 1986)	
Siehe auch	rnd	

rgamma		Zufallszahlen
Syntax	$\text{rgamma}(m, s)$	
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit m gamma-verteilten Zufallszahlen	
Argumente		
	m	ganze Zahl, $m > 0$
	s	reeller Formparameter, $s > 0$
Algorithmus	XG-Algorithmus nach Best, Johnk-Generator (Devroye, 1986)	
Siehe auch	rnd	

RGBLESEN		Dateizugriff
Syntax	$\text{RGBLESEN}(\text{Datei})$	
Beschreibung	Erstellt eine Matrix, in der die Farbinformationen der BMP-Datei <i>Datei</i> durch die entsprechenden Werte für Rot, Grün und Blau dargestellt sind. Diese Matrix setzt sich aus drei Teilmatrizen zusammen, die jeweils über dieselbe Anzahl von Spalten und Zeilen verfügen. Jedes Pixel wird durch drei Matricelemente – statt nur eines – dargestellt. Jedes Element enthält eine ganze Zahl zwischen 0 und 255. Die drei entsprechenden Elemente bilden zusammengenommen die Farbe des Pixels.	
Argumente		
	<i>Datei</i>	Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

Beispiel	<pre> farbe := "c:\images\monalisa.bmp" grau := READBMP(farbe) gepackt := READRGB(farbe) r := zeilen(gepackt) - 1 c := $\frac{\text{spalten(gepackt)}}{3}$ rot := submatrix(gepackt, 0, r, 0, c - 1) grün := submatrix(gepackt, 0, r, c, 2·c - 1) blau := submatrix(gepackt, 0, r, 2·c, 3·c - 1) </pre>
-----------------	---

Anmerkungen Um die Matrix eines Farbbildes in dessen Rot-, Grün- und Blauanteile aufzuteilen, verwenden Sie die im Beispiel vorgeführten Formeln mit der Funktion **submatrix**. In diesem Beispiel wird das Farbbild »monalisa.bmp« sowohl in die Graustufenmatrix »**grau**« als auch in die komprimierte RGB-Matrix »**gepackt**« eingelesen und anschließend in die drei Teilmatrizen »**rot**«, »**grün**« und »**blau**« konvertiert.

Nachdem Sie eine Bilddatei eingelesen haben, können Sie das Bild mittels des *Bild-Operators* betrachten.

Mathcad stellt überdies spezialisierte Funktionen zum Einlesen von Farbbildern oder Bildkomponenten bereit, wie beispielsweise Funktionen zum Einlesen von Bildern im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format.

Mit Hilfe der folgenden Tabelle finden Sie heraus, welche Funktion für Ihre Zwecke geeignet ist:

Zum Separieren einer Datei in diese Komponenten:

Verwenden Sie diese Funktionen:

- rot, grün und blau (RGB)
RGB_RLESEN, RGB_GLESEN, RGB_BLESEN(siehe BLAU_LESEN)
- Farbton, Helligkeit und Sättigung (HLS)
HLSLESEN, HLS_TON_LESEN, HLS_HELL_LESEN, HLS_SAT_LESEN
- Farbton, Sättigung und Wert (HSV)
HSVLESEN, HSV_TON_LESEN, HSV_SAT_LESEN, HSV_WERT_LESEN
- Hinweis
HLSLESEN und HSV504

LESEN funktionieren auf genau dieselbe Weise wie RGB_LESEN. Alle anderen Funktionen arbeiten genauso wie BMPLESEN.

Siehe auch BMPLESEN für Graustufenbilder

RGB_RLESEN Dateizugriff	
Syntax	RGB_RLESEN(<i>Datei</i>)
Beschreibung	Entnimmt <i>Datei</i> nur den Rotanteil des Farbbildes im BMP-, JPG-, GIF-, TGA- oder PCX-Format. Als Ergebnis wird eine Matrix mit einem Drittel der Spalten geliefert, die RGBLESEN liefert.
Argumente	
<i>Datei</i>	ZeichenkettenvARIABLE für den Dateinamen bzw. Pfad eines Farbbildes

RGBSCHREIBEN Dateizugriff	
Syntax	RGBSCHREIBEN(<i>Datei</i>)

Beschreibung	Erzeugt aus einer Matrix, die aus der Aneinanderreihung der drei Matrizen für die Rot-, Grün- und Blauwerte eines Bildes besteht, die Bilddatei <i>Datei</i> für ein Farbbild im BMP-Format. Wird wie folgt eingesetzt: RGBSCHREIBEN (<i>Datei</i>) := M . Die Funktion muss allein stehend auf der linken Seite einer Definition erscheinen.
Argumente	
<i>Datei</i>	Zeichenkettenvariable für den Dateinamen bzw. Pfad des BMP-Bildes
M	Matrix mit ganzen Zahlen, $0 \leq M_{i,j} \leq 255$
Anmerkungen	Die Funktion erweitern ist hilfreich, um Teilmatrizen vor der Verwendung von RGBSCHREIBEN miteinander zu verbinden. Mathcad verfügt über Funktionen zum Erstellen von Farbbildern in BMP-Dateien aus Matrizen, in denen das Bild im HLS- oder HSV-Format enthalten ist. Diese funktionieren genau auf die gleiche Weise wie RGBSCHREIBEN .
Siehe auch	HLSSCHREIBEN und HSVSCHREIBEN

rg	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	rg (A)
Beschreibung	Liefert den Rang der Matrix A , d. h. die maximale Anzahl von linear unabhängigen Spalten in A
Argumente	
A	reelle $m \times n$ -Matrix
Algorithmus	Einzelwertberechnung (Wilkinson und Reinsch, 1971)

rgeom	Zufallszahlen
Syntax	rgeom (<i>m</i> , <i>p</i>)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> geometrisch verteilten Zufallszahlen
Argumente	
<i>m</i>	ganze Zahl, $m > 0$
<i>p</i>	reelle Zahl, $0 < p < 1$
Algorithmus	Inverse cumulative density method (Press et al., 1992)
Siehe auch	rnd

rhypergeom	Zufallszahlen
Syntax	rhypergeom (<i>m</i> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>n</i>)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> hypergeometrisch verteilten Zufallszahlen

Argumente

m ganze Zahl, $m > 0$

a, b, n ganze Zahlen, $0 \leq a, 0 \leq b, 0 \leq n \leq a+b$

Algorithmus Uniform sampling method (Devroye, 1986)

Siehe auch rnd

rkadapt

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax rkadapt($y, x1, x2, acc, \mathbf{D}, kmax, save$)

Beschreibung Löst eine Differentialgleichung mittels einer langsam variierenden Runge-Kutta-Methode. Liefert die Abschätzung der Lösung der Differentialgleichung in $x2$.

Argumente Mehrere Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei rkfest beschriebenen überein.

y reeller Vektor mit Anfangswerten

$x1, x2$ reelle Endpunkte des Lösungsintervalls

acc Der reelle Wert $acc > 0$ gibt die Genauigkeit der Lösung an; ein niedriger Wert für acc bewirkt, dass der Algorithmus kleinere Schritte entlang der Trajektorie durchführt und somit die Genauigkeit der Lösung erhöht. Werte für acc um 0,001 bringen im Allgemeinen genaue Lösungen hervor.

D(x, y) Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt

$kmax$ Die ganze Zahl $kmax > 0$ gibt die maximale Anzahl von Zwischenpunkten an, mit denen die Lösung angenähert wird. Der Wert $kmax$ legt eine Obergrenze für die Anzahl von Zeilen der von diesen Funktionen zurückgelieferten Matrix fest.

$save$ Die reelle Zahl $save > 0$ gibt den Mindestabstand zwischen den Werten an, mit denen die Lösung angenähert wird. $save$ legt eine Untergrenze für die Differenz zwischen jeweils zwei Zahlen in der ersten Spalte der von der Funktion zurückgelieferten Matrix fest.

Anmerkungen Die spezialisierten Lösungsverfahren für Differentialgleichungen Bulstoer, Rkadapt, stiffb und stiffr liefern die Lösung $y(x)$ für eine Anzahl von x -Werten mit konstantem Abstand im von $x1$ und $x2$ begrenzten Integrationsintervall. Wenn Sie nur am Lösungswert des Endpunktes, $y(x2)$, interessiert sind, verwenden Sie stattdessen bulstoer, rkadapt, stiffb und stiffr.

Algorithmus Runge-Kutta-Methode fünften Grades mit angepassten Schritten (Press et al., 1992)

Siehe auch Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen rkfest für Informationen über Ausgabe und Argumente; Rkadapt.

Rkadapt

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax

`Rkadapt(y, x1, x2, npts, D)`

Beschreibung

Löst eine Differentialgleichung mittels einer langsam variierenden Runge-Kutta-Methode. Liefert eine Lösung der Differentialgleichung für x -Werte mit konstantem Abstand durch wiederholtes Anwenden der Funktion `rkadapt`.

Argumente

Alle Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei `rkfest` beschriebenen überein.

y reeller Vektor mit Anfangswerten

x1, x2 reelle Endpunkte des Lösungsintervalls

npts Die ganze Zahl $npts > 0$ gibt die Anzahl von Punkten nach dem Anfangspunkt an, für die eine Lösung ermittelt werden soll; legt die Zeilenanzahl der Ausgangsmatrix fest.

D(x, y) Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt

Anmerkungen

Für eine feste Anzahl von Punkten lässt sich eine Funktion genauer annähern, wenn an Stellen, an denen sich die Funktion schnell ändert, mehr und an Stellen, an denen sie sich langsamer ändert, weniger Berechnungen durchgeführt werden. Wenn Sie wissen, dass die Lösung diese Eigenschaft besitzt, werden Sie mit `Rkadapt` besser beraten sein. Anders als die Funktion `rkfest`, die eine Lösung für konstante Intervalle ermittelt, untersucht `Rkadapt`, wie schnell die Lösung sich ändert, und passt die Schrittweite dementsprechend an. Diese »angepasste Schrittweitenregulierung« ermöglicht es `Rkadapt`, sich auf die Teile des Integrationsbereichs zu konzentrieren, für die sich die Funktion schnell verändert, statt die Zeit für die wenig veränderlichen Anteile zu verschwenden.

Auch wenn `Rkadapt` bei der Lösung der Differentialgleichung uneinheitliche Schrittweiten einsetzt, liefert die Funktion das Ergebnis dennoch für gleich weit voneinander entfernte Punkte.

Sowohl die Argumente von `Rkadapt` als auch die Form der Ergebnismatrix stimmen mit denen von `rkfest` überein.

Algorithmus

Runge-Kutta-Methode mit konstanten Schritten und angepassten Zwischenschritten (Press et al., 1992)

Siehe auch

Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen `rkfest` für Informationen über Ausgabe und Argumente: siehe auch `Gdglösen` für einen Blockauflöse-Ansatz.

rkfest

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax

`rkfest(y, x1, x2, npts, D)`

Beschreibung

Löst eine Differentialgleichung mittels einer Runge-Kutta-Methode. Liefert eine Lösung der Differentialgleichung für x -Werte mit konstantem Abstand.

Argumente

- y** reeller Vektor mit Anfangswerten (dessen Länge vom Grad der Differentialgleichung bzw. von der Größe des Differentialgleichungssystems abhängt). Bei einer Differentialgleichung ersten Grades, wie in den nachfolgenden Beispielen 1 und 2, ist der Vektor mit $y(0) = y(xI)$ auf einen Punkt beschränkt. Bei einer Differentialgleichung zweiten Grades, wie in Beispiel 3, verfügt der Vektor über zwei Elemente: den Wert der Funktion und dessen erste Ableitung an der Stelle xI . Bei Differentialgleichungen höherer Ordnung, wie in Beispiel 4, verfügt der Vektor über n Elemente zur Angabe der Anfangsbedingungen für $y, y', y'', \dots, y^{(n-1)}$. Bei einem System ersten Grades, wie in Beispiel 5, enthält der Vektor Anfangswerte für jede unbekannte Funktion. Bei Systemen höherer Grade, wie in Beispiel 6, enthält der Vektor die Anfangswerte für die $n - 1$ Ableitungen jeder unbekannten Funktion sowie die Anfangswerte der Funktionen selbst.
- $xI, x2$** reelle Endpunkte des Intervalls, für das die Lösung der Differentialgleichungen ermittelt wird; die Anfangswerte in **y** sind die Werte an der Stelle xI .
- $npts$** Die ganze Zahl $npts > 0$ gibt die Anzahl von Punkten nach dem Anfangspunkt an, für die eine Lösung ermittelt werden soll; legt die Zeilenanzahl der Ausgabematrix fest.
- $D(x, y)$** Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt. Bei einer Differentialgleichung ersten Grades, wie in den Beispielen 1 und 2, ist der Vektor auf eine skalare Funktion beschränkt. Bei einer Differentialgleichung zweiten Grades, wie in Beispiel 3, besitzt der Vektor zwei Elemente: $D(t, y) = \begin{bmatrix} y'(t) \\ y''(t) \end{bmatrix}$. Bei Differentialgleichungen höheren Grades, wie in Beispiel 4, besitzt der Vektor n Elemente:
- $$D(t, y) = \begin{bmatrix} y'(t) \\ y''(t) \\ \vdots \\ y^{(n)}(t) \end{bmatrix}.$$
- Bei einem System ersten Grades, wie in Beispiel 5, enthält der Vektor die erste Ableitung jeder unbekannten Funktion. Bei Systemen höherer Grade, wie in Beispiel 6, enthält der Vektor Ausdrücke für die $n - 1$ Ableitungen jeder unbekannten Funktion sowie die n -te Ableitung.

Beispiele

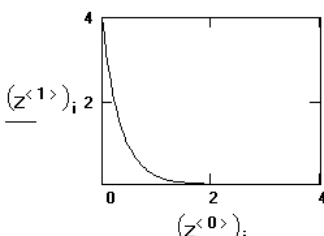
Auflösen $y' + 3y = 0$

$y_0 := 4$ \leftarrow Ausgangswert definieren. Indizierung erfolgt mit der linken eckigen Klammer "[".

$D(x, y) := -3 \cdot y_0$ \leftarrow Eine Funktion für die erste Ableitung definieren.
 $y' = -3y$

$Z := \text{rkfest}(y, 0, 4, 100, D)$ \leftarrow Die Lösung an 100 Punkten zwischen 0 und 4 auswerten.

$i := 0 \dots \text{zeilen}(Z) - 1$



\leftarrow Die Lösung grafisch darstellen. Mit [Strg]+6 Hochstellung.

Beispiel 1: Lösen einer Differentialgleichung ersten Grades

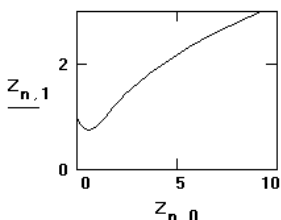
Auflösen $y' = -y^2 + x$ mit Anfangsbedingung $y(0) = 1$ und 50 Punkte zwischen 0 und 10 darstellen.

$y_0 := 1$ \leftarrow Ausgangswert definieren. Indizierung erfolgt mit der linken eckigen Klammer "[".

$D(x, y) := -(y_0)^2 + x$ \leftarrow Eine Funktion für die erste Ableitung definieren
 $y' = -y^2 + x$

$Z := \text{rkfest}(y, 0, 10, 50, D)$

$n := 0 \dots 50$



\leftarrow Ergebnis darstellen

Beispiel 2: Lösen einer nichtlinearen Differentialgleichung

$y' = -y + 2 \cdot y$ $y(0) = 1$ $y'(0) = 3$

$y := \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$ ← Anfangsbedingungen definieren $\begin{pmatrix} y(0) \\ y'(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$

$D(t, y) := \begin{pmatrix} y_1 \\ -y_1 + 2 \cdot y_0 \end{pmatrix}$ ← Erste Ableitung
 ← Zweite Ableitung

$Z := rkfest(y, 0, .5, 400, D)$ ← Lösung an 400 Punkten zwischen und 0 und 0.5 auswerten.

t	y(t)	y'(t)
0	1	3
0.001	1.004	2.999
0.003	1.007	2.998
0.004	1.011	2.996
0.005	1.015	2.995
0.006	1.019	2.994

Ergebnis darstellen i := 0 .. 400

$(z^{<1>})_i$ vs $(t^{<0>})_i$

```

Lösen  $y'''' - 2 \cdot k^2 \cdot y'' + k^4 \cdot y = 0$   $k := 3$ 

 $y := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$   $\leftarrow$  Anfangsbedingungen definieren

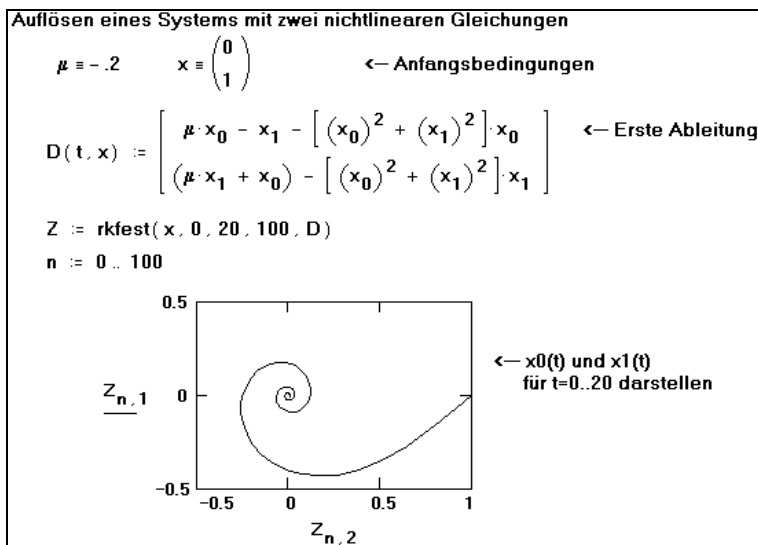
 $D(t, y) := \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ 2 \cdot k^2 \cdot y_2 - k^4 \cdot y_0 \end{bmatrix}$ 
 $\leftarrow$  Erste Ableitung
 $\leftarrow$  Zweite Ableitung
 $\leftarrow$  Dritte Ableitung
 $\leftarrow$  Vierte Ableitung

 $Z := \text{rkfest}(y, 0, 5, 100, D)$   $\leftarrow$  Lösung an 100 Punkten zwischen
und  $t=0$  und  $t=5$  auswerten.

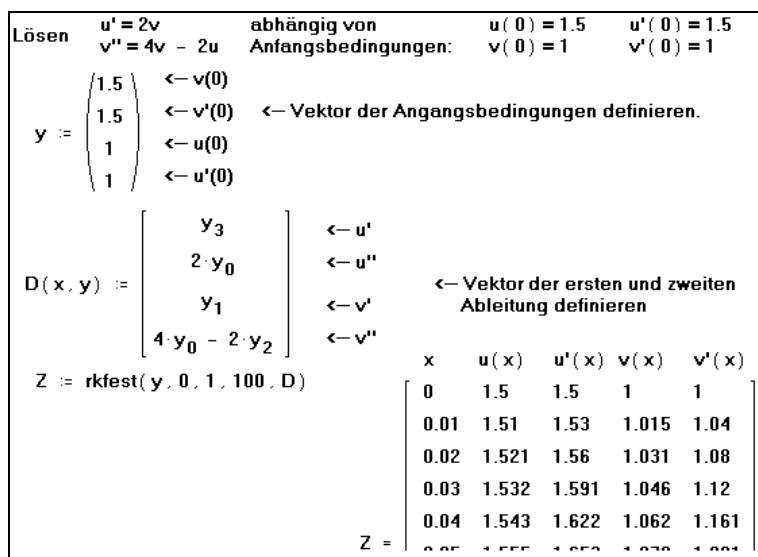


|     | t    | y(t)  | y'(t) | y''(t) | y'''(t) |
|-----|------|-------|-------|--------|---------|
| Z = | 0    | 0     | 1     | 2      | 3       |
|     | 0.05 | 0.053 | 1.104 | 2.195  | 4.776   |
|     | 0.1  | 0.111 | 1.221 | 2.477  | 6.543   |
|     | 0.15 | 0.175 | 1.354 | 2.85   | 8.358   |
|     | 0.2  | 0.246 | 1.507 | 3.315  | 10.274  |
|     | 0.25 | 0.326 | 1.687 | 3.88   | 12.348  |


```



Beispiel 5: Lösen eines linearen Gleichungssystems ersten Grades



Beispiel 6: Lösen eines linearen Gleichungssystems zweiten Grades

Anmerkungen Bei einer Differentialgleichung ersten Grades, wie in den Beispielen 1 und 2, gibt rkfest eine zweispaltige Matrix aus, in der

- die linke Spalte diejenigen Punkte enthält, an denen die Lösung für die Differentialgleichung ermittelt wird,
- die rechte Spalte die zugehörigen Lösungswerte enthält.

Bei einer Differentialgleichung zweiten Grades, wie in Beispiel 3, besteht die Ergebnismatrix aus drei Spalten: die linke Spalte enthält die Werte von t , die mittlere die von $y(t)$ und die rechte die von $y'(t)$.

Bei einer Differentialgleichung höheren Grades, wie in Beispiel 4, besteht die Ergebnismatrix aus n Spalten: die linke Spalte enthält die Werte von t und die weiteren Spalten die Werte von $y(t)$, $y'(t)$, $y''(t)$, ..., $y^{(n-1)}(t)$.

Bei einem System ersten Grades, wie in Beispiel 5, enthält die erste Spalte der Matrix diejenigen Punkte, an denen die Lösungen ermittelt werden, und die weiteren Spalten enthalten die zugehörigen Lösungswerte. Bei Systemen höherer Grade, wie in Beispiel 6, setzt sich die Matrix wie folgt zusammen:

- Die erste Spalte enthält diejenigen Werte, an denen die Lösungen und deren Ableitungen ermittelt werden.
- Die weiteren Spalten enthalten die zugehörigen Werte der Lösungen und deren Ableitungen. Die Reihenfolge, in der die Lösungen und ihre Ableitungen erscheinen, entspricht der Reihenfolge, in der sie im Vektor der Anfangsbedingungen angegeben wurden.

Der schwierigste Teil beim Lösen einer Differentialgleichung ist die Definition der Funktion $\mathbf{D}(x, \mathbf{y})$. In den Beispielen 1 und 2 war es leicht nach $y'(x)$ aufzulösen. In einigen schwierigeren Fällen können Sie symbolisch nach $y'(x)$ auflösen und das Ergebnis in die Definition für $\mathbf{D}(x, \mathbf{y})$ übertragen. Verwenden Sie dazu das Schlüsselwort **auflösen** oder den Eintrag **NACH VARIABLE AUFLÖSEN** aus dem Menü **SYMBOLIK**.

Die Funktion **rkfest** basiert auf der Runge-Kutta-Methode vierten Grades, die einen guten universell einsetzbaren Lösungsalgorithmus für Differentialgleichungen darstellt. Auch wenn die Runge-Kutta-Methode nicht immer die schnellste Methode ist, so führt sie doch fast immer zum Erfolg. Es gibt bestimmte Situationen, in denen Sie vielleicht lieber auf eine der spezialisierten Lösungsverfahren von Mathcad zurückgreifen wollen. Diese Situationen lassen sich in drei umfassende Kategorien unterteilen:

- Ihr Differentialgleichungssystem besitzt bestimmte Eigenschaften, die mit anderen Funktionen als **rkfest** besser ausgenutzt werden. Das System könnte steif sein (**stiffb**, **stiffr**); die Funktion könnte einen glatten (**Bulstoer**) oder langsam variierenden (**Rkadapt**) Verlauf haben.
- Sie haben ein Randwertproblem statt eines Anfangswertproblems (**sgrw** und **grwanp**).
- Sie sind an der Auswertung der Lösung an nur einem Punkt interessiert (**bulstoer**, **rkadapt**, **stiffb** und **stiffr**).

Sie können auch einfach verschiedene Verfahren auf dieselbe Differentialgleichung anwenden, um herauszufinden, welches die besten Ergebnisse liefert. Manchmal gibt es sehr feine Unterschiede zwischen Differentialgleichungen, die ein bestimmtes Verfahren geeigneter machen als ein anderes.

Algorithmus	Runge-Kutta-Methode vierten Grades mit konstanten Schritten (Press et al., 1992)
Siehe auch	QuickSheets im Mathcad Informationszentrum und Tutorial über Differentialgleichungen: siehe auch Gdglösen für einen Blockauflöse-Ansatz.

rlnorm Zufallszahlen	
Syntax	rlnorm(<i>m</i> , μ , σ)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> logarithmisch normalverteilten Zufallszahlen
Argumente	
<i>m</i>	ganze Zahl, $m > 0$
<i>m</i>	reelles logarithmisches Mittel
<i>s</i>	reelle logarithmische Abweichung, $\sigma > 0$
Algorithmus	Ratio-of-uniforms method (Press et al., 1992)
Siehe auch	rnd

rlogis Zufallszahlen	
Syntax	rlogis(<i>m</i> , <i>l</i> , <i>s</i>)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> logistisch verteilten Zufallszahlen
Argumente	
<i>m</i>	ganze Zahl, $m > 0$
<i>l</i>	reeller Lageparameter
<i>s</i>	reeller Skalenparameter, $s > 0$
Algorithmus	Inverse cumulative density method (Press et al., 1992)
Siehe auch	rnd

rnbinom Zufallszahlen	
Syntax	rnbinom(<i>m</i> , <i>n</i> , <i>p</i>)
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> negativ binomialverteilten Zufallszahlen
Argumente	
<i>m</i> , <i>n</i>	ganze Zahlen, $m > 0$, $n > 0$
<i>p</i>	reelle Zahl, $0 < p \leq 1$
Algorithmus	Auf rpois und rgamma basierend (Devroye, 1986)
Siehe auch	rnd

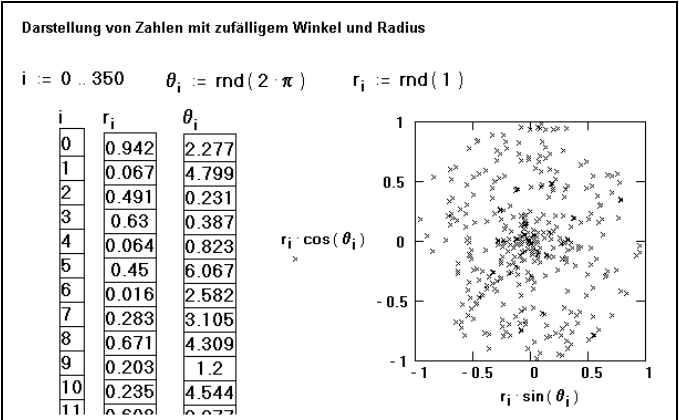
Syntax rnd(x)

Beschreibung Liefert eine Zufallszahl zwischen 0 und x. Entspricht runif(1, 0, x) für $x > 0$

Argumente

x reelle Zahl

Beispiel



Hinweis: Sie werden dieses Beispiel nicht exakt wiederholen können, da der Zufallszahlengenerator jedes Mal andere Werte ausgibt.

Anmerkungen Jedes Mal, wenn Sie eine Gleichung wiederholt berechnen lassen, in der die Funktion rnd oder eine andere Zufallsvariablen liefernde Systemfunktion vorkommt, generiert Mathcad neue Zufallszahlen. Eine Neuberechnung wird durchgeführt, indem Sie die Gleichung anklicken und anschließend den Eintrag BERECHNEN aus dem Menü RECHNEN auswählen.

Diese Funktionen verfügen über einen mit ihnen verbundenen Rekursivwert. Jedes Mal, wenn Sie diesen Wert zurücksetzen, generiert Mathcad neue auf diesem Wert basierende Zufallszahlen. Ein vorgegebener Rekursivwert führt immer zur selben Zufallszahlenfolge. Die Auswahl von BERECHNEN aus dem Menü RECHNEN lässt Mathcad diese Zufallszahlenfolge entlang voranschreiten. Eine Änderung des Startwertes lässt Mathcad hingegen eine völlig andere Zufallszahlenfolge abarbeiten.

Um den Rekursivwert zu ändern, wählen Sie den Eintrag OPTIONEN aus dem Menü RECHNEN aus und ändern den entsprechenden Wert auf der Registerkarte VORDEFINIESTE VARIABLEN. Stellen Sie dabei sicher, dass Sie eine ganze Zahl eingeben.

Um den Zufallszahlengenerator von Mathcad zurückzusetzen, ohne den Rekursivwert zu ändern, wählen Sie ebenfalls den Eintrag OPTIONEN aus dem Menü RECHNEN aus, klicken auf die Registerkarte VORDEFINIESTE VARIABLEN und anschließend auf die Schaltfläche OK, um den aktuellen Rekursivwert

anzunehmen. Klicken Sie danach auf die Gleichung mit der Funktion zur Generierung von Zufallszahlen und wählen Sie den Eintrag **BERECHNEN** aus dem Menü **RECHNEN** aus. Da der Zufallszahlengenerator nun zurückgesetzt ist, erzeugt Mathcad die gleichen Zufallszahlen wie nach einem Neustart von Mathcad.

Mathcad stellt eine Reihe weiterer Zufallszahlengeneratoren zur Verfügung.

Algorithmus Linear congruence method (Knuth, 1996)

rnorm Zufallszahlen

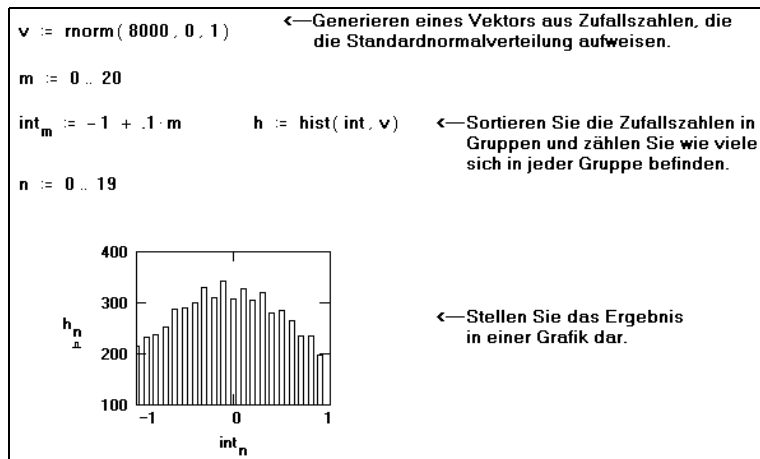
Syntax $\text{rnorm}(m, \mu, \sigma)$

Beschreibung Liefert einen Vektor mit m normalverteilten Zufallszahlen

Argumente

- m ganze Zahl, $m > 0$
- μ reelles Mittel
- σ reelle Standardabweichung, $\sigma > 0$

Beispiel



Hinweis: Sie werden dieses Beispiel nicht exakt wiederholen können, da der Zufallszahlengenerator jedes Mal andere Werte ausgibt.

Algorithmus Ratio-of-uniforms method (Press et al., 1992)

Siehe auch rnd

rpois Zufallszahlen

Syntax $\text{rpois}(m, \lambda)$

Beschreibung Liefert einen Vektor mit m Poisson-verteilten Zufallszahlen

Argumente

- m* ganze Zahl, $m > 0$
- l* reelles Mittel, $\lambda > 0$

Algorithmus Devroye, 1986

Siehe auch rnd

rt Zufallszahlen

Syntax $rt(m, d)$

Beschreibung Liefert einen Vektor mit m nach Students t -verteilten Zufallszahlen

Argumente

- m* ganze Zahl, $m > 0$
- d* ganzzahliger Freiheitsgrad, $d > 0$

Algorithmus XG-Algorithmus nach Best, Johnk-Generator (Devroye, 1986)

Siehe auch rnd

rund Abbruch- und Rundungsfunktion

mit einem Argument

Syntax $rund(x)$

Beschreibung Rundet die reelle Zahl x auf die nächstgelegene ganze Zahl. Entspricht $rund(x, 0)$.

Argumente

- x* reelle Zahl

mit zwei Argumenten

Syntax $rund(x, n)$

Beschreibung Rundet die reelle Zahl x auf n Dezimalstellen. Bei $n < 0$ wird auf der linken Seite des Kommas gerundet.

Argumente

- x* reelle Zahl
- n* ganze Zahl

Siehe auch ceil, floor, trunc

runif		Zufallszahlen
Syntax	runif(<i>m</i> , <i>a</i> , <i>b</i>)	
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> gleichverteilten Zufallszahlen	
Argumente		
	<i>m</i>	ganze Zahl, $m > 0$
	<i>a</i> , <i>b</i>	reelle Zahlen, $a < b$
Algorithmus	Linear congruence method (Knuth, 1997)	
Siehe auch	rnd	

rweibull		Zufallszahlen
Syntax	rweibull(<i>m</i> , <i>s</i>)	
Beschreibung	Liefert einen Vektor mit <i>m</i> Weibull-verteilten Zufallszahlen	
Argumente		
	<i>m</i>	ganze Zahl, $m > 0$
	<i>s</i>	reeller Formparameter, $s > 0$
Algorithmus	Inverse cumulative density method (Press et al., 1992)	
Siehe auch	rnd	

SpeichernFarbwerte		Dateizugriff
Syntax	SpeichernFarbwerte(<i>Datei</i> , M)	
Beschreibung	Erstellt die Farbpalette <i>Datei</i> mit den Werten der Matrix M . Liefert die Anzahl der in <i>Datei</i> gespeicherten Zeilen.	
Argumente		
	<i>Datei</i>	Zeichenkettenvariable für einen CMP-Dateinamen
	M	ganzahlige Matrix mit drei Spalten, deren Elemente M _{<i>i,j</i>} alle der Bedingung $0 \leq \mathbf{M}_{i,j} \leq 255$ genügen
Anmerkungen	<i>Datei</i> ist der Dateiname für eine im Unterverzeichnis CMAPS Ihres Mathcad-Verzeichnisses befindliche Farbpalette. Nach Verwendung der Funktion SpeichernFarbwerte steht die Farbpalette auf der Registerkarte ERWEITERT im Dialogfenster zum Menüpunkt 3D-DIAGRAMM aus dem Menü FORMAT zur Verfügung. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.	
Siehe auch	LadenFarbwerte	

sec**Trigonometrische Funktion**

Syntax $\sec(z)$, für z in Radiant;
 $\sec(z\cdot\text{deg})$, für z in Grad

Beschreibung Liefert den Sekans von z

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl; z ist kein Vielfaches von $\pi/2$.

sech**Hyperbolische Funktion**

Syntax $\text{sech}(z)$

Beschreibung Liefert den hyperbolischen Sekans von z

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

sgrw**Lösung von Differentialgleichungen**

Syntax $\text{sgrw}(\mathbf{v}, x1, x2, \mathbf{D}, \mathbf{ld}, \mathbf{sc})$

Beschreibung Konvertiert eine Grenzwertdifferentialgleichung in ein Anfangsproblem.
Geeignet, wenn Ableitungen vollständig stetig sind.

Argumente

- \mathbf{v} reeller Vektor zur Abschätzung der fehlenden Anfangswerte
- $x1, x2$ reelle Endpunkte des Intervalls, für das die Lösung der Differentialgleichungen ermittelt wird
- $\mathbf{D}(x, \mathbf{y})$ Eine n reelle Vektorelemente liefernde Funktion, welche die Ableitungen der unbekannten Funktionen beschreibt.
- $\mathbf{ld}(x1, \mathbf{v})$ Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion, deren n Elemente den Werten der n unbekannten Funktionen in $x1$ entsprechen. Bei einigen dieser Werte handelt es sich um Konstanten, die durch Ihre Anfangsbedingungen festgelegt sind. Falls ein Wert nicht bekannt ist, sollten Sie auf den entsprechenden Schätzwert aus \mathbf{v} zurückgreifen.
- $\mathbf{sc}(x2, \mathbf{y})$ Eine n reelle Vektorelemente liefernde Funktion, die die Diskrepanz der Lösung an der Stelle $x2$ angibt.

Beispiel

In Anfangswert konvertieren: $y^{(5)} + y = 0$ $y(0) = 0$ $y'(0) = 7$
 $y(1) = 1$ $y'(1) = 10$ $y''(1) = 5$

$v := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ \leftarrow Schätzwert für $y''(0)$ $y''(0)$
 $y'''(0)$
 $y^{iv}(0)$

$D(x, y) := \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ -y_0 \end{bmatrix}$ \leftarrow D Vektor für die Differentialgleichung: $y^{(5)} + y = 0$

$\text{load}(x1, v) := \begin{bmatrix} v_0 \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$ \leftarrow bekannte $y(0)$
 \leftarrow bekannt $y'(0)$
 Unbekannte Anfangsbedingungen. Auflösen nach sbval.

$\text{score}(x2, y) = \begin{pmatrix} y_0 - 1 \\ y_1 - 10 \\ y_2 - 5 \end{pmatrix}$ \leftarrow Unterschied zwischen berechneten und gegebenen Werte von y .

$S := \text{sgrw}(v, 0, 1, D, \text{load}, \text{score})$

$S = \begin{pmatrix} -85.014 \\ 348.107 \\ -516.257 \end{pmatrix}$ $\leftarrow y''(0)$ Fehlende Anfangsbedingungen.
 $\leftarrow y'''(0)$ Auflösen nach rkfest.
 $\leftarrow y^{iv}(0)$

Anmerkungen

Die Lösungsalgorithmen für Anfangswertprobleme, wie beispielsweise `rkfest`, setzen voraus, dass Sie den Wert der Lösung sowie der ersten $n - 1$ Ableitungen am Anfang des Integrationsintervalls bereits kennen. Lösungsalgorithmen für Zweipunkt-Randwertprobleme, wie beispielsweise `sgrw` und `grwanp`, können eingesetzt werden, wenn Ihnen diese Informationen zwar für die Lösung am Anfang des Integrationsintervalls fehlen, Ihnen dafür aber etwas über die Lösung an einer anderen Stelle im Intervall bekannt ist. Im einzelnen:

- Es liegt eine Differentialgleichung n -ten Grades vor.
- Sie kennen zwar einige, aber nicht alle Werte der Lösung sowie deren erste $n - 1$ Ableitungen am Anfang des Integrationsintervalls $x1$.
- Sie kennen zwar einige, aber nicht alle Werte der Lösung sowie deren erste $n - 1$ Ableitungen am Ende des Integrationsintervalls $x2$.
- Zwischen dem, was Sie über die Lösung an der Stelle $x1$ bzw. an der Stelle $x2$ wissen, verfügen Sie über n bekannte Werte.

Falls zwischen $x1$ und $x2$ eine Unstetigkeitsstelle liegt, sollten Sie die Funktion `grwanp` verwenden. Wenn eine vollständige Stetigkeit gegeben ist, verwenden Sie `sgrw`, um die an der Stelle $x1$ unbestimmten Anfangswerte zu ermitteln. Die Funktion `sgrw` liefert keine Lösung zu einer Differentialgleichung; sie berechnet vielmehr die Anfangswerte, die für die Lösung vorliegen müssen, damit die Lösung die von Ihnen angegebenen Endwerte erreicht. Sie müssen dann die von `sgrw` gelieferten Anfangswerte nehmen und das daraus resultierende Endwertproblem mittels `rkfest` oder eines anderen spezialisierten Lösungsalgorithmus für Differentialgleichungen auflösen.

Algorithmus

Shooting method with 4th order Runge-Kutta method (Press et al., 1992)

Siehe auch

`rkfest` für weitere Einzelheiten: siehe auch `Gdglösen` für einen Blockauflöse-Ansatz.

sign

Stückweise stetige Funktionen

Syntax `sign(x)`

Beschreibung Liefert 0, falls $x = 0$; 1, falls $x > 0$; sonst -1.

Argumente

x reelle Zahl

Siehe auch `csgn`, `signum`

signum

Komplexe Zahlen

Syntax `signum(z)`

Beschreibung Liefert 1, falls $z = 0$; sonst $z/|z|$.

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

Siehe auch `csgn`, `sign`

sinanp

Regression und Glättung

Syntax `sinanp(\mathbf{vx} , \mathbf{vy} , \mathbf{vg})`

Beschreibung Liefert einen Vektor, der die Parameter (a , b , c) enthält, welche die Funktion $a \cdot \sin(x + b) + c$ den Daten in \mathbf{vx} und \mathbf{vy} am besten angleichen

Argumente

\mathbf{vx} , \mathbf{vy} reelle Vektoren derselben Größe

\mathbf{vg} reelle Vektoren mit Schätzwerten für (a , b , c)

Anmerkungen Dies ist ein spezieller Fall der `genanp`-Funktion. Ein Vektor mit Schätzwerten ist für die Initialisierung erforderlich. Verringert man den Wert der vorgegebenen TOL-Variable, kann dadurch eine bessere Genauigkeit in `sinanp` erzielt werden.

Siehe auch `linie`, `linanp`, `genanp`, `expanp`, `loganp`, `potanp`, `lgsanp`, `medanp`

sinh

Hyperbolische Funktion

Syntax `sinh(z)`

Beschreibung Liefert den hyperbolischen Sinus von z

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

sin	Trigonometrische Funktion
Syntax	sin(<i>z</i>), für <i>z</i> in Radiant; sin(<i>z</i> ·deg), für <i>z</i> in Grad
Beschreibung	Liefert den Sinus von <i>z</i>
Argumente	<i>z</i> reelle oder komplexe Zahl

skew	Statistische Funktion
Syntax	skew(A)
Beschreibung	Liefert die Asymmetrie der Elemente in A :
	$\text{skew}(\mathbf{A}) = \frac{mn}{(mn-1)(mn-2)} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left(\frac{\mathbf{A}_{i,j} - \text{mittelwert}(\mathbf{A})}{\text{Stdabw}(\mathbf{A})} \right)^3$
Argumente	A reelle(r) oder komplexe(r) <i>m</i> × <i>n</i> -Matrix oder Vektor; <i>m</i> · <i>n</i> ≥ 3
Anmerkungen	skew(A , B , C , ...) ist ebenfalls zulässig und liefert die Asymmetrie der Elemente in A , B , C , ...

sort	Sortierung
Syntax	sort(v)
Beschreibung	Liefert die Elemente des Vektors v aufsteigend sortiert
Argumente	v Vektor
Anmerkungen	<p>Alle Sortierfunktionen von Mathcad akzeptieren Matrizen und Vektoren mit komplexen Elementen. Allerdings ignoriert Mathcad den imaginären Anteil beim Sortieren.</p> <p>Um einen Vektor oder eine Matrix absteigend zu sortieren, sortieren Sie zunächst aufsteigend und wenden anschließend die Funktion umkehren an. Beispielsweise liefert umkehren(sort(v)) die Elemente von v in absteigender Sortierung.</p> <p>Solange Sie den Wert von ORIGIN unverändert lassen, werden Matrizen bei Zeile Null und Spalte Null beginnend durchnummeriert. Wenn Sie dies vergessen, kann es schnell zu dem Fehler kommen, eine Matrix nach der falschen Zeile oder Spalte zu sortieren, weil ein falsches Argument <i>n</i> für zsrt oder spsort angegeben wird. Um beispielsweise nach der ersten Spalte einer Matrix zu sortieren, müssen Sie spsort(A, 0) verwenden.</p>
Algorithmus	Heap-Sort (Press et al., 1992)

Beispiel

Sortierfunktionen

$i := 0 \dots 3 \qquad j := 0 \dots 3 \qquad x_i := \sin(i)$

Für Vektoren:

$$x = \begin{pmatrix} 1.175i \\ 1.175i \\ 1.175i \\ 1.175i \end{pmatrix} \qquad \text{sort}(x) = \begin{pmatrix} 1.175i \\ 1.175i \\ 1.175i \\ 1.175i \end{pmatrix} \qquad \text{umkehren}(\text{sort}(x)) = \begin{pmatrix} 1.175i \\ 1.175i \\ 1.175i \\ 1.175i \end{pmatrix}$$

Für Matrizen:

$$M_{(i,j)} := \text{mod}(i + 3, j + 3)$$
$$M = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 0 & 4 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 5 \\ 0 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Sortiert nach Spalte Null...

$$\text{spsort}(M, 0) = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 0 & 4 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

Sortiert nach der letzten Zeile...

$$\text{zsort}(M, 3) = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 4 & 4 & 0 \\ 2 & 5 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

sp

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax `sp(M)`

Beschreibung Liefert die Spur von **M**, die Summe der diagonalen Elemente

Argumente

M reelle oder komplexe Quadratmatrix

spalten

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax `spalten(A)`

Beschreibung Liefert die Spaltenanzahl des Feldes **A**

Argumente

A Matrix oder Vektor

Beispiel **Matrix M...**

$$M := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 5 & 3 \\ 6 & -2 \end{pmatrix}$$

$$\text{spalten}(M) = 2$$
$$\text{zeilen}(M) = 3$$

← Ergibt Anzahl Zeilen und Spalten in M.

Siehe auch `zeilen`

sphinxyz

Sortierung

Syntax `sphinxyz(r, θ, ϕ)`

Beschreibung Konvertiert die sphärischen Koordinaten eines Punktes im 3D-Raum in rechtwinklige Koordinaten

Argumente

r, θ, ϕ reelle Zahlen

Anmerkungen $x = r \sin(\phi) \cos(\theta), y = r \sin(\phi) \sin(\theta), z = r \cos(\phi)$

Siehe auch xyzinsph

spsort

Sortierung

Syntax spsort(A, j)

Beschreibung Sortiert die Zeilen der Matrix **A** so, dass die Elemente in Spalte *j* aufsteigend sortiert sind. Das Ergebnis hat dieselbe Größe wie **A**.

Argumente

A $m \times n$ -Matrix oder Vektor

j ganze Zahl, $0 \leq j \leq n - 1$

Algorithmus Heap-Sort (Press et al., 1992)

Siehe auch sort für weitere Einzelheiten, zsort

stapeln

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax stapeln(A, B, C, ...)

Beschreibung Liefert eine Matrix, die durch das Aufsetzen der Matrizen **A, B, C, ...** von oben nach unten gebildet wird

Argumente

A, B, C, ... zwei Matrizen oder Vektoren; **A, B, C, ...** müssen über die gleiche Spaltenanzahl verfügen.

Siehe auch erweitern für ein Beispiel

stdabw

Statistische Funktion

Syntax stdabw(A)

Beschreibung Liefert die Standardabweichung der Elemente in **A**, wobei *mn* (die Größe des Datenfelds) im Nenner steht: $\text{stdabw}(\mathbf{A}) = \sqrt{\text{var}(\mathbf{A})}$.

Argumente

A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor

Anmerkungen stdabw(**A, B, C, ...**) ist ebenfalls erlaubt und liefert die Standardabweichung der Elemente **A, B, C, ...**

Siehe auch Stdabw, var, Var

Stdabw	Statistische Funktion
Syntax	Stdabw(A)
Beschreibung	Liefert die Standardabweichung der Elemente in A , wobei $mn - 1$ (die Größe des Datenfelds minus eins) im Nenner steht: $\text{Stdabw}(\mathbf{A}) = \sqrt{\text{Var}(\mathbf{A})}$.
Argumente	A reelle(r) oder komplexe(r) $m \times n$ -Matrix oder Vektor
Anmerkungen	Stdabw(A , B , C , ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert die Standardabweichung der Elemente A , B , C , ...
Siehe auch	stdabw, var, Var

stdfehl	Regression und Glättung
Syntax	stdfehl(vx, vy)
Beschreibung	Liefert den mit einer einfachen linearen Regression verbundenen Standardfehler an, wobei gemessen wird, wie dicht die Datenpunkte an der Regressionsgeraden liegen:
	$\text{stdfehl}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}) = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=0}^{n-1} (\mathbf{vy}_i - (\text{achsenabschn}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}) + \text{neigung}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}) \cdot \mathbf{vx}_i))^2}.$
Argumente	vx, vy reelle Vektoren derselben Größe
Siehe auch	neigung, achsenabschn

Stiffb	Lösung von Differentialgleichungen
Syntax	Stiffb(y, x1, x2, acc, D, J, kmax, sv)
Beschreibung	Löst eine Differentialgleichung mittels der Bulirsch-Stoer-Methode für steife Systeme. Liefert die Abschätzung der Lösung der Differentialgleichung in x2.
Argumente	Mehrere Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei rkfest beschriebenen überein.
	y reeller Vektor mit Anfangswerten
	x1, x2 reelle Endpunkte des Lösungsintervalls
	D(x, y) Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion mit den Ableitungen der unbekannten Funktionen
	acc Der reelle Wert $\text{acc} > 0$ gibt die Genauigkeit der Lösung an; ein niedriger Wert für acc bewirkt, dass der Algorithmus kleinere Schritte entlang der Trajektorie durchführt und somit die Genauigkeit der Lösung erhöht. Werte für acc um 0,001 bringen im Allgemeinen genaue Lösungen hervor.

- J(x, y)** Eine vektorwertige Funktion, welche die $n \times (n + 1)$ -Matrix liefert, deren erste Spalte die Ableitungen $\partial \mathbf{D} / \partial x$ enthält und deren übrige Spalten die Jacobi-Matrix $(\partial \mathbf{D} / \partial y_k)$ für das Differentialgleichungssystem bilden.
- kmax** Die ganze Zahl $kmax > 0$ gibt die maximale Anzahl von Zwischenpunkten an, mit denen die Lösung angenähert wird. Der Wert $kmax$ legt eine Obergrenze für die Anzahl von Zeilen der von diesen Funktionen zurückgelieferten Matrix fest.
- sv** Die reelle Zahl $sv > 0$ gibt den Mindestabstand zwischen den Werten an, mit denen die Lösung angenähert wird. sv legt eine Untergrenze für die Differenz zwischen jeweils zwei Zahlen in der ersten Spalte der von der Funktion zurückgelieferten Matrix fest.
- Anmerkungen** Die spezialisierten Lösungsverfahren für Differentialgleichungen **Bulstoer**, **Rkadapt**, **stiffb** und **stiffr** liefern die Lösung $y(x)$ für eine Anzahl von x -Werten mit konstantem Abstand im von $x1$ und $x2$ begrenzten Integrationsintervall. Wenn Sie nur am Lösungswert des Endpunktes, $y(x2)$, interessiert sind, verwenden Sie stattdessen **bulstoer**, **rkadapt**, **stiffb** und **stiffr**.
- Algorithmus** Bulirsch-Stoer-Methode mit angepasster Schrittweite für steife Systeme (Press et al., 1992)
- Siehe auch** Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen **rkfest** für Informationen über Ausgabe und Argumente; **stiffb**.

stiffb

Lösung von Differentialgleichungen

Syntax

stiffb(y, x1, x2, npts, D, J)

Beschreibung

Löst eine Differentialgleichung mittels der Bulirsch-Stoer-Methode für steife Systeme. Liefert eine Lösung der Differentialgleichung für x -Werte mit konstantem Abstand durch wiederholtes Anwenden der Funktion **stiffb**.

Argumente

Mehrere Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei **rkfest** beschriebenen überein.

y reeller Vektor mit Anfangswerten

x1, x2 reelle Endpunkte des Lösungsintervalls

npts Die ganze Zahl $npts > 0$ gibt die Anzahl von Punkten nach dem Anfangspunkt an, für die eine Lösung ermittelt werden soll; legt die Zeilenanzahl der Ausgangsmatrix fest.

D(x, y) Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion mit den Ableitungen der unbekannten Funktionen

J(x, y) Eine vektorwertige Funktion, welche die $n \times (n + 1)$ -Matrix liefert, deren erste Spalte die Ableitungen $\partial \mathbf{D} / \partial x$ enthält und deren übrige Spalten die Jacobi-Matrix $(\partial \mathbf{D} / \partial y_k)$ für das Differentialgleichungssystem bilden. Ein Beispiel:

wenn

$$\mathbf{D}(x, y) = \begin{bmatrix} x \cdot y_1 \\ -2 \cdot y_1 \cdot y_0 \end{bmatrix}, \text{ dann } \mathbf{J}(x, y) = \begin{bmatrix} y_1 & 0 & x \\ 0 & -2 \cdot y_1 & -2 \cdot y_0 \end{bmatrix} x.$$

- Anmerkungen** Ein Differentialgleichungssystem der Form $\mathbf{y}' = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}$ heißt steif, wenn die Matrix \mathbf{A} nahezu singulär ist. Unter diesen Bedingungen kann eine von `rkfest` ermittelte Lösung oszillieren oder instabil sein. Wenn Sie ein steifes System lösen wollen, sollten Sie eine der beiden speziell für steife Systeme gedachten Lösungsalgorithmen verwenden: `stiffb` und `stiffc`. Sie basieren auf dem Bulirsch-Stoer- beziehungsweise Rosenbrock-Verfahren für steife Systeme.
- Die Form der Ergebnismatrix dieser Funktionen stimmt mit der von `rkfest` überein. Jedoch erfordern `stiffb` und `stiffc` ein zusätzliches Argument $\mathbf{J}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$.
- Algorithmus** Bulirsch-Stoer-Methode mit konstanten Schritten und angepassten Zwischenschritten für steife Systeme (Press et al., 1992)
- Siehe auch** Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen `rkfest` für Informationen über Ausgabe und Argumente

Stiffc Lösung von Differentialgleichungen

Syntax `Stiffc(y, x1, x2, acc, D, J, kmax, sv)`

Beschreibung Löst eine Differentialgleichung mittels der Rosenbrock-Methode für steife Systeme. Liefert die Lösungsabschätzung der Differentialgleichung in x_2 .

Argumente Mehrere Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei `rkfest` beschriebenen überein.

\mathbf{y} reeller Vektor mit Anfangswerten

x_1, x_2 reelle Endpunkte des Lösungsintervalls

$\mathbf{D}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion mit den Ableitungen der unbekannten Funktionen

acc Der reelle Wert $acc > 0$ gibt die Genauigkeit der Lösung an; ein niedriger Wert für acc bewirkt, dass der Algorithmus kleinere Schritte entlang der Trajektorie durchführt und somit die Genauigkeit der Lösung erhöht. Werte für acc um 0,001 bringen im Allgemeinen genaue Lösungen hervor.

$\mathbf{J}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ Eine vektorwertige Funktion, welche die $n \times (n + 1)$ -Matrix liefert, deren erste Spalte die Ableitungen $\partial \mathbf{D} / \partial x$ enthält und deren übrige Spalten die Jacobi-Matrix $(\partial \mathbf{D} / \partial y_k)$ für das Differentialgleichungssystem bilden

$kmax$ Die ganze Zahl $kmax > 0$ gibt die maximale Anzahl von Zwischenpunkten an, mit denen die Lösung angenähert wird. Der Wert $kmax$ legt eine Obergrenze für die Anzahl von Zeilen der von diesen Funktionen zurückgelieferten Matrix fest.

sv Die reelle Zahl $sv > 0$ gibt den Mindestabstand zwischen den Werten an, mit denen die Lösung angenähert wird. sv legt eine Untergrenze für die Differenz zwischen jeweils zwei Zahlen in der ersten Spalte der von der Funktion zurückgelieferten Matrix fest.

Anmerkungen Die spezialisierten Lösungsverfahren für Differentialgleichungen `Bulstoer`, `Rkadapt`, `stiffb` und `stiffc` liefern die Lösung $y(x)$ für eine Anzahl von x -Werten mit konstantem Abstand im von x_1 und x_2 begrenzten Integrationsintervall.

Wenn Sie nur am Lösungswert des Endpunktes, $y(x_2)$, interessiert sind, verwenden Sie stattdessen **bulstoer**, **rkadapt**, **stiffb** und **stiffr**.

Algorithmus Rosenbrock-Methode vierten Grades mit angepasster Schrittweite für steife Systeme (Press et al., 1992)

Siehe auch Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen **rkfest** für Informationen über Ausgabe und Argumente; **stiffr**.

stiffr Lösung von Differentialgleichungen

Syntax `stiffr(y, x1, x2, npts, D, J)`

Beschreibung Löst eine Differentialgleichung mittels der Rosenbrock-Methode für steife Systeme. Liefert eine Lösung der Differentialgleichung für x -Werte mit konstantem Abstand durch wiederholtes Anwenden der Funktion **stiffr**.

Argumente Mehrere Argumente dieser Funktion stimmen mit den bei **rkfest** beschriebenen überein.

y reeller Vektor mit Anfangswerten

$x1, x2$ reelle Endpunkte des Lösungsintervalls

$npts$ Die ganze Zahl $npts > 0$ gibt die Anzahl von Punkten nach dem Anfangspunkt an, für die eine Lösung ermittelt werden soll; legt die Zeilenanzahl der Ausgangsmatrix fest.

$D(x, y)$ Eine reelle Vektorwerte liefernde Funktion mit den Ableitungen der unbekannten Funktionen

$J(x, y)$ Eine vektorwertige Funktion, welche die $n \times (n + 1)$ -Matrix liefert, deren erste Spalte die Ableitungen $\partial D / \partial x$ enthält und deren übrige Spalten die Jacobi-Matrix $(\partial D / \partial y_k)$ für das Differentialgleichungssystem bilden. Ein Beispiel:

$$\begin{aligned} &\text{wenn} \\ &\text{wenn} \quad D(x, y) = \begin{bmatrix} x \cdot y_1 \\ -2 \cdot y_1 \cdot y_0 \end{bmatrix}, \text{ dann } J(x, y) = \begin{bmatrix} y_1 & 0 & x \\ 0 & -2 \cdot y_1 & -2 \cdot y_0 \end{bmatrix} \\ &\quad D(x, y) = \begin{bmatrix} x \cdot y_1 \\ -2 \cdot y_1 \cdot y_0 \end{bmatrix} \\ &\quad , \text{ dann } J(x, y) = \begin{bmatrix} y_1 & 0 & x \\ 0 & -2 \cdot y_1 & -2 \cdot y_0 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Anmerkungen Ein Differentialgleichungssystem der Form $\dot{y} = A \cdot x$ heißt steif, wenn die Matrix A nahezu singular ist. Unter diesen Bedingungen kann eine von **rkfest** ermittelte Lösung oszillieren oder instabil sein. Wenn Sie ein steifes System lösen wollen, sollten Sie eine der beiden speziell für steife Systeme gedachten Lösungsalgorithmen verwenden: **stiffb** und **stiffr**. Sie basieren auf dem Bulirsch-Stoer- beziehungsweise Rosenbrock-Verfahren für steife Systeme.

Die Form der Ergebnismatrix dieser Funktionen stimmt mit der von **rkfest** überein. Jedoch erfordern **stiffb** und **stiffr** ein zusätzliches Argument $J(x, y)$.

Algorithmus Rosenbrock-Methode vierten Grades mit angepasster Schrittweite für steife Systeme (Press et al., 1992)

Siehe auch Das allgemeinere Lösungsverfahren für Differentialgleichungen `rkf823` für Informationen über Ausgabe und Argumente

strgltt

Regression und Glättung

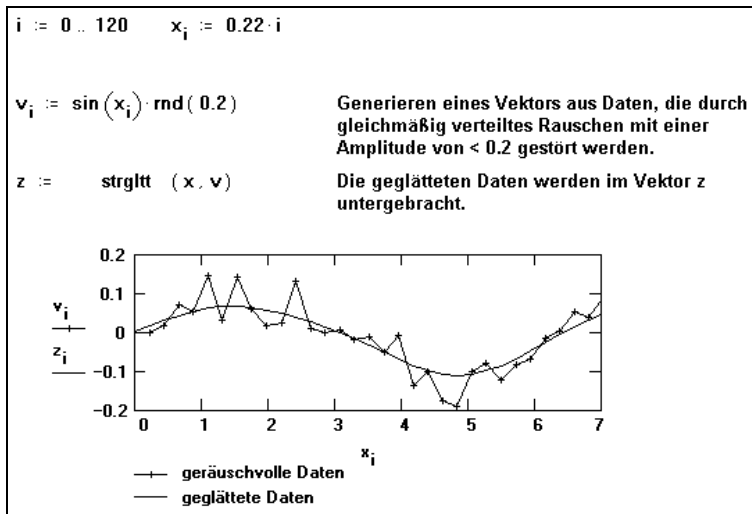
Syntax `strgltt(vx, vy)`

Beschreibung Erzeugt einen neuen Vektor derselben Größe wie `vy`, der die Anwendung eines symmetrischen linearen Anpassungsverfahrens für die k am nächsten liegenden Werte nach der Methode kleinster Quadrate gebildet wird, wobei k adaptiv ausgewählt wird

Argumente

`vx`, `vy` reelle Vektoren derselben Größe; die Elemente von `vx` müssen aufsteigend sortiert sein.

Beispiel



Anmerkungen Die Funktion `strgltt` greift auf ein symmetrisches lineares Anpassungsverfahren für die k am nächsten liegenden Werte nach der Methode kleinster Quadrate zurück, um eine Folge von Geradenabschnitten durch die Daten zu legen. Anders als `kgltt`, das für alle Daten eine feste Bandbreite verwendet, sucht `strgltt` jeweils an die verschiedenen Datenanteile angepasste unterschiedliche Bandbreiten aus.

Algorithmus Variable span super-smoothing method (Friedman)

Siehe auch `mdgltt`, `kgltt`

Syntax strtpos(*S*, *TeilS*, *m*)

Beschreibung Liefert die Anfangsposition der Teilzeichenkette *TeilS* in der Zeichenkette *S* ab der Position *m*. Liefert den Wert -1, falls die Teilzeichenkette nicht enthalten ist.

Argumente

- S* Zeichenkettenausdruck; Mathcad geht für das erste Zeichen in *S* von der Position 0 aus.
- TeilS* Teilzeichenkettenausdruck
- m* ganze Zahl, $m \geq 0$

Syntax submatrix(**A**, *iz*, *jz*, *isp*, *jsp*)

Beschreibung Liefert die Teilmatrix von **A**, die alle den Zeilen *iz* bis *jz* und den Spalten *isp* bis *jsp* gemeinsamen Elemente enthält. Achten Sie darauf, dass $iz \leq jz$ und $isp \leq jsp$, da andernfalls die Reihenfolge der Zeilen und/oder Spalten vertauscht wird.

Argumente

- A** $m \times n$ -Matrix oder Vektor
- iz*, *jz* ganze Zahlen, $0 \leq iz \leq jz \leq m$
- isp*, *jsp* ganze Zahlen, $0 \leq isp \leq jsp \leq n$

Beispiel

$$\mathbf{M} := \begin{bmatrix} 1 & 7 & 1 & 4 & 4 \\ -5 & -8 & -2 & 3 & 3 \\ -6 & -9 & -3 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 4 & 5 & 5 & 6 & 8 \end{bmatrix}$$

ORIGIN = 0

submatrix(**M** , 1 , 2 , 0 , 2) = $\begin{pmatrix} -5 & -8 & -2 \\ -6 & -9 & -3 \end{pmatrix}$

← Extrahiert alle Elemente in den Zeilen 1 und 2 und den Spalten 0, 1 und 2.

submatrix(**M** , 1 , 2 , 2 , 0) = $\begin{pmatrix} -2 & -8 & -5 \\ -3 & -9 & -6 \end{pmatrix}$

← Austausch der beiden letzten Argumente kehrt die Spaltenfolge um.

submatrix(**M** , 2 , 1 , 2 , 0) = $\begin{pmatrix} -3 & -9 & -6 \\ -2 & -8 & -5 \end{pmatrix}$

← Austausch der beiden ersten Skalarargumente kehrt die Zeilenfolge um.

subzf**Zeichenkettenfunktion****Syntax** `subzf(S, m, n)`**Beschreibung** Liefert die Teilzeichenkette aus S , die an der m -ten Position beginnt und über maximal n Zeichen verfügt**Argumente**

S Zeichenkettenausdruck; Mathcad geht für das erste Zeichen in S von der Position 0 aus.

m, n ganze Zahlen, $m \geq 0, n \geq 0$

Suchen**Gleichungslösung****Syntax** `Suchen(var1, var2, ...)`**Beschreibung** Liefert die Werte von $var1, var2, \dots$, die ein vorgegebenes System aus Gleichungen und Ungleichungen lösen**Argumente**

$var1, var2$ reelle oder komplexe Variablen; den Variablen $var1, var2, \dots$ müssen vor der Verwendung von `Suchen` Schätzwerte zugewiesen sein.

Beispiele

Zu lösende Gleichung: $x^2 + 10 = e^x$	
Schätzwert:	$x := 2$
Vorgabe	$x^2 + 10 = e^x$ $a := \text{suchen}(x)$
Ergebnis:	$a = 2.919$
Ergebnis überprüfen:	$a^2 + 10 = 18.52$ $e^a = 18.52$

Beispiel 1: Ein Lösungsblock mit einer Gleichung und einer Unbekannten

Schnittpunkt von Kreis und Linie:

Schätzwerte: $x := 1$
 $y := 1$

Vorgabe $x^2 + y^2 = 6$ Kreis
 $x + y = 2$ Linie +
 $x \leq 1$ Ungleichungen
 $y > 2$
 $\begin{pmatrix} \text{xwert} \\ \text{ywert} \end{pmatrix} := \text{suchen}(x, y)$

Ergebnisse: $\text{xwert} = -0.414$
 $\text{ywert} = 2.414$

Prüfen, ob es sich beim Punkt um eine Lösung handelt:

$\text{xwert}^2 + \text{ywert}^2 = 6$ $\text{xwert} + \text{ywert} = 2$

Beispiel 2: Ein Lösungsblock mit Gleichungen und Ungleichungen

$f := 0.02$

in = 1L

Vorgabe

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon \cdot D^{-1}}{3.7} + \frac{2.51}{R \cdot \sqrt{f}} \right)$$

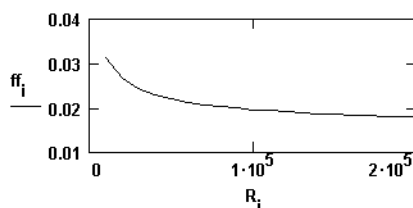
$\text{ReibFak}(\varepsilon, D, R) := \text{suchen}(f)$

$i := 0 \dots 19$

Gleiches problem, $D := 2.5 \cdot \text{in}$
 gelöst für einen $\varepsilon := .00085 \cdot \text{in}$
 Vektor mit Antworten...

$R_i := 10000 + 10000 \cdot i$

$\text{ff}_i := \text{ReibFak}(\varepsilon, D, R_i)$



ff_i

0.031
0.027
0.024
0.023
0.022
0.021

Beispiel 3: Wiederholtes Lösen einer Gleichung (durch die Definition der Reynold'schen Zahl R als Bereichsvariablen)

$$M := \begin{bmatrix} 13 & 4 & 4 \\ 4 & 9 & -3 \\ 4 & -3 & 57 \end{bmatrix} \quad \text{Zwei Methoden für das Berechnen der Quadratwurzel einer Matrix}$$

$$\text{Vec} := \text{eigenvektoren}(M) \quad \text{Vals} := \text{diag}(\text{eigenwerte}(M)) \quad S := \text{Vec} \cdot \sqrt{\text{Vals}} \cdot \text{Vec}^T$$

$$S = \begin{bmatrix} 3.528 & 0.639 & 0.38 \\ 0.639 & 2.915 & -0.31 \\ 0.38 & -0.31 & 7.534 \end{bmatrix} \quad S^2 = \begin{bmatrix} 13 & 4 & 4 \\ 4 & 9 & -3 \\ 4 & -3 & 57 \end{bmatrix} \quad \text{Nutzen der Eigenanalyse}$$

$$X := M \quad \text{Ausgangsschätzung}$$

$$\text{Given}$$

$$X^2 = M$$

$$\text{Suchen}(X) = \begin{bmatrix} 3.528 & 0.639 & 0.38 \\ 0.639 & 2.915 & -0.31 \\ 0.38 & -0.31 & 7.534 \end{bmatrix} \quad \text{Nutzen von Lösungsblöcken}$$

Beispiel 4: Ein Lösungsblock zur Berechnung der Quadratwurzel einer Matrix

$$A := \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad C := \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad P := \text{einheit}(2)$$

$$\text{Given}$$

$$-P \cdot A \cdot P + P \cdot B + B^T \cdot P + C = 0 \quad \text{(Ausgangsschätzung)}$$

$$\text{Suchen}(P) = \begin{bmatrix} 1.732051 & 1 \\ 1 & 0.732051 \end{bmatrix} \quad \text{Lösung einer algebraischen Riccatigleichung aus der System- und Kontrolltheorie}$$

Beispiel 5: Ein Lösungsblock zur Berechnung der Lösung einer Matrixgleichung

Anmerkungen Mathcad ermöglicht es Ihnen, ein Gleichungssystem aus bis zu 200 Gleichungen mit 200 Unbekannten zu lösen. Wenn Sie sich nicht sicher sind, ob ein gegebenes System eine Lösung besitzt, aber ein angenähertes Ergebnis mit minimiertem Fehler benötigen, verwenden Sie stattdessen die Funktion **minfehl**. Um eine Gleichung symbolisch zu lösen, also ein genaues numerisches Ergebnis in Form von Termen aus elementaren Funktionen zu ermitteln, verwenden Sie den Eintrag **NACH VARIABLE AUFLÖSEN** aus dem Menü **SYMBOLIK** oder das Schlüsselwort **auflösen**.

Folgende vier Schritte müssen zum Lösen eines Systems aus mehreren Gleichungen durchgeführt werden:

1. Es müssen für alle zu bestimmenden Unbekannten anfängliche Schätzwerte festgelegt werden. Von diesen ausgehend, beginnt Mathcad die Suche nach

Lösungen. Verwenden Sie komplexe Schätzwerte, wenn Sie komplexe Lösungen erwarten und reelle Schätzwerte, wenn Sie reelle Lösungen erwarten.

2. Geben Sie das Wort **Vorgabe** ein. Damit wird Mathcad mitgeteilt, dass ein System von bedingenden Gleichungen bzw. Ungleichungen folgt. Sie können **Vorgabe** oder **vorgabe** auf beliebige Weise eingeben. Geben Sie das Wort nicht in einem Textbereich ein.
3. Geben Sie die Gleichungen und Ungleichungen in beliebiger Reihenfolge unterhalb des Wortes **Vorgabe** ein. Drücken Sie `[Strg] + [=]`, um »=« einzugeben.
4. Geben Sie schließlich die Funktion **suchen** mit Ihrer Auflistung der Unbekannten ein. Sie dürfen keine numerischen Werte in der Auflistung von Unbekannten angeben; so wäre beispielsweise die Eingabe **Suchen(2)** in Beispiel 1 nicht zulässig. Wie **Vorgabe** können Sie auch **Suchen** bzw. **suchen** auf beliebige Weise eingeben.

Das Wort **Vorgabe**, die darauf folgenden Gleichungen und Ungleichungen sowie die Funktion **Suchen** bilden zusammen einen *Lösungsblock*.

Beispiel 1 zeigt ein Arbeitsblatt, das einen Lösungsblock für eine Gleichung mit einer Unbekannten enthält. Für eine Gleichung mit einer Unbekannten können Sie auch die Funktion **wurzel** oder **nullstellen** verwenden.

Mathcad ist äußerst restriktiv hinsichtlich der Typen von Ausdrücken, die zwischen **Vorgabe** und **Suchen** stehen dürfen. Sehen Sie sich dazu das Beispiel 2 an. Zulässige Bedingungstypen sind: $z=w$, $x>y$, $x<y$, $x\geq y$ und $x\leq y$. Folgende Dinge lässt Mathcad in einem Lösungsblock nicht zu:

- Bedingungen mit »≠«
- Bereichsvariablen oder Ausdrücke, die in irgendeiner Form Bereichsvariablen enthalten
- Jede Form von zuweisender Anweisung (Anweisungen wie beispielsweise **x:=1**)

Wenn Sie das Ergebnis aus einem Lösungsblock in einer iterativen Berechnung verwenden wollen, sehen Sie sich Beispiel 3 an.

Lösungsblöcke dürfen nicht ineinander verschachtelt werden. In jedem Lösungsblock dürfen **Vorgabe** und **Suchen** nur jeweils einmal enthalten sein. Sie können allerdings am Ende eines Lösungsblocks eine Funktion der Art $f(x) := \text{Suchen}(x)$ definieren und auf diese in einem anderen Lösungsblock zurückgreifen.

Wenn der Lösungsalgorithmus keine weiteren Fortschritte bei der Lösung erzielen kann, aber *nicht* alle Bedingungen eingehalten sind, bricht er ab und kennzeichnet **Suchen** mit einer Fehlermeldung. Dies ist immer dann der Fall, wenn die Differenz zwischen aufeinander folgenden Annäherungen an die Lösung größer ist als der Wert TOL und:

- der Lösungsalgorithmus einen Punkt erreicht, an dem er den Fehler nicht weiter verringern kann

- der Lösungsalgorithmus einen Punkt erreicht, an dem es keine bevorzugte Richtung gibt. In diesem Fall fehlt dem Lösungsalgorithmus die Basis für weitere Iterationen.
- der Lösungsalgorithmus die Grenze seiner Genauigkeit erreicht. Rundungsfehler machen es unwahrscheinlich, dass weitere Berechnungen die Genauigkeit der Lösung verbessern. Dies geschieht häufig dann, wenn TOL auf einen Wert kleiner als 10^{-15} gesetzt wird.

Folgende Probleme kommen als Ursachen für dieses Scheitern in Frage:

- Es gibt tatsächlich keine Lösung.
- Sie haben reelle Schätzwerte für eine Gleichung ohne reelle Lösung angegeben. Wenn die Lösung für eine Variable komplex ist, kann der Lösungsalgorithmus sie nur mittels eines gleichfalls komplexen Startwertes für diese Variable finden.
- Der Fehleralgorithmus kann in ein lokales Minimum für die Fehlerwerte geraten sein. Versuchen Sie andere Startwerte, oder fügen Sie eine Ungleichung hinzu, die Mathcad vor dem lokalen Minimum bewahrt, um die tatsächliche Lösung zu finden.
- Der Fehleralgorithmus kann an einen Punkt gelangen, an dem zwar kein lokales Minimum vorliegt, von dem aus er dennoch den nächsten Schritt nicht bestimmen kann. Versuchen Sie es wiederum mit anderen Startwerten, oder fügen Sie eine Ungleichung hinzu, um die unerwünschten Abbruchstellen zu vermeiden.
- Es kann manchmal unmöglich sein, alle Bedingungen mit der gewünschten Toleranz zu erfüllen. Versuchen Sie es damit, einen größeren Wert für TOL oberhalb des Lösungsblocks zu definieren. Eine Erhöhung der Toleranz führt bei Mathcad zu einer anderen Bewertung, ob eine Annäherung groß genug ist, um als Lösung gelten zu können.

Das Popup-Menü (per rechter Maustaste zu erreichen), das mit Suchen verbunden ist, enthält folgende Optionen:

- **AUTOSELECT** – wählt einen geeigneten Algorithmus aus.
- **LINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein lineares Problem handelt (weshalb lineare Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).
- **NICHTLINEAR** – zeigt an, dass es sich um ein nichtlineares Problem handelt (weshalb folgende allgemeine Verfahren auf das Problem angewendet werden: der Lösungsalgorithmus für konjugierte Gradienten; falls dieser scheitert, der Levenberg-Marquardt'sche Lösungsalgorithmus; falls auch der scheitert, der quasi-Newton'sche Lösungsalgorithmus); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... haben einen erheblichen Einfluss auf die Lösung.
- **QUADRATISCH** (erscheint nur, wenn das Solving and Optimization Extension Pack oder Expert Solver mit Mathcad installiert ist) – zeigt an, dass es sich um ein quadratisches Problem handelt (weshalb quadratische

Programmverfahren auf das Problem angewendet werden); Schätzwerte für *var1*, *var2*, ... sind nicht erforderlich (dürfen alle Null sein).

- **ERWEITERTE OPTIONEN** – bezieht sich ausschließlich auf die Lösungsalgorithmen für nichtlineare konjugierte Gradienten und das quasi-Newton-Verfahren.

Diese Optionen bieten Ihnen eine größere Einflussnahme beim Ausprobieren verschiedener Algorithmen für Überprüfungen und Vergleiche. Sie können außerdem die Werte der Systemvariablen CTOL und TOL anpassen. Die *Bedingungstoleranz* CTOL überwacht, in welchem Maße die Annäherung an eine Bedingung erfolgt sein muss, damit eine Lösung als annehmbar gilt. Falls CTOL der Wert 0,001 zugewiesen wäre, würde eine Bedingung, wie beispielsweise $x < 2$, auch dann als eingehalten gelten, wenn der Wert von x die Bedingung $x < 2,001$ erfüllte. Die Bedingungstoleranz lässt sich auf die gleiche Weise definieren oder ändern wie die *Konvergenztoleranz* TOL. Der Vorgabewert für CTOL ist 0.

Weitere Funktionen des Solving and Optimization Extension Pack sind eine teils ganzzahlige Programmierung und bedingungsabhängige Berichtgenerierung für Bedingungen. Weitere Informationen finden Sie in der Online-Hilfe.

Algorithmus

Im nichtlinearen Fall: Levenberg-Marquardt, Quasi-Newton, konjugierter Gradient

Im linearen Fall: Simplex-Verfahren mit Verzweigungs- und Sprungtechniken (Press et al., 1992; Polak, 1997; Winston, 1994)

Siehe auch

Minfehl, Maximize, Minimize

svd

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax

svd(A)

Beschreibung

Liefert eine $(m + n) \times n$ -Matrix, deren ersten m Zeilen die orthonormale $m \times n$ -Matrix **U** und deren übrigen n Zeilen die orthonormale $n \times n$ -Matrix **V** enthalten. Die Matrizen **U** und **V** genügen der Gleichung $\mathbf{A} = \mathbf{U} \cdot \text{diag}(\mathbf{s}) \cdot \mathbf{V}^T$, wobei **s** der von **svds(A)** zurückgelieferte Vektor ist.

Argumente

A $m \times n$ -Matrix mit $m \geq n$

Beispiel

Die zu zerlegende $m \times n$ -Matrix A ist unten definiert

`st := svd(A)` \leftarrow Die aus der Einzelwertzerlegung resultierende $(m+n) \times n$ -Matrix

singleval := svds(A) **<-** Vektor enthält die Einzelwerte von A

$$\text{singval} = \begin{bmatrix} 133.214 \\ 40.406 \\ 21.404 \end{bmatrix}$$

```
m := zeilen(A)  m = 6          n := spalten(A)  n = 3
```

U := submatrix(st, 0, m - 1, 0, n - 1) **<- Extrahiert orthonormale m x n-Matrix U**

V := submatrix(st, m, m + n - 1, 0, n - 1) <- Extrahiert orthonormale $n \times n$ -Matrix V

Vergleicht A mit $U \cdot \text{diag}(\text{singval}) \cdot V^T$:

$$A \equiv \begin{bmatrix} 20 & 32 & -4 \\ 4.5 & 100 & -4 \\ -5.8 & 68 & 15 \\ 1.5 & 10 & 26 \\ 7 & 30 & 18 \\ 4.2 & 28 & 25 \end{bmatrix}$$

$$U \cdot \text{diag}(\text{singval}) \cdot V^T = \begin{bmatrix} 20 & 32 & -4 \\ 4.5 & 100 & -4 \\ -5.8 & 68 & 15 \\ 1.5 & 10 & 26 \\ 7 & 30 & 18 \\ 4.2 & 28 & 25 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{U}^T \cdot \mathbf{U} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$V^T \cdot V = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Algorithmus

Householder reduction with QR transformation (Wilkinson und Reinsch, 1971)

Siehe auch

svds

svds

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax

 $\text{svds}(\mathbf{A})$

Beschreibung

Liefert einen Vektor mit den Einzelwerten von **A**

Argumente

A $m \times n$ -Matrix mit $m \geq n$

Algorithmus

Householder reduction with QR transformation (Wilkinson und Reinsch, 1971)

Siehe auch

svd

tanh

Hyperbolische Funktion

Syntax

 $\tanh(z)$

Beschreibung

Liefert den hyperbolischen Tangens von z .

Argumente

 z reelle oder komplexe Zahl

tan Trigonometrische Funktion

Syntax $\tan(z)$, für z in Radiant;
 $\tan(z\cdot\text{deg})$, für z in Grad

Beschreibung Liefert den Tangens von z

Argumente

z reelle oder komplexe Zahl

Tcheb Sonderfunktion

Syntax $\text{Tcheb}(n, x)$

Beschreibung Liefert den Wert des Chebyshev-Polynoms n -ten Grades der ersten Art

Argumente

n ganze Zahl, $n \geq 0$

x reelle Zahl

Anmerkungen Lösung der Differentialgleichung $(1 - x^2) \cdot \frac{d^2}{dx^2} y - x \frac{d}{dx} y + n^2 \cdot y = 0$

Algorithmus Recurrence relation (Abramowitz und Stegun, 1972)

Siehe auch Ucheb

trunc Abbruch- und Rundungsfunktion

Syntax $\text{trunc}(x)$

Beschreibung Liefert den ganzzahligen Anteil von x . Entspricht $\text{floor}(x)$ für $x > 0$ und $\text{ceil}(x)$ für $x < 0$.

Argumente

x reelle Zahl

Siehe auch ceil, floor, rund

Ucheb Sonderfunktion

Syntax $\text{Ucheb}(n, x)$

Beschreibung Liefert den Wert des Chebyshev-Polynoms n -ten Grades der zweiten Art

Argumente

n ganze Zahl, $n \geq 0$

x reelle Zahl

Anmerkungen	Lösung der Differentialgleichung $(1 - x^2) \cdot \frac{d^2}{dx^2} y - 3 \cdot x \cdot \frac{d}{dx} y + n \cdot (n + 2) \cdot y = 0$
Algorithmus	Recurrence relation (Abramowitz und Stegun, 1972)
Siehe auch	Tcheb

umkehren	Sortierung
Eindimensionaler Fall	
Syntax	umkehren(v)
Beschreibung	Vertauscht die Reihenfolge der Elemente des Vektors v
Argumente	
v	Vektor
Zweidimensionaler Fall	
Syntax	umkehren(A)
Beschreibung	Vertauscht die Reihenfolge der Zeilen der Matrix A
Argumente	
A	Matrix
Siehe auch	sort für eine Beispielanwendung

var	Statistische Funktion
Syntax	var(A)
Beschreibung	Liefert die Varianz der Elemente in A:
	$\text{var}(\mathbf{A}) = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left| A_{i,j} - \text{mittelwert}(\mathbf{A}) \right|^2$
	Dieser Ausdruck ist durch die Probengröße <i>mn</i> normalisiert.
Argumente	
A	reelle(s) oder komplexe(s) <i>m</i> × <i>n</i> -Matrix oder Feld
Anmerkungen	var(A, B, C, ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert die Varianz der Elemente A, B, C, ...
Siehe auch	stdabw, Stdabw, Var

Var		Statistische Funktion
Syntax	Var(A)	
Beschreibung	Liefert die Varianz der Elemente in A :	
	$\text{var}(\mathbf{A}) = \frac{1}{mn-1} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left| A_{i,j} - \text{mittelwert}(\mathbf{A}) \right|^2$	
	Dieser Ausdruck ist durch die Probengröße minus eins, $mn - 1$, normalisiert.	
Argumente	A reelle(s) oder komplexe(s) $m \times n$ -Matrix oder Feld	
Anmerkungen	Var(A , B , C , ...) ist ebenfalls erlaubt und liefert die Varianz der Elemente A , B , C , ...	
Siehe auch	stdabw, Stdabw, var	

vekinzf		Zeichenkettenfunktion
Syntax	vekinzf(v)	
Beschreibung	Liefert die Zeichenkette, die aus der Umwandlung des aus ASCII-Codes bestehenden Vektors v in Zeichen entsteht. Bei den Elementen in v muss es sich um ganze Zahlen von 0 bis 255 handeln.	
Argumente	v Vektor mit ASCII-Codes	
Siehe auch	zfinvek	

verkett		Zeichenkettenfunktion
Syntax	verkett(<i>S1</i> , <i>S2</i> , <i>S3</i> , ...)	
Beschreibung	Fügt die Zeichenkette <i>S1</i> an das Ende der Zeichenkette <i>S2</i> , die Zeichenkette <i>S3</i> an das Ende der Zeichenkette <i>S2</i> usw. an	
Argumente	<i>S1</i> , <i>S2</i> , <i>S3</i> , ... Zeichenkettenausdrücke	

verzper		Finanzen
Syntax	verzper(<i>zsatz</i> , <i>gw</i> , <i>zwz</i>)	
Beschreibung	Liefert den Gesamtzeitraum, der für eine Investition erforderlich ist, um einen bestimmten künftigen Wert, <i>zwz</i> , mit einem aktuellen Wert, <i>gw</i> , und einem Zinssatz, <i>zsatz</i> , auszugeben	
Argumente	<div> <div><i>zsatz</i></div> <div>reeller Satz, $zsatz > -1$</div> </div> <div> <div><i>gw</i></div> <div>reeller, aktueller Wert, $gw > 0$</div> </div> <div> <div><i>zwz</i></div> <div>reeller, künftiger Wert, $zwz > 0$</div> </div>	

Anmerkungen	Wenn Sie den Jahreszinssatz für die Investition, <i>ann_rate</i> , kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum als $z_{satz} = ann_rate/nper$ ermitteln.
Siehe auch	fzins, nper

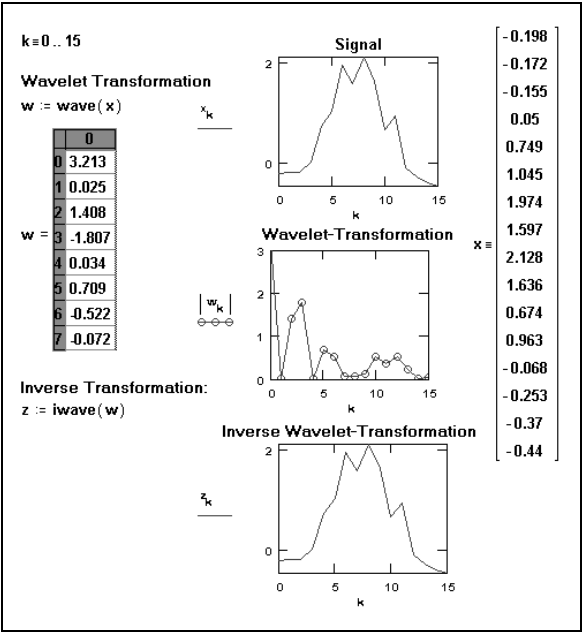
vlookup Vektor- und Matrixfunktion

Syntax	vlookup(<i>z</i> , A , <i>c</i>)
Beschreibung	Sucht in der ersten Reihe einer Matrix A nach dem gegebenen Wert <i>z</i> und gibt den/die Wert(e) der gleichen Reihe(n) der angegebenen Spalte <i>c</i> zurück. Werden mehrere Werte zurückgegeben, dann werden sie als Vektor dargestellt.
Argumente	<p><i>z</i> reelle oder komplexe Zahl oder eine Zeichenfolge</p> <p>A reelle oder komplexe Zahl oder Zeichenfolge $m * n$ Matrix</p> <p><i>c</i> ganze Zahl, $ORIGIN=c=ORIGIN+n-1$</p>
Anmerkungen	Der Grad der Genauigkeit des Vergleichs wird durch die <i>TOL</i> -Einstellung für das Arbeitsblatt festgelegt.
Siehe auch	lookup, hlookup, match

wave Wavelet-Transformation

Syntax	wave(v)
Beschreibung	Liefert die mittels des Daubechies-Vierkoeffizienten-Wavelet-Filters ermittelte diskrete Wavelet-Transformation zu reellen Daten
Argumente	<p>v reeller Vektor mit 2^n Elementen, wobei $n > 0$ eine ganze Zahl ist</p>
Beispiel	(siehe folgende Abbildung)
Anmerkungen	Wenn Sie einen Vektor v für die Anwendung in Fourier- oder Wavelet-Transformationen definieren, stellen Sie sicher, dass Sie mit v_0 beginnen (bzw. den Wert der Systemvariable <i>ORIGIN</i> ändern). Wenn Sie v_0 nicht definieren, setzt Mathcad diesen Wert automatisch auf Null. Hierdurch können die Ergebnisse der Transformationsfunktionen verfälscht werden.
Algorithmus	Pyramidenförmiger Daubechies-Vierkoeffizienten-Wavelet-Filter (Press et al., 1986)
Siehe auch	iwave

Beispiel



WAVINFO

Dateizugriff

Syntax WAVINFO(Datei)

Beschreibung Erzeugt einen Vektor mit vier Elementen, die Informationen über die Datei enthalten. Die Elemente entsprechen der Anzahl der Kanäle, der Sample-zsatz, der Anzahl der Bits pro Sample (Auflösung) bzw. der durchschnittlichen Anzahl der Bytes pro Sekunde.

Argumente

Datei Zeichenfolge, die dem WAV-Dateinamen oder dem Pfad entspricht

Anmerkungen Daten einer WAV-Datei werden nicht in der Größe verändert.

Siehe auch WAVLESEN und WAVSCHREIBEN

WAVLESEN

Dateizugriff

Syntax WAVLESEN(Datei)

Beschreibung Erzeugt eine Matrix mit Signalamplituden in Datei. Jede Spalte stellt einen eigenen Datenkanal dar. Jede Reihe entspricht einem Zeitpunkt.

Argumente

Datei Eine Zeichenfolge, die dem WAV-Dateinamen oder dem Pfad entspricht

Anmerkungen Daten einer WAV-Datei werden nicht in der Größe verändert.

Siehe auch WAVINFO und WAVSCHREIBEN

Syntax WAVSCHREIBEN(*Datei*)

Beschreibung Erzeugt die WAV-Signaldatei *Datei* aus einer Matrix. Die Funktion wird wie folgt verwendet: WAVSCHREIBEN(*Datei*, *s*, *b*) := **M**. Die Funktion muss allein auf der linken Seite einer Definition stehen.

Argumente

- Datei* Eine Zeichenfolge, die dem WAV-Dateinamen oder dem Pfad entspricht
- s* ganzzahlige Sample-Rate
- b* Bit-Auflösung
- M** ganzzahlige Matrix

Anmerkungen Wird eine Bit-Auflösung von 1 - 8 angegeben, werden die Daten als vorzeichenlose Byte-Daten in die *Datei* geschrieben. Der Grenzbereich für vorzeichenlose Byte-Daten liegt zwischen 0 und 256. Liegt die Bit-Auflösung zwischen 9 und 16, werden Wörter (zwei Bytes) in die *Datei* geschrieben. Der Grenzbereich für Daten im Format von Wörtern liegt zwischen -32768 und 32767.

Siehe auch WAVINFO und WAVLESEN

wenn

Stückweise stetige Funktion

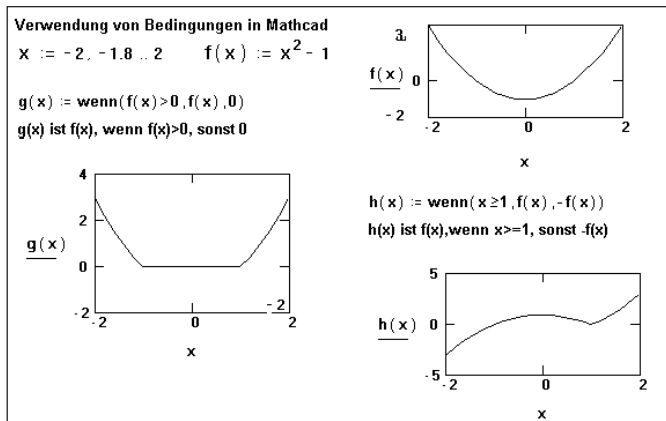
Syntax wenn(*bed*, *x*, *y*)

Beschreibung Liefert *x* oder *y* in Abhängigkeit von dem Wert für *bed*. Liefert *x*, wenn *bed* wahr (ungleich Null) ist. Liefert *y*, wenn *bed* falsch (Null) ist.

Argumente

- bed* beliebiger Ausdruck (üblicherweise ein Boole'scher Ausdruck)
- x*, *y* beliebige, reelle oder komplexe Zahlen, Felder oder Strings

Beispiel



Anmerkungen Verwenden Sie **wenn**, um eine Funktion zu definieren, die sich bis zu einem bestimmten Wert auf die eine Weise und jenseits dieses Wertes auf eine andere Weise verhält. Diese Unstetigkeitsstelle wird durch das erste Argument *bed* festgelegt. Mit den verbleibenden beiden Argumenten geben Sie das Verhalten der Funktion auf den beiden Seiten der Unstetigkeitsstelle vor. Bei dem Argument *bed* handelt es sich gewöhnlich um einen Boole'schen Ausdruck (der sich aus den Boole'schen Operatoren $=$, $>$, $<$, \geq , \leq , \neq , \wedge , \vee , \oplus , oder \neg zusammensetzt).

Um Zeit zu sparen, berechnet Mathcad nur die erforderlichen Argumente. Wenn beispielsweise *bed* falsch ist, braucht *x* nicht berechnet zu werden, weil dieser Wert ohnehin nicht zurückgeliefert wird. Dadurch können Fehler im nicht berechneten Argument unentdeckt bleiben. So wird Mathcad beispielsweise nie feststellen, dass $\ln(0)$ in dem Ausdruck **wenn**($|z| < 0$, $\ln(0)$, $\ln(z)$) nicht definiert ist.

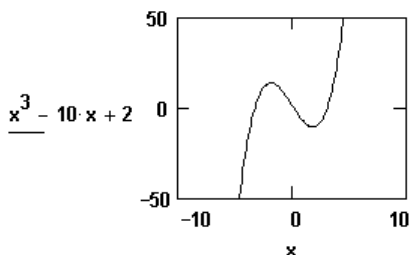
Sie können Boole'sche Operatoren kombinieren, um komplexere Bedingungen zu erstellen. Beispielsweise wirkt die Bedingung $(x < 1) \wedge (x > 0)$ als ein »UND«-Gatter, das nur dann den Wert 1 liefert, wenn *x* zwischen 0 und 1 liegt. Ähnlich wirkt die Bedingung $(x < 1) \vee (x > 0)$ als ein »oder«-Gatter, das nur dann den Wert 1 zurückliefert, wenn $x > 1$ oder $x < 0$ ist.

winkel	Trigonometrische Funktion
Syntax	winkel(<i>x</i> , <i>y</i>)
Beschreibung	Liefert den Winkel (in Radiant) zwischen der positiven <i>x</i> -Achse und dem Punkt (<i>x</i> , <i>y</i>) in der <i>x</i> - <i>y</i> -Ebene. Das Ergebnis liegt zwischen 0 und 2π .
Argumente	
<i>x</i> , <i>y</i>	reelle Zahlen
Siehe auch	arg, atan, atan2

wurzel	Lösung von Differentialgleichungen
	Version ohne Klammern
Syntax	wurzel(<i>f</i> (<i>var</i>), <i>var</i>)
Beschreibung	Liefert den Wert für <i>var</i> , für den der Ausdruck <i>f</i> (<i>var</i>) oder die Funktion <i>f</i> gleich Null ist
Argumente	
<i>var</i>	reelles oder komplexes Skalar; <i>var</i> muss vor der Verwendung dieser Version von wurzel ein Schätzwert zugewiesen sein.
<i>f</i>	eine reelle oder komplexe Werte liefernde Funktion

Beispiel

$x := -10, -9.9 \dots 10$



Verwenden Sie nun drei Schätzwerte zur Ermittlung von drei Nullstellen...

$$x := -2 \quad \text{wurzel}(x^3 - 10 \cdot x + 2, x) = -3.258$$

$$x := 0 \quad \text{wurzel}(x^3 - 10 \cdot x + 2, x) = 0.201$$

$$x := 3 \quad \text{wurzel}(x^3 - 10 \cdot x + 2, x) = 3.057$$

Anmerkungen

Bei Ausdrücken mit mehreren Nullstellen legt Ihr Schätzwert fest, welche Nullstelle Mathcad als Ergebnis liefert. Das Beispiel zeigt eine Situation, in der die Funktion **wurzel** mehrere unterschiedliche Werte liefert, die jeweils vom anfänglichen Schätzwert abhängig sind.

Sie dürfen keine numerischen Werte in der Auflistung von Unbekannten angeben; so wäre beispielsweise die Eingabe **wurzel**($f(x)$, -2) oder **wurzel**(14, -2) im obigen Beispiel nicht zulässig.

Mathcad kann sowohl komplexe als auch reelle Nullstellen bestimmen. Um eine komplexe Nullstelle zu ermitteln, müssen Sie einen komplexen Wert als anfänglichen Schätzwert vorgeben.

Das Lösen einer Gleichung der Form $f(x) = g(x)$ entspricht folgender Verwendung von **wurzel**:

$$\text{wurzel}(f(x) - g(x), x)$$

Die Funktion **wurzel** kann nur einzelne Gleichungen mit einer Unbekannten lösen. Zum gleichzeitigen Lösen mehrerer Gleichungen müssen Sie auf **Suchen** oder **Minfehl** zurückgreifen. Um eine Gleichung symbolisch zu lösen, also ein genaues numerisches Ergebnis in Form von Termen aus elementaren Funktionen zu ermitteln, verwenden Sie den Eintrag **NACH VARIABLE AUFLÖSEN** aus dem Menü **SYMBOLIK** oder das Schlüsselwort **auflösen**.

In der Funktion **nullstellen** finden Sie weiterhin ein effektives Mittel, um alle Wurzeln eines Polynoms mit einem Mal zu berechnen.

Mathcad führt die Berechnungen mit der ungeklammerten Version der Funktion **wurzel** nach dem *Sekantenverfahren* durch. Falls diese Methode keinen Wert finden kann, wird das *Mueller-Verfahren* angewendet. Der Schätzwert, den Sie für x angeben, wird zum Startwert für die aufeinander folgenden Annä-

herungen an den jeweiligen Nullstellenwert. Sobald der für die angenommene Nullstelle bestimmte Wert von $f(x)$ kleiner ist als der Wert der Systemvariable TOL, liefert die Funktion **wurzel** ein Ergebnis.

Sollte Mathcad selbst nach vielen Annäherungen kein akzeptables Ergebnis gefunden haben, wird die Funktion **wurzel** mit einer Fehlermeldung versehen, die auf deren Unvermögen hinweist, zu einem Ergebnis zu konvergieren. Dieser Fehler kann folgende Ursachen haben:

- Der Ausdruck hat keine Nullstellen.
- Die Nullstellen des Ausdrucks liegen zu weit vom Schätzwert entfernt.
- Der Ausdruck verfügt zwischen dem anfänglichen Schätzwert und den Nullstellen über lokale Maxima bzw. Minima.
- Der Ausdruck ist zwischen dem anfänglichen Schätzwert und den Nullstellen unstetig.
- Der Ausdruck besitzt eine komplexe Nullstelle, aber der anfängliche Schätzwert war reell (oder umgekehrt).

Um die Ursache für den Fehler herauszufinden, können Sie versuchen, sich das Diagramm des Ausdrucks anzeigen zu lassen. Mit dessen Hilfe können Sie feststellen, ob der Graph des Ausdrucks die x -Achse schneidet, und falls dies der Fall sein sollte, wo die Stelle ungefähr liegt. Im Allgemeinen gilt: Je näher Ihr anfänglicher Schätzwert an der Schnittstelle des Ausdrucks mit der x -Achse liegt, desto schneller konvergiert die Funktion **wurzel** zu einem akzeptablen Ergebnis.

Hier sind einige Ratschläge für eine optimale Nutzung der Funktion **wurzel**:

- Um die Genauigkeit der Funktion **wurzel** zu verändern, ändern Sie einfach den Wert der Systemvariablen TOL. Wenn Sie den Wert von TOL erhöhen, wird die Funktion **wurzel** schneller konvergieren, das Ergebnis dafür aber ungenauer sein. Wenn Sie den Wert von TOL hingegen verringern, wird die Funktion **wurzel** zwar langsamer konvergieren, dafür aber ein genaueres Ergebnis liefern. Um TOL an einer bestimmten Stelle des Arbeitsblatts zu ändern, geben Sie eine Definition in der Form $TOL := 0,01$ ein. Um TOL für das gesamte Arbeitsblatt zu ändern, wählen Sie den Eintrag **OPTIONEN** aus dem Menü **RECHNEN** aus, aktivieren die Registerkarte **VORDEFINIERT VARIABLEN** und ändern den Wert in dem Eingabefeld neben der Beschriftung TOL. Nach dem Anklicken der Schaltfläche **OK** wählen Sie den Eintrag **ARBEITSBLATT BERECHNEN** aus dem Menü **RECHNEN**, um das ganze Arbeitsblatt mit dem neuen Wert für TOL zu aktualisieren.
- Wenn ein Ausdruck mehrere Nullstellen besitzt, probieren Sie verschiedene Schätzwerte aus, um sie zu ermitteln. Durch die Darstellung der Funktion als Diagramm lässt sich leicht feststellen, wie viele Nullstellen vorhanden sind, wo sie liegen und welche Schätzwerte zu deren Ermittlung wahrscheinlich geeignet sind. Sehen Sie sich hierzu das vorangegangene Beispiel an. Wenn zwei Nullstellen dicht beieinander liegen, müssen Sie TOL möglicherweise verringern, um sie voneinander unterscheiden zu können.

- Wenn $f(x)$ in der Nähe der Nullstelle nur eine geringe Steigung aufweist, kann **wurzel**($f(x), x$) unter Umständen zu einem relativ weit von der tatsächlichen Nullstelle entfernt liegenden Wert r konvergieren. In solchen Fällen kann r auch für $|f(r)| < \text{TOL}$ weit von dem Punkt entfernt liegen, an dem $f(r) = 0$ gilt. Verringern Sie den Wert von TOL, um zu einer genaueren Angabe der Nullstelle zu gelangen. Oder versuchen Sie, den Ausdruck

$$\text{wurzel}(g(x), x) \text{ mit } g(x) = \frac{f(x)}{\frac{d}{dx} f(x)} \text{ zu ermitteln.}$$

- Für einen Ausdruck $f(x)$ mit einer bekannten Nullstelle r entspricht die Ermittlung weiterer Nullstellen von $f(x)$ der Bestimmung der Nullstellen von $h(x) = (f(x))/(x - r)$. Das derartige Herausdividieren von bekannten Nullstellen ist ein geeignetes Mittel, um zwei nah beieinander liegende Nullstellen zu ermitteln. Es ist häufig einfacher, nach Nullstellen des auf diese Weise definierten Ausdrucks $h(x)$ aufzulösen, als weitere Nullstellen von $f(x)$ mit Hilfe anderer Schätzwerte zu ermitteln.

Algorithmus Sekanten- und Mueller-Verfahren (Press et al., 1992; Lorzak)

Version ohne Klammern

Syntax **wurzel**($f(\text{var}), \text{var}, a, b$)

Beschreibung Liefert den Wert für var , der zwischen a und b liegt, für den der Ausdruck $f(\text{var})$ oder die Funktion f gleich Null ist

Argumente

- var reeller Skalar
- f reel bewertete Funktion
- a, b reelle Zahlen, $a < b$

Anmerkungen Bei Ausdrücken mit mehreren Wurzeln legen Sie mit Ihrer Schätzung der Intervallendpunkte a und b fest, welche Wurzel Mathcad als Ergebnis liefert. $f(a)$ und $f(b)$ müssen gegensätzliche Zeichen aufweisen. Beachten Sie, dass var für die geklammerte Version von **wurzel** keine Ersteinschätzung benötigt.

Wenn die optionalen Argumente a und b nicht enthalten sind, wird die ungeklammerte Version von **wurzel** verwendet. Notieren Sie die Einschränkung für die reellen Ausdrücke und Variablen in der geklammerten Version.

Mathcad bewertet die geklammerte Version der **wurzel**-Funktion mit der Ridder-Methode. Wird mit Hilfe dieser Methode keine Wurzel gefunden, verwendet man die Brent-Methode.

Die obigen Anmerkungen zu Konvergenz und Genauigkeit der ungeklammerten Version von **wurzel** gelten auch für die Version mit Klammern.

Algorithmus Methoden nach Ridder und Brent (Press et al., 1992; Lorzak)

xyzincyl		Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	xyzincyl(x, y, z)	
Beschreibung	Wandelt die rechtwinkligen Koordinaten eines Punktes im dreidimensionalen Raum in zylindrische Koordinaten um	
Argumente		
	x, y, z	reelle Zahlen
Anmerkungen	$x = r \cos(\theta), y = \sin(\theta), z = z$	
Siehe auch	zylinxyz	

xyinpol		Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	xyinpol(x, y)	
Beschreibung	Wandelt die rechtwinkligen Koordinaten eines Punktes im zweidimensionalen Raum in Polarkoordinaten um	
Argumente		
	x, y	reelle Zahlen
Anmerkungen	$x = r \cos(\theta), y = \sin(\theta)$	
Siehe auch	polinxy	

xyzinsph		Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	xyzinsph(x, y, z)	
Beschreibung	Wandelt die rechtwinkligen Koordinaten eines Punktes im dreidimensionalen Raum in sphärische Koordinaten um	
Argumente		
	x, y, z	reelle Zahlen
Anmerkungen	$x = r \sin(F) \cos(\theta), y = \sin(F) \sin(\theta), z = r \cos(F)$	
Siehe auch	sphinxyz	

Y0		Bessel-Funktion
Syntax	Y0(x)	
Beschreibung	Liefert den Wert der Bessel-Funktion $Y_0(x)$ der zweiten Art. Entspricht $Y_n(0, x)$.	
Argumente		
	x	reelle Zahl, $x > 0$
Algorithmus	Verfahren nach Steed (Press et al., 1992)	

Y1**Bessel-Funktion**

Syntax Y1(x)

Beschreibung Liefert den Wert der Bessel-Funktion $Y_1(x)$ der zweiten Art. Entspricht $Y_n(1, x)$.

Argumente

x reelle Zahl, $x > 0$

Algorithmus Verfahren nach Steed (Press et al., 1992)

Yn**Bessel-Funktion**

Syntax Yn(m, x)

Beschreibung Liefert den Wert der Bessel-Funktion $Y_m(x)$ der zweiten Art

Argumente

m ganze Zahl, $0 \leq m \leq 100$

x reelle Zahl, $x > 0$

Anmerkungen Lösung der Differentialgleichung $x^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2}y + x \cdot \frac{d}{dx}y + (x^2 - m^2) \cdot y = 0$

Algorithmus Verfahren nach Steed (Press et al., 1992)

Siehe auch Jn

ys**Bessel-Funktion**

Syntax ys(n, x)

Beschreibung Liefert den Wert der sphärischen Bessel-Funktion n -ten Grades der zweiten Art an der Stelle x

Argumente

n ganze Zahl, $-200 \leq n$

x reelle Zahl, $x > 0$

Anmerkungen Lösung der Differentialgleichung

$$x^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2}y + 2 \cdot x \cdot \frac{d}{dx}y + (x^2 - n \cdot (n + 1))y = 0$$

Algorithmus Recurrence relation (Abramowitz und Stegun, 1972)

Siehe auch js

zahlinzf	Zeichenkettenfunktion
Syntax	zahlinzf(z)
Beschreibung	Liefert die Zeichenkette, deren Zeichen dem Dezimalwert von z entsprechen
Argumente	
	z reelle oder komplexe Zahl
Siehe auch	zfinzahl

zeilen	Vektor- und Matrixfunktion
Syntax	zeilen(A)
Beschreibung	Liefert die Zeilenanzahl einer Matrix A
Argumente	
	A Matrix oder Vektor
Siehe auch	spalten für ein Beispiel

zfinvek	Zeichenkettenfunktion
Syntax	zfinvek(S)
Beschreibung	Liefert einen Vektor aus ASCII-Codes, die den Zeichen in S entsprechen. Eine Auflistung der ASCII-Codes finden Sie im Anhang des <i>Mathcad Benutzerhandbuches</i> . Beispielsweise ist 97 der ASCII-Code für den Buchstaben »a«, 98 der für den Buchstaben »b« und 99 der Code für den Buchstaben »c«.
Argumente	
	S Zeichenkettenausdruck
Siehe auch	vekinzf

zfinzahl	Zeichenkettenfunktion
Syntax	zfinzahl(S)
Beschreibung	Liefert eine Konstante, die durch Umwandlung der Zeichen in S in eine Zahl entsteht. Die Zeichen in S müssen eine ganze Zahl, wie beispielsweise 17, eine reelle Gleitkommazahl, wie beispielsweise -16,5, eine komplexe Gleitkommazahl, wie beispielsweise $2,1+6i$ oder $3,241-9,234j$, beziehungsweise eine Zahl in der Exponentialdarstellung, wie beispielsweise $4,51e-3$ (für $4,51 \cdot 10^{-3}$), darstellen. Eventuell in der Zeichenkette vorhandene Leerstellen werden von Mathcad ignoriert.
Argumente	
	S Zeichenkettenausdruck
Siehe auch	zahlinzf

zflänge

Zeichenkettenfunktion

Syntax

$zflänge(S)$

Beschreibung

Liefert die Anzahl von Zeichen in S

Argumente

S Zeichenkettenausdruck

zrate

Finanzen

Syntax

$zrate(zsatz, nper, gw, [[zwz], [type]])$

Beschreibung

Liefert die Zahlung für eine Investition oder Anleihe basierend auf regelmäßigen, konstanten Zahlungen über einen vorgegebenen Zeitraum, $nper$, mit einem festen Zinssatz, $zsatz$, und einem bestimmten, aktuellen Wert, gw

Argumente

$zsatz$ reeller Satz

$nper$ ganze Zahl für Gesamtzeitraum, $nper \geq 1$

gw reeller, aktueller Wert

zwz (optional) reeller, zukünftiger Wert, Standard ist $zwz = 0$

$type$ (optional) Anzeiger für Zahlungsplanung. 0 für Zahlungen gegen Ende des Zeitraums. 1 für Zahlungen zu Beginn des Zeitraums. Standard ist $type = 0$.

Anmerkungen

Wenn Sie den Jahreszinssatz, ann_rate , kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsatz = ann_rate/nper$.

Zahlungen wie Sparanlagen oder Zahlungen für Anleihen müssen mit negativen Zahlen eingegeben werden. Zahlungseingänge wie Schecks müssen mit positiven Zahlen eingegeben werden.

Siehe auch

kumzins, kumtilg, zwz, gesverz, nper, ppmt, gw, zsatz

zref

Vektor- und Matrixfunktion

Syntax

$zref(A)$

Beschreibung

Liefert eine Matrix, die der zeilenreduzierten Stufenform von A entspricht

Argumente

A reelle $m \times n$ -Matrix

Algorithmus

Elementare Zeilenreduktion (Anton)

Syntax zsatz (*nper*, *zrate*, *gw*, [[*zwz*], [*type*], [*guess*]])

Beschreibung Gibt den Zinssatz pro Periode einer Investition oder eines Darlehens über eine bestimmte Anzahl an Gesamtperioden, *nper*, an, bei der eine periodische, konstante Zahlung, *zrate*, sowie ein festgelegter aktueller Wert, *gw*, vorgegeben sind

Argumente

- nper* ganze Zahl für einen Gesamtperiode, $nper > 1$
- zrate* reelle Zahlung
- gw* reeller, aktueller Wert
- zw* (optional) reeller künftiger Wert, Standard ist $zwz = 0$
- type* (optional) Zahlungsplan-Indikator, 0 für Zahlungen, die am Ende einer Periode und 1 für Zahlungen, die zu Beginn einer Periode vorgenommen wurden. Standard ist $type = 0$.
- guess* (optional) reelle Schätzung, Standard ist $guess = 0,1$ (10%)

Algorithmus Die von Ihnen vorgenommenen Zahlungen wie Geldanlagen oder Darlehen müssen mit Negativzahlen eingegeben werden. Geld, das Sie erhalten, wie Schecks, müssen mit Positivzahlen eingegeben werden.

Wenn **zsatz** innerhalb $1 \cdot 10^{-7}$ Prozent nach 20 Iterationen zu keinem genauen Ergebnis kommen kann, wird eine Fehlermeldung ausgegeben. In diesem Fall sollte ein anderer Wert geschätzt werden, allerdings ist hierfür keine Lösung garantiert.

Siehe auch fzins, zw, nper, zrate, gw

Syntax zsort(**A**, *i*)

Beschreibung Sortiert die Spalten der Matrix **A** so, dass die Elemente in Zeile *i* aufsteigend sortiert sind. Das Ergebnis hat dieselbe Größe wie **A**.

Argumente

- A** $m \times n$ -Matrix oder Vektor
- i* ganze Zahl, $0 \leq i \leq m - 1$

Algorithmus Heap-Sort (Press et al., 1992)

Siehe auch sort für weitere Einzelheiten, spsort

Syntax $ZW(zsatz, nper, zrate, [[gw], [type]])$

Beschreibung Liefert den künftigen Wert einer Investition oder Anleihe über einen bestimmten Gesamtzeitraum, $nper$, bei einer vorgegebenen, regelmäßigen Zahlung, $zrate$, und einem festen Zinssatz, $zsatz$

Argumente

zsatz reeller Satz

nper ganze Zahl für den Gesamtzeitraum, $nper \geq 1$

zrate reelle Zahlung

gw (optional) reeller, aktueller Wert, Standard ist $gw = 0$

type (optional) Anzeiger für Zahlungsplanung. 0 für Zahlungen gegen Ende des Zeitraums. 1 für Zahlungen zu Beginn des Zeitraums. Standard ist $type = 0$.

Algorithmus Wenn Sie den Jahreszinssatz, ann_rate , kennen, müssen Sie den Zinssatz pro Zeitraum ermitteln als $zsatz = ann_rate/nper$.

Zahlungen wie Sparanlagen oder Zahlungen für Anleihen müssen mit negativen Zahlen eingegeben werden. Zahlungseingänge wie Schecks müssen mit positiven Zahlen eingegeben werden.

Siehe auch $zwzz, zwz, nper, zrate, gw, zsatz$

ZWZ

Syntax $ZWZ(zsatz, v)$

Beschreibung Liefert den künftigen Wert einer Cash-Flow-Liste, die zu regelmäßigen Intervallen, v , erscheint, zu einem bestimmten Zinssatz, $zsatz$

Argumente

zsatz reeller Satz

v reeller Vektor des Cash Flow

Anmerkungen In v müssen Zahlungen mit negativen Zahlen und Einnahmen mit positiven Zahlen eingegeben werden. ZWZ geht davon aus, dass die Zahlung gegen Ende eines Zeitraums vorgenommen wird.

Siehe auch $zw, zwzz$

ZWZZ

Syntax $ZWZZ(prin, v)$

Beschreibung Liefert den künftigen Wert einer Kapitaleinlage, $prin$, nach Anwendung diverser Zinssätze, die in einem Vektor, v , gespeichert sind.

Argumente

- prin** reelle Kapitaleinlage
- v** reeller Vektor des Zinssatzes

Anmerkungen Verwenden Sie **zwzz** für die Ermittlung des künftigen Wertes einer Investition mit einer Variable oder einem variablen Zinssatz.

Siehe auch zwz, zw

zylinxyz Statistische Funktion

Syntax `zylinxyz(r, θ , z)`

Beschreibung Wandelt die zylindrischen Koordinaten eines Punktes im dreidimensionalen Raum in Winkelkoordinaten um

Argumente

- r, q, z reelle Zahlen

Anmerkungen $x = r \cos(\theta), y = r \sin(\theta), z = z$

Siehe auch xyzincyl

δ Stückweise stetige Funktion

Syntax `$\delta(m, n)$`

Beschreibung Liefert den Wert der Kronecker'schen Delta-Funktion. Das Ergebnis ist 1, falls $m=n$, sonst 0. (Um an das Zeichen δ zu gelangen, geben Sie `[D] + [Strg] + [G]` ein.)

Argumente

- m, n ganze Zahlen

Algorithmus Continued fraction expansion (Abramowitz und Stegun, 1972; Lorzczak)

ϵ Stückweise stetige Funktion

Syntax `$\epsilon(i, j, k)$`

Beschreibung Liefert den Wert eines vollständig antisymmetrischen Tensors der dritten Stufe. Das Ergebnis ist 0, falls zwei der Argumente übereinstimmen, 1, falls die drei Argumente eine gerade Permutation von (0 1 2) sind, und -1, falls die Argumente eine ungerade Permutation von (0 1 2) sind. (Um an das Zeichen ϵ zu gelangen, geben Sie `[E] + [Strg] + [G]` ein.)

Argumente

- i, j, k ganze Zahlen von 0 bis einschließlich 2 (bzw. von ORIGIN bis einschließlich ORIGIN+2)

Klassische Definition**Syntax** $\Gamma(z)$ **Beschreibung** Liefert den Wert der klassischen Euler'schen Gamma-Funktion. (Um an das Zeichen Γ zu gelangen, geben Sie `[G] + [Strg] + [G]` ein.)**Argumente** z reelle oder komplexe Zahl; undefiniert für $z = 0, -1, -2, \dots$ **Anmerkungen** Für $\operatorname{Re}(z) > 0$ gilt: $\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt$.

Für $\operatorname{Re}(z) < 0$ folgen die Funktionswerte analytisch der obigen Formel. Da $\Gamma(z+1) = z!$, erweitert die Gamma-Funktion die Fakultätsfunktion (die herkömmlicherweise nur für positive ganze Zahlen definiert ist).

Erweiterte Definition**Syntax** $\Gamma(x, y)$ **Beschreibung** Liefert den Wert der erweiterten Euler'schen Gamma-Funktion. (Um an das Zeichen Γ zu gelangen, geben Sie `[G] + [Strg] + [G]` ein.)**Argumente** x, y reelle Zahlen, $x > 0, y \geq 0$ **Anmerkungen** Obwohl die Funktion $\Gamma(x, y) = \int_y^\infty t^{x-1} e^{-t} dt$ auf reelle Argumente beschränkt ist, erweitert sie die klassische Gamma-Funktion in dem Sinne, dass die untere Integrationsgrenze y frei variiert werden kann. In dem Spezialfall $y=0$ wird die klassische Fassung verwendet, und das erste Argument darf komplexe Werte annehmen.**Syntax** $\Phi(x)$ **Beschreibung** Liefert den Wert der Heaviside-Sprungfunktion. Das Ergebnis ist 1, falls $x \geq 0$, sonst 0. (Um an das Zeichen Φ zu gelangen, geben Sie `[F] + [Strg] + [G]` ein.)**Argumente** x reelle Zahl

Beispiel

$\text{impuls}(x, w) := \Phi(x) - \Phi(x - w)$

$\text{tiefpaß}(x, w) := \text{impuls}(x + w, 2 \cdot w)$

$\text{hochpaß}(x, w) := 1 - \text{impuls}(x + w, 2 \cdot w)$

$\text{bandpaß}(x, w, f) := \text{impuls}(x - f, w)$

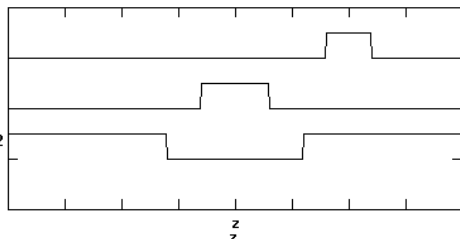
$z := -20, -19.9 \dots 20$

Im folgenden Diagramm sind die drei Filter wegen der besseren Übersichtlichkeit vertikal versetzt dargestellt.

$\text{tiefpaß}(z, 3)$

$\text{hochpaß}(z, 6) - 2$

$\text{bandpaß}(z, 4, 8) + 2$



Kapitel 18

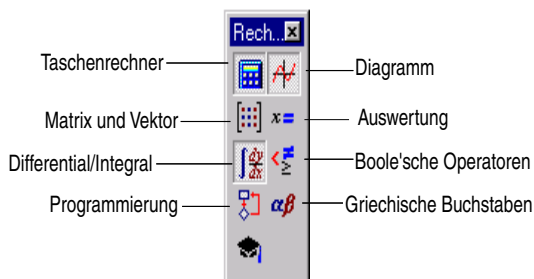
Operatoren

In diesem Kapitel werden die in Mathcad vordefinierten Operatoren aufgeführt und beschrieben. Die Operatoren werden gemäß der jeweiligen Symbolleiste bzw. Werkzeugpalette (Kalkulator, Matrix, Rechnung, Auswertung, Boolean oder Programmierung) abgehandelt, auf der sie erscheinen.

Zugriff auf Operatoren

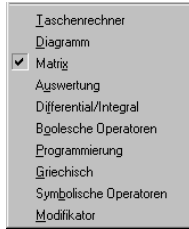
Sie können auf zwei Weisen auf die Operatoren zugreifen:

- Geben Sie einfach die für den Operator angegebene Tastenkombination ein.
- Wählen Sie den Operator aus einer Symbolleiste aus:
 1. Wählen Sie zuerst das Menü ANSICHT \Rightarrow SYMBOLLEISTEN \Rightarrow RECHNEN aus. Es erscheint die Symbolleiste RECHNEN mit den Schaltflächen für die verschiedenen Operatorenpaletten.



2. Klicken Sie auf die gewünschte Schaltfläche. Es erscheint die entsprechende Operatorenpalette.

Alternativ hierzu können Sie eine Operatorenpalette direkt aus dem Menü ANSICHT heraus aufrufen, indem Sie ANSICHT \Rightarrow SYMBOLLEISTEN wählen und anschließend eine der aufgeführten Operatorenpaletten auswählen, beispielsweise MATRIX:



Es erscheint die Operatorenpalette MATRIX mit den Schaltflächen für die verschiedenen Matrix-Operatoren.



3. Klicken Sie auf die Schaltfläche für den gewünschten Operator.

Auffinden weiterer Informationen

Greifen Sie für Beispiele mit Operatoren auf die QuickSheets im Informationszentrum zurück. Wählen Sie dazu den Eintrag INFORMATIONSZENTRUM im HILFE-Menü, klicken Sie auf das QuickSheets-Symbol und wählen Sie anschließend ein bestimmtes Thema aus.

Um die Anzeige einiger Operatoren (z. B. Multiplikations- oder Ableitungsoperatoren) zu ändern, wählen Sie aus dem RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIMONEN, klicken Sie die Registerkarte ANZEIGE an, und benutzen Sie die Dropdown-Optionen, um eine Auswahl zu treffen. Weitere Informationen finden Sie im Mathcad-Benutzerhandbuch.

Anmerkung zum Literaturverzeichnis

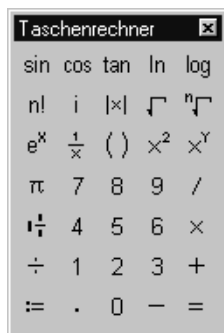
Im Anhang finden Sie ein Literaturverzeichnis, damit Sie mehr über den einer Funktion oder einem Operator von Mathcad zugrunde liegenden numerischen Algorithmus erfahren können. Diese Angaben sind nicht dazu gedacht, eine Beschreibung des tatsächlich zugrunde liegenden Quellcodes zu liefern. In einigen Büchern (beispielsweise in *Numerical Recipes in C*) ist der eigentliche C-Code für die in ihnen behandelten Algorithmen enthalten, aber die Quellen-

Angabe besagt nicht notwendigerweise, dass es sich bei dem Code um den in Mathcad implementierten handelt. Die Quellenangaben werden lediglich zu Informationszwecken aufgeführt.

Arithmetische Operatoren

Um auf einen arithmetischen Operator zuzugreifen,

- verwenden Sie die zugehörige Tastenkombination, oder
- wählen Sie den Operator von der Operatorenpalette TASCHENRECHNER (falls eine entsprechende Schaltfläche vorhanden ist):



Im Abschnitt »Zugriff auf Operatoren« zu Beginn des Kapitels finden Sie weitere Hinweise darüber, wie Sie auf eine Symbolleiste zugreifen.

Runde Klammern

(X)

Tastenkombination



Beschreibung Gruppirt Teile eines Ausdrucks

Addition

$X + Y$



Tastenkombination

Beschreibung Falls X und Y reelle oder komplexe Zahlen sind, werden X und Y addiert.

Falls X und Y reelle oder komplexe Vektoren oder Matrizen derselben Größe sind, werden die Elemente in X zu den entsprechenden Elementen in Y hinzuaddiert.

Falls X ein reelles oder komplexes Feld und Y eine reelle oder komplexe Zahl ist, wird Y zu jedem Element in X hinzuaddiert.

Addition mit Zeilenumbruch

$X \dots$

$+ Y$

Tastenkombination  + 

Beschreibung Addiert auf dieselbe Weise wie **Addition**, fügt aber aus Gründen der Übersichtlichkeit einen Zeilenumbruch ein

Anmerkungen Diese Formatierungseigenschaft kann nicht bei Multiplikationen oder Divisionen verwendet werden. Sie kann aber bei Subtraktionen verwendet werden, wenn $X - Y$ als $X + (-Y)$ geschrieben wird.

Subtraktion und Negation

$X - Y, -X$

Tastenkombination 



Subtraktion

Beschreibung Falls X und Y reelle oder komplexe Zahlen sind, wird Y von X abgezogen.

Falls X und Y reelle oder komplexe Vektoren oder Matrizen derselben Größe sind, werden die Elemente in Y von den entsprechenden Elementen in X abgezogen.

Falls X ein reelles oder komplexes Feld und Y eine reelle oder komplexe Zahl ist, wird Y von jedem Element in X abgezogen.

Negation

Beschreibung Falls X eine reelle oder komplexe Zahl ist, wird das Vorzeichen von X umgekehrt.

Falls X ein reelles oder komplexes Feld ist, wird das Vorzeichen jedes Elements in X umgekehrt.

Multiplikation

$X \cdot Y$

Tastenkombination 



Beschreibung Falls X und Y reelle oder komplexe Zahlen sind, wird Y mit X multipliziert.

Falls Y ein reelles oder komplexes Feld und X eine reelle oder komplexe Zahl ist, wird jedes Element in Y mit X multipliziert.

Falls X und Y reelle oder komplexe Vektoren derselben Größe sind, wird das Skalarprodukt (inneres Produkt) gebildet.

Falls X und Y reelle oder komplexe konforme Matrizen sind, wird eine Matrizenmultiplikation durchgeführt.

Um die Anzeige einer Multiplikation von einem Punkt in ein Kreuz umzuwandeln, wählen Sie aus dem RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN, klicken Sie auf die Registerkarte ANZEIGE und verwenden Sie die Dropdown-Optionen, um eine Auswahl zu treffen.

Division

$$\frac{X}{z}$$

Tastenkombination



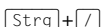
Beschreibung Falls X und z reelle oder komplexe Zahlen sind und z ungleich Null ist, wird X durch z geteilt.

Falls X ein reelles oder komplexes Feld und z eine reelle oder komplexe Zahl ungleich Null ist, wird jedes Element in X durch z geteilt.

Inline-Divison

$$X \div z$$

Tastenkombination



Beschreibung Falls X und z reelle oder komplexe Zahlen sind und z ungleich Null ist, wird X durch z dividiert.

Falls X ein reelles oder komplexes Feld und z keine reelle oder komplexe Zahl ungleich Null ist, wird jedes Element von X durch z dividiert.

Fakultät

$$n!$$

Tastenkombination



Beschreibung Liefert $n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \dots 2 \cdot 1$, falls n eine ganze Zahl mit $n \geq 1$ ist; liefert 1, falls $n = 0$.

Konjugierte komplexe Zahl

$$\overline{X}$$

Tastenkombination



Beschreibung Kehrt das Vorzeichen des imaginären Anteils von X um, falls X eine komplexe Zahl ist

Betrag, Determinante

$$|x|$$

Tastenkombination



Beschreibung Falls z eine reelle oder komplexe Zahl ist, liefert $|z|$ den Betrag (bzw. Absolutwert) $\sqrt{\operatorname{Re}(z)^2 + \operatorname{Im}(z)^2}$ von z .

Falls \mathbf{v} ein reeller oder komplexer Vektor ist, liefert $|\mathbf{v}|$ den Betrag (bzw. die Euklidische Norm oder Länge) $\sqrt{\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}}$ von \mathbf{v} . Falls alle Elemente in \mathbf{v} reell sind, ist diese Definition äquivalent zu $\sqrt{\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}}$.

Falls \mathbf{M} eine reelle oder komplexe Quadratmatrix ist, liefert $|\mathbf{M}|$ die Determinante von \mathbf{M} .

Quadratwurzel

$$\sqrt{z}$$

Tastenkombination



Beschreibung Liefert die positive Quadratwurzel für positive z , den Hauptwert für negative oder komplexe z

Reziprok

$$1/z$$

Tastenkombination



Skalar-Fall

Beschreibung Gibt den reziproken (multiplikativ inversen) Wert von z zurück, wobei z eine reelle oder komplexe Zahl ist

Matrix-Fall

Beschreibung Wenn \mathbf{M} eine reelle oder komplexe Quadratmatrix ist, ist die reziproke Matrix gleich der inversen Matrix \mathbf{M}^{-1} (vorausgesetzt \mathbf{M} ist nicht singulär).

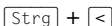
Siehe auch Potenz

Algorithmus LU zerlegung zur Matrixinversion (Press et al., 1992)

n-te Wurzel

$$\sqrt[n]{z}$$

Tastenkombination



- Beschreibung** Liefert die positive n -te Wurzel für positive z , die negative n -te Wurzel für negative z und ungerade n , sonst den Hauptwert. n muss eine ganze Zahl $n \geq 1$ sein.
- Siehe auch** Potenz, Quadratwurzel
- Anmerkungen** Dieser Operator liefert die gleichen Werte wie der Potenz-Operator, außer wenn $z < 0$ und k eine ungerade ganze Zahl und $n \geq 3$ ist (per besonderer Übereinkunft).

Potenz

$$z^w$$

Tastenkombination



Skalar-Fall

- Beschreibung** Liefert den Hauptwert von z potenziert mit w , wobei z und w reelle oder komplexe Zahlen sind
- Siehe auch** n -te Wurzel
- Anmerkungen** Der Hauptwert ist durch die Formel $|z|^w \cdot \exp(\pi \cdot i \cdot w)$ gegeben. In dem Spezialfall $z < 0$ und $w = 1/n$, wobei n eine ungerade ganze Zahl mit $n \geq 3$ ist, verfügt der Hauptwert über einen imaginären Teil ungleich Null. Somit ergibt Potenz in diesem Spezialfall nicht denselben Wert wie der Operator n -te Wurzel (per Übereinkunft).

Matrix-Fall

- Beschreibung** Falls \mathbf{M} eine reelle oder komplexe Quadratmatrix und $n \geq 0$ eine ganze Zahl ist, liefert \mathbf{M}^n die n -te Potenz von \mathbf{M} (durch iterative Matrixmultiplikation). Unter denselben Bedingungen ist \mathbf{M}^{-n} die inverse Matrix von \mathbf{M}^n (unter der zusätzlichen Voraussetzung, dass \mathbf{M} nicht singulär ist).
- Algorithmus** LU-Zerlegung zur Matrixinversion (Press et al., 1992)

Gleichheitszeichen

$$c =$$

Tastenkombination



- Beschreibung** Liefert den numerischen Wert von c , falls c eine zuvor auf dem Arbeitsblatt definierte Variable, eine vordefinierte Variable, eine global definierte Variable oder eine Funktion aus mehreren solcher Variablen ist. Erscheint als übliches = auf dem Bildschirm. Wird nicht zur symbolischen Auswertung verwendet.

Definition

$z := c, f(x, y, z, \dots) := \text{ausdr}$

Tastenkombination 



Beschreibung Weist z von dieser Stelle an für das weitere Arbeitsblatt den numerischen Wert c zu. Weist einer Funktion $f(x, y, z, \dots)$ von dieser Stelle an für das weitere Arbeitsblatt die von dem Ausdruck *ausdr* vorgegebene Bedeutung zu. *ausdr* braucht sich dabei nicht auf x, y, z, \dots zu beziehen (tut dies gewöhnlich aber) und kann andere vordefinierte oder benutzerdefinierte Funktionen einbeziehen.

Siehe auch Definition (unter »Auswertungs-Operatoren«) für ein Beispiel

Gemischte Zahlen

$k \frac{m}{n}$

Tastenkombination   



Beschreibung Wenn k, m und n ganze Zahlen sind, wird der Wert von $k + m/n$ zurückgegeben.

Anmerkungen Um ein numerisches Ergebnis als gemischte Zahl anzeigen zu lassen, klicken Sie doppelt auf das Ergebnis, um das Dialogfeld für das Ergebnisformat zu öffnen. Wählen Sie auf der Registerkarte ZAHLENFORMAT das Ergebnisformat BRUCH. Markieren Sie das Kästchen neben GEMISCHTE ZAHLEN.

Matrix-Operatoren

- Um auf einen Matrix-Operator zuzugreifen,
- verwenden Sie die zugehörige Tastenkombination oder
 - wählen Sie den Operator von der Operatorenpalette MATRIX:



Im Abschnitt »Zugriff auf Operatoren« zu Beginn des Kapitels finden Sie weitere Hinweise darüber, wie Sie auf eine Symbolleiste zugreifen.

Matrix einfügen

Tastenkombination  + 



Beschreibung Erzeugt einen Vektor bzw. eine Matrix mit den angegebenen Dimensionen

Vektor- und Matrixindex

$$\mathbf{v}_n, \mathbf{M}_{i,j}$$

Tastenkombination 



Beschreibung Falls \mathbf{v} ein Vektor ist, liefert \mathbf{v}_n das n -te Element von \mathbf{v} .
Falls \mathbf{M} eine Matrix ist, liefert $\mathbf{M}_{i,j}$ das Element der i -ten Zeile und j -ten Spalte von \mathbf{M} .

Bereichsvariable

Tastenkombination 



Beschreibung Gibt an, dass eine Variable für einen Wertebereich steht (zum Zwecke wiederholter oder iterativer Berechnungen)

Skalarprodukt

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}$$

Tastenkombination 



Beschreibung Liefert das Skalarprodukt (bzw. Punkt- oder innere Produkt) zweier n -dimensionaler reeller oder komplexer Vektoren \mathbf{u} und \mathbf{v}

Kreuzprodukt

$$\mathbf{u} \times \mathbf{v}$$

Tastenkombination  + 



Beschreibung Liefert das Kreuzprodukt (bzw. Vektorprodukt) zweier dreidimensionaler reeller oder komplexer Vektoren \mathbf{u} und \mathbf{v}

Vektorsumme

$$\Sigma \mathbf{v}$$

Tastenkombination  + 



Beschreibung Liefert die Summe (ein Skalar) sämtlicher Elemente eines reellen oder komplexen Vektors \mathbf{v} . (Es sind keine Bereichsvariablen oder Vektorindizes erforderlich.)

Matrixinversion

Tastenkombination $\boxed{\wedge} - \boxed{1}$



Beschreibung Liefert die mehrwertige Inverse einer reellen oder komplexen nichtsingulären Quadratmatrix \mathbf{M}

Betrag, Determinante

$|x|$

Tastenkombination $\boxed{|}$



Beschreibung Falls z eine reelle oder komplexe Zahl ist, liefert $|z|$ den Betrag (bzw. Absolutwert) $\sqrt{\text{Re}(z)^2 + \text{Im}(z)^2}$ von z .

Falls \mathbf{v} ein reeller oder komplexer Vektor ist, liefert $|\mathbf{v}|$ den Betrag (bzw. die Euklidische Norm oder Länge) $\sqrt{\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}}$ von \mathbf{v} . Falls alle Elemente in \mathbf{v} reell sind, ist diese Definition äquivalent zu $\sqrt{\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}}$.

Falls \mathbf{M} eine reelle oder komplexe Quadratmatrix ist, liefert $|\mathbf{M}|$ die Determinante von \mathbf{M} .

Algorithmus LU-Zerlegung (Press et al., 1992)

Hochgestellter Matrixindex

$\mathbf{M}^{<n>}$

Tastenkombination $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{6}$



Beschreibung Liefert die n -te Spalte (einen Vektor) der Matrix \mathbf{M}

Transponierte

\mathbf{M}^T

Tastenkombination $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{1}$



Beschreibung Liefert eine Matrix, deren Zeilen die Spalten von \mathbf{M} und deren Spalten die Zeilen von \mathbf{M} sind, falls \mathbf{M} ein Vektor oder eine Matrix ist

Vektorisieren

\vec{x}

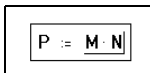
Tastenkombination $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{-}$



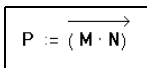
Beschreibung Erzwingt die elementweise Durchführung der Operationen im Ausdruck X . Alle Vektoren oder Matrizen in X müssen über dieselbe Größe verfügen.

Anmerkungen Der Mathcad-Operator **Vektorisieren** ermöglicht die effiziente gleichzeitige Anwendung der Operation auf jedes Element eines Vektors bzw. einer Matrix. Um beispielsweise eine Matrix \mathbf{P} durch das Multiplizieren entsprechender Elemente der Matrizen \mathbf{M} und \mathbf{N} zu definieren, können Sie $\mathbf{P}_{i,j} = \mathbf{M}_{i,j} \cdot \mathbf{N}_{i,j}$ schreiben, wobei i und j Bereichsvariablen sind. (Hierbei handelt es sich nicht um eine Matrixmultiplikation, sondern um eine elementweise Multiplikation.) Die Definition von \mathbf{P} mit Hilfe des Operators **Vektorisieren** ist allerdings erheblich schneller:

- Wählen Sie den gesamten Ausdruck durch einfaches Anklicken aus und drücken Sie die Leertaste so lange, bis sich die rechte Seite des Ausdrucks zwischen den Eingabemarkierungen befindet.


$$\mathbf{P} := \mathbf{M} \cdot \mathbf{N}$$

- Drücken Sie **[Strg] + []**, um den Operator **Vektorisieren** anzuwenden. Mathcad platziert einen Pfeil oberhalb des ausgewählten Ausdrucks.


$$\mathbf{P} := (\mathbf{M} \cdot \mathbf{N})$$

Die derartige elementweise Erweiterung einer gewöhnlichen Skalarmultiplikation wird als *Vektorisieren* eines Ausdrucks bezeichnet.

Nachfolgend finden Sie einige Eigenschaften des Operators **Vektorisieren**:

- Der Operator **Vektorisieren** ändert die Bedeutung von Funktionen und Operatoren, nicht aber die von Konstanten oder Variablen.
- Operationen mit einem Feld und einem Skalar werden durchgeführt, indem das Skalar auf jedes Element des Felds angewendet wird. Wenn beispielsweise \mathbf{v} ein Vektor und n ein Skalar ist, liefert die Anwendung des Operators **Vektorisieren** auf \mathbf{v}^n einen Vektor, dessen Elemente in die n -te Potenz des jeweiligen Elements von \mathbf{v} erhoben wurden.
- Folgende Matrix-Operatoren können Sie nicht unterhalb des Operators **Vektorisieren** verwenden: Skalarprodukt, Matrixmultiplikation, potenzierte Matrizen, inverse Matrizen, Determinante bzw. Betrag eines Vektors. Der Operator **Vektorisieren** wandelt diese Operationen entsprechend elementweise in Skalarmultiplikation, Potenzierung oder Betrag um.
- Der Operator **Vektorisieren** hat keine Auswirkung auf Operatoren und Funktionen, die Vektoren oder Matrizen erfordern: Transponierte, Kreuzprodukt, Summe der Vektorelemente und Funktionen wie beispielsweise **mittelwert**. Diese Operatoren verfügen nicht über eine skalare Bedeutung.

Bild

Tastenkombination Strg + T



Beschreibung Zeigt eine Matrix **M** als Graustufenbild an. Jedes Element von **M** entspricht einem Pixel. Der Wert eines Elements bestimmt die Graustufe des zugehörigen Pixels. Jedes Element von **M** ist eine ganze Zahl zwischen 0 (schwarz) und 255 (weiß).

Rechenoperatoren

Um auf einen Rechenoperator zuzugreifen,

- verwenden Sie die zugehörige Tastenkombination, oder
- wählen Sie den Operator von der Operatorenpalette DIFFERENTIAL/INTEGRAL:



Im Abschnitt »Zugriff auf Operatoren« zu Beginn des Kapitels finden Sie weitere Hinweise darüber, wie Sie auf eine Symbolleiste zugreifen.

Summation

$$\sum_{i=m}^n X$$

Tastenkombination Strg + ⇧ + 4



Beschreibung Führt eine iterative Addition von X über $i = m, m + 1, \dots, n$ durch. X kann ein beliebiger Ausdruck sein, in dem das üblicherweise vorhandene i nicht unbedingt enthalten sein muss. m und n müssen ganze Zahlen sein. Falls $m = -\infty$ oder $n = \infty$, muss die Auswertung symbolisch erfolgen.

Beispiel

$$i := 0 \dots 20 \qquad j := 1 \dots 10 \qquad x_i := \sin(0.1 \cdot i \cdot \pi)$$
$$\sum_i i = 210 \qquad \prod_i (i+1) = 5.109 \cdot 10^{19}$$
$$\sum_i x_i = 0 \qquad \sum_i x_i \cdot i = -63.138$$
$$y_j := \sum_i i^j \qquad \sum_i \sum_j i^j = 2.554 \cdot 10^{13}$$
$$y_1 = 210 \qquad \sum_j y_j = 2.554 \cdot 10^{13}$$
$$y_{10} = 2.416 \cdot 10^{13}$$

Siehe auch Bereichssummation

Anmerkungen Um mehrfache Summationen zu ermitteln, platzieren Sie wie im vorstehenden Beispiel eine weitere Summation im letzten Platzhalter der ersten Summation.

Produkt

$$\prod_{i=m}^n X$$


Tastenkombination Strg +  + 3 

Beschreibung Führt eine iterative Multiplikation von X über $i = m, m + 1, \dots, n$ durch. X kann ein beliebiger Ausdruck sein, in dem das üblicherweise vorhandene i nicht unbedingt enthalten sein muss. m und n müssen ganze Zahlen sein. Falls $m = -\infty$ oder $n = \infty$, muss die Auswertung symbolisch erfolgen. Die Funktionsweise ist ähnlich wie die bei der Summation.

Siehe auch Bereichsprodukt, Summation für ein Beispiel

Bereichssummation

$$\sum_i X$$

Tastenkombination  

Beschreibung Führt eine iterative Addition von X über die Bereichsvariable i durch. X kann ein beliebiger Ausdruck sein, in dem das üblicherweise vorhandene i nicht unbedingt enthalten sein muss.

Beispiel

$i := 0 \dots 20$

$j := 1 \dots 10$

$x_i := \sin(0.1 \cdot i \cdot \pi)$

$\sum_i i = 210$

$\prod_i (i + 1) = 5.109 \cdot 10^{19}$

$\sum_i x_i = 0$

$\sum_i x_i \cdot i = -63.138$

$y_j := \sum_i i^j$

$\sum_i \sum_j i^j = 2.554 \cdot 10^{13}$

$y_1 = 210$

$\sum_j y_j = 2.554 \cdot 10^{13}$

$y_{10} = 2.416 \cdot 10^{13}$

Siehe auch

Summation

Anmerkungen

Wenn Sie den an früherer Stelle beschriebenen Operator **Summation** verwenden, muss die Summation über ganze Zahlen mit der Schrittweite 1 durchgeführt werden. Mathcad stellt eine allgemeinere Fassung dieses Operators bereit, der mit beliebigen, von Ihnen als Summationsindex definierten Bereichsvariablen umgehen kann.

Der Operator **Bereichssummation** kann anders als der Operator **Summation** nicht für sich allein stehen. Er macht das Vorhandensein einer Bereichsvariable erforderlich. Allerdings lässt sich eine einzige Bereichsvariable für eine beliebige Anzahl dieser Operatoren verwenden.

Um mehrfache Summationen zu ermitteln, platzieren Sie wie im vorstehenden Beispiel eine weitere Summation im letzten Platzhalter der ersten Summation und verwenden Sie zwei Bereichsvariablen.

Bereichsprodukt

$$\prod_i X$$

Tastenkombination



Beschreibung

Führt eine iterative Multiplikation von X über die Bereichsvariable i durch. X kann ein beliebiger Ausdruck sein, in dem das üblicherweise vorhandene i nicht unbedingt enthalten sein muss. Die Funktionsweise ist ähnlich wie die bei der Bereichssummation.

Siehe auch

Produkt, Bereichssummation für ein Beispiel

Bestimmtes Integral

$$\int_a^b f(t)dt$$

Tastenkombination 



Beschreibung Liefert das bestimmte Integral von $f(t)$ im Intervall $[a, b]$. a und b müssen reelle Skalare sein. Alle Variablen im Ausdruck $f(t)$ müssen, mit Ausnahme der Integrationsvariablen t , definiert sein. Der Integrand, $f(t)$, kann kein Feld zurückgeben. $a = -\infty$ und/oder $b = \infty$ ist zulässig.

Beispiele

$i := 0 \dots 5$

$f(x) := x^2 + 3 \cdot x + 2$

$g_i := \int_0^i f(x) \, dx$

$h_i := \int_{-i}^0 f(x) \, dx$

	0
0	0
1	3.833
2	12.667
3	28.5
4	53.333
5	89.167

$g_i =$

	0
0	0
1	0.833
2	0.667
3	1.5
4	5.333
5	14.167

$h_i =$

Beispiel 1

Standardtoleranz
 $TOL := 0.001$

$\int_1^{e^5} \frac{1}{t} \, dt = 5.000000541364253$

Geringere Toleranz
 $TOL := 0.000001$

$\int_1^{e^5} \frac{1}{t} \, dt = 5.0000000000007783$

Größere Toleranz
 $TOL := 0.1$

$\int_1^{e^5} \frac{1}{t} \, dt = 5.011533083011655$

Beispiel 2

Anmerkungen Bei der Integration sind unter Mathcad einige wichtige Dinge zu berücksichtigen:

- Die Integrationsgrenzen müssen reell sein, während die zu integrierenden Ausdrücke entweder reell oder komplex sein dürfen.
- Abgesehen von der Integrationsvariable müssen alle im Integranden verwendeten Variablen an anderer Stelle auf dem Arbeitsblatt definiert worden sein.
- Die Integrationsvariable muss eine einzelne Variablenbezeichnung sein.
- Falls die Integrationsvariable Einheiten umfasst, müssen die Ober- und Untergrenzen der Integration über dieselben Einheiten verfügen.

Wie bei allen numerischen Verfahren können ungeeignete Integranden beim Integrationsalgorithmus von Mathcad zu Schwierigkeiten führen. Falls der zu integrierende Ausdruck Singularitäten, Unstetigkeiten oder große und schnelle Schwankungen aufweist, kann die Lösung von Mathcad falsch sein.

In einigen Fällen werden Sie mit Hilfe der symbolischen Auswertung von Mathcad einen genauen Ausdruck für Ihr bestimmtes Integral oder das unbestimmte Integral (Umkehrung zur Ableitung) finden können.


Auch wenn das Ergebnis einer Integration stets eine einzelne Zahl ist, können Sie ein Integral immer mit einer Bereichsvariable einsetzen, um gleichzeitig Ergebnisse für viele Werte zu erhalten (wie in Beispiel 1). Solche wiederholten Auswertungen können in Abhängigkeit von der Komplexität der Integrale, der Länge des Intervalls und des Wertes von TOL ein beträchtliches Maß an Zeit in Anspruch nehmen.

Der numerische Integrationsalgorithmus von Mathcad nimmt fortlaufend Abschätzungen für den Integrationswert vor und liefert einen Wert, sobald die Differenz der beiden letzten Abschätzungen kleiner ist als der Wert der vordefinierten Variable TOL. Das vorstehende Beispiel 2 verdeutlicht die Auswirkung einer Änderung von TOL auf die Genauigkeit der Integralberechnung. (Nicht zu verwechseln mit der Formatierungsanweisung für die dargestellte Anzahl von Ziffern.)

Sie können den Toleranzwert, wie dargestellt, direkt durch die Definition von TOL in Ihrem Arbeitsblatt ändern. Sie können die Toleranz auch auf der Registerkarte VORDEFINIERT VARIABLEN ändern, indem Sie den Eintrag OPTIONEN aus dem Menü RECHNEN auswählen. Um die Auswirkungen einer Änderung des Wertes für die Toleranz zu erfahren, wählen Sie den Eintrag ARBEITSBLATT BERECHNEN aus dem Menü RECHNEN, um alle Gleichungen auf dem Arbeitsblatt neu zu berechnen.

Wenn die Näherungen an ein Integral nicht auf ein Ergebnis hin konvergieren, kennzeichnet Mathcad das Integral mit einer entsprechenden Fehlermeldung.

Wenn Sie den Wert für die Toleranz ändern, denken Sie an den Zusammenhang von Genauigkeit und Rechenzeit. Wenn Sie die Toleranz verringern, wird Mathcad Integrale mit höherer Genauigkeit berechnen. Da dies mehr Rechenaufwand bedeutet, wird Mathcad allerdings mehr Zeit für die Ermittlung eines Ergebnisses benötigen. Umgekehrt wird Mathcad die Berechnung schneller durchführen, wenn Sie die Toleranz erhöhen; aber die Ergebnisse werden ungenauer sein.

Mit Mathcad lassen sich auch Doppel- oder Mehrfachintegrale auswerten. Für ein Doppelintegral müssen Sie die Taste  zweimal drücken. Geben Sie den Integranden, die Grenzen und die Integrationsvariable für jedes Integral ein. Denken Sie daran, dass Doppelintegrale mehr Zeit in Anspruch nehmen als einfache Integrale, um zu einem Ergebnis zu konvergieren. Wenn möglich, verwenden Sie ein entsprechendes einfaches Integral statt eines Doppelintegrals.

Da bestimmte numerische Integrationsverfahren am besten für bestimmte Arten von Integralen geeignet sind, verfügt Mathcad über eine AutoSelect-Eigenschaft für die Integration. In Abhängigkeit vom auszuwertenden Integral wählt Mathcad automatisch das geeignetste Integrationsverfahren aus. Bei Anwendung der AutoSelect-Eigenschaft untersucht Mathcad zunächst das Integral und wertet es anschließend mit einem der folgenden Verfahren aus:

- Romberg (trapezförmige Annäherung nach Romberg mit der Richard-Extrapolation – gleiche Intervalle)
- Angepasst (falls die Werte von $f(x)$ signifikant über das Integral variieren – ungleiche Intervalle)
- Unendliche Grenze (falls $a = -\infty$ und/oder $b = \infty$)
- Singulärer Endpunkt (falls $f(a)$ und/oder $f(b)$ nicht definiert ist)

Wenn Sie in Mathcad ein anderes als das während des AutoSelect-Vorgangs ausgewählte Verfahren zur Auswertung eines Integrals verwenden möchten, schalten Sie die AutoSelect-Eigenschaft aus und wählen Sie ein anderes Verfahren aus. Dazu gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Geben Sie das Integral ein und erlauben Sie AutoSelect, ein Ergebnis zu liefern.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Integral.
3. Klicken Sie auf die Methode, die Sie verwenden möchten.

Das Integral wird automatisch mit dem angeklickten Verfahren neu ausgewertet. Es wird so lange auf diese Weise neu ausgewertet, bis Sie ein anderes Verfahren auswählen oder die AutoSelect-Eigenschaft wieder aktivieren.



Algorithmus

Romberg, Kahan-Transformation, QAGS, Clenshaw-Curtis, Gauß-Kronrod-Formeln (Piessens, 1983; Lorcak)

Unbestimmtes Integral

$$\int f(t)dt$$

Tastenkombination

 + 



Beschreibung

Liefert das unbestimmte Integral (d. h. eine Umkehrung der Ableitung) von $f(t)$. Die Ermittlung muss symbolisch erfolgen. Der Integrand, $f(t)$, kann kein Feld zurückgeben.

Ableitung

$$\frac{d}{dt} f(t)$$

Tastenkombination



Beschreibung Liefert die Ableitung von $f(t)$ für die Stelle t . Alle Variablen im Ausdruck $f(t)$ müssen definiert sein. Die Variable t muss ein skalarer Wert sein. Die Funktion $f(t)$ muss einen skalaren Wert zurückliefern.

Beispiel

$x := 2$ $y := 10$ $t := 0$

$g(t) := 5 \cdot t^4$

Ableitung	Resultat
$\frac{d}{dx} x^5 = 79.99999999999997$	$g(x) = 80$
$\frac{d}{dx} x^5 \cdot y = 799.9999999999998$	$g(x) \cdot y = 800$
$\frac{d}{dy} x^5 \cdot y = 31.999999999999998$	$x^5 = 32$
$\frac{d}{dt} x^5 \cdot y = 0$	

Anmerkungen Bei dem von Mathcad verwendeten Algorithmus für Ableitungen können Sie für die erste Ableitung mit einer Genauigkeit von 7 oder 8 signifikanten Stellen rechnen, vorausgesetzt, der Wert, an dem die Ableitung ermittelt wird, liegt nicht zu nah an einer Singularität der Funktion. Die Genauigkeit dieses Algorithmus nimmt mit jedem Grad der Ableitung um eine Stelle ab (siehe auch den Operator **n-te Ableitung**).

Das Ergebnis des Differenzierens ist keine Funktion, sondern eine einzelne Zahl: die berechnete Ableitung für den angegebenen Wert der zu differenzierenden Variable. Im vorangegangenen Beispiel ist die Ableitung von x^3 nicht der Ausdruck $3x^2$, sondern $3x^2$ an der Stelle $x = 2$. Wenn Sie den Ausdruck $3x^2$ erhalten wollen, müssen Sie entweder direkt oder per Menü eine symbolische Berechnung durchführen.

Obwohl das Differenzieren nur eine Zahl liefert, kann dennoch eine Funktion als Ableitung einer anderen definiert werden. Beispielsweise:

$$f(x) := \frac{d}{dx} g(x)$$

Die Auswertung von $f(x)$ liefert dann die numerisch berechnete Ableitung von $g(x)$ an der Stelle x . Mit dieser Technik können Sie mittels Bereichsvariablen die Ableitung einer Funktion an vielen Stellen ermitteln.

Um die Anzeige eines Ableitungssymbols in ein Symbol für eine partielle Ableitung umzuwandeln, wählen Sie aus dem RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN, klicken Sie auf die Registerkarte ANZEIGE und verwenden Sie die Dropdown-Optionen, um eine Auswahl zu treffen.

Algorithmus Modifiziertes Verfahren nach Ridder (Press et al., 1992; Lorcza)

n-te Ableitung

$$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$$

Tastenkombination Strg + .



Beschreibung Liefert die n -te Ableitung von $f(t)$ für die Stelle t . Alle Variablen in $f(t)$ müssen definiert sein. Die Variable t muss ein skalarer Wert sein. Die Funktion $f(t)$ muss einen skalaren Wert zurückliefern. n muss für eine numerische Auswertung eine ganze Zahl zwischen 0 und 5 bzw. für eine symbolische Auswertung eine positive ganze Zahl sein.

Anmerkungen Für $n = 1$ ergibt dieser Operator dasselbe Ergebnis wie der Operator **Ableitung**. Für $n = 0$ liefert er einfach den Wert der Funktion selbst.

Um die Anzeige eines n -ten Ableitungssymbols in ein Symbol für eine partielle n -te Ableitung umzuwandeln, wählen Sie aus dem RECHNEN-Menü den Eintrag OPTIONEN, klicken Sie auf die Registerkarte ANZEIGE und verwenden Sie die Dropdown-Optionen, um eine Auswahl zu treffen.

Algorithmus Modifiziertes Verfahren nach Ridder (Press et al., 1992; Lorcza)

Grenzwert

$$\lim_{t \rightarrow a} f(t)$$

Tastenkombination Strg + L



Beschreibung Liefert den beidseitigen Grenzwert von $f(t)$. Die Auswertung muss symbolisch erfolgen.

Algorithmus Reihenentwicklung (Geddes und Gonnet, 1989)

Rechtsseitiger Grenzwert

$$\lim_{t \rightarrow a^+} f(t)$$


Tastenkombination Strg + ⇧ + A



Beschreibung	Liefert den rechtsseitigen Grenzwert von $f(t)$. Die Auswertung muss symbolisch erfolgen.
Algorithmus	Reihenentwicklung (Geddes und Gonnet, 1989)

Linksseitiger Grenzwert

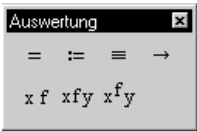
$$\lim_{t \rightarrow a^-} f(t)$$

Tastenkombination Strg + ⇧ + B 

Beschreibung	Liefert den linksseitigen Grenzwert von $f(t)$. Die Auswertung muss symbolisch erfolgen.
Algorithmus	Reihenentwicklung (Geddes und Gonnet, 1989)

Auswertungs-Operatoren

- Um auf einen Auswertungs-Operator zuzugreifen,
- verwenden Sie die zugehörige Tastenkombination, oder
 - wählen Sie den Operator von der Operatorenpalette AUSWERTUNG:



Im Abschnitt »Zugriff auf Operatoren« zu Beginn des Kapitels finden Sie weitere Hinweise darüber, wie Sie auf eine Symbolleiste zugreifen.

Gleichheitszeichen

$$c =$$

Tastenkombination = 

Beschreibung	Liefert den numerischen Wert von c , falls c eine zuvor auf dem Arbeitsblatt definierte Variable, eine vordefinierte Variable, eine global definierte Variable oder eine Funktion aus mehreren solcher Variablen ist. Erscheint als übliches $=$ auf dem Bildschirm. Wird nicht zur symbolischen Auswertung verwendet.
---------------------	--

Definition

$$z := c, f(x, y, z, \dots) := \text{ausdr}$$

Tastenkombination



Beschreibung

Weist z von dieser Stelle an für das weitere Arbeitsblatt den numerischen Wert c zu. Weist einer Funktion $f(x, y, z, \dots)$ von dieser Stelle an für das weitere Arbeitsblatt die von dem Ausdruck *ausdr* vorgegebene Bedeutung zu. *ausdr* braucht sich dabei nicht auf x, y, z, \dots zu beziehen (tut dies gewöhnlich aber) und kann andere vordefinierte oder benutzerdefinierte Funktionen einbeziehen.

Beispiele

Berechnung der Entfernung zwischen Punkten

$$x1 := 0 \quad y1 := 1.5$$

$$x2 := 3 \quad y2 := 4 \quad \text{dist}(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$x3 := -1 \quad y3 := 1$$

Berechnung der Entfernung vom Anfangspunkt

$$\text{dist}(x1, y1) = 1.5$$

$$\text{dist}(x2, y2) = 5$$

$$\text{dist}(x3, y3) = 1.414$$

Berechnung der Entfernung zwischen Punkten

$$\text{dist}(x2 - x1, y2 - y1) = 3.905$$

$$\text{dist}(x3 - x1, y3 - y1) = 1.118$$

$$\text{dist}(x3 - x2, y3 - y2) = 5$$

Beispiel 1

Simultane Definition von drei Variablen...

$$x := 2$$

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} x \cdot 10^{12} \\ \sqrt{-2} \\ \frac{\pi}{2} + 1 \end{pmatrix}$$

$$\alpha = 2 \cdot 10^{12}$$

$$\beta = 1.414i$$

$$\gamma = 2.571$$

Austausch von zwei Variablen...

$$i := 1 \quad j := 2$$

$$\begin{pmatrix} i \\ j \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} j \\ i \end{pmatrix}$$

$$i = 2 \quad j = 1$$

Beispiel 2

Anmerkungen Sie können Datenfelder auf die gleiche Weise definieren wie Skalare, mit dem Feldbezeichner **A** auf der linken Seite des Definitionszeichens $:=$ und dem zugeordneten Wertefeld auf der rechten Seite.

Sie können Felder auch wie im vorangegangenen Beispiel verwenden, um mehrere Variablen gleichzeitig zu definieren. Die linke Seite einer gleichzeitigen Definition besteht aus einem Feld, dessen Elemente entweder Namen oder indizierte Variablennamen sind. Die rechte Seite muss ein Feld mit Werten sein, das über gleich viele Zeilen und Spalten verfügt wie das Feld auf der linken Seite. Mathcad definiert jede Variable auf der linken Seite mit dem Wert der entsprechenden Position im Feld auf der rechten Seite. Alle Elemente auf der rechten Seite werden zunächst ausgewertet, bevor eine Zuweisung zur linken Seite erfolgt. Aus diesem Grund dürfen in den Ausdrücken auf der rechten Seite keine Abhängigkeiten von Variablen der linken Seite vorhanden sein. Weiterhin darf keine Variable mehrfach auf der linken Seite vorkommen.

Wenn Sie eine Funktion definieren, wertet Mathcad diese nicht aus, bevor Sie später auf dem Arbeitsblatt Gebrauch von ihr machen. Falls ein Fehler auftreten sollte, wird die Verwendung der Funktion als Fehler gekennzeichnet, obwohl das eigentliche Problem möglicherweise in der Definition der Funktion zu finden ist. Wenn beispielsweise $f(x) := 1/x$ gilt, und Sie versuchen, $f(0)$ auszuwerten, dann erscheint die Fehlermarkierung nicht bei der Definition von $f(x)$, sondern beim ersten Auftreten von $f(0)$.

Globale Definition

$z \equiv c, f(x, y, z, \dots) \equiv \text{ausdr}$

Tastenkombination



Beschreibung Weist z den numerischen Wert c zu und behält diese Zuweisung für das gesamte Arbeitsblatt bei (unabhängig davon, an welcher Stelle die globale Definition vorgenommen wurde). Weist einer Funktion $f(x, y, z, \dots)$ entsprechend die von dem Ausdruck *ausdr* vorgegebene Bedeutung für das gesamte Arbeitsblatt zu. *ausdr* braucht sich dabei nicht auf x, y, z, \dots zu beziehen (tut dies gewöhnlich aber) und kann andere vordefinierte oder benutzerdefinierte Funktionen einbeziehen.

Anmerkungen Sie können Datenfelder auf die gleiche Weise global definieren wie Skalare, mit dem Feldbezeichner **A** auf der linken Seite des Definitionszeichens \equiv und dem zugeordneten Wertefeld auf der rechten Seite.

Der von Mathcad verwendete Algorithmus für die Auswertung aller Definitionen, sowohl globaler als auch sonstiger, läuft folgendermaßen ab:

- Zunächst durchläuft Mathcad das gesamte Arbeitsblatt einmal vollständig von oben nach unten. Bei diesem ersten Durchlauf wertet Mathcad ausschließlich globale Definitionen aus.
- Anschließend durchläuft Mathcad das gesamte Arbeitsblatt ein zweites Mal vollständig von oben nach unten. Diesmal wertet Mathcad alle mit $:=$ vorgenommenen Definitionen sowie alle Gleichungen, die das Zeichen \equiv enthalten, aus.

Obwohl globale Definitionen vor sämtlichen lokalen Definitionen ausgewertet werden, ermittelt Mathcad diese auf die gleiche Weise wie die lokalen Definitionen: von oben nach unten und von links nach rechts. Aus diesem Grund müssen Sie beim Einsatz einer Variable auf der rechten Seite eines \equiv beachten, dass:

- diese Variable ebenfalls per \equiv definiert worden sein muss *und dass*
- sie vor der Stelle definiert worden sein muss, an der auf sie zurückgegriffen wird.



Andernfalls wird die Variable in Rot dargestellt, um anzuzeigen, dass sie undefiniert ist.

Zum guten Stil gehört es, nur eine Definition für eine globale Variable zuzulassen. Obwohl es möglich ist, eine Variable mit zwei unterschiedlichen globalen Definitionen bzw. mit einer globalen und einer lokalen Definition zu definieren, ist dies niemals erforderlich und sorgt lediglich dafür, dass Ihr Arbeitsblatt schwerer nachzuvollziehen ist.

Symbolisches Gleichheitszeichen

$c \rightarrow$

Tastenkombination

 + 



Beschreibung

Liefert direkt den symbolischen »Wert« von c , falls c eine zuvor auf dem Arbeitsblatt definierte Variable, eine vordefinierte Variable, eine global definierte Variable oder eine Funktion aus mehreren solcher Variablen ist.

Anmerkungen

Das symbolische Gleichheitszeichen kann als Analogon zum numerischen Gleichheitszeichen $=$ betrachtet werden und ist in der Lage, Ausdrücke als Ergebnis zu liefern. Sie können es beispielsweise verwenden, um algebraische Ausdrücke symbolisch zu vereinfachen, zu zerlegen oder um Ableitungen, Integrale und Grenzwerte symbolisch auszuwerten. Beachten Sie, dass \rightarrow immer auf den gesamten Ausdruck angewendet wird (anders als das Menü SYMBOLIK).

Präfix

$f x$

Tastenkombination

keine



Beschreibung

Bei Verwendung eines eigenen Präfix-Operators liefert $f x$ den Wert $f(x)$, wobei f entweder eine vordefinierte oder eine benutzerdefinierte Funktion und x eine reelle oder komplexe Zahl ist.

Beispiele

Boolesches "nicht"

$x := 0$

$\neg(z) := \text{wenn}(z = 0, 1, 0)$

$\neg x = 1$

↑

mit Hilfe von $f\ x$

Umwandlung von Grad in Radiant

$^\circ(x) := x \cdot \text{deg}$

$180^\circ = 3.142$

↑

mit Hilfe von $x\ f$

Umwandlung von Fahrenheit in Celsius

$^\circ\text{C}(x) := \frac{9}{5} \cdot x + 32$

$^\circ\text{F} := 1$

$37^\circ\text{C} = 98.6 \cdot ^\circ\text{F}$

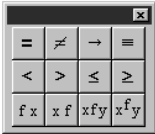
Division

$\div(x, y) := \frac{x}{y}$

$1 \div 2 = 0.5$

$\frac{1}{2} = 0.5$ ← mit Hilfe von $x\ f\ y$

← wenn Sie das Symbol $\frac{x}{y}$ anklicken, erscheint diese Palette



ist annähernd

$\approx(a, b) := \text{wenn}(|a - b| < 10^{-5}, 1, 0)$

$3 \approx 3.00000001 = 1$

↑

mit Hilfe von $x\ f\ y$

Beispiel 1: Definition eigener Operatoren

$\div(x, y) := \frac{x}{y}$ ← Definieren eines Operators

$\div(1, 2) = 0.5$ ← Umschreiben des Operators, so daß er wie eine Funktion aussieht

$1 \div 2 = 0.5$ ← Anzeigen eines Operators auf übliche Art und Weise

$\sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = 0.866$ ← Anzeigen einer Funktion auf die übliche Art und Weise

$\sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = 0.866$ ← Anzeigen der gleichen Funktion, als wäre sie ein Operator

Beispiel 2: Darstellung eines Operators als Funktion und einer Funktion als Operator

Anmerkungen Das Symbol »°« in Beispiel 1 stammt aus der Schriftart »Symbol«. Definieren Sie zunächst wie dargestellt eine Funktion »°(x)« und klicken Sie anschließend auf die Postfix-Schaltfläche der Symbolleiste AUSWERTUNG, um die Postfix-Notation anzuwenden. Bei der Postfix-Notation geben Sie die Bezeichnung des Operators in den rechten Platzhalter und den Operanden in den linken Platzhalter ein.

Viele Verleger lassen die runden Klammern um die Argumente bestimmter Funktionen gerne weg ($\sin x$ statt $\sin(x)$). Sie können dies erreichen, indem Sie die \sin -Funktion, wie in Beispiel 2, als einen Operator mit einem Operanden behandeln.

Postfix

xf

Tastenkombination keine



Beschreibung Bei Verwendung eines eigenen Postfix-Operators liefert xf den Wert $f(x)$, wobei f entweder eine vordefinierte oder eine benutzerdefinierte Funktion und x eine reelle oder komplexe Zahl ist.

Anmerkungen Das Symbol \circ in Beispiel 1 zum Operator **Präfix** stammt aus der Schriftart »Symbol«. Definieren Sie zunächst, wie dargestellt, eine Funktion $\circ(x)$ und klicken Sie anschließend auf die Postfix-Schaltfläche der Symbolleiste AUSWERTUNG, um die Postfix-Notation anzuwenden. Bei der Postfix-Notation geben Sie die Bezeichnung des Operators in den rechten Platzhalter und den Operanden in den linken Platzhalter ein.

Infix

xfy

Tastenkombination keine



Beschreibung Bei Verwendung eines eigenen Infix-Operators liefert xfy den Wert $f(x, y)$, wobei f entweder eine vordefinierte oder eine benutzerdefinierte Funktion ist und x und y reelle oder komplexe Zahlen sind.

Anmerkungen Das Symbol \approx in Beispiel 1 zum Operator **Präfix** stammt aus der Schriftart »Symbol«. Definieren Sie zunächst, wie dargestellt, eine zweiwertige Funktion $\approx(x, y)$ und klicken Sie anschließend auf die Infix-Schaltfläche der Symbolleiste AUSWERTUNG, um die Infix-Notation anzuwenden. Bei der Infix-Notation geben Sie die Bezeichnung des Operators in den mittleren Platzhalter und die Operanden in den linken bzw. rechten Platzhalter ein.

Entsprechend wird in Beispiel 2 zum Operator **Präfix** die zweiwertige Funktion $\div(x, y)$ definiert und anschließend in der gewohnten Art und Weise dargestellt: $x \div y$. Funktionen und Operatoren sind im Wesentlichen gleich. Auch wenn eine Notierung wie $\div(x, y)$ ungewöhnlich ist, verwenden Sie ruhig diese Schreibweise.

Treefix

xfy

Tastenkombination keine



Beschreibung Bei Verwendung eines eigenen Treefix-Operators liefert xfy den Wert $f(x, y)$, wobei f entweder eine vordefinierte oder eine benutzerdefinierte Funktion ist und x und y reelle oder komplexe Zahlen sind.

Anmerkungen Das Symbol \div in Beispiel 1 zum Operator **Präfix** stammt aus der Schriftart »Symbol«. Definieren Sie zunächst, wie dargestellt, eine zweiwertige Funktion

$\neq(x, y)$ und klicken Sie anschließend auf die Treefix-Schaltfläche der Symbolleiste AUSWERTUNG, um die Treefix-Notation anzuwenden. Bei der Treefix-Notation geben Sie die Bezeichnung des Operators in den mittleren Platzhalter und die Operanden in den linken bzw. rechten Platzhalter ein.

Boole'sche Operatoren

Um auf einen Boole'schen Operator zuzugreifen,

- verwenden Sie die zugehörige Tastenkombination, oder
- wählen Sie den Operator von der Operatorenpalette BOOLESCH:.

Im Abschnitt »Zugriff auf Operatoren« zu Beginn des Kapitels finden Sie weitere Hinweise darüber, wie Sie auf eine Symbolleiste zugreifen.



Größer als

$x > y, S1 > S2$

Tastenkombination 



Beschreibung Für skalare x und y ist das Ergebnis 1, falls $x > y$, sonst 0.

Für Zeichenkettenausdrücke $S1$ und $S2$ ist das Ergebnis 1, falls $S1$ in der ASCII-Reihenfolge hinter $S2$ liegt, sonst 0.

Kleiner als

$x < y, S1 < S2$

Tastenkombination 



Beschreibung Für skalare x und y ist das Ergebnis 1, falls $x < y$, sonst 0.

Für Zeichenkettenausdrücke $S1$ und $S2$ ist das Ergebnis 1, falls $S1$ in der ASCII-Reihenfolge vor $S2$ liegt, sonst 0.

Größer gleich

$x \geq y, S1 \geq S2$

Tastenkombination  



Beschreibung Für skalare x und y ist das Ergebnis 1, falls $x \geq y$, sonst 0.

Für Zeichenkettenausdrücke $S1$ und $S2$ ist das Ergebnis 1, falls $S1$ in der ASCII-Reihenfolge hinter $S2$ liegt, sonst 0.

Kleiner gleich

$$x \leq y, S1 \leq S2$$

Tastenkombination  + 



Beschreibung Für skalare x und y ist das Ergebnis 1, falls $x \leq y$, sonst 0.

Für Zeichenkettenausdrücke $S1$ und $S2$ ist das Ergebnis 1, falls $S1$ in der ASCII-Reihenfolge vor $S2$ liegt, sonst 0.

Ungleich

$$x \neq y, S1 \neq S2$$

Tastenkombination  + 





Beschreibung Für skalare x und y ist das Ergebnis 1, falls $x \neq y$, sonst 0.

Für Zeichenkettenausdrücke $S1$ und $S2$ ist das Ergebnis 1, falls $S1$ nicht zeichenweise identisch mit $S2$ ist, sonst 0.

Gleich

$$x = y, S1 = S2$$

Tastenkombination  +  (auf Nummerntastatur)



Beschreibung Für skalare x und y ist das Ergebnis 1, falls $x = y$, sonst 0.

Für Zeichenkettenausdrücke $S1$ und $S2$ ist das Ergebnis 1, falls $S1$ zeichenweise identisch mit $S2$ ist, sonst 0.

Besonderer Hinweis: Diese Operatoren sind nur innerhalb einer Mathcad-Programmstruktur zulässig.

Und

$$x \wedge y$$

Tastenkombination  +  + 



Beschreibung $x \wedge y$ gibt den Wert 1 zurück, falls x und y ungleich null sind, und den Wert 0, falls x oder y gleich null.

Anmerkungen Der Wert 0 wird als FALSCH betrachtet; jeder Wert ungleich null (einschließlich 1) wird als WAHR betrachtet. Der Boole'sche **und**-Operator wertet das rechte Argument nur aus, wenn das linke Argument WAHR ist. $x \wedge y$ ist auch als logische Konjunktion von x und y bekannt.

Oder

$$x \vee y$$

Tastenkombination  +  + 



Beschreibung $x \vee y$ gibt den Wert 1 zurück, falls x oder y gleich null ist, und den Wert 0, falls x und y gleich null sind.

Anmerkungen Der Wert 0 wird als FALSCH betrachtet; jeder Wert ungleich null (einschließlich 1) wird als WAHR betrachtet. Der Boole'sche **oder**-Operator wertet das rechte Argument nur aus, wenn das linke Argument WAHR ist. $x \vee y$ ist auch als logische (inklusive) Disjunktion von x und y bekannt.

xOder

$$x \oplus y$$

Tastenkombination  +  + 



Beschreibung $x \oplus y$ gibt den Wert 1 zurück, falls nur x oder y gleich null ist, und den Wert 0, falls x und y gleich null sind.

Anmerkungen Der Wert 0 wird als FALSCH betrachtet; jeder Wert ungleich null (einschließlich 1) wird als WAHR betrachtet. Der Boole'sche **xOder**-Operator wertet das rechte Argument nur aus, wenn das linke Argument WAHR ist. $x \oplus y$ ist identisch mit $(x \vee y) \wedge \neg (x \wedge y)$ und ist auch als logische exklusive Negation von x und y bekannt.

Nicht

$$\neg x$$

Tastenkombination  +  + 



Beschreibung $\neg x$ gibt den Wert 0 zurück, falls x ungleich null ist, und den Wert 0, falls x gleich null ist.

Anmerkungen Der Wert 0 wird als FALSCH betrachtet; jeder Wert ungleich null (einschließlich 1) wird als WAHR betrachtet. $\neg x$ ist auch als logische Negation von x bekannt.

Programmierungsoperatoren

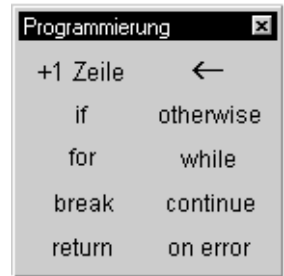
Um auf einen Programmierungsoperator zuzugreifen,

- verwenden Sie die zugehörige Tastenkombination, oder

- wählen Sie den Operator von der Operatorenpalette PROGRAMMIERUNG:

Im Abschnitt »Zugriff auf Operatoren« zu Beginn des Kapitels finden Sie weitere Hinweise darüber, wie Sie auf eine Symbolleiste zugreifen.

Besonderer Hinweis: Diese Operatoren sind nur innerhalb einer Mathcad-Programmstruktur zulässig.



Lokale Definition

$$w \leftarrow f(a, b, c, \dots)$$

Tastenkombination 



Beschreibung Weist w innerhalb eines Programms den Wert der Funktion $f(a, b, c, \dots)$ zu. Außerhalb des Programms bleibt w undefiniert.

Add Line

Tastenkombination 

+1 Zeile

Beschreibung Fügt eine Zeile in einem Programm ein. Sobald Sie den Operator Add Line zum ersten Mal verwenden, wird ein Programm erstellt (ein vertikaler Balken mit zwei Platzhaltern). Wenn Sie einen dieser Platzhalter auswählen und erneut den Operator Add Line einfügen, entstehen weitere Platzhalter.

Bedingungs-Anweisung

- if ■

Tastenkombination 

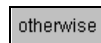


Beschreibung Gestattet die Auswertung eines Ausdrucks in einem Programm nur dann, wenn eine angegebene Bedingung erfüllt ist. Sie müssen diesen Operator mittels der zugehörigen Tastenkombination oder der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Die Bedingungs-Anweisung if ist nicht identisch mit der vordefinierten Funktion wenn. Geben Sie nicht einfach das Wort »if« ein!)

Otherwise-Anweisung

- otherwise

Tastenkombination  +  + 



Beschreibung Wird in einem Programm gemeinsam mit der if-Anweisung verwendet, um bislang nicht berücksichtigte Möglichkeiten abzuhandeln. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach das Wort »otherwise« ein!)

For-Schleife

for ■ ∈ ■

■


Tastenkombination  +  +  

Beschreibung Ermöglicht in einem Programm die Auswertung einer Abfolge von Ausdrücken für eine angegebene Anzahl von Durchläufen. Der rechte Platzhalter enthält in der Regel eine Bereichsvariable. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach das Wort »for« ein!)

While-Schleife

while ■

■

Tastenkombination  +  

Beschreibung Ermöglicht in einem Programm die wiederholte Auswertung einer Abfolge von Ausdrücken, bis eine angegebene Bedingung erfüllt ist. Der rechte Platzhalter enthält in der Regel einen Boole'schen Ausdruck. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach das Wort »while« ein!)

Break-Anweisung

break

Tastenkombination  +  +  

Beschreibung Bricht innerhalb einer for- oder while-Schleife die Schleifenausführung ab. Wird üblicherweise gemeinsam mit einer if-Anweisung eingesetzt: Der Abbruch erfolgt, sobald eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Die Ausführung wird bei der nächsten Anweisung außerhalb der Schleife fortgesetzt. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach das Wort »break« ein!)

Continue-Anweisung

continue

Tastenkombination  +  

Beschreibung Bricht innerhalb einer `for`- oder `while`-Schleife die Schleifenausführung ab. Wird üblicherweise gemeinsam mit einer `if`-Anweisung eingesetzt: Der Abbruch erfolgt, sobald eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Die Ausführung wird mit der nächsten Iteration am Anfang der aktuellen Schleife fortgesetzt. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach das Wort »continue« ein!)

Return-Anweisung

return ■

Tastenkombination  +  + []



Beschreibung Bricht innerhalb eines Programms die Ausführung ab. Wird üblicherweise gemeinsam mit einer `if`-Anweisung eingesetzt: Der Abbruch erfolgt, sobald eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Diese Anweisung bricht weiterhin innerhalb einer `for`- oder `while`-Schleife die Schleifenausführung ab; in diesem Fall wird die Ausführung mit der nächsten Anweisung außerhalb der Schleife fortgesetzt. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach das Wort »return« ein!)

Siehe auch `break` und `continue`

Anmerkungen Die `break`-Anweisung tut zwar das Gleiche wie `return`, übergibt aber nur den Wert des letzten vor der `break`-Anweisung ausgewerteten Ausdrucks. Die `return`-Anweisung ist hingegen flexibler, da sie eine Unterbrechung des Programms sowie eine Übergabe bestimmter Werte ermöglicht, die nicht dem standardmäßigen, zuletzt berechneten Wert entsprechen.

On Error-Anweisung

■ on error ■

Tastenkombination  + 



Beschreibung Gestattet innerhalb eines Programms die Berechnung eines alternativen Ausdrucks, sobald es zu einem beliebigen numerischen Fehler kommt. Sie müssen diesen Operator mittels der entsprechenden Schaltfläche einfügen. (Geben Sie nicht einfach die Wendung »on error« ein!)

Anmerkungen Die `on error`-Anweisung führt zunächst das Argument auf der rechten Seite aus. Falls kein Fehler auftritt, wird das Ergebnis des rechten Ausdrucks geliefert. Falls ein Fehler auftritt, wird die Fehlermeldung beseitigt und das linke Argument zurückgeliefert.

Die `on error`-Anweisung ist ein Allzweckmittel zum Abfangen von Fehlern. Sie ist leistungsfähiger als die `return`-Anweisung im Zusammenspiel mit einigen entsprechenden Überprüfungen für die Behandlung von Eingaben, die einen numerischen Fehler auslösen können.

□ □ □ □ □

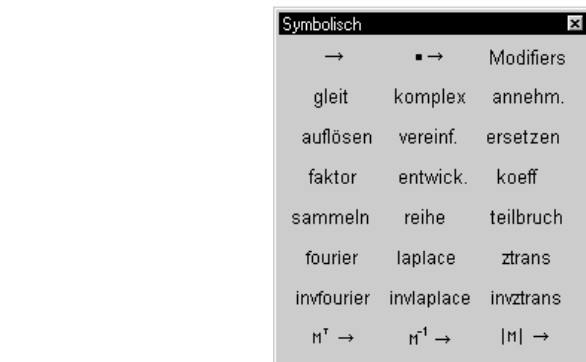
Sie können auf zwei Weisen auf die symbolischen Schlüsselwörter zugreifen:

- Geben Sie einfach das jeweilige Schlüsselwort ein.
- Wählen Sie den Operator aus der Symbolleiste SYMBOLIK aus:
 1. Klicken Sie zunächst in der Symbolleiste RECHNEN auf die Schaltfläche für die Symbolleiste SYMBOLIK:

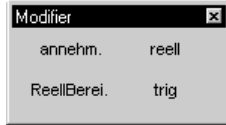


Es erscheint die Symbolleiste SYMBOLISCH.

2. Klicken Sie auf die Schaltfläche des gewünschten Schlüsselworts.

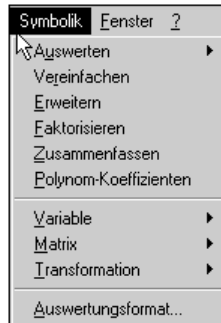


Die Schaltfläche für das Schlüsselwort **Modifikatoren** bezieht sich auf symbolische Modifikatoren.



Der Modifikator **annehmen** wird als erstes Schlüsselwort behandelt. Die anderen drei Modifikatoren, **real**, **RealRange** und **trig**, werden in einigen Fällen zusammen mit dem Schlüsselwort **vereinfachen** verwendet. Schlagen Sie dort nach, um zu erfahren, wie diese Modifikatoren einzusetzen sind.

Zu den meisten Schlüsselwörtern gibt es einen entsprechenden Menüeintrag im Menü SYMBOLIK.



Diese Menüeinträge wirken sich jedoch nicht »direkt« aus; das heißt, sie greifen nicht auf zuvor gemachte Definitionen zurück und werden nicht automatisch aktualisiert, wenn Sie Änderungen an Ihrem Arbeitsblatt vornehmen.

Auffinden weiterer Informationen

Greifen Sie für Beispiele mit Schlüsselwörtern auf die QuickSheets im Informationszentrum zurück. Wählen Sie dazu den Eintrag **INFORMATIONSZENTRUM** im **HILFE**-Menü aus, klicken Sie auf das QuickSheets-Symbol und wählen Sie anschließend ein bestimmtes Thema aus.

annehmen

Syntax

annehmen, *bedingung*

Beschreibung

Sorgt für eine oder mehrere Variablen für die Einhaltung von Bedingungen entsprechend des Ausdrucks *bedingung*. Eine typische Bedingung wäre beispielsweise $var < 10$.

annehmen kann eine Variable weiterhin darauf einschränken, reell zu sein oder in einen bestimmten Wertebereich zu fallen. Dazu dienen folgende Modifikatoren:

$var = \mathbf{real}$ wertet den Ausdruck unter der Voraussetzung aus, dass var eine reelle Zahl ist;

$var = \mathbf{RealRange}(a, b)$ wertet den Ausdruck unter der Voraussetzung aus, dass var eine reelle Zahl ist und zwischen a und b liegt, wobei a und b reelle Zahlen oder unendlich sind (geben Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\infty} + \boxed{Z}$ an, um ∞ darzustellen).

Beispiel

Symbolische Auswertung	Komplexe Auswertung
$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx \rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\pi}$	$e^{i \cdot n \cdot \theta} \text{ komplex} \rightarrow \cos(n \cdot \theta) + i \cdot \sin(n \cdot \theta)$
Gleitkommaauswertung	
$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx \text{ gleit, } 10 \rightarrow .8862269255$	
Beschränkte Auswertung	
$x \cdot \int_0^{\infty} e^{-\alpha \cdot t} dt \text{ annehm., } \alpha > 1, \alpha = \text{real} \rightarrow \frac{x}{\alpha}$ <p>(α muß größer als 1 und reell sein)</p>	

auflösen

Syntax

auflösen, *var*

Beschreibung

Löst eine Gleichung nach der Variablen var oder ein Gleichungssystem nach den Variablen im Vektor var auf

Beispiel

$$A1 = \frac{L}{r^2} + 2 \cdot C \text{ auflösen, } r \rightarrow \left[\begin{array}{c} \frac{1}{(A1 - 2 \cdot C)} \cdot \sqrt{(A1 - 2 \cdot C) \cdot L} \\ \frac{-1}{(A1 - 2 \cdot C)} \cdot \sqrt{(A1 - 2 \cdot C) \cdot L} \end{array} \right]$$

$a := 34$

$$\frac{1}{2} \cdot x^2 + x = -2 + a \text{ auflösen, } x \rightarrow \left[\begin{array}{c} -1 + \sqrt{65} \\ -1 - \sqrt{65} \end{array} \right] \text{ Tippen Sie [Ctrl]+ für das Gleichheitszeichen}$$

$$\frac{\alpha \cdot f + 1}{f - \beta} = e^{-\alpha} \text{ auflösen, } f \rightarrow \frac{-(1 + \exp(-\alpha) \cdot \beta)}{(\alpha - \exp(-\alpha))}$$

$$x^3 - 5 \cdot x^2 - 4 \cdot x + 20 > 0 \text{ auflösen, } x \rightarrow \left[\begin{array}{c} (-2 < x) \cdot (x < 2) \\ 5 < x \end{array} \right]$$

$e^t + 1 \text{ auflösen, } t \rightarrow i \cdot \pi$

Beispiel 1: Auflösen von Gleichungen und Ungleichungen sowie das Ermitteln von Nullstellen

Benutzung des Schlüsselwortes "auflösen"

$$\left[\begin{array}{c} x + 2 \cdot \pi \cdot y = a \\ 4 \cdot x + y = b \end{array} \right] \text{ auflösen } \left[\begin{array}{c} x \\ y \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{c} \frac{1}{(-1 + 8 \cdot \pi)} \cdot (2 \cdot \pi \cdot b - a) \\ \frac{-(-4 \cdot a + b)}{(-1 + 8 \cdot \pi)} \end{array} \right]$$

Benutzung des Lösungsblockes

Given $x + 2 \cdot \pi \cdot y = a$ $< \cdot$ [Ctrl]+ für das Gleichheitszeichen drücken

$4 \cdot x + y = b$

Suchen $(x, y) \rightarrow \left[\begin{array}{c} \frac{1}{(-1 + 8 \cdot \pi)} \cdot (2 \cdot \pi \cdot b - a) \\ \frac{-(-4 \cdot a + b)}{(-1 + 8 \cdot \pi)} \end{array} \right]$

Beispiel 2: Symbolisches Auflösen eines Gleichungssystems

Anmerkungen

Das symbolische Auflösen von Gleichungen ist weitaus schwieriger als deren numerische Auflösung. Manchmal führt der symbolische Lösungsalgorithmus zu keinem Ergebnis. Viele Probleme lassen sich nur mit einer numerischen Herangehensweise lösen und noch mehr bringen Lösungen hervor, die für eine Weiterverwendung zu lang sind.

Eine andere Möglichkeit zum Auflösen nach einer Variable besteht darin, eine Gleichung einzugeben, den aufzulösenden Ausdruck anzuklicken und den Eintrag VARIABLE/AUFLÖSEN aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

Wie in Beispiel 2 vorgeführt, können Sie entweder das symbolische Schlüsselwort **auflösen** oder einen Lösungsblock verwenden, um ein Gleichungssystem symbolisch aufzulösen. Beim symbolischen Vorgehen sind keine anfänglichen Schätzwerte erforderlich.

entwickeln

Syntax

entwickeln, *ausdr*

Beschreibung

Entwickelt abgesehen vom Teilausdruck *ausdr* alle Potenzen und Produkte von Summen in einem Ausdruck. Das Argument *ausdr* ist optional. Wenn das Argument *ausdr* weggelassen wird, wird der gesamte Ausdruck entwickelt.

Beispiel

Ausdrücke entwickeln

$$(x + y)^4 \text{ entwickeln} \rightarrow x^4 + 4 \cdot x^3 \cdot y + 6 \cdot x^2 \cdot y^2 + 4 \cdot x \cdot y^3 + y^4$$

$$\cos(5 \cdot x) \text{ entwickeln} \rightarrow 16 \cdot \cos(x)^5 - 20 \cdot \cos(x)^3 + 5 \cdot \cos(x)$$

$$(x + 1) \cdot (y + z) \text{ entwickeln } x + 1 \rightarrow (x + 1) \cdot y + (x + 1) \cdot z$$

Ausdrücke faktorisieren

$$8238913765711 \text{ faktor} \rightarrow (73) \cdot (112861832407)$$

$$\frac{1}{x-1} + \frac{x}{x+3} - \frac{2 \cdot x}{x+2} \text{ faktor} \rightarrow \frac{-(2 \cdot x^2 - 9 \cdot x - 6 + x^3)}{[(x-1) \cdot (x+3) \cdot (x+2)]}$$

$$x^2 - 2 \text{ faktor, } \sqrt{2} \rightarrow (x + \sqrt{2}) \cdot (x - \sqrt{2})$$

Sammeln von Termen

$$x^2 - a \cdot y \cdot x^2 + 2 \cdot y^2 \cdot x - x \text{ sammeln } x \rightarrow (1 - a \cdot y) \cdot x^2 + (2 \cdot y^2 - 1) \cdot x$$

$$x^2 - a \cdot y \cdot x^2 + b \cdot y \cdot x - a \cdot x \cdot y \text{ sammeln } x, y \rightarrow (1 - a \cdot y) \cdot x^2 + (b - a) \cdot y \cdot x$$

Anmerkungen

Eine andere Möglichkeit zum Entwickeln eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck zwischen den beiden Eingabelinien zu platzieren und den Eintrag ENTWICKELN aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

ersetzen

Syntax

ersetzen, *var1=var2*

Beschreibung

Ersetzt in einem Ausdruck die Variable *var1* durch einen Ausdruck bzw. eine Variable *var2*. Drücken Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{=}$, um das Gleichheitszeichen einzugeben.

Beispiel

Um z durch x zu ersetzen, benutzen Sie das Schlüsselwort "ersetzen" und ein Argument, welches angibt, welche Variable durch welchen Ausdruck ersetzt werden soll. Nutzen Sie [Ctrl]= für das Gleichheitszeichen.

$$z^2 + \frac{2}{z} \text{ ersetzen , } z = x \rightarrow x^2 + \frac{2}{x}$$

Ersetzen von y durch $f(\sin(x))$:

$$\sqrt{1 + y^2} \text{ ersetzen , } y = f(\sin(x)) \rightarrow \sqrt{1 + f(\sin(x))^2}$$

Anmerkungen

Mathcad kann eine Variable nicht durch einen Vektor oder eine Matrix ersetzen. Sie können allerdings eine Variable in einer Matrix durch einen skalaren Ausdruck ersetzen. Dazu gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Markieren Sie den Ausdruck, der die Variable ersetzen soll und wählen Sie den Eintrag KOPIEREN aus dem Menü BEARBEITEN.
2. Klicken Sie auf die zu ersetzende Variable und wählen Sie den Eintrag VARIABLE/ERSETZEN aus dem Menü SYMBOLIK. Diesen Menübefehl können Sie auch für Ersetzungen in beliebigen Ausdrücken verwenden.

faktor

Syntax

faktor, *ausdr*

Beschreibung

Faktoriert einen Ausdruck in ein Produkt, falls sich der gesamte Ausdruck als Produkt schreiben lässt. Wenn der Ausdruck eine einzelne ganze Zahl ist, zerlegt Mathcad diese in Potenzen von Primfaktoren. Wenn der Ausdruck ein Polynom oder eine rationale Funktion ist, führt Mathcad eine Faktorisierung in Potenzen von Polynomen oder rationalen Funktionen niedrigeren Grades durch. Das Argument *ausdr* ist optional.

Siehe auch

entwickeln für ein Beispiel

Anmerkungen

Wenn Sie einen Ausdruck über bestimmte Nullstellen faktorisieren möchten, fügen Sie die Wurzelausdrücke durch Kommata voneinander getrennt an das Schlüsselwort **faktor** an.

Manchmal lässt sich ein Ausdruck auch durch Faktorisierung von Teilausdrücken vereinfachen, auch wenn der Gesamtausdruck nicht faktorisiert werden kann. Platzieren Sie dazu den Teilausdruck zwischen den beiden Eingabelinien und wählen Sie den Eintrag FAKTOR aus dem Menü SYMBOLIK. Sie können den Menübefehl FAKTOR auch verwenden, um ganze Ausdrücke zu faktorisieren. Allerdings berücksichtigen die Befehle des Menüs SYMBOLIK keine zuvor in Ihrem Arbeitsblatt vorgenommenen Definitionen, und es wird keine automatische Aktualisierung des Ausdrucks durchgeführt.

fourier

Syntax

fourier, *var*

Beschreibung

Ermittelt die Fourier-Transformation eines Ausdrucks hinsichtlich der Variable *var*

Beispiel

$\text{Dirac}(t)$	fourier , <i>t</i>	$\rightarrow 1$	<- [Ctrl]-[Shift] zum Einfügen eines Schlüsselwortes drücken
$\frac{3}{1+x^2}$	invfourier , <i>x</i>	$\rightarrow \frac{3}{2} \cdot \exp(-t) \cdot \Phi(t) + \frac{3}{2} \cdot \exp(t) \cdot \Phi(-t)$	
$\exp(-a \cdot t)$	laplace , <i>t</i>	$\rightarrow \frac{1}{(s+a)}$	
$\frac{s}{s+a}$	invlaplace , <i>s</i>	$\rightarrow -a \cdot \exp(-a \cdot t) + \text{Dirac}(t)$	<- Dirac(t) ist ein Impuls bei t=0. Obwohl sie numerisch nicht definiert ist, erkennt Mathcad's symbolischer Prozessor diese Funktion.
$\sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$	ztrans , <i>t</i>	$\rightarrow \frac{z}{(1+z^2)}$	(Sehen Sie in Anhang A, "Andere spezielle Funktionen", für mehr Informationen über die Dirac-Deltafunktion nach.)
$\frac{z}{z-2}$	invztrans , <i>z</i>	$\rightarrow 2^n$	

Anmerkungen

Mathcad liefert eine Funktion von ω , die durch $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$ gegeben ist, wobei $f(t)$ der zu transformierende Ausdruck ist.

Wenn Sie eine Fourier-Transformation durchführen, liefert Mathcad eine Funktion der Variablen ω , da dies in diesem Zusammenhang eine übliche Variablenbezeichnung ist. Wenn der Ausdruck, den Sie transformieren, bereits ein ω enthält, verwendet Mathcad zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten stattdessen die Variable $\omega\omega$.

Eine andere Möglichkeit zum Ermitteln der Fourier-Transformation eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck einzugeben und die Transformationsvariable anzuklicken. Anschließend wählen Sie den Eintrag TRANSFORMATION/FOURIER aus dem Menü SYMBOLIK.

gleit

Syntax

gleit, *m*

Beschreibung

Zeigt eine Gleitkommazahl mit einer Genauigkeit von *m* Stellen an, sofern dies möglich ist. Wenn das ganzzahlige Argument *m* weggelassen wird, kommt die standardmäßige Genauigkeit von 20 Stellen zum Zuge.

Siehe auch

annehmen für ein Beispiel

Anmerkungen

Eine andere Möglichkeit zur Durchführung einer Gleitkommaauswertung für einen Ausdruck besteht darin, den Ausdruck zwischen den beiden Eingabelinien zu platzieren und den Eintrag AUSWERTEN/GLEITKOMMA aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

invfourier

Syntax `invfourier, var`

Beschreibung Ermittelt die inverse Fourier-Transformation eines Ausdrucks hinsichtlich der Variable *var*

Siehe auch `fourier` für ein Beispiel

Anmerkungen Mathcad liefert eine Funktion von t , die durch $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$ gegeben ist, wobei $F(\omega)$ der zu transformierende Ausdruck ist.

Wenn Sie eine Fourier-Transformation durchführen, liefert Mathcad eine Funktion der Variablen t , da dies in diesem Zusammenhang eine übliche Variablenbezeichnung ist. Wenn der Ausdruck, den Sie transformieren, bereits ein t enthält, verwendet Mathcad zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten stattdessen die Variable $t \ t$.

Eine andere Möglichkeit zum Ermitteln der inversen Fourier-Transformation eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck einzugeben und die Transformationsvariable anzuklicken. Anschließend wählen Sie den Eintrag TRANSFORMATION/FOURIER INVERS aus dem Menü SYMBOLIK.

invlaplace

Syntax `invlaplace, var`

Beschreibung Ermittelt die inverse Laplace-Transformation eines Ausdrucks hinsichtlich der Variable *var*

Siehe auch `fourier` für ein Beispiel

Anmerkungen Mathcad liefert eine Funktion von t , die durch $\frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} F(s) e^{st} dt$ gegeben ist, wobei $F(s)$ der zu transformierende Ausdruck ist und alle seine Singularitäten links von der Geraden $\operatorname{Re}(s) = \sigma$ liegen.

Wenn Sie eine inverse Fourier-Transformation durchführen, liefert Mathcad eine Funktion der Variablen t , da dies in diesem Zusammenhang eine übliche Variablenbezeichnung ist. Wenn der Ausdruck, den Sie transformieren, bereits ein t enthält, verwendet Mathcad zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten stattdessen die Variable $t \ t$.

Eine andere Möglichkeit zum Ermitteln der inversen Fourier-Transformation eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck einzugeben und die Transformationsvariable anzuklicken. Anschließend wählen Sie den Eintrag TRANSFORMATION/LAPLACE INVERS aus dem Menü SYMBOLIK.

invztrans

Syntax **invztrans**, *var*

Beschreibung Ermittelt die inverse z -Transformation eines Ausdrucks hinsichtlich der Variable *var*

Siehe auch **fourier** für ein Beispiel

Anmerkungen Mathcad liefert eine Funktion von n , die durch das Umlaufintegral

$$\frac{1}{2\pi i} \int_C F(z) z^{n-1} dz$$
 um den Ursprung gegeben ist, wobei $F(z)$ der zu transformierende Ausdruck und C eine Kontur ist, die alle Singularitäten des Integranden umschließt.

Wenn Sie eine inverse z -Transformation durchführen, liefert Mathcad eine Funktion der Variablen n , da dies in diesem Zusammenhang eine übliche Variablenbezeichnung ist. Wenn der Ausdruck, den Sie transformieren, bereits ein n enthält, verwendet Mathcad zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten stattdessen die Variable nn .

Eine andere Möglichkeit zum Ermitteln der inversen z -Transformation eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck einzugeben und die Transformationsvariable anzuklicken. Anschließend wählen Sie den Eintrag TRANSFORMATION/Z INVERS aus dem Menü SYMBOLIK.

koeff

Syntax **koeff**, *var*

Beschreibung Findet Koeffizienten eines Polynoms, wenn es in Termen aufsteigender Potenzen der Variable bzw. des Teilausdrucks *var* geschrieben ist. Mathcad liefert als Ergebnis einen Vektor mit den Koeffizienten. Das erste Element des Vektors ist der konstante Term und das letzte Element der Koeffizient für den Term im Polynom mit der höchsten Potenz.

Siehe auch **konvert**, **teilbruch** für ein Beispiel

Anmerkungen Eine andere Möglichkeit zur Ermittlung der Koeffizienten eines Polynoms besteht darin, die Variable bzw. den Teilausdruck *var* zwischen den beiden Eingabelinien zu platzieren und den Eintrag POLYNOM-KOEFFIZIENTEN aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

komplex

Syntax **komplex**

Beschreibung Führt eine symbolische Auswertung im komplexen Zahlenbereich durch. Das Ergebnis liegt üblicherweise in der Form $a+ib$ vor.

Siehe auch **annehmen** für ein Beispiel

Anmerkungen

Eine andere Möglichkeit zum Auswerten eines Ausdrucks im komplexen Zahlenbereich besteht darin, den Ausdruck zwischen den beiden Eingabelinien zu platzieren und den Eintrag AUSWERTEN/KOMPLEX aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

konvert, teilbruch

Syntax konvert, teilbruch, var

Beschreibung Nimmt eine Partialbruchzerlegung eines Ausdrucks der Variablen var vor

Beispiel

Erweitern von Ausdrücken in Teilbrüche

$$\frac{2 \cdot x^2 - 3 \cdot x + 1}{x^3 + 2 \cdot x^2 - 9 \cdot x - 18}$$
 $\xrightarrow{\text{konvert, teilbruch, x}}$

$$\frac{1}{[3 \cdot (x - 3)]} + \frac{14}{[3 \cdot (x + 3)]} - \frac{3}{(x + 2)}$$

Nutzen Sie das "koeff" Schlüsselwort, um einen Ausdruck als Polynom zu behandeln und schreiben Sie die Koeffizienten aus. Spezifizieren entweder eine Variable oder eine Funktion als Argument.

$$3 \cdot b \cdot x^4 - \pi \cdot x^2 + \frac{2}{3} \cdot x - .3 \cdot a \cdot b$$
 $\xrightarrow{\text{koeff, x}}$

$$\begin{bmatrix} -.3 \cdot a \cdot b \\ \frac{2}{3} \\ -\pi \\ 0 \\ 3 \cdot b \end{bmatrix}$$

$$\sin(x) + 2 \cdot \sin(x)^2$$
 $\xrightarrow{\text{koeff, sin(x)}}$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Anmerkungen

Der Symbolprozessor versucht, den Nenner des Ausdrucks in lineare oder quadratische Faktoren mit ganzzahligen Koeffizienten zu zerlegen. Wenn dies gelingt, wird der Ausdruck in eine Summe von Brüchen mit diesen Faktoren als Nennern umgeformt. Bei allen Konstanten in dem ausgewählten Ausdruck muss es sich um ganze Zahlen oder Brüche handeln. Ausdrücke mit Zahlen, die über Nachkommastellen verfügen, werden von Mathcad nicht entwickelt.

Eine andere Möglichkeit zum Konvertieren eines Ausdrucks in Partialbrüche besteht darin, die Variable *var* an beliebiger Stelle im Ausdruck anzuklicken und anschließend den Eintrag VARIABLE/PARTIALBRUCHZERLEGUNG aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

laplace

Syntax laplace, var

Beschreibung Ermittelt die Laplace-Transformation eines Ausdrucks hinsichtlich der Variable var

Siehe auch fourier für ein Beispiel

Anmerkungen Mathcad liefert eine Funktion von s , die durch $\int_0^{+\infty} f(t)e^{-st} dt$ gegeben ist, wobei $f(t)$ der zu transformierende Ausdruck ist.

Wenn Sie eine Laplace-Transformation durchführen, liefert Mathcad eine Funktion der Variablen s , da dies in diesem Zusammenhang eine übliche Variablenbezeichnung ist. Wenn der Ausdruck, den Sie transformieren, bereits ein s enthält, verwendet Mathcad zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten stattdessen die Variable ss .

Eine andere Möglichkeit zum Ermitteln der inversen Fourier-Transformation eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck einzugeben und die Transformationsvariable anzuklicken. Anschließend wählen Sie den Eintrag TRANSFORMATION/LAPLACE aus dem Menü SYMBOLIK.

reihe

Syntax

reihe, $var = z, m$

Beschreibung

Entwickelt einen Ausdruck in einer oder mehreren Variablen var um den Punkt z . m gibt den Grad der Entwicklung an. Sowohl z als auch m sind optional. Standardmäßig wird die Reihenentwicklung um den Punkt Null vorgenommen und stellt ein Polynom sechsten Grades dar.

Beispiel

Generieren einer Reihe um den Punkt $x=0$:

$$\ln(x + y) \quad \text{reihe}, x \rightarrow \ln(y) + \frac{x}{y} - \frac{1}{2} \frac{x^2}{y^2} + \frac{1}{3} \frac{x^3}{y^3} - \frac{1}{4} \frac{x^4}{y^4} + \frac{1}{5} \frac{x^5}{y^5}$$

Generieren einer Reihe für $\sin(x)$ mit Ordnung 6:

$$\sin(x) \quad \text{reihe}, x, 6 \rightarrow x - \frac{1}{6} x^3 + \frac{1}{120} x^5$$

Generieren einer Reihe um den Punkt $x=1$ und $y=0$, aber nur die Terme werden angezeigt, dessen Exponentensummen kleiner als 3 sind.

$$e^x + y \quad \text{reihe}, x=1, y, 3 \rightarrow \exp(1) + \exp(1) \cdot (x - 1) + y + \frac{1}{2} \exp(1) \cdot (x - 1)^2$$

Drücken Sie [Ctrl]= für das Gleichheitszeichen

Anmerkungen

Mathcad findet Taylor-Reihen (Reihen ohne negative Potenzen der Variable) für in Null analytische Funktionen und Laurent-Reihen für Funktionen, die an der Stelle Null einen Pol endlichen Grades besitzen. Um eine Reihe mit einem anderen Entwicklungspunkt als Null zu entwickeln, muss das Argument zum Schlüsselwort **reihe** in der Form $var = z$ angegeben sein. Dabei ist z eine beliebige reelle oder komplexe Zahl. Beispielsweise führt **reihe**, $x=1$ eine Reihenentwicklung um den Punkt $x=1$ durch. An das Gleichheitszeichen gelangen Sie durch Drücken von [Strg] + [=].

Um eine Reihenentwicklung für mehr als eine Variable durchzuführen, geben Sie die Variablen durch Kommata voneinander getrennt an. Die letzte Zeile im vorangegangenen Beispiel zeigt einen Ausdruck, der um x und y entwickelt wurde.

Eine andere Möglichkeit zum Durchführen einer Reihenentwicklung besteht darin, den Ausdruck einzugeben und eine Variable anzuklicken, für die Sie eine Reihenentwicklung ermitteln möchten. Anschließend wählen Sie den Eintrag VARIABLE/REIHENENTWICKLUNG aus dem Menü SYMBOLIK. In einem Dialogfenster werden Sie nach dem Grad für die Reihe gefragt. Dieser Befehl ist auf Reihen für eine einzige Variable beschränkt; alle anderen Variablen im Ausdruck werden als Konstanten behandelt. Das Ergebnis enthält auch den Fehler in der O -Notation. Bevor Sie die Reihe für weitere Berechnungen einsetzen, müssen Sie diesen Term für den Fehler entfernen.

Wenn Sie die vom Symbolprozessor erhaltenen Annäherungen verwenden, denken Sie daran, dass die Taylor-Reihe einer Funktion gegebenenfalls nur in einem kleinen Intervall um den Entwicklungspunkt konvergiert. Weiterhin besitzen Funktionen wie **sin** oder **exp** Reihen mit unendlich vielen Termen, während die von Mathcad gelieferten Polynome nur über wenige Terme verfügen (die Anzahl hängt vom gewählten Grad ab). Wenn Sie also eine Funktion mittels des von Mathcad gelieferten Polynoms annähern, wird die Annäherung zwar in der Nähe des Entwicklungspunktes hinreichend genau sein, aber in größerer Entfernung zum Entwicklungspunkt kann sie ziemlich ungenau sein.

sammeln

Syntax **sammeln**, *var1*, *var2*, ..., *varn*

Beschreibung Fasst Terme gleicher Potenzen der Variablen bzw. Teilausdrücke *var1* bis *varn* zusammen

Siehe auch **entwickeln** für ein Beispiel

Anmerkungen Eine andere Möglichkeit zum Zusammenfassen von Termen besteht darin, den Ausdruck zwischen den beiden Eingabelinien zu platzieren und den Eintrag SAMMELN aus dem Menü SYMBOLIK zu wählen.

vereinfachen

Syntax vereinfachen

Beschreibung Vereinfacht einen Ausdruck durch arithmetische Umformungen, Kürzen und den Einsatz grundlegender trigonometrischer und inverser Funktionen

Zur Steuerung der Vereinfachung dienen folgende Modifikatoren:

annehmen=real vereinfacht den Ausdruck unter der Voraussetzung, dass alle Unbekannten reelle Zahlen sind;

annehmen=RealRange(*a*, *b*) vereinfacht den Ausdruck unter der Voraussetzung, dass alle Unbekannten reelle Zahlen sind und zwischen *a* und *b* liegen, wobei *a* und *b* reelle Zahlen oder unendlich sind (**(Strg)** + **[Z]**).

trig vereinfacht einen trigonometrischen Ausdruck durch den ausschließlichen Einsatz der Elemente $\sin(x)^2 + \cos(x)^2 = 1$ und $\cosh(x)^2 + \sinh(x)^2 = 1$, vereinfacht einen Ausdruck aber nicht durch Vereinfachen von Logarithmen, Potenzen oder Wurzeln.

Beispiel

$$\begin{aligned} \frac{x^2 - 3x - 4}{x - 4} + 2x - 5 &\text{vereinfachen} \rightarrow 3x - 4 \\ e^{2 \ln(a)} &\text{vereinfachen} \rightarrow a^2 \\ \sin(\ln(a \cdot b))^2 &\text{vereinfachen} \rightarrow 1 - \cos(\ln(a) + \ln(b))^2 \\ \sin(\ln(a \cdot b))^2 &\text{vereinfachen, trig} \rightarrow 1 - \cos(\ln(a \cdot b))^2 \\ (2^b)^c &\text{vereinfachen} \rightarrow (2^b)^c \\ (2^b)^c &\text{vereinfachen, annehmen=reell} \rightarrow 2^{b \cdot c} \\ \sqrt{x^2} &\text{vereinfachen} \rightarrow \text{csgn}(x) \cdot x \\ \sqrt{x^2} &\text{vereinfachen, annehmen=RealRange}(-10, 5) \rightarrow -x \end{aligned}$$

Anmerkungen Sie können einen Ausdruck auch vereinfachen, indem Sie ihn zwischen den beiden Eingabelinien platzieren und den Eintrag VEREINFACHEN aus dem Menü SYMBOLIK wählen. Dieses Vorgehen bietet sich an, wenn Sie Teile eines Ausdrucks vereinfachen möchten. Manchmal kann Mathcad einzelne Teile eines Ausdrucks vereinfachen, selbst wenn es den Gesamtausdruck nicht vereinfachen kann. Wenn die Vereinfachung des Gesamtausdrucks nicht zum gewünschten Ergebnis führt, versuchen Sie es mit der Auswahl von Teilausdrücken und dem Menüpunkt VEREINFACHEN aus dem Menü SYMBOLIK. Wenn Mathcad einen Ausdruck nicht weiter vereinfachen kann, erhalten Sie den ursprünglichen Ausdruck als Ergebnis zurück.

Im Allgemeinen wird sich das Ergebnis einer Vereinfachung numerisch genau so verhalten wie der ursprüngliche Ausdruck. Wenn der Ausdruck allerdings Funktionen mit mehr als einem Zweig, beispielsweise Quadratwurzeln oder inverse trigonometrische Funktionen, einschließt, kann das symbolische Ergebnis von dem numerischen Ergebnis abweichen. Beispielsweise führt die Vereinfachung von $\text{asin}(\sin(\theta))$ zu dem Ergebnis θ ; diese Gleichung bewahrt sich in Mathcad aber nur, wenn θ eine Zahl zwischen $-\pi/2$ und $\pi/2$ ist.

ztrans

Syntax **ztrans, var**

Beschreibung Ermittelt die z-Transformation eines Ausdrucks hinsichtlich der Variable *var*

Siehe auch **fourier** für ein Beispiel

Anmerkungen Mathcad liefert eine Funktion von z , die durch $\sum_{n=0}^{+\infty} f(n)z^{-n}$ gegeben ist, wobei $f(n)$ der zu transformierende Ausdruck ist.

Wenn Sie eine z -Transformation durchführen, liefert Mathcad eine Funktion der Variablen z , da dies in diesem Zusammenhang eine übliche Variablenbezeichnung ist. Wenn der Ausdruck, den Sie transformieren, bereits ein z enthält, verwendet Mathcad zur Vermeidung von Doppeldeutigkeiten stattdessen die Variable zz .

Eine andere Möglichkeit zum Ermitteln der z -Transformation eines Ausdrucks besteht darin, den Ausdruck einzugeben und die Transformationsvariable anzuklicken. Anschließend wählen Sie den Eintrag TRANSFORMATION/Z aus dem Menü SYMBOLIK.



Anhang

Funktionen für die symbolische Transformation

SI-Einheiten

CGS-Einheiten

US-spezifische Einheiten

MKS-Einheiten

Vordefinierte Variablen

Suffixe für Zahlen

Griechische Buchstaben

Pfeil- und Navigationstasten

Funktionstasten

ASCII-Codes

Literaturverzeichnis

Sonderfunktionen

Manchmal liefert Mathcad einen symbolischen Ausdruck in Termen einer Funktion, die nicht zu den vordefinierten Funktionen von Mathcad gehört.

In Mathcad können Sie eine Vielzahl solcher Funktionen definieren. Sehen Sie dazu unter dem entsprechenden Thema in den QuickSheets des Informationszentrums nach.

Die nachfolgende Auflistung gibt die Definitionen für diese Funktionen an. Abgesehen von **Ei**, **fehl** und **Zeta**, die mit unendlichen Summen zu tun haben, sowie **w** können Sie diese Definitionen zur Berechnung numerischer Werte in Mathcad heranziehen.

Funktionsdefinitionen

Bezeichnung

Definition

Euler'sche Konstante

$$\gamma = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} - \ln(n) \right) = 0.57721566...$$

Hyperbolisches Kosinusintegral

$$\text{Chi}(x) = \gamma + \ln(x) + \int_0^x \frac{\cosh(t) - 1}{t} dt$$

Kosinusintegral

$$\text{Ci}(x) = \gamma + \ln(x) + \int_0^x \frac{\cos(t) - 1}{t} dt$$

Dilogarithmische Funktion

$$\text{dilog}(x) = \int_t^x \frac{\ln(t)}{1-t} dt$$

Dirac'sche Delta-Funktion
(Einheitsimpuls)

$$\begin{aligned} \text{Dirac}(x) &= 0, \text{ falls } x \text{ ungleich Null.} \\ \int_{-\infty}^{\infty} \text{Dirac}(x) dx &= 1 \end{aligned}$$

Exponentialintegral

$$\text{Ei}(x) = \gamma + \ln(x) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n \cdot n!} \quad (x > 0)$$

Komplexe Fehlerfunktion

$$\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n z^{2n+1}}{n!(2n+1)} \quad (\text{für komplexe } z)$$

Fresnel'sches Kosinusintegral

$$\operatorname{FresnelC}(x) = \int_0^x \cos\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt$$

Fresnel'sches Sinusintegral

$$\operatorname{FresnelS}(x) = \int_0^x \sin\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt$$

Unvollständiges elliptisches
Integral zweiter Art

$$\operatorname{LegendreE}(x, k) = \int_0^x \left(\frac{1 - k^2 \cdot t^2}{1 - t^2} \right)^{1/2} dt$$

Vollständiges elliptisches Integral
zweiter Art

$$\operatorname{LegendreEc}(k) = \operatorname{LegendreE}(1, k)$$

Assoziiertes vollständiges elliptisches
Integral zweiter Art

$$\operatorname{LegendreEc}1(k) = \operatorname{LegendreEc}(\sqrt{1 - k^2})$$

Unvollständiges elliptisches
Integral erster Art

$$\operatorname{LegendreF}(x, k) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{(1 - t^2)(1 - k^2 \cdot t^2)}} dt$$

Vollständiges elliptisches Integral
erster Art

$$\operatorname{LegendreKc}(k) = \operatorname{LegendreF}(1, k)$$

Assoziiertes vollständiges elliptisches
Integral erster Art

$$\operatorname{LegendreKc}1(k) = \operatorname{LegendreKc}(\sqrt{1 - k^2})$$

Unvollständiges elliptisches
Integral dritter Art

$$\operatorname{LegendrePi}(x, n, k) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{(1 - n^2 \cdot t^2)} \sqrt{(1 - t^2)(1 - k^2 \cdot t^2)}} dt$$

Vollständiges elliptisches Integral
dritter Art

$$\operatorname{LegendrePic}(n, k) = \operatorname{LegendrePi}(1, n, k)$$

Assoziiertes vollständiges elliptisches
Integral dritter Art

$$\operatorname{LegendrePic}1(k) = \operatorname{LegendrePic}(n, \sqrt{1 - k^2})$$

Digamma-Funktion

$$\operatorname{Psi}(x) = \frac{d}{dx} \ln(\Gamma(x))$$

Polygamma-Funktion

$$\operatorname{Psi}(n, k) = \frac{d^n}{dx^n} \operatorname{Psi}(x)$$

Hyperbolisches Sinusintegral

$$\text{Shi}(x) = \int_0^x \frac{\sinh(t)}{t} dt$$

Sinusintegral

$$\text{Si}(x) = \int_0^x \frac{\sin(t)}{t} dt$$

Lambert'sche W-Funktion

$W(x)$ ist der Hauptzweig einer Funktion, für die gilt:

$$W(x) \cdot \exp(W(x)) = x.$$

$W(n, x)$ ist der n -te Zweig von $W(x)$.

Riemann'sche Zeta-Funktion

$$\text{Zeta}(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^x} \quad (x > 1)$$

Anmerkungen

Die Funktionen **Psi** und Γ erscheinen häufig in den Ergebnissen *unbestimmter* Summen und Produkte. Wenn Sie einen einzelnen Variablenbezeichner an Stelle eines Bereichs im Platzhalter für den Index einer Summation oder eines Produkts verwenden und anschließend den Eintrag AUSWERTEN / SYMBOLISCH oder einen anderen Befehl zur symbolischen Auswertung auswählen, dann wird Mathcad versuchen, eine *unbestimmte* Summe bzw. ein *unbestimmtes* Produkt für den Ausdruck zu berechnen. Die unbestimmte Summe von $f(i)$ ist ein Ausdruck $S(i)$ mit $S(i+1) - S(i) = f(i)$. Das unbestimmte Produkt von $f(i)$ ist ein Ausdruck $P(i)$ mit $\frac{P(i+1)}{P(i)} = f(i)$.

SI-Einheiten

Basiseinheiten

m (Meter), *Länge*

A (Ampere), *Strom*

mol, *Substanz*

kg (Kilogramm), *Masse*

K (Kelvin), *Temperatur*

s (Sekunde), *Zeit*

cd (Candela), *Lichtstärke*

Winkelmaße

rad = 1

$$\text{deg} = \frac{\pi}{180} \cdot \text{rad}$$

str = 1 · str

Länge

cm = 0,01 · m

ft = 0,3048 · m

mi = 5280 · ft

km = 1000 · m

in = 2,54 · cm

mm = 0,001 · m

yd = 3 · ft

Masse

gm = 10^{-3} · kg

mg = 10^{-3} · gm

$$\text{oz} = \frac{\text{lb}}{16}$$

tonne = 1000 · kg

ton = 2000 · lb

lb = 453,59237 · gm

slug = 32,174 · lb

Zeit

min = 60 · s

jahr = 365,2422 · tag

std = 3600 · s

tag = 24 · std

Fläche, Volumen

Hektar = 10^4 · m²

mL = 10^{-3} · L

acre = 4840 · yd²

fl_oz = 29,57353 · cm³

L = 0,001 · m³

gal = 128 · fl_oz

Geschwindigkeit, Beschleunigung

$$\text{mph} = \frac{\text{mi}}{\text{std}}$$

$$\text{kph} = \frac{\text{km}}{\text{std}}$$

$$g = 9,80665 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kraft, Energie, Leistung

$$N = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{dyne} = 10^{-5} \cdot \text{N}$$

$$\text{lbf} = \text{g} \cdot \text{lb}$$

$$\text{kgf} = \text{g} \cdot \text{kg}$$

$$\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{erg} = 10^{-7} \cdot \text{J}$$

$$\text{cal} = 4,1868 \cdot \text{J}$$

$$\text{kcal} = 1000 \cdot \text{cal}$$

$$\text{BTU} = 1,05506 \cdot 10^3 \cdot \text{J}$$

$$\text{W} = \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$\text{kW} = 1000 \cdot \text{W}$$

$$\text{hp} = 550 \cdot \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{s}}$$

Druck, Viskosität

$$\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\text{psi} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{in}_\text{Hg} = 3,37686 \cdot 10^3 \cdot \text{Pa} \quad \text{torr} = 1,33322 \cdot 10^2 \cdot \text{Pa} \quad \text{stokes} = 10^{-4} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{poise} = 0,1 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$$

Elektrizität

$$\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}$$

$$\text{V} = \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$\text{mV} = 10^{-3} \cdot \text{V}$$

$$\text{kV} = 10^3 \cdot \text{V}$$

$$\Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$\text{k}\Omega = 10^3 \cdot \Omega$$

$$\text{M}\Omega = 10^6 \cdot \Omega$$

$$\text{S} = \frac{1}{\Omega}$$

$$\text{mho} = \frac{1}{\Omega}$$

$$\text{H} = \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot \text{s}$$

$$\mu\text{H} = 10^{-6} \cdot \text{H}$$

$$\text{mH} = 10^{-3} \cdot \text{H}$$

$$\mu\text{A} = 10^{-6} \cdot \text{A}$$

$$\text{mA} = 10^{-3} \cdot \text{A}$$

$$\text{kA} = 10^3 \cdot \text{A}$$

$$\text{F} = \frac{\text{C}}{\text{V}}$$

$$\text{pF} = 10^{-12} \cdot \text{F}$$

$$\text{nF} = 10^{-9} \cdot \text{F}$$

$$\mu\text{F} = 10^{-6} \cdot \text{F}$$

$$\text{Wb} = \text{V} \cdot \text{s}$$

$$\text{Oe} = \frac{1000}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$\text{T} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$$

$$\text{gauss} = 10^{-4} \cdot \text{T}$$

Frequenz, Aktivität

$$\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

$$\text{kHz} = 10^3 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{MHz} = 10^6 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{GHz} = 10^9 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{Bq} = \frac{1}{\text{s}}$$

$$\text{Hza} = 2 \cdot \pi \cdot \text{Hz}$$

Temperatur

$$\text{R} = 0,556 \cdot \text{K}$$

Dosis

$$\text{Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\text{Sv} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Leuchtstärke, Illuminosität

$$\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{str}$$

$$\text{lx} = \frac{\text{cd} \cdot \text{str}}{\text{m}^2}$$

CGS-Einheiten

Basiseinheiten

cm (Zentimeter), *Länge*

gm (Gramm), *Masse*

s (Sekunde), *Zeit*

coul (Coulomb), *Ladung*

K (Kelvin), *Temperatur*

Winkelmaße

$$\text{rad} = 1$$

$$\text{deg} = \frac{\pi}{180} \cdot \text{rad}$$

Länge

$$\text{m} = 100 \cdot \text{cm}$$

$$\text{km} = 1000 \cdot \text{m}$$

$$\text{mm} = 0,1 \cdot \text{cm}$$

$$\text{ft} = 30,48 \cdot \text{cm}$$

$$\text{in} = 2,54 \cdot \text{cm}$$

$$\text{yd} = 3 \cdot \text{ft}$$

$$\text{mi} = 5280 \cdot \text{ft}$$

Masse

$$\text{kg} = 1000 \cdot \text{gm}$$

$$\text{tonne} = 1000 \cdot \text{kg}$$

$$\text{lb} = 453,59237 \cdot \text{gm}$$

$$\text{mg} = 10^{-3} \cdot \text{gm}$$

$$\text{ton} = 2000 \cdot \text{lb}$$

$$\text{slug} = 32,174 \cdot \text{lb}$$

$$\text{oz} = \frac{\text{lb}}{16}$$

Zeit

$$\text{min} = 60 \cdot \text{s}$$

$$\text{std} = 3600 \cdot \text{s}$$

$$\text{tag} = 24 \cdot \text{std}$$

$$\text{jahr} = 365,2422 \cdot \text{tag}$$

Fläche, Volumen

$$\text{Hektar} = 10^4 \cdot \text{m}^2$$

$$\text{acre} = 4840 \cdot \text{yd}^2$$

$$\text{Liter} = 1000 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{mL} = \text{cm}^3$$

$$\text{fl_oz} = 29,57353 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{gal} = 128 \cdot \text{fl_oz}$$

Geschwindigkeit, Beschleunigung

$$\text{mph} = \frac{\text{mi}}{\text{hr}}$$

$$\text{kph} = \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$g = 9,80665 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$c = 2,997925 \cdot 10^{10} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$c_- = c \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}$$

Kraft, Energie, Leistung

$$\text{dyne} = \text{gm} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Newton} = 10^5 \cdot \text{dyne}$$

$$\text{lbf} = \text{g} \cdot \text{lb}$$

$$\text{kgf} = \text{g} \cdot \text{kg}$$

$$\text{erg} = \text{dyne} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Joule} = 10^7 \cdot \text{erg}$$

$$\text{cal} = 4,1868 \cdot 10^7 \cdot \text{erg}$$

$$\text{BTU} = 1,05506 \cdot 10^{10} \cdot \text{erg}$$

$$\text{kcal} = 1000 \cdot \text{cal}$$

$$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{s}}$$

$$\text{kW} = 1000 \cdot \text{W}$$

$$\text{hp} = 550 \cdot \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{s}}$$

Druck, Viskosität

$$\text{Pa} = 10 \cdot \frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{psi} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{in_Hg} = 3,38638 \cdot 10^3 \cdot \text{Pa} \quad \text{torr} = 1,33322 \cdot 10^2 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{stokes} = \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$\text{poise} = 0,1 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$$

Elektrizität

Dies sind die CGS-esu-Einheiten, die einzig auf Masse, Länge und Zeit basieren. Die "stat"-Einheiten sind in Dyne, Zentimeter und Sekunde definiert.

$$\text{statamp} = \text{dyne}^{0,5} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{statcoul} = \text{dyne}^{0,5} \cdot \text{cm} \quad \text{statvolt} = \text{dyne}^{0,5}$$

$$\text{statohm} = \text{s} \cdot \text{cm}^{-1} \quad \text{statsiemens} = \text{cm} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{statfarad} = \text{cm}$$

$$\text{statweber} = \text{dyne}^{0,5} \cdot \text{cm} \quad \text{stathenry} = \text{s}^2 \cdot \text{cm}^{-1} \quad \text{statesla} = \text{dyne}^{0,5} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$$

Frequenz

$$\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

$$\text{kHz} = 10^3 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{MHz} = 10^6 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{GHz} = 10^9 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{Hza} = 2 \cdot \pi \cdot \text{Hz}$$

Temperatur

$$R = 0,556 \cdot \text{K}$$

Umwandlung in SI-Einheiten

$$\text{amp} = \frac{\text{c}}{10} \cdot \text{statamp}$$

$$\text{volt} = \frac{\text{watt}}{\text{amp}}$$

$$\text{ohm} = \frac{\text{volt}}{\text{amp}}$$

$$\text{coul} = \text{amp} \cdot \text{s}$$

$$\text{farad} = \frac{\text{coul}}{\text{volt}}$$

$$\text{henry} = \text{volt} \cdot \frac{\text{s}}{\text{amp}}$$

US-spezifische Einheiten

Basiseinheiten

ft (Fuß), *Länge*

lb (Pfund), *Masse*

Sek (Sekunde), *Zeit*

coul (Coulomb), *Ladung*

K (Kelvin), *Temperatur*

Winkelmaße

$$\text{rad} = 1$$

$$\text{deg} = \frac{\pi}{180} \cdot \text{rad}$$

Länge

$$\text{in} = \frac{\text{ft}}{12}$$

$$\text{m} = \frac{\text{ft}}{0,3048}$$

$$\text{yd} = 3 \cdot \text{ft}$$

$$\text{cm} = 0,01 \cdot \text{m}$$

$$\text{mi} = 5280 \cdot \text{ft}$$

$$\text{km} = 1000 \cdot \text{m}$$

$$\text{mm} = 0,001 \cdot \text{m}$$

Masse

$$\text{slug} = 32,174 \cdot \text{lb}$$

$$\text{oz} = \frac{\text{lb}}{16}$$

$$\text{ton} = 2000 \cdot \text{lb}$$

$$\text{kg} = \frac{\text{lb}}{0,45359237}$$

$$\text{tonne} = 1000 \cdot \text{kg}$$

$$\text{gm} = 10^{-3} \cdot \text{kg}$$

$$\text{mg} = 10^{-3} \cdot \text{gm}$$

Zeit

$$\text{min} = 60 \cdot \text{s}$$

$$\text{std} = 3600 \cdot \text{s}$$

$$\text{tag} = 24 \cdot \text{std}$$

$$\text{jahr} = 365,2422 \cdot \text{tag}$$

Fläche, Volumen

$$\text{acre} = 4840 \cdot \text{yd}^2$$

$$\text{Hektar} = 10^4 \cdot \text{m}^2$$

$$\text{fl_oz} = 29,57353 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Liter} = (0,1 \cdot \text{m})^3$$

$$\text{mL} = 10^{-3} \cdot \text{Liter}$$

$$\text{gal} = 128 \cdot \text{fl_oz}$$

Geschwindigkeit, Beschleunigung

$$\text{mph} = \frac{\text{mi}}{\text{hr}}$$

$$\text{kph} = \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$\text{g} = 32,174 \cdot \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

Kraft, Energie, Leistung

$$\text{lbf} = \text{g} \cdot \text{lb}$$

$$\text{Newton} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{dyne} = 10^{-5} \cdot \text{Newton}$$

$$\text{kgf} = \text{g} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Joule} = \text{Newton} \cdot \text{m}$$

$$\text{erg} = 10^{-7} \cdot \text{Joule}$$

$$\text{cal} = 4,1868 \cdot \text{Joule}$$

$$\text{kcal} = 1000 \cdot \text{cal}$$

$$\text{BTU} = 1,05506 \cdot 10^3 \cdot \text{Joule}$$

$$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{s}}$$

$$\text{hp} = 550 \cdot \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{s}}$$

$$\text{kW} = 1000 \cdot \text{Watt}$$

Druck, Viskosität

$$\text{psi} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$\text{Pa} = \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2}$$

$$\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{in_Hg} = 3,38638 \cdot 10^3 \cdot \text{Pa} \quad \text{torr} = 1,33322 \cdot 10^2 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{stokes} = \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$\text{poise} = 0,1 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$$

Elektrizität

$$\text{Volt} = \frac{\text{Watt}}{\text{Ampere}}$$

$$\text{mV} = 10^{-3} \cdot \text{Volt}$$

$$\text{KV} = 10^3 \cdot \text{Volt}$$

$$\text{Ohm} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}}$$

$$\text{mho} = \frac{1}{\text{Ohm}}$$

$$\text{siemens} = \frac{1}{\text{Ohm}}$$

$$\Omega = \text{Ohm}$$

$$\text{k}\Omega = 10^3 \cdot \text{Ohm}$$

$$\text{M}\Omega = 10^6 \cdot \text{Ohm}$$

$$\text{henry} = \frac{\text{Weber}}{\text{Ampere}}$$

$$\mu\text{H} = 10^{-6} \cdot \text{Henry}$$

$$\text{mH} = 10^{-3} \cdot \text{Henry}$$

$$\text{Ampere} = \frac{\text{coul}}{\text{s}}$$

$$\mu\text{A} = 10^{-6} \cdot \text{Ampere}$$

$$\text{mA} = 10^{-3} \cdot \text{Ampere}$$

$$\text{kA} = 10^3 \cdot \text{Ampere}$$

$$\text{Farad} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$$

$$\text{pF} = 10^{-12} \cdot \text{Farad}$$

$$\text{nF} = 10^{-9} \cdot \text{Farad}$$

$$\mu\text{F} = 10^{-6} \cdot \text{Farad}$$

$$\text{Weber} = \text{Volt} \cdot \text{s}$$

$$\text{Oe} = \frac{1000}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$\text{Tesla} = \frac{\text{Weber}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Gauss} = 10^{-4} \cdot \text{Tesla}$$

Frequenz, Aktivität

$$\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

$$\text{kHz} = 10^3 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{MHz} = 10^6 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{GHz} = 10^9 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{Hza} = 2 \cdot \pi \cdot \text{Hz}$$

Temperatur

$$\text{R} = 0,556 \cdot \text{K}$$

MKS-Einheiten

Basiseinheiten

m (Meter), *Länge*

kg (Kilogramm), *Masse*

s (Sekunde), *Zeit*

coul (Coulomb), *Ladung*

K (Kelvin), *Temperatur*

Winkelmaße

$$\text{rad} = 1$$

$$\text{deg} = \frac{\pi}{180} \cdot \text{rad}$$

Länge

$$\text{cm} = 0,01 \cdot \text{m}$$

$$\text{km} = 1000 \cdot \text{m}$$

$$\text{mm} = 0,001 \cdot \text{m}$$

$$\text{ft} = 0,3048 \cdot \text{m}$$

$$\text{in} = 2,54 \cdot \text{cm}$$

$$\text{yd} = 3 \cdot \text{ft}$$

$$\text{mi} = 5280 \cdot \text{ft}$$

Masse

$$\text{gm} = 10^{-3} \cdot \text{kg}$$

$$\text{tonne} = 1000 \cdot \text{kg}$$

$$\text{lb} = 453,59237 \cdot \text{gm}$$

$$\text{mg} = 10^{-3} \cdot \text{gm}$$

$$\text{ton} = 2000 \cdot \text{lb}$$

$$\text{slug} = 32,174 \cdot \text{lb}$$

$$\text{oz} = \frac{\text{lb}}{16}$$

Zeit

$$\text{min} = 60 \cdot \text{s}$$

$$\text{std} = 3600 \cdot \text{s}$$

$$\text{tag} = 24 \cdot \text{std}$$

$$\text{jahr} = 365,2422 \cdot \text{tag}$$

Fläche, Volumen

$$\text{Hektar} = 10^4 \cdot \text{m}^2$$

$$\text{acre} = 4840 \cdot \text{yd}^2$$

$$\text{Liter} = (0,1 \cdot \text{m})^3$$

$$\text{mL} = 10^{-3} \cdot \text{Liter}$$

$$\text{fl_oz} = 29,57353 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{gal} = 128 \cdot \text{fl_oz}$$

Geschwindigkeit, Beschleunigung

$$\text{mph} = \frac{\text{mi}}{\text{hr}}$$

$$\text{kph} = \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$\text{g} = 9,80665 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kraft, Energie, Leistung

$$\text{Newton} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{dyne} = 10^{-5} \cdot \text{Newton}$$

$$\text{lbf} = \text{g} \cdot \text{lb}$$

$$\text{kgf} = \text{g} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Joule} = \text{Newton} \cdot \text{m}$$

$$\text{erg} = 10^{-7} \cdot \text{Joule}$$

$$\text{cal} = 4,1868 \cdot \text{Joule}$$

$$\text{kcal} = 1000 \cdot \text{cal}$$

$$\text{BTU} = 1,05506 \cdot 10^3 \cdot \text{Joule}$$

$$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{s}}$$

$$\text{kW} = 1000 \cdot \text{Watt}$$

$$\text{hp} = 550 \cdot \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{s}}$$

Druck, Viskosität

$$\text{Pa} = \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2}$$

$$\text{psi} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \cdot \text{Pa}$$

$$\text{in_Hg} = 3,38638 \cdot 10^3 \cdot \text{Pa} \quad \text{torr} = 1,33322 \cdot 10^2 \cdot \text{Pa} \quad \text{stokes} = 10^{-4} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{poise} = 0,1 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$$

Elektrizität

$$\text{Volt} = \frac{\text{Watt}}{\text{Ampere}}$$

$$\text{mV} = 10^{-3} \cdot \text{Volt}$$

$$\text{KV} = 10^3 \cdot \text{Volt}$$

$$\text{Ohm} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}}$$

$$\text{mho} = \frac{1}{\text{Ohm}}$$

$$\text{siemens} = \frac{1}{\text{Ohm}}$$

$$\Omega = \text{Ohm}$$

$$\text{k}\Omega = 10^3 \cdot \text{Ohm}$$

$$\text{M}\Omega = 10^6 \cdot \text{Ohm}$$

$$\text{henry} = \frac{\text{Weber}}{\text{Ampere}}$$

$$\mu\text{H} = 10^{-6} \cdot \text{Henry}$$

$$\text{mH} = 10^{-3} \cdot \text{Henry}$$

$$\text{Ampere} = \frac{\text{coul}}{\text{s}}$$

$$\mu\text{A} = 10^{-6} \cdot \text{Ampere}$$

$$\text{mA} = 10^{-3} \cdot \text{Ampere}$$

$$\text{kA} = 10^3 \cdot \text{Ampere}$$

$$\text{Farad} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$$

$$\text{pF} = 10^{-12} \cdot \text{Farad}$$

$$\text{nF} = 10^{-9} \cdot \text{Farad}$$

$$\mu\text{F} = 10^{-6} \cdot \text{Farad}$$

$$\text{Weber} = \text{Volt} \cdot \text{s}$$

$$\text{Oe} = \frac{1000}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$\text{Tesla} = \frac{\text{Weber}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Gauss} = 10^{-4} \cdot \text{Tesla}$$

Frequenz, Aktivität

$$\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

$$\text{kHz} = 10^3 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{MHz} = 10^6 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{GHz} = 10^9 \cdot \text{Hz}$$

$$\text{Hza} = 2 \cdot \pi \cdot \text{Hz}$$

Temperatur

$$\text{R} = 0,556 \cdot \text{K}$$

Vordefinierte Variablen

Die vordefinierten Variablen von Mathcad werden hier mit ihren Standardwerten aufgelistet.

Konstante = Wert	Beschreibung
$\pi = 3,14159\dots$	Pi. Mathcad verwendet 15 signifikante Stellen für π . Geben Sie π mit $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\text{P}}$ ein bzw. $\boxed{\diamond} + \boxed{\text{Strg}} + \boxed{?}$ falls Sie die Tastaturkürzel auf Windows-Standard umgestellt haben.
$e = 2,71828\dots$	Die Basis des natürlichen Logarithmus. Mathcad verwendet 15 Stellen für e .
$\infty = 10^{307}$	Unendlich. Dieses Symbol repräsentiert Werte, die größer sind als die größte Zahl, die in Mathcad dargestellt werden kann. Um ∞ einzugeben, drücken Sie $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\diamond} + \boxed{\text{Z}}$.
$\% = 0.01$	Prozent. Wird in Ausdrücken wie $10\% \%$ verwendet (erscheint als $10 \cdot \%$) oder als Skalierungseinheit am Ende einer Gleichung mit einem Gleichheitszeichen.

CTOL = 10^{-3}	Bedingungstoleranz für die Lösung und Optimierung von Funktionen; gibt an, wie genau eine Bedingung erfüllt sein muss, so dass die Lösung akzeptiert wird.
CWD = "[systempfad]"	Zeichenfolge für den Arbeitsordner des Arbeitsblatts
FRAME = 0	Zähler bei der Verwendung von Animationsclips
in <i>n</i> = 0, out <i>n</i> = 0	Eingabe- und Ausgabevariablen (<i>in0</i> , <i>in1</i> , <i>out0</i> , <i>out1</i> usw.) in einer Mathcad-Komponente in einem MathConnex-System
ORIGIN = 0	Feldursprung. Gibt den Index des ersten Elements in Feldern zurück.
PRNCOLWIDTH = 8	Spaltenbreite für das Schreiben in Dateien mit der Funktion PRNSCHREIBEN
PRNPRECISION = 4	Anzahl der signifikanten Stellen beim Schreiben von Dateien mit der Funktion PRNSCHREIBEN
TOL = 10^{-3}	Toleranz für numerische Annäherungsalgorithmen (Integrale, Gleichungslösung usw.); gibt an, wie genau die Annäherung für eine Lösung sein muss, damit sie akzeptiert wird.

Suffixe für Zahlen

Die folgende Tabelle zeigt, wie Mathcad Zahlen interpretiert, die mit einem Buchstaben enden.


Basis:

Suffix	Beispiel	Bedeutung
b, B	100001b	Binär
h, H	8BCh	Hexadezimal
o, O	1007	Oktal



Einheiten und andere:

i oder j	4i, lj, 3 + 1.5j	Imaginär
K	−273K	Standardeinheit für die absolute Temperatur
L	−2.54L	Standardlängeneinheit
M	2.2M	Standardmasseneinheit
Q	−100Q	Standardladungseinheit

Suffix	Beispiel	Bedeutung
S	6.97S	Standardstoffeinheit im SI-Einheitensystem
T	3600T	Standardzeiteinheit
C	125C	Standardleuchtwerteinheit im SI-Einheitensystem

Hinweis Da Mathcad bei den meisten Ausdrücken, in denen eine Zahl direkt von einem Buchstaben gefolgt wird, von einer implizierten Multiplikation ausgeht, müssen Sie den implizierten Multiplikationsoperator mit der -Taste wieder löschen, um einen Ausdruck wie 4.5M erstellen zu können.

Griechische Buchstaben

Um einen griechischen Buchstaben in eine Gleichung oder in einen Text einzugeben, geben Sie das lateinische Äquivalent aus der folgenden Tabelle ein, gefolgt von +. Als Alternative verwenden Sie die Symbolleiste für griechische Buchstaben.




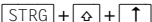
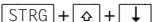
Name	Groß- buchstabe	Klein- buchstabe	Lateinisches Äquivalent
Alpha	A	a	A
Beta	B	b	B
Chi	Ξ	χ	C
Delta	Δ	δ	D
Epsilon	E	ε	E
Eta	H	η	H
Gamma	Γ	γ	G
Iota	I	ι	I
Kappa	K	κ	K
Lambda	Λ	λ	L
Mu	M	μ	M
Nu	N	ν	N
Omega	Ω	ω	W




Name	Groß- buchstabe	Klein- buchstabe	Lateinisches Äquivalent
Omikron	O	o	O
Phi	Φ	ϕ	F
Phi (alternativ)		φ	J
Pi	Π	π	P
Psi	Ψ	ψ	Y
Rho	Π	ρ	R
Sigma	Σ	σ	S
Tau	T	τ	T
Theta	Θ	θ	Q
Theta (alternativ)	ϑ		J
Ypsilon	Ψ	υ	U
Xi	Ξ	ξ	X
Zeta	Z	ζ	Z

Hinweis Der griechische Buchstabe π wird so häufig verwendet, dass es auf der Tastatur einen Shortcut dafür gibt: $\boxed{\text{Strg}} + \boxed{\Phi} + \boxed{\text{P}}$ bzw. $\boxed{\Phi} + \boxed{\text{P}}$, wenn Sie die Tastaturkürzel auf Mathcad-Standard eingestellt haben.



Pfeil- und Bewegungstasten

Tasten	Aktionen
$\boxed{\uparrow}$	Fadenkreuz nach oben bewegen. Im Mathbereich: Bearbeitungszeile nach oben bewegen. Im Text: Einfügemarke in die darüber liegende Zeile bewegen.
$\boxed{\downarrow}$	Fadenkreuz nach unten bewegen. Im Mathbereich: Bearbeitungszeile nach unten bewegen. Im Text: Einfügemarke in die darunter liegende Zeile bewegen.
$\boxed{\leftarrow}$	Fadenkreuz nach links bewegen. Im Mathbereich: Linken Operanden auswählen. Im Text: Einfügemarke um ein Zeichen nach links bewegen.

Tasten	Aktionen
	Fadenkreuz nach rechts bewegen. Im Mathbereich: Rechten Operanden auswählen. Im Text: Einfügemarke um ein Zeichen nach rechts bewegen.
	Um ein Viertel der Fensterhöhe nach oben scrollen
	Um ein Viertel der Fensterhöhe nach unten scrollen
	Im Rechenbereich: Fadenkreuz über den Ausdruck bewegen. Im Text: Von der Einfügemarke bis in die darüber liegende Zeile markieren.
	Im Rechenbereich: Fadenkreuz unter den Ausdruck bewegen. Im Text: Von der Einfügemarke bis in die darunter liegende Zeile markieren.
	Im Rechenbereich: Teile eines Ausdrucks links von der Einfügemarke markieren. Im Text: Links von der Einfügemarke Zeichen für Zeichen markieren.
	Im Rechenbereich: Teile eines Ausdrucks rechts von der Einfügemarke markieren. Im Text: Rechts von der Einfügemarke Zeichen für Zeichen markieren.
	Im Text: Einfügemarke an den Anfang einer Zeile bewegen
	Im Text: Einfügemarke an das Ende einer Zeile bewegen
	Im Text: Einfügemarke nach links an den Anfang eines Worts bewegen
	Im Text: Einfügemarke nach rechts an den Anfang des nächsten Worts bewegen
	Direkten Seitenumbruch einfügen
	Im Text: von der Einfügemarke an bis an den Anfang der darüber liegenden Zeile markieren
	Im Text: von der Einfügemarke an bis an das Ende der aktuellen Zeile markieren
	Im Text: Links von der Einfügemarke bis zum Anfang eines Worts markieren
	Im Text: Rechts von der Einfügemarke bis zum Anfang des nächsten Worts markieren
	Zeigt die verschiedenen Zustände der Bearbeitungszeilen an
	Im Text: bewegt die Einfügemarke zum nächsten Tabstop. Im Rechenbereich oder Diagramm: zum nächsten Platzhalter bewegen.
	Im Rechenbereich oder Diagramm: bis zum vorherigen Platzhalter bewegen

Tasten	Aktionen
 + BILD ↑	Bis zum vorherigen Seitenumbruch bewegen
 + BILD ↓	Bis zum nächsten Seitenumbruch bewegen
POS 1	Bis zum Anfang des vorherigen Bereichs bewegen. Im Text: zum Anfang der aktuellen Zeile bewegen.
ENDE	Zum nächsten Bereich bewegen. Im Text: an das Ende der aktuellen Zeile bewegen.
STRG + POS 1	Zum Anfang des Arbeitsblatts scrollen. Im Text: Einfügemarke an den Anfang des Textbereichs oder des Absatzes bewegen.
STRG + ENDE	Zum Ende des Arbeitsblatts scrollen. Im Text: Einfügemarke ans Ende des Textbereichs oder des Absatzes bewegen.
	Im Text: neue Zeile beginnen. In Gleichung oder Diagramm: Fadenkreuz unter einen Bereich an den linken Rand bewegen.

Funktionstasten

Tasten	Aktionen
F1	Hilfe
 + F1	Kontextabhängige Hilfe
F2	Selektierten Bereich in die Zwischenablage kopieren
F3	Selektierten Bereich ausschneiden und in der Zwischenablage ablegen
F4	Inhalt der Zwischenablage einfügen
Strg + F4	Arbeitsblatt oder Vorlage schließen
Alt + F4	Mathcad schließen
F5	Arbeitsblatt oder Vorlage öffnen
Strg + F5	Nach Text oder mathematischen Symbolen suchen
 + F5	Text oder mathematische Symbole ersetzen
F6	Aktuelles Arbeitsblatt speichern
Strg + F6	Nächstes Fenster aktivieren
Strg + F7	Fügt das Primsymbol ein

Tasten	Aktionen
F7	Neues Arbeitsblatt öffnen
F9	Einen ausgewählten Bereich neu berechnen
Strg + F9	Leerzeilen einfügen
Strg + F10	Leerzeilen entfernen

Hinweis Diese Funktionstasten werden hauptsächlich der Kompatibilität mit früheren Mathcad-Versionen halber bereitgestellt. Mathcad unterstützt die Standard-Tastenkombinationen von Windows, die zum Öffnen von Dateien Strg + O, zum Speichern Strg + S, zum Drucken Strg + P, zum Kopieren Strg + C und zum Einfügen Strg + V verwendet werden können. Wählen Sie im ANSICHT-Menü den Eintrag OPTIONEN und markieren Sie auf der Registerkarte ALLGEMEIN das Kontrollkästchen STANDARDMÄSSIGE WINDOWS-TASTATURBEFEHLE, um alle Windows-Shortcuts zu aktivieren.

ASCII-Codes

Dezimale ASCII-Codes von 32 bis 255. Nicht-druckbare Zeichen werden mit »npc« gekennzeichnet.

Code	Zeichen	Code	Zeichen	Code	Zeichen	Code	Zeichen	Code	Zeichen
32	<input type="text"/>	80	P	130	,	182	¶	230	æ
33	!	81	Q	131	f	183	·	231	ç
34	"	82	R	132	„	184	, i	232	è
35	#	83	S	133	...	185	°	233	é
36	\$	84	T	134	†	186	»	234	ê
37	%	85	U	135	‡	187	¼	235	ë
38	&	86	V	136	^	188	½	236	ì
39	'	87	W	137	% _o	189	¾	237	í
40	(	88	X	138	Š	190	¿	238	î
41	)	89	Y	139	‹	191	¿	239	ï
42	*	90	Z	140	Œ	192	À	240	ð
43	+	91	[	141-4	npc	193	Á	241	ñ
44	,	92	\	145	‘	194	Â	242	ò
45	-	93	]	146	’	195	Ã	243	ó
46	.	94	^	147	“	196	Ä	244	ô
47	/	95	_	148	”	197	Å	245	õ
48	0	96	`	149	•	198	Æ	246	ö
49	1	97	a	150	—	199	Ç	247	÷
50	2	98	b	151	—	200	È	248	ø
51	3	99	c	152	~	201	É	249	ù
52	4	100	d	153	™	202	Ê	250	ú
53	5	101	e	154	š	203	Ë	251	û
54	6	102	f	155	›	204	Ì	252	ü
55	7	103	g	156	œ	205	Í	253	ý
56	8	104	h	157-8	npc	206	Î	254	þ
57	9	105	i	159	Ÿ	207	Ï	255	ÿ
58	:	106	j	160	npc	208	Ð		
59	;	107	k	161	ı	209	Ñ		
60	<	108	l	162	ç	210	Ò		
61	=	109	m	163	£	211	Ó		
62	>	110	n	164	¤	212	Ô		
63	?	111	o	165	¥	213	Õ		
64	@	112	p	166	ı	214	Ö		
65	A	113	q	167	§	215	×		
66	B	114	r	168	¨	216	Ø		
67	C	115	s	169	©	217	Ù		
68	D	116	t	170	ª	218	Ú		
69	E	117	u	171	«	219	Û		
70	F	118	v	172	¬	220	Ü		
71	G	119	w	173	-	221	Ý		
72	H	120	x	174	®	222	Þ		
73	I	121	y	175	¯	223	ß		
74	J	122	z	176	°	224	à		
75	K	123	{	177	±	225	á		
76	L	124	|	178	²	226	â		
77	M	125	}	179	³	227	ã		
78	N	126	~	180	´	228	ä		
79	O	127-9	npc	181	µ	229	å		

Literaturverzeichnis

- Abramowitz, M. und I. Stegun. *Handbook of Mathematical Functions*. New York: Dover, 1972.
- Devroye, L. *Non-uniform Random Variate Distribution*. New York: Springer-Verlag, 1986.
- Friedmann, J.H. »A Variable Span Smoother.« *Tech Report No.5*. Laboratory for Computational Statistics. Palo Alto: Stanford Univ.
- Geddes, K. und G. Gonnet. »A New Algorithm for Computing Symbolic Limits Using Generalized Hierarchical Series.« *Symbolic and Algebraic Computation (Proceedings of ISSAC '88)*. Herausgegeben von P. Gianni. Aus der Reihe *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer-Verlag, 1989.
- Golub, G. und C. Van Loan. *Matrix Computations*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1989.
- Knuth, D. *The Art of Computer Programming: Seminumerical Algorithms*. Reading: Addison-Wesley, 1997.
- Lorczak, P. *The Mathcad Treasury*. Ein MathSoft Electronic Book. Cambridge: Mathsoft, Inc.
- Nash, J.C. *Compact Numerical Methods For Computers*. Bristol: Adam Hilger Ltd., 1979.
- Niven, I. und H. Zuckermann. *An Introduction to the Theory of Numbers*. New York: John Wiley & Sons, 1972.
- Press, W.H., W.T. Flannery, S.A. Teukolsky und B.P. Vetterling. *Numerical Recipes in C*. Cambridge University Press, New York, 1992.
- Polak, E. *Optimization – Algorithms and Consistent Approximations*. New York: Springer-Verlag, 1997.
- Singleton, R. *Communications of ACM*. Vol. 11, no. 11. November, 1986.
- Wilkinson, J.H. und C. Reinsch. *Handbook for Automatic Computation*. Vol. II, *Linear Algebra*. New York: Springer-Verlag, 1971.
- Winston, W. *Operations Research: Applications and Algorithms*. Belmont: Wadsworth, 1994.

Index

Symbols

(66, 142, 535, 536
((x, y) 204
((z) 204
) 201, 248
.MCD 113
= (Boole'sches Gleichheitszeichen) 177
 $\frac{1}{4}$ (not equal to) 177
2D-Diagramme 271
2D-Diagramme, Format 282
2D-Diagrammperspektive 286
3D-Diagramm 289
 Einfügen 289
 Formatierung 301
 Rotation 314
 Typwechsel 311
3D-Diagramm-Assistent 289, 290
3D-Diagramme 289
 Drehen 313
 Erzeugen 290
 Erzeugen aus Daten 294
 Mehrere 300
 Zoomen 313, 314

A

Abbruch- und Rundungsfunktion
 ceil 387
 floor 407
 runden 498
 trunc 519
Ableitung 556
 n-te 557
Ableitungen 185
Ableitungen höherer Ordnung 187
Ableitungs-Operator 173
Absätze 89
Absatz, Textformat 92
Absatzzeigenschaften 89, 90
Achsen 302
achsenabschn 379
achsenabschn(vx, vy) 227
Achsenbegrenzungen 283
Achsenbeschriftungen 39
Achsenstil 302
acos 379
acos(z) 200
acosh(z) 201
acsc 380
Add Line 567

Addition 541
 mit Zeilenumbruch 542
Addition, skalare 181
Additions-Operator 174
Ai 380
Ai(x) 201
Airy-Funktion 201, 380
Algebra, symbolische 315
Ampere 161
Animation 167
Anmerkungen in Diagrammen 311
Anmerkungen, elektronisches Buch 47
annehmen 320, 573
Arbeitsbereich 25
Arbeitsblätter 113
Arbeitsblätter, breite, drucken 135
Arbeitsblatt 28, 59
 Verweis auf 129
Arbeitsblatt berechnen 165
Arbeitsblatt, Layout 124
Arbeitsblatt, neu anordnen 119
Arbeitsblatt, Objekt einfügen 107
Arbeitsblatt, speichern 40
Arbeitsblatt, Standardformate 157
Arbeitsblattattribute 114
arcosh 381
arcot 379, 380
arcsch 381
arg 381
arg(z) 202
Arithmetik-Palette 173, 176
Arithmetik-Symbolleisten 173
Array 61
arsech 382
arsinh 382
artanh 382
ASCII-Codes 178
ASCII-Datendateien 249
asec 382
asin 382
asin(z) 200, 201
atan 383
atan(z) 200
atan2 383
atan2(x, y) 200
atanh(z) 201
auflösen 319, 573
Aufzählungszeichen 91
Aus Datei lesen 259
Ausdruck 67

- Ausdruck, verschieben 79
- Ausdruck-Funktion
 - IsArray 425
 - IsScalar 426
 - IsString 426
- Ausdrucks, teilweise löschen 80
- Ausdruckstyp 247
- Ausdrücke 67
- Ausdrücke anlegen 59
- Ausdrücke bearbeiten 71
- Ausdrücke numerisch auswerten 143
- Ausdrücke, mathematische 59
- Ausgabetable 36
- Ausrichtung 91
- Ausschneiden 79
- Auswertung, Symbolleiste 26
- Auswertungs- und Boole'sche Palette 176
- Automatischer Modus 164
- AutoSelect 219, 220
- AutoSelect, Integration 189
- AVI-Datei 168

- B**
- log(z, 201
- Balkendiagramm
 - Erzeugen 295
- Bearbeitungslinie 68
- Bearbeitungslinie, horizontale 68
- Bedingungs-Anweisung 567
- Bedingungsnummer 208
- Bedingungstoleranz 218
- Beenden 40
- bei 383
- bei(n, x) 201
- Beispielstandardabweichung 221
- Beispielvarianz 221
- Beleuchtung 303, 309
- ber 383
- ber(n, x) 201
- Berechnungen 141
- Berechnungen steuern 164
- Berechnungen unterbrechen 166
- Berechnungen, iterative 35
- Bereich
 - ausblendbar 130
- Bereich anlegen 29
- Bereich, mathematischer 59
- Bereiche ausrichten 120
- Bereiche bei Eingabe nach unten verschieben 90
- Bereiche hervorgehoben darstellen 123
- Bereiche trennen 82, 122
- Bereichsauswahl 29
- Bereichsprodukt 552
- Bereichssumme 551
- Bereichstypen 148
- Bereichsvariable 35, 60, 146, 547
- Bereichsvariablenoperator 36
- Bessel-Funktion 202
 - Ai 380
 - bei 383
 - ber 383
 - Bi 384
 - I0 421
 - I1 421
 - In 424
 - J0 427
 - J1 427
 - Jn 427
 - js 428
 - K0 428
 - K1 428
 - Kn 430
 - Y0 529
 - Y1 530
 - Yn 530
 - ys 530
- Bessel-Kelvin-Funktion 201
- Beta-Verteilung 222
 - inverse 474
- Betrag 544, 548
- Bi 384
- Bi(x) 201
- Bild 550
- Bild formatieren 106
- Bild, aus Matrix erzeugen 102
- BILD_LESEN 384
- Bildbereich 102
- Bilder, Rahmen 106
- Binärzahlen 61
- Binomialfunktion 224
- Binomialverteilung 222
- Binominalverteilung
 - inverse 474
 - inverse negative 477
 - kumulative negative 467
- Bitmap 105
- Bitmap, geräteunabhängige 105
- Bitmaps
 - Einfügen in Diagramme 311
- BMPLESEN 385
- BMPSCHREIBEN 385
- Boole'sche Operatoren 176
- break 568
- break-Anweisung 347
- B-Spline 225

bspline 385
 bspline(vx, vy, u, n) 225
 Buch, elektronisches 45
 Buch, elektronisches: Kommentare 47
 Buchstaben, griechische 66, 88
 Bulirsch-Stoer-Methode 242
 Bulstoer 242, 387
 bulstoer 386
 bulstoer(y, x1, x2, acc, D, kmax, save) 243

C

Cauchy-Verteilung 223
 Cauchy-Verteilung, inverse 475
 Cauchy-Verteilung, kumulative 464
 ceil 387
 ceil(x) 204
 CFFT(A) 205
 cfft(A) 205
 CGS-Einheiten 591
 Chebyshev-Polynom 427
 Chebyshevs 204
 Chi-Quadrat-Verteilung 223
 Chi-Quadrat-Verteilung, inverse 475
 Chi-Quadrat-Verteilung, kumulative 464
 cholesky 389, 521
 cholesky(M) 212
 Combin 390
 combin(n, k) 203
 cond1 390
 cond1(M) 208
 cond2 390
 cond2(M) 208
 conde 390
 conde(M) 208
 condi 391
 condi(M) 208
 continue 568
 continue-Anweisung 347
 cos 391
 cos(z) 199
 cosec 391
 cosec(z) 199
 cosech 391
 cosh 391
 cosh(z) 201
 cot 392
 cot(z) 199
 coth 392
 coth(z) 201
 Coulomb 161
 csch(z) 201
 CSFT 389
 csft 387

Csgn 392, 400, 401, 408, 431
 csgn(z) 202
 CTOL 218, 448

D

Datei lesen/schreiben 255
 Dateiformat 41
 Dateizugriff 249
 BILD_LESEN 384
 RGB_BLESEN 384
 BMPLESEN 385
 BMPSCHREIBEN 385
 HLS_HELL_LESEN 418
 HLSLESEN 419
 HLS_SAT_LESEN 419
 HLSSCHREIBEN 419
 HLS_TON_LESEN 419
 HLS_WERT_LESEN 421
 HSVLESEN 420
 HSV_SAT_LESEN 420
 HSVVSCHREIBEN 420
 HSV_TON_LESEN 421
 PRNANFÜGEN 470
 PRNLESEN 470
 PRNSCHREIBEN 471
 RGBLESEN 485
 RGBSCHREIBEN 486
 ROT_LESEN 486
 SaveColormap 499
 Daten exportieren 267
 Datenanalyse 220
 Datendatei, importieren 259
 Datenfelder 253
 Daubechies'sche Vier-Koeffizienten-Wavelet-Filter 207
 dbeta 392
 dbeta(x, s1, s2) 222
 dbinom 393
 dbinom(k, n, p) 222
 dcauchy 393
 dcauchy(x, l, s) 223
 dchisq 393
 dchisq(x, d) 223
 Definition 546, 559
 globale 560
 lokale 567
 Definitionen 32
 Definitionen, globale 145
 deg 200
 Dekomposition 212
 Delta (m, n) 203
 Delta-Funktion 203
 depx(x, r) 223

Determinante 178, 181, 544, 548
 dexp 393
 Dezimalpunkt 60
 dF 394
 dF(x, d1, d2) 223
 dgamma 394
 dgamma(x, s) 223
 dgeom 394
 dgeom(k, p) 223
 dhypergeom 394
 dhypergeom(M, a, b, n) 223
 diag 395
 diag(v) 207
 Diagramm, Symbolleiste 26
 Diagrammbereiche 38
 Diagramme 38
 Diagramme, Standardwerte 282
 Diagrammformatierung 39
 Diagrammtyp
 umwandeln 302
 DIB 105
 Differential- und Integral-Symbolleiste 26
 Differentialgleichungen 235
 Differentialgleichungen erster Ordnung 238
 Differentialgleichungen höherer Ordnung 239
 Differentialgleichungen, Lösung von
 Grwarp 414
 maximize 446
 multigit 459
 nullstellen 414, 462, 463
 sgrw 500
 Stiffb 507
 stiffb 506
 Stiffr 509
 stiffr 508
 wurzel 525
 Differentialgleichungen, Lösungen von
 Bulstoer 387
 bulstoer 386
 relax 483
 Rkadapt 489
 rkadapt 488
 rkfest 489
 Differentialgleichungen, partielle 235, 246
 Differentialgleichungssysteme 240
 Dimensionen 152
 Dimensionen anzeigen 162
 Division 543
 Division, skalare 180, 181
 dlnorm 395
 dlnorm(x, (, () 223
 dlogis 395
 dlogis(x, l, s) 223
 dnbinom 395
 dnbinom(k, n, p) 224
 dnorm 396
 dnorm(x, (, () 224
 Doppelintegral 192
 dpois 396
 dpois(k, () 224
 Drag&Drop 20
 Drahtmodell 306
 Drehen 313
 Drucken 40, 41, 134
 dt 396
 dt(x, d) 224
 dunif 397
 dunif(x, a, b) 224
 dweibull 397
 dweibull(x, s) 224
E
 e 142
 Echelonform 208
 eigenvek 398
 eigenvek(M, z) 211
 Eigenvektoren 211
 eigenvektoren 398
 eigenvektoren(M) 211
 Eigenwerte 211
 eigenwerte 399
 eigenwerte(M) 211
 Einfügen 79
 einfügen
 Matrix 547
 Einfügepunkt 34
 Einfügepunkt verschieben 86
 Eingabentabelle 257
 einheit 399
 Einheit einfügen 154
 Einheiten 152
 Einheiten, benutzerdefinierte 155
 Einheiten, Umwandlung 162
 Einheitenplatzhalter 160
 Einheitensystem 152, 160
 Einzug 91
 Elektrizität 161
 Elektronisches Buch 45
 E-Mail 137
 entw 319
 entwickeln 575
 Epsilon (i, j, k) 203
 Erfc 399
 Ergebnisformat 37, 156
 Ergebnisformatierung 37
 Ergebnisse 33, 156

- Ergebnisse formatieren 156
- Ergebnisse, Einheiten 160
- Ergebnisse, komplexe 159
- error(S) 248
- Ersetzen 97
- ersetzen 319, 575
- erweitern 401
- erweitern(A, B) 209
- Erweiterungspaket 197
- Excel-Komponente 359
- exp 402
- exp(z) 201
- Exponentialfunktionen 201
- Exponentialschwelle 37
- Exponentialverteilung 223
- Exponentialverteilung, inverse 475
- Exponentialverteilung, kumulative 465

F

- F1 49
- Fadenkreuz-Cursor 59
- faktor 319, 576
- Fakultät 543
- Farbpaletten 106
- Farbtabelledatei 251
- Farbzuordnung 304, 309
- Fehl(x) 204
- Fehler 402
- Fehlerfunktion, komplementäre 399
- Fehlermeldungen 170
- fehlf 403
- Fehlf(x) 204
- Feld, Indizes 259
- Feldelemente, Zugriff 259
- Felder 60
- Felder anlegen 253
- Felder anzeigen 262
- Felder einfügen 263
- Felder kopieren 263
- Felder, Bereichsvariablen 255
- Felder, grafische Darstellung 267
- Felder, verschachtelte 269
- Feldindex 182
- Feldursprung ändern 261
- Fenster 28
- FFT(v) 205
- fft(v) 205
- fhyper 407
- Fläche
 - Parameterdarstellung 292
- Flächendiagramm 289, 306
 - Erzeugen 291, 295
- floor 407

- floor(x) 204
- for 568
- Formate, mathematische 80
- Format-Symbolleiste 27, 81
- Formatvorlage definieren 93
- for-Schleifen 344
- fourier 320, 577
- Fourier-Transformation 205
 - CSFT 389
 - csft 387
 - ICSFT 422
 - icsft 422
 - ISFT 423
 - isft 423
 - SFT 406
 - sft 403
- FRAME 167
- Füllfarbe 304
- Funktion
 - Bulstoer 387
- Funktion auf Ausdruck anwenden 78
- Funktion einfügen 198
- Funktionen auswerten 149
- Funktionen definieren 149
- Funktionen zweier Variablen 291
- Funktionen, benutzerdefinierte, Variablen 151
- Funktionen, hyperbolische 201
- Funktionen, mathematische 199
- Funktionen, trigonometrische 199
- Funktionen, trigonometrische, inverse 200
- Funktionen, vordefinierte 197
- Funktionsdefinition 36, 586
- Funktionsdefinitionen, rekursive 152
- Funktionskategorien 377
- Fußzeilen 125
- F-Verteilung 223
- F-Verteilung, inverse 475
- F-Verteilung, kumulative 465

G

- Gamma-Verteilung, inverse 476
- Gamma-Verteilung, kumulative 465
- gcd 408, 534
- gcd(A) 203
- genanp 410
- genanp(vx, vy, vg, F) 228, 230
- geninv 411
- geninv(A) 207
- genvektoren 412
- genvektoren(M, N) 211
- genwerte 412
- genwerte(M, N) 211
- geometrische Verteilung, inverse 476

- Gitterlinien 282, 303
- Glättungsfunktionen 227, 231
- Gleich 565, 566
 - symbolisches 561
- Gleichheitszeichen 545, 558
- Gleichheitszeichen, symbolisches 316
- Gleichheitszeichen, symbolisches, anpassen 318
- Gleichungen deaktivieren 167
- Gleichungen, Anzeige 32
- Gleichungen, eingebettete deaktivieren 96
- Gleichungen, Einheiten 153
- Gleichungen, im Text 95
- Gleichungslösung
 - Minfehl 452
- Gleichungslösungen
 - Suchen 512
- Gleichungssysteme, lineare 212
- Gleichverteilung, inverse 479
- Gleichverteilung, kumulative 474
- gleit 318, 577
- global 145
- gmittel 413
- Grad 200
- Grafiken 101
- Grenzwert 557
 - linksseitiger 558
 - rechtsseitiger 557
- Grenzwertprobleme 243
- Griechische Buchstaben 66, 88
- Größer als 564
- Größer gleich 564
- Grwanp 414

H

- Hauptwert 159
- Heaviside-Sprungfunktion 203
- Her 416
- Her(n, x) 204
- Hermite-Polynom 416
- Hervorhebung 124
- Hexadezimalzahlen 61
- Hilfe 49
- Hintergrundebenen 303
- hist 416
- hist(int, A) 220
- HLS_HELL_LESEN 418
- HLSLESEN 419
- HLS_SAT_LESEN 419
- HLSSCHREIBEN 419
- HLS_TON_LESEN 419
- HLS_WERT_LESEN 421
- hmean 420

- Hochgestellt 90
- HSVLESEN 420
- HSV_SAT_LESEN 420
- HSVSCHREIBEN 420
- HSV_TON_LESEN 421
- HTML-Hilfe 50
- hyperbolische Funktionen
 - arcosh 381
 - arsch 381
 - arsech 382
 - arsinh 382
 - artanh 382
 - cosh 391
 - coth 392
 - sech 500
 - sinh 502
 - tanh 518
- hyperbolische Funktionen
 - cosech 391
- hypergeom(a, b, c, x) 204
- hypergeometrische Verteilung, inverse 476
- Hyperlink einfügen 132
- Hyperlinks 131

I

- I0 421
- I0(x) 202
- I1 421
- I1(x) 202
- ibeta 422
- ibeta(a, x, y) 204
- ICFFT(A) 205
- icfft(A) 205
- ICSFT 422
- icsft 422
- identity(n) 208
- if 567
- if(cond, tv1, fv1) 203
- IFFT(v) 205
- ifft(v) 205
- Im 424
- Im(z) 202
- Imaginärteil 202
- In 424, 439
- In(m, x) 202
- Indizes 259
- Infix 563
- Informationszentrum 20, 44
- Inhalte einfügen 104
- Inplace-Aktivierung 20, 107
- Integral
 - bestimmtes 553
 - unbestimmtes 555
- Integrale 188

Integraltoleranzen 191
 Integration, Romberg 189
 Integrationsalgorithmen 189
 Integrationsgrenze, Singularität 190
 Integrationsgrenzen, variable 190
 IntelliMouse 28
 Internet-Zugriff 51
 interp 424
 interp(vs, vx, vy, x) 225
 Interpolation 224, 225
 Interpolation und Vorhersage
 bspline 385
 interp 424
 Ispline 442
 kspline 430
 linterp 436, 437
 prognose 472
 pspline 473
 invfourier 320, 578
 invlaplace 320, 578
 invztrans 320, 579
 IsArray 425
 IsArray(x) 247
 ISFT 423
 isft 423
 Ispline 442
 IsScalar 426
 IsScalar(x) 247
 IsString 426
 IsString(x) 247
 iwave 426
 iwave(v) 207

J

J0 427
 J0(x) 202
 J1 427
 J1(x) 202
 Jac 427
 Jac(n, a, b, x) 204
 Jacobi-Polynom 427
 Jn 427
 Jn(m, x) 202
 js 428
 js(n, x) 202
 JScript 368

K

K0 428
 K0(x) 202
 K1 428
 K1(x) 202
 kgltt 429
 kgltt(vx, vy, b) 231

Klammern einfügen 77
 Klammern entfernen 78
 Kleiner als 564
 Kleiner gleich 565
 Kn 430
 Kn(m,x) 202
 knorm 429
 knorm(x) 224
 koeff 319, 579
 Kombinatorik 203
 komplex 318, 579
 Komplexe Zahlen 179
 arg 381
 Csgn 392, 400, 401, 408, 431
 Im 424
 Re 484
 signum 502
 Konjugation 178
 Konjugation, komplexe 181
 Konjugierte komplexe Zahl 543
 Konvergenztoleranz 218
 konvert, parfrac 580
 Koordinatensystem
 kartesisches 291
 Kopf-/Fusszeile 125
 Kopfzeilen 125
 Kopieren 79
 korr 430
 korr(A, B) 221
 Korrelationskoeffizienten 221
 Kosekans 199
 hyperbolischer 201
 Kosinus 199
 Kosinus, hyperbolischer 201
 Kotangens 199
 Kovarianz 221
 Kreuzprodukt 181, 547
 Kronecker'sche Delta-Funktion 203
 kspline 430
 kspline(vx, vy) 225
 Kürzungen 204
 Kugelkoordinaten 291
 kurt 432
 Kurve
 Parameterdarstellung 292
 Kvar 432
 kvar(A, B) 221

L

Länge 433
 Lag 433
 Lag(n, x) 204
 Laguerre-Polynom 433
 laplace 320, 580

Laplace'sche Gleichung 246, 460
 Layout 124
 lcm 434
 lcm(A) 203
 Leeres Arbeitsblatt 114
 Leerzeilen einfügen 122
 Leerzeilen entfernen 122
 Leg 434
 leg(nx, x) 204
 Legendre-Polynom 427
 letzte 434, 435
 Leuchtstärke 161
 linanp 435
 linanp(vx, vy, F) 228, 229
 Linien 306
 Linienfarbe 308
 linterp 436, 437
 linterp(vx, vy, x) 225
 Literaturverzeichnis 605
 llösen 438
 llösen(M, v) 212
 ln(z) 201
 loess 439
 loess(vx, vy, span) 227
 Lösungen, langsam variierende 242
 Lösungsalgorithmen 219
 Lösungsblock 216
 log 441
 Logarithmus- und Exponentialfunktion
 exp 402
 ln 439
 log 441
 Logarithmusfunktionen 201
 logistische Verteilung, inverse 477
 lspline(vx, vy) 225
 lu 445
 lu(M) 212
 LU-Faktorisierung 445
 Lux 161
 LU-Zerlegung 445

M
 Mail 137
 Mail-API 137
 MAPI 137
 Mathcad beenden 41
 Mathcad-6-Format 117
 Mathcad-7-Format 117
 Mathcad-Arbeitsblatt 28
 Mathcad-Dateiformat 41
 Mathcad-Hilfe 49
 Mathcad-Vorlage 118
 MATLAB-Komponente 361

 matrix 446
 Matrix anlegen 61
 Matrix einfügen 254
 matrix(m, n, f) 209
 Matrix, Befehl 253
 Matrix, spezielle Eigenschaften 208
 Matrix, Symbolleiste 26
 Matrix-Addition 181
 Matrixelemente, Definition 260
 Matrixfunktionen 207
 Matrixindex 182, 547
 hochgestellt 548
 Matrixinversion 548
 Matrixmultiplikation 179, 180
 Matrix-Subtraktion 181
 Matrizen 61, 253
 Matrizen, neue 209
 Matrizenotypen 207
 max 446
 Maximierungsproblem
 Lösung 447
 maximize 446
 MCD 41
 medgltt 449
 medgltt(vy, n) 231
 Median 221
 median 449, 451
 median(A) 221
 Mehrfachintegrale 192
 Metadatei 105
 mhyper 451
 mhyper(a, b, x) 204
 MIME 137
 min 454
 Minfehl 452
 Minimierungsproblem
 Lösung 454
 Mittel, arithmetisches 221
 mittelwert 458
 mittelwert(A) 221
 MKS-Einheiten 595
 mod 458
 mod(x, y) 203
 mode 459
 Modifikator 572
 Modus, automatischer 164
 Mol 161
 multigit 246, 459
 Multiplikation 69, 179, 542
 Multiplikation, skalare 180

N
 Name 63

Namen, ändern 71
 Namen, Eingabe 68
 Negation 542
 Negativwert 181
 neigung 460
 neigung(vx, vy) 227
 Norm, Euklid'sche 208
 norm1 461
 norm1(M) 208
 norm2 462
 norm2(M) 208
 NORMAL.MCT 119
 Normalverteilung 224
 Normalverteilung, inverse 477
 Normalverteilung, inverse logarithmische 476
 Normalverteilung, kumulative 467
 Normalverteilung, kumulative logarithmische 466
 Normalverteilung, logarithmische 223
 norme 462
 norme(M) 208
 normi 462
 normi(M) 208
 n-te Wurzel 544
 nullstellen 414, 462, 463
 nullstellen(v) 213
 num2str(z) 248

O

Oberfläche
 Füllen 304
 Object Linking and Embedding 20, 107
 Objekt einfügen 108
 Objekte 101
 Objekte einfügen 107
 Oktalzahlen 61
 OLE 107
 OLE 2 20
 OLE-Automatisierung 367
 OLE-Objekt 105
 on error 349, 569
 Online-Hilfesystem 20
 Online-Ressourcen 43
 Operanden 67, 174
 Operator einfügen 72, 173
 Operator löschen 75
 Operator, benutzerdefinierter 193
 Operator, Platzhalter 174
 Operator, Tastenkombination 174
 Operatoren 67, 173
 arithmetische 176, 541
 Auswertungs- 558
 Boole'sche 176, 558
 Eingabe 68

 komplexe 178
 Matrix 546
 programmierbare 175
 Programmierung 564, 566
 Rechen- 550
 symbolische 174
 Zugriff auf 539
 Optimierung 213
 Optionen
 Autoselect 448
 Erweiterte Optionen 448
 Linear 448
 Nichtlinear 448
 Quadratisch 448
 otherwise 567

P

Palette optimieren 106
 Parameterfunktion 293
 Parametrisiertes Flächendiagramm
 Erzeugen 296
 Parametrisierte Kurve
 Erzeugen 297
 parfrac
 s. konvert, parfrac 580
 pbeta 408, 464
 pbeta(x, s1, s2) 222
 pbinom 464
 pbinom(k, n, p) 222
 pcauchy 464
 pcauchy(x, l, s) 223
 pchisq 464
 pchisq(x, d) 223
 Pearson 221
 permut 465
 permut(n, k) 203
 Permutation 465
 pexp 465
 pexp(x, r) 223
 pF 465
 pF(x, d1, d2) 223
 pgamma 465
 pgamma(x, s) 223
 pgeom 466
 pgeom(k, p) 223
 Phi(x) 203
 hypergeom 466
 hypergeom(M, a, b, n) 223
 Platzhalter 32, 59, 174
 plnorm 466
 plnorm(x, (, () 223
 plogis 466
 plogis(x, l, s) 223
 pnbino 477

pnbinom(k, n, p) 224
 pnbiom 413, 425, 467, 532
 pnorm 467
 pnorm(x, (, () 224
 Poisson'sche Gleichung 246, 460
 Poisson-Verteilung 224
 Poisson-Verteilung, inverse 478
 Populationsstandardabweichung 221
 Populationsvarianz 221
 Portnummer 51
 Postfix 563
 Postfix-Operator 195
 Potenz 181, 545
 ppois 467, 468, 469
 ppois(k, () 224
 Präfix 561
 Präfix-Operator 195
 PRNANFÜGEN 470
 PRNLESEN 470
 PRNSCHREIBEN 471
 Produkt 551
 Produkt, iteriertes 182, 183
 Produktbildung, mit Bereichsvariablen 183
 Produkte 182
 prognose 472
 prognose(v, m, n) 225
 Prognosewerte 225
 Programmierung 339
 Programmierung, Symbolleiste 26
 Proxy-Server 51
 pspline 473
 pspline(vx, vy) 225
 pt 473
 pt(x, d) 224
 punif 474
 punif(x, a, b) 224
 Punkte 308
 Einfügen und Entfernen 309
 Punktlichtquellen 309
 Punktprodukt 180
 pweibull 415, 474
 pweibull(x, s) 224

Q

qbeta 468, 474
 qbeta(p, s1, s2) 222
 qbinom 474
 qbinom(p, n, r) 222
 qcauchy 475
 qcauchy(p, l, s) 223
 qchisq 475
 qchisq(p, d) 223
 qexp 475

qexp(p, r) 223
 qF 475
 qF(x, d1, d2) 223
 qgamma 476
 qgamma(p, s) 223
 qgeom 476
 qgeom(p, r) 223
 qhypergeom 476
 qhypergeom(p, a, b, n) 223
 qlnorm 476
 qlnorm(p, (, () 223
 qlogis 477
 qlogis(p, l, s) 223
 qnbinom(p, n, r) 224
 qnorm 477
 qnorm(p, (, () 224
 qpois 478
 qpois(p, () 224
 qr 478
 qr(A) 212
 qt 479
 qt(p, d) 224
 Quadratwurzel 544
 QuickPlot 290
 qunif 479
 qunif(p, a, b) 224
 qweibull 479
 qweibull(p, s) 224

R

Ränder 124
 Rahmen 106, 302, 303
 Raumkurve 294
 Erzeugen 293
 rbeta 479
 rbeta(m, s1, s2) 222
 rbinom 479
 rbinom(m, n, p) 222
 rcauchy 480
 rcauchy(m, l, s) 223
 rchisq 480
 rchisq(m, d) 223
 Re 484
 Re(z) 202
 real 573, 582
 RealRange 573, 582
 Realteil 202
 Rechenbereich 95
 Rechnen-Palette 26
 Rechtschreibprüfung 98
 Region ausblenden 128
 Region löschen 129
 Region sperren 128

- regress 480
- regress(vx, vy, n) 227
- Regression und Glättung
 - achsenabschn 379
 - genanp 410
 - kgltt 429
 - linanp 435
 - loess 439
 - medgltt 449
 - neigung 460
 - regress 480
 - stdfehl 506
 - strgltt 510
- Regression, lineare 227
- Regression, polynomiale 227
- Regressionsfunktionen 227
- Regressionslinie, Steigen 227
- reihe 319, 581
- Rekursion 353
- relax 246, 483
- return 569
- return-Anweisung 348
- rexp 484
- rexp(m, r) 223
- rF 485
- rF(x, d1, d2) 223
- rg 487
- rgamma 485
- rgamma(m, s) 223
- RGB_BLESEN 384
- RGBLESEN 485
- RGB_RLESEN 486
- RGBSCHREIBEN 486
- rgeom 487
- rgeom(m, p) 223
- rhypgeom 487
- rhypgeom(m, a, b, n) 223
- Rkadapt 242, 489
- rkadapt 488
- rkadapt(y, x1, x2, acc, D, kmax, save) 243
- rkfest 489
- rlnorm 495
- rlnorm(m, (, () 223
- rlogis 495
- rlogis(m, l, s) 223
- rnbinom 495
- rnbinom(m, n, p) 224
- rnd 496
- rnd(x) 224
- rnorm 497
- rnorm(m, (, () 224
- Romberg 189
- Rosenbrock-Methode 242

- rpois 497
- rpois(m, () 224
- rref 532
- rt 498
- rt(m, d) 224
- RTF-Format 117
- rund(x, n) 204
- Runde Klammern 541
- runden 498
- Rundungen 204
- runif 499
- runif(m, a, b) 224
- rweibull 499
- rweibull(m, s) 224

S

- concat(S1, S2, 248
- Säulendiagramm 289
 - Erzeugen 291
- sammeln 319, 582
- SaveColormap 499
- Schleifen 344
- Schlüsselwörter
 - Zugriff auf 571
- Schlüsselwörter, symbolische 27
- Schrift 90
- Schriftgröße 90
- Schriftschnitt 90
- Scriptable Object 367
- search(S, S1, m) 248
- sec 500
- sech 500
- sech(z) 201
- Seite einrichten 124
- Seitenansicht 136
- Seitenumbrüche 125
- Sekans 199
 - hyperbolischer 201
- SFT 406
- sft 403
- sgrw 500
- SI-Einheiten 589
- sign 502
- sign(x) 203
- signum 502
- signum(z) 202
- sin 503
- sin(z) 199
- sinh 502
- sinh(z) 201
- Sinus 199
- Sinus, hyperbolischer 201
- Skalar 60

Skalare Addition 181
 Skalare Subtraktion 181
 Skalarprodukt 547
 skew 503
 Skriptingsprachen 368
 Socket 51
 Sonderfunktionen 586
 Erfc 399
 fehlf 403
 fhyper 407
 ibeta 422
 Jac 427
 Lag 433
 Leg 434
 mhyper 451
 Tcheb 519
 Ucheb 519
 sort 503
 sort(v) 213
 Sortieren 213
 Sortierung
 sort 503
 spsort 504, 505
 umkehren 520
 zsort 533
 sp 504
 spalten 504
 Spaltenvektor 62
 Speichern 40
 Spline, kubischer 225
 Spline-Interpolation 225
 Spline-Interpolation, kubische 225, 442, 449
 spsort 504, 505
 spsort(A, n) 213
 Spur 208
 Spuren 282
 Standardformate 40
 Standard-Normverteilung, kumulative 429
 Standardpalette verwenden 107
 Standard-Symbolleiste 27
 stapeln 505
 Statistik 220
 Statistische Funktion
 mode 459
 Statistische Funktionen
 hmean 420
 kurt 432
 Kvar 432
 statistische Funktionen
 gmittel 413
 hist 416
 korr 430
 median 449, 451
 mittelwert 458
 skew 503
 Stdabw 506
 stdabw 505
 Var 520, 521
 var 399
 Stdabw 506
 stdabw 505
 Stdabw(A) 221
 stdabw(A) 221
 stderr(vx, vy) 227
 stdfehl 506
 Stiffb 242, 507
 stiffb 506
 stiffb(y, x1, x2, acc, D, J, kmax, save) 243
 Stiffr 242, 509
 stiffr 508
 stiffr(y, x1, x2, acc, D, J, kmax, save) 243
 stetige Funktion, stückweise 524
 Stoff 161
 str2num(S) 248
 str2vec(S) 248
 Streudiagramm 289, 293, 294
 Erzeugen 291, 295
 strgltt 510
 strgltt(vx, vy) 231
 strlen(S) 248
 strtpos 511
 Student'sche t-Verteilung 224
 submatrix 511
 submatrix(A, ir, jr, ic, jc) 209
 Subroutinen 351
 substr(S, m, n) 248
 Subtraktion 542
 Subtraktion, skalare 181
 subzf 512
 Suchen 512
 Suchen&Ersetzen 97
 suchen(z0, z1, ...) 216
 Suffixe 60
 Summation 550
 Summation, Index 182
 Summation, mit Bereichsvariablen 183
 Summation, variable Obergrenze 184
 Summations-Operator 182
 Support, technischer 23
 svd 517
 svd(A) 213
 svds 518
 svds(A) 213
 Symbole, griechische 26
 Symbolische Schlüsselwörter 571
 Symbolisches Gleichheitszeichen 561

Symbolleisten 26
Systeme, glatte 242
Systeme, steife 242
Systemvariablen 142

T

tan 519
tan(z) 199
Tangens, hyperbolischer 201
tanh 518
tanh(z) 201
Tcheb 519
Tcheb(n, x) 204
teilbruch 319
Tensor, asymmetrischer 203
Text
 Einfügen in Diagramme 311
Text auswählen 87
Text einfügen 85
Text ergänzen 86
Text löschen 86
Text, Gleichungen 95
Textbereich 29, 34
Textbereich, Breite 88
Textbereiche 85
Texteigenschaften 89
Texteingabe 34
Textfeld 34
Textformat ändern 93
Textformat anlegen 94
Textformat löschen 95
Textformat, Absatz 92
Textformate 92
Textwerkzeuge 97
Tiefgestellt 90
Tiefstellungen 66
Titel der Darstellung 303
TOL 191, 448
Toleranzvariable 191
Transformationen, diskrete 205
Transponierte 548
Transposition 181
Treefix 563
trig 583
Trigonometrie 199
trigonometrische Funktion
 atan2 383
trigonometrische Funktionen
 acos 379
 acsc 380
 arcot 379, 380
 asec 382
 asin 382

atan 383
cos 391
cosec 391
cot 392
sec 500
sin 503
tan 519
winkel 525
trunc 519
trunc(x) 204
t-Verteilung 224
t-Verteilung, inverse 479
t-Verteilung, kumulative 473

U

Ucheb 519
Ucheb(n, x) 204
Umgebungslicht 309
umkehren 520
umkehren(A) 213
Umrißdiagramm 289, 298, 306
 Erzeugen 291, 298
Umrisse
 füllen 306
Umrißkarte 298
Umrißlinien 306, 307
Unendlichkeitsnorm 208
Ungleich 565
Uniform Resource Locator 49
URL 49
US-spezifische Einheiten 593
UUENCODE 137

V

Var 520, 521
var 399
Var(A) 221
var(A) 221
Variable, Mehrfachdefinition 145
Variablen 32
Variablen auswerten 141
Variablen definieren 141
Variablen, eingebaute 142
Variablen, Format 80
Variablen, vordefinierte 597
Variablendefinition 141
Variablennamen, Einschränkungen 65
VBScript 368
vec2str(v) 248
vekinzf 521
Vektor anlegen 61
Vektor- und Matrix-Addition 181
Vektor- und Matrixfunktion

- cholesky 389, 521
- cond1 390
- cond2 390
- conde 390
- condi 391
- diag 395
- eigenvek 398
- eigenvektoren 398
- eigenwerte 399
- einheit 399
- erweitern 401
- geninv 411
- genvektoren 412
- genwerte 412
- länge 433
- letzte 434, 435
- llösen 438
- lu 445
- matrix 446
- max 446
- min 454
- norm1 461
- norm2 462
- norme 462
- normi 462
- qr 478
- rg 487
- rref 532
- sp 504
- spalten 504
- stapeln 505
- submatrix 511
- svd 517
- svds 517, 518
- zeilen 531
- Vektor- und Matrixpalette 179
- Vektor- und Matrix-Subtraktion 181
- Vektor zeichnen 278
- Vektor/Matrix-Multiplikation 180
- Vektoren 61, 253
- Vektorfelddiagramm 289
 - Erzeugen 299
- Vektorfunktionen 207
- Vektorindex 182, 547
- Vektorisieren 182, 265, 548
- Vektorisieren-Befehl 179
- Vektorisieren-Operator 266
- Vektorprodukt 179
- Vektorsumme 181, 547
- vereinf 318
- vereinfachen 582
- verkett 521
- Verknüpfungen 110
- Verteilung, geometrische 223
- Verteilung, hypergeometrische 223
- Verteilung, kumulative logistische 466
- Verteilung, logistische 223
- Verweis
 - auf Arbeitsblatt 129
 - Einfügen in Arbeitsblatt 130
- Verweisdatei
 - Pfad 130
- Volltonfarbe 304, 309
- Vordefinierte Variablen 143
- Vorgabe 216
- Vorlagen 113, 118
- Vorlagen anlegen 118
- W**
- Wahrscheinlichkeit 220
- Wahrscheinlichkeitsdichte
 - dbeta 392
 - dbinom 393
 - dcauchy 393
 - dchisq 393
 - dexp 393
 - dF 394
 - dgamma 394
 - dgeom 394
 - dhypergeom 394
 - dlnorm 395
 - dlogis 395
 - dnbinom 395
 - dnorm 396
 - dpois 396
 - dt 396
 - dunif 397
 - dweibull 397
- Wahrscheinlichkeitsdichten 222
- Wahrscheinlichkeitsverteilung
 - knorm 429
 - pbeta 408, 464
 - pbinom 464
 - pcauchy 464
 - pchisq 464
 - pexp 465
 - pF 465
 - pgamma 465
 - pgeom 466
 - phypergeom 466
 - plnorm 466
 - plogis 466
 - pnbinom 413, 425, 467, 532
 - pnorm 467
 - ppois 467, 468, 469
 - pt 473
 - punif 474
 - pweibull 415, 474

- qbeta 468, 474
- qbinom 474
- qcauchy 475
- qchisq 475
- qexp 475
- qF 475
- qgamma 476
- qgeom 476
- qhypergeom 476
- qlnorm 476
- qlogis 477
- qnbinom 477
- qnorm 477
- qpois 478
- qt 479
- qunif 479
- qweibull 479
- Wahrscheinlichkeitsverteilung, gleichmäßige 224
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen 222
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen, inverse kumulative 222
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen, kumulative 222
- wave 522
- wave(v) 207
- Wavelet-Transformation
 - iwave 426
 - wave 522
- Wavelet-Transformationen 207
- Web-Browsing 48
- Weibull-Verteilung 224
- Weibull-Verteilung, inverse 479
- Weibull-Verteilung, kumulative 474
- wenn 524
- while 568
- while-Schleifen 345
- Winkel 199
- winkel 525
- winkel(x, y) 199
- Wurzel
 - n-te 544
 - Quadrat- 544
- wurzel 525
- wurzel(f(z), z) 214
- Wurzeln 213
- X**
- X-Y-Diagramm 38
- Y**
- Y0 529
- Y0(x) 202
- Y1 530
- Y1(x) 202
- Yn 530
- Yn(m, x) 202
- ys 530
- ys(n, x) 202
- Z**
- Zahlen 60
- Zahlen ändern 71
- Zahlen, Eingabe 68
- Zahlen, komplexe 60, 179, 202
- Zahlen, Konstanten 80
- Zahlentheorie 203
- Zahlentheorie/Kombinatorik
 - Combin 390
 - gcd 408, 534
 - lcm 434
 - mod 458
 - permut 465
- Zahlentypen 60
- zahlinzf 531
- Zeichenfolgen, Funktionen 248
- Zeichenfolgen, Reihenfolge 178
- Zeichenfolgen, Vergleich 178
- Zeichenkettenfunktion
 - Fehler 402
 - strtpos 511
 - subzf 512
 - vekinzf 521
 - verkett 521
 - zahlinzf 531
 - zfinvek 531
 - zfinzahl 531
 - zflänge 532
- zeilen 531
- Zeilen einfügen 122
- Zeilen löschen 122
- Zeilenvektor, in Spaltenvektor umwandeln 182
- zfinvek 531
- zfinzahl 531
- zflänge 532
- Zoom 120
- Zoomen 313
- zsort 533
- zsort(A, n) 213
- ztrans 320, 583
- Zufallszahlen
 - rbeta 479
 - rbinom 479
 - rcauchy 480
 - rchisq 480
 - rexp 484

rF 485
rgamma 485
rgeom 487
rhypergeom 487
rlogis 495
rnbinom 495
rnd 496
rnorm 497

rpois 497
rt 498
runif 499
rweibull 499
Zufallszahlengeneratoren 222
Zuweisungsoperator, lokaler 340
Zylinderkoordinaten 291