
5-mal M: von der Mathematik zum Management

2

Mathematik und Management – im Mittelpunkt der Mensch

- Eine Basis für die Darstellung des Zusammenhangs zwischen den beiden M im Buchtitel – Mathematik und Management – und damit auch zwischen dem Formalismus und der Anwendung ist die Modellbildung. Dazu kommen die Methoden, d. h. die Operationalisierung der Mathematik und nicht zuletzt der Mensch als Subjekt – als Manager und Mathematiker – und als Objekt, dem die Mathematik und das Management dienen sollen.

2.1 Mathematik

Königin und Dienerin der Wissenschaften

Der Duden beschreibt die Mathematik als „Wissenschaft, Lehre von den Zahlen, Figuren, Mengen, ihren Abstraktionen, den zwischen ihnen möglichen Relationen, Verknüpfungen“. Damit beschreibt er die beiden Ausgangspunkte – Zahlen und Figuren – und das, was die Mathematiker daraus machen – Abstraktionen und komplexere Strukturen.

Dabei stehen die Zahlen als Ausgangspunkt für die Arithmetik und das Rechnen, während die Figuren für die Geometrie und räumliche Überlegungen stehen. Dies spiegelt sich auch in einer früheren Bezeichnung des Schulfachs „Rechnen und Raumlehre“ wider. Diese Verbindung werden wir in Abschn. 4.4.1 betrachten.

Da für den Manager die Zahlen und die Strukturen der Arithmetik, Algebra und Analysis eine wichtigere Rolle spielen als die Elemente der Geometrie, werden wir uns im Folgenden darauf konzentrieren.

2.1.1 Mehr als Rechnen

Mathematik ist also deutlich mehr als Zählen und Zeichnen. Das Zentrale ist die Beschäftigung mit den Regeln und Strukturen, die darüber liegen. Dabei beschäftigt sich der Mathematiker mit dem Finden neuer Regeln und dem Schaffen neuer Strukturen und Begriffe.

Rechnen und Mathematik – Beispiel Adventskranz

Ein einfaches Beispiel für den Übergang vom Rechnen zur Mathematik bietet der Adventskranz mit seinen vier Kerzen. Das Zählen auf 4 ist elementar, spannender ist bereits das Zurückrechnen, das wir anwenden, um festzustellen, wann der erste Advent ist. Wenn wir uns den Adventskranz an Weihnachten anschauen, stellen wir fest, dass noch viel Wachs übrig ist. Eine interessante Rechnung ist, wie viele Kerzen aus dem übrig gebliebenen Material wieder gegossen werden können.

Man kann sich nun die Frage stellen, ob man die Kerzen so anzünden kann, dass am Schluss alle gleich weit herunter gebrannt sind. Eine Frage, die ein Mathematiker sich stellen könnte, wäre: Bei welcher Anzahl von Kerzen kann man diese so anzünden, dass nacheinander jeweils 1, 2, 3 ... Kerzen brennen und am Schluss alle Kerzen ganz abgebrannt sind? Eine mögliche Erkenntnis für das Management wäre die Tatsache, dass es dabei viel leichter ist, das Anzünden der Kerzen rückblickend von den letzten zu den ersten zu planen – dann kann man nichts falsch machen.

Als zweites Beispiel betrachten wir ein Gesetz und davon abgeleitet einen Begriff.

Gesetze und Begriffe – Beispiel Kommutativität

Wer das kleine Einmaleins auswendig lernen musste, dem ist wohl irgendwann aufgefallen, dass das Ergebnis der Multiplikation beim Vertauschen der Faktoren gleich bleibt, also beispielsweise gilt: $7 \cdot 8 = 8 \cdot 7$. Dieser Effekt ist schon von der Addition bekannt, und so liegt es nahe, diesem Phänomen einen Namen zu geben: Wir führen also den Begriff Kommutativgesetz ein durch die Forderung, dass für alle Elemente die $a \circ b = b \circ a$ gelten soll. Das Kommutativgesetz gilt beispielsweise für die Addition und die Multiplikation. Ganz speziell also das Kommutativgesetz der Multiplikation: Es gibt $a \cdot b = b \cdot a$. Dies ist nun eine mathematische Aussage über die Multiplikation.

Wir können nun eine Definition einführen:

► Eine Verknüpfung $\circ$ heißt kommutativ, wenn für alle Elemente a und b gilt:
 $a \circ b = b \circ a$.

Was haben wir nun gewonnen? Wir können uns darüber unterhalten, welche Verknüpfungen kommutativ sind und welche nicht. Betrachten wir als Operation $\circ$ die Verkettung (Hintereinander-Ausführung) zweier Bewegungen eines Objekts in der Ebene, so sind beispielsweise sowohl die Translationen (Verschiebungen) als auch die Rotationen (Drehungen) jeweils unter sich kommutativ. Die Änderung der Reihenfolge in der Ausführung einer Translation und einer Rotation führt aber zu einem anderen Ergebnis, die allgemeine Verkettung von Bewegungen (Abb. 2.1) ist also nichtkommutativ.

Weitere Beispiele für nichtkommutative Verknüpfungen sind die Multiplikation von Matrizen oder die Verknüpfung von Funktionen. Wir können uns überlegen, welche Gesetze auch dann gelten bzw. welche Regeln nicht mehr gelten, wenn eine Verknüpfung nicht kommutativ ist

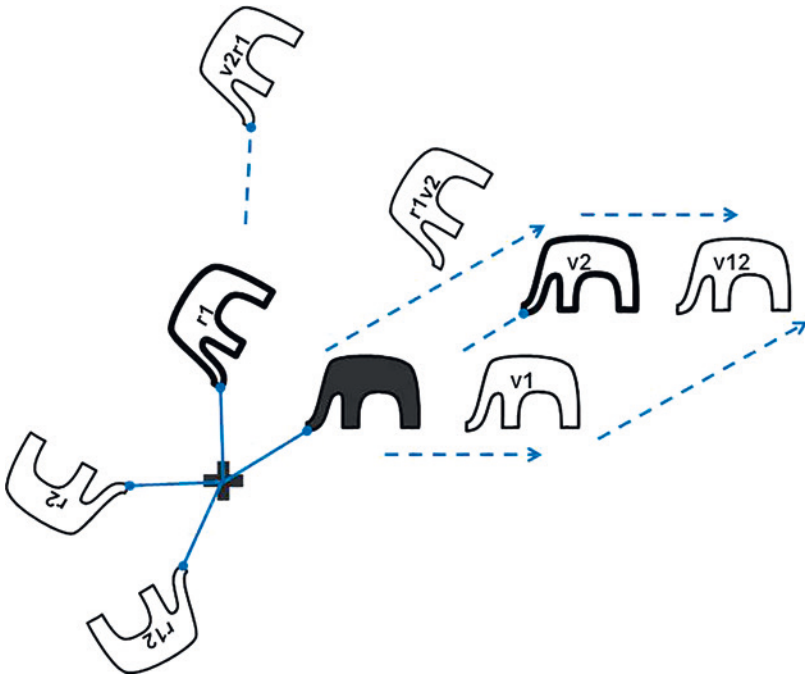


Abb. 2.1 Translation und Rotation

2.1.2 Kultur und Kreativität

Mathematik ist auch ein wichtiger Teil der Kultur. Das Gebäude der Mathematik wurde zwar durch den Menschen geschaffen, die Mathematik ist aber universell gültig. Die Mathematik ist einerseits für viele Bereiche der Wissenschaft eine wichtige Grundlage und steuert wichtige Hilfsmittel bei. Andererseits ist sie selbst eine Wissenschaft, die durch ihre Abstraktion von keiner anderen Wissenschaft abhängig ist. Die Rolle der Mathematik als „queen and servant of science“ wird beispielsweise in (Bell 1951) thematisiert.

Mathematik erscheint häufig als etwas Trockenes, aber auch Sicheres. Das mag für den Durchschnittsschüler gelten, der mathematische Begriffe und Gesetze lernen muss und für den sich das Gedankengebäude der Mathematik als etwas Solides, Strukturiertes, wenn auch schwer Zugängliches darstellt. Aber dieses Gedankengebäude wurde von Menschen geschaffen. Mathematiker lernen nicht Mathematik sie betreiben Mathematik und arbeiten damit am Bau dieses Gebäudes mit. Das ist vergleichbar mit dem Manager, der das Organigramm seines Unternehmens nicht auswendig lernen muss, sondern die Prinzipien der Organisation selbst festlegt. Dabei werden neue Begriffe eingeführt, um Schreibweisen zu verkürzen und Zusammenhänge verständlich zu machen. Der „key account manager“ ist ebenso ein neu kreierter Begriff wie der „Sattelpunkt“ in der Spieltheorie. Jeder Manager und Mathematiker kreiert neue Begriffe im Kopf, die dann durch eine Bezeichnung konkretisiert und damit bearbeitbar und kommunizierbar werden.

Die Kunst, einen komplexen Sachverhalt durch Zusammenhänge und Beispiele zu erschließen, mögliche Aussagen zu überprüfen und letztendlich zu beweisen und erkannte Zusammenhänge durch neue Begriffe klarer zu fassen, ist ein durchaus kreativer Prozess, den man in Mathematikbüchern kaum findet. Hier sei z. B. auf (Polya 1971) hingewiesen.

Heuristik: die Kunst des Findens

Heuristik Die Heuristik ist die „Kunst der Lösungsfindung“ d. h. das Vorgehen bei der Lösung mathematischer Probleme. Dieses kann nicht formalisiert oder automatisiert werden, sondern erfordert Kreativität und Erfahrung.

Heuristik Ein Verfahren nennt man heuristisch (oder eine Heuristik), wenn es nicht mathematisch bewiesen wurde, sondern aufgrund der Erfahrung eine Lösung liefert und deshalb in der Praxis verwendet werden kann. Eine Heuristik ist also ein in einem bestimmten Anwendungsbereich brauchbarer Algorithmus.

Schritte der heuristischen Lösungsfindung nach (Polya 1971)

1. Verstehe das Problem: Was ist bekannt und gegeben, was unbekannt und gesucht?
2. Entwickle eine Lösungsstrategie ausgehend von verwandten Problemen und Erfahrungen.
3. Löse das Problem schrittweise.
4. Überprüfe die Lösung auf formale Korrektheit, Plausibilität und Nutzen.

Das schrittweise Herantasten an die Lösung kann sehr unterschiedliche Ansätze beinhalten, beispielsweise:

- Zerlege das Problem in mehrere einfachere Teilaufgaben.
- Führe das Problem auf ein bereits gelöstes Problem zurück.
- Versuche zu zeigen, dass das Problem nicht lösbar ist.
- Versuche, einfache Sonderfälle oder Grenzfälle zu lösen.
- Verallgemeinere das Problem, löse ein komplizierteres Problem.

Beispiel Fortbewegung

Will man das Problem der Fortbewegung von Tieren verstehen, so kann man mit der Studie von Zweibeinern anfangen. Man kann aber auch mit der Abstraktion von null (hüpfende Kugel) oder unendlich vielen (Kontinuum, beliebig viele) Beinen starten. Man kann auch zunächst statt dem Gehen das Stehen betrachten oder statt der flächigen Auflage (Fuß) mit einer punktförmigen Auflage beginnen.

2.2 Methoden

Und wie geht das?

Methoden und Algorithmen erlauben die Umsetzung der Konzepte der Mathematik auf reale Situationen. Dazu wird aus einem mathematischen Ergebnis eine Aussage über das Verhalten eines Algorithmus hergeleitet. Mit Algorithmen gewinnt man also aus einem mathematischen Satz einen handlungsorientierten Satz der Form:

Wenn man das ... hat und das ... macht, erhält man dieses ...

2.2.1 Algorithmen

Algorithmen beschreiben Abläufe in mathematischer Form. Damit sind sie auf dem Computer umsetzbar. Auch die Methoden der Künstlichen Intelligenz brauchen

für die Umsetzung im Computer Algorithmen, beispielsweise zur Abarbeitung von Regeln und Begriffen oder zum Anlernen und Nutzen von Neuronalen Netzen.

Als Beispiel sei der Algorithmus zur Bestimmung des größten gemeinsamen Teilers zweier Zahlen genannt. Wir präsentieren einen einfachen, langsameren und einen etwas komplexeren Algorithmus.

GGT als exemplarischer Algorithmus

Bestimmung des größten gemeinsamen Teilers GGT zweier Zahlen N und M .

Satz 0:

$$\text{GGT}(N, N) = \text{GGT}(N, 0) = N$$

Satz 1:

$$\text{GGT}(N, M) = \text{GGT}(N - M, M) = \text{GGT}(N, M - N)$$

Algorithmus 1:

Subtrahiere die jeweils größere von der jeweils kleineren Zahl,
so lange bis die Zahlen gleich sind.

Satz 2:

$$\text{GGT}(N, M) = \text{GGT}(N \bmod M, M)$$

Algorithmus 2:

Dividiere N durch M , der Rest sei R .

Falls $R = 0$ ist, ist der größte gemeinsame Teiler gefunden $\text{GGT} = M$.

Andernfalls setze $N = M$, $M = R$ und wiederhole das Ganze.

Beispiel: 1921, 918 ergibt die Zahlenreihe 1921, 918; 85, 68; 17; 0 also $\text{GGT}(1921, 918) = 17$

2.2.2 Programmierung

Methoden sind die Basis dafür, Aufgaben abzugeben, d. h. sie an Mitarbeiter zu delegieren, an Dienstleister oder Zulieferer abzugeben oder Computer dafür zu programmieren. Die Entwicklung und Darstellung von Methoden und ihre Aufbereitung als Computerprogramm ist die Basis der Erfolgsgeschichte der Computer.

Solche Methoden umfassen Verfahren für die

- Darstellung, Komprimierung, Speicherung und Verarbeitung von Daten wie Texten, Musik, Bildern, produkt-, produktions- und kundenbezogenen Daten, raumbezogenen Daten und vielem mehr

- Darstellung und Auswertung von Daten und Prozessen in Unternehmen und Systemen
- Entscheidungsunterstützung und Planung, Speicherung und Verarbeitung von Wissen.

Eine Programmiersprache erlaubt es, die Anweisungen so zu formulieren, dass diese von einem Computer interpretiert werden können. Je intelligenter die Systeme werden, umso einfacher wird es, Anweisungen in einer Sprache zu formulieren, die der natürlichen nahe kommt. So könnte man sich durchaus vorstellen, dass ein Computer die obigen Formulierungen des GGT-Algorithmus oder gar die zugrunde liegenden Sätze versteht und damit den GGT bestimmen kann. In einer eher für die Programmierung typischen Sprache wird der oben dargestellte Algorithmus beispielsweise folgendermaßen formuliert:

GGT als Programm

GGT (in: N, M ; out: N)

Wiederhole bis $N = M$

wenn $N > M$ dann $N = N - M$ sonst $M = M - N$

GGT (in: N, M ; out: N)

Wiederhole bis Rest = 0

{ $T = \text{GANZZAHL}(N/M)$; Rest = $N - T \cdot M$; $N = M$; $M = \text{Rest}$ }

GGT (in: N, M ; out: N)

Wenn $M = 0$: fertig

sonst: $T = \text{GANZZAHL}(N/M)$; GGT($M, N - T \cdot M, N$)

mit einer angenommenen Funktion GANZZAHL, die die Nachkommastellen abschneidet.

Der Aufruf GGT(1921, 918, X) ergibt dann $X = 17$.

2.2.3 Paradigmen

Methoden begegnen uns nicht nur als Rechenvorschriften, sondern auch als generelle Vorgehensweisen und Lösungsansätze. Damit sind sie ein generelles Vorgehensmodell (Paradigma, Heuristik) bei der Lösung von Problemen. Paradigmen beschreiben den Ansatz, welche Methoden ausgewählt werden, wie die Auswahl erfolgt und welche Grundprinzipien oder Denkansätze angewandt werden. Sie entscheiden letztendlich, welches Weltmodell, die Grundlage für das Vorgehen ist.

Probleme kann man niemals mit der gleichen Denkweise lösen, durch die sie entstanden sind (A. Einstein).

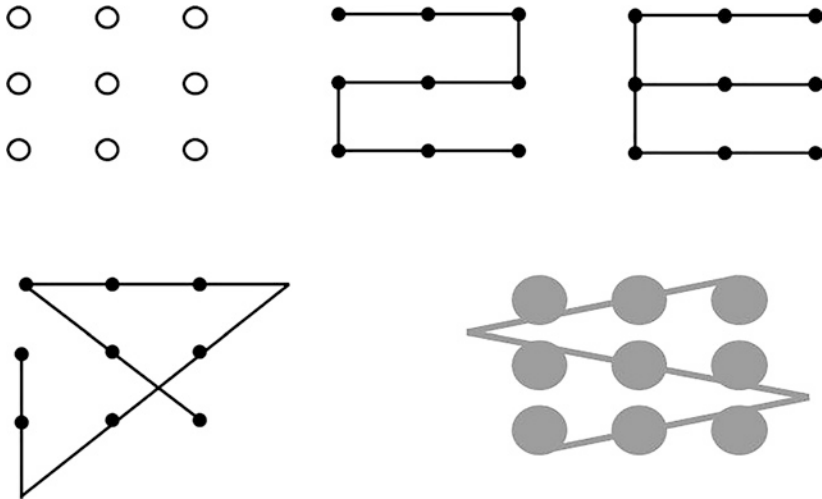


Abb. 2.2 Lösungsansätze zum Verbinden von Punkten mit Linien

Paradigma Lösungsansatz

Die in Abb. 2.2 dargestellte Aufgabe, neun in einem 3X3 Raster angeordnete Punkte durch drei Linien zu verbinden, lässt sich mit dem mathematischen Konzept des Punktes (keine räumliche Ausdehnung) und der Linie (keine Breite) nicht lösen. Verwenden wir reale Punkte und Linien, so wird das Problem einfach.

Die Aufgabe, die abstrakten Punkte durch vier Linien zu verbinden, ohne dabei abzusetzen, lässt sich innerhalb der durch das Raster gegebenen Fläche nicht lösen, wohl aber durch Nutzung einer größeren Fläche.

2.3 Modelle

Das Modell ist nicht die Realität – aber ein guter Ersatz

Ein Modell ist ein System von Begriffen, das dazu dient, ein reales System abzubilden und Probleme im realen System durch formale Manipulation im Modell zu lösen. Das Modell schlägt die Brücke zwischen Mathematik und Realität. Die Erstellung eines Modells geschieht im Allgemeinen dadurch, dass ausgehend von einem realen Problem das Problem und sein Umfeld (System) modelliert und in mehreren Stufen immer mehr formalisiert werden, bis eine mathematische

Behandlung möglich ist. Man kann aber auch den umgekehrten Weg gehen und zu einem mathematischen System ein reales System beschreiben und dann dieses in der Realität suchen oder schaffen. Letzteres ist der Weg, den man bei der Entwicklung von Produkten geht: Aus der abstrakten formalen Beschreibung wird ein konkretes reales Objekt.

2.3.1 Modell und Atlas

Die folgende Darstellung dient nicht nur der Klärung, was ein Modell ist. Sie kann auch als Beispiel dienen, wie Begriffe im Laufe der Überlegungen verfeinert werden. Eine erste grobe Definition geht davon aus, dass man im Modell Teile der Welt betrachtet.

► **Modell (naiv)** Modelle sind Abbilder der Realität.

Diese Arbeitsdefinition ist noch sehr grob. Folgende Ergänzungen sind notwendig:

- Modelle beschreiben immer nur einen Teil der Realität.
- Modelle entstehen durch einen Prozess, der Analytik und Kreativität erfordert.
- Modelle abstrahieren von bestimmten Eigenschaften, sie ignorieren die nicht relevanten Objekte, Komponenten oder Attribute.
- Modelle enthalten Strukturen, die im Modellbildungsprozess entstehen oder gefunden werden.
- Modelle dienen einem bestimmten Zweck, im Allgemeinen der Problemlösung.

Damit können wir eine verfeinerte Definition formulieren:

► **Modell** Modelle sind strukturierte und abstrahierte Abbilder von Ausschnitten der Realität, die einem bestimmten Zweck dienen.

Modelle sind notwendig, da viele Probleme nicht im Realsystem lösbar sind:

- Realsystem nicht verfügbar (In der Kommunikation oder Problemlösung)
- Notwendige Abstraktion (Allgemeingültigkeit)
- Erkenntnisaspekte (Wiederholbarkeit, Nachvollziehbarkeit des Modells)
- Experiment nicht möglich oder zu teuer (Ressourcenverbrauch)
- Experiment zu gefährlich (Risiko)

Modellebenen

Formale Modelle brauchen nicht nur einen Bezug zur Realität, sondern auch einen klaren Formalismus. Damit unterscheiden wir drei Ebenen (Semiotik):

- Syntax: bei formalen Modellen die Regeln, denen das Modell gehorchen muss (Formaler Aufbau, Korrektheit),
- Semantik: Realitätsbezug (Bedeutung) der Modellkomponenten,
- Pragmatik: Zweck des Modells, angestrebter Nutzen und Einsatzbereich.

► **Mathematisches Modell** Ein mathematisches Modell ist ein abstrahiertes und formalisiertes Abbild eines Ausschnitts und Teilaspekts der Realität, das diesen Ausschnitt mithilfe eines mathematischen Formalismus beschreibt und das dazu dient, Ergebnisse über das Realsystem oder Problemlösungen im Realsystem mithilfe mathematischer Methoden zu erhalten.

Häufig braucht man zur Beschreibung und Lösung realer Probleme mehrere mathematische Modelle. Diese lassen sich manchmal in einen einzigen Formalismus integrieren (z. B. dynamische Spiele), meist brauchen wir aber unterschiedliche Formalismen (z. B. ein dynamisches System für die zeitliche Entwicklung und Graphen für die Vernetzung oder Flüsse im System), die sich aus Komplexitätsgründen nicht in ein einziges formales Modell integrieren lassen. Für diese Art von mathematischen Modellen verwenden wir in Analogie zur Sammlung unterschiedlicher thematischer Karten den Begriff des Atlas:

► **Atlas (komplexes Modell)** Ein Mathematischer Atlas ist eine Sammlung mathematischer Modelle zu einem gemeinsamen Realsystem und mit einer gemeinsamen Semantik.

Eine wichtige Komponente mathematischer Modelle sind Formeln, denn diese beschreiben den Zusammenhang zwischen Größen im Modell.

Formeln – Sinn und Unsinn

In den beiden berühmten Formeln $E = m c^2$ und $a^2 + b^2 = c^2$ hat das Symbol c jeweils eine andere Bedeutung.

Die Formel $E = m c^2$ kann verwendet werden, um Energie E und Massendifferenz m ineinander umzurechnen. Sie gilt universell (also auch bezüglich der Massenzunahme eines Fußgängers aufgrund seiner kinetischen Energie), sie hat aber eine praktische Bedeutung nur bei Geschwindigkeiten nahe der

Lichtgeschwindigkeit und bei Kernprozessen. Das Symbol c bezeichnet hier die Lichtgeschwindigkeit.

Die Formel $a^2 + b^2 = c^2$ gilt in rechtwinkligen Dreiecken in einer ebenen Geometrie, c ist dabei die Länge der Hypotenuse. Diese Formel kann auch verwendet werden, um rechtwinklige Dreiecke mit ganzzahligen Seitenlängen (pythagoreische Tripel) zu bestimmen. Die Formel gilt in nicht-ebenen Geometrien nicht mehr (z. B. bei rechtwinkligen Dreiecken vom Pol zu zwei Punkten am Äquator).

Die algebraisch herleitbare Formel $E = m(a^2 + b^2)$ ist einfach Unsinn, da die Symbole c in den beiden Formeln ganz unterschiedliche Bedeutung (Semantik) haben.

2.3.2 Modellbildung

„Dessine-moi un mouton“ mit diesen Worten wendet sich der kleine Prinz an den Flieger Saint-Exupery, der zuvor schon seine Unfähigkeit zu Zeichnen illustriert hat. Genauso hilflos, wie wir vor der Aufgabe stehen, ein Schaf zu zeichnen, stehen wir vor der Modellierung eines schwierigen Problems oder einer komplizierten Struktur. Im fertigen Modell die Realität zu erkennen, ist dann so einfach, wie auf dem Bild das Schaf zu erkennen.

Die Modellbildung geschieht in mehreren Schritten, die im Folgenden kurz beschrieben werden. Dabei können sich Fehler (Mismodelling) in allen Schritten einschleichen.

- Erkenntnisgewinn und Schaffung eines internen mentalen Modells: Das Modell entsteht im Kopf des Bearbeiters durch die Betrachtung unterschiedlicher Aspekte und Perspektiven aus verschiedenen Informationsquellen und im Allgemeinen auch zu unterschiedlichen Situationen.
- Strukturierung und Abstraktion: Das mentale Modell wird in geeigneter Form durch Texte, Grafiken, Zahlen und Formeln niedergeschrieben. Damit kann auch eine Kommunikation zwischen mehreren Bearbeitern stattfinden. In diesem Prozessschritt werden als unwesentlich erkannte Aspekte weggelassen und Strukturen geschaffen.
- Formalisierung: Um zu einem mathematischen Modell zu kommen, werden mathematische Formalismen ausgewählt oder geschaffen. Das Modell wird formal niedergeschrieben (Syntax) und der Bezug der Größen zur Realität (Semantik) wird dokumentiert, Dabei muss der Zweck des Modells bzw. des Atlas (Pragmatik) im Auge behalten werden.

- Prüfung. Jedes Modell muss bezüglich seiner Korrektheit (Syntax), Gültigkeit (Semantik) und des Nutzens (Pragmatik) überprüft werden. Modelle lassen sich nicht beweisen. Man kann die Gültigkeit eines Modells nur testen, indem man es anwendet. Tauchen Widersprüche zur Realität auf, ist das Modell (zumindest für diesen Gültigkeitsbereich) falsifiziert.
- **Mismodelling** Mismodelling ist der wichtigste Grund für eine fehlerhafte Anwendung der Mathematik.

2.4 Mensch

Der Mensch ist im Management die wichtigste Größe

Der Mensch betreibt Mathematik und Management. Das Themenfeld Mensch ist im Zusammenhang mit Mathematik und Management sehr umfangreich. Wir wollen uns hier auf die Themen Kreativität und Heuristik begrenzen. Der Mensch als Objekt von Management und Mathematik wird uns später noch begegnen.

2.4.1 Intelligenz und Kreativität

Mathematik ist nicht nur trocken und rational, Mathematik ist vor allem kreativ. Mathematiker brauchen Intuition und Kreativität um Strukturen zu erkennen oder zu schaffen, Konzepte und Zusammenhänge zu entwickeln und in Begriffe zu fassen sowie Beweise und Lösungswege zu finden.

Die Verwendung von Zeichen ist für die Sprache und das Denken wichtig. Die Mathematik nutzt nicht nur diese Zeichen, sie kann auch den Umgang mit den Zeichen formalisieren.

Ein wichtiger Aspekt der Kreativität ist die Heuristik der mathematischen Beweisfindung. Die Kunst der Lösungsfindung und der Strukturierung ist das, was den Mathematiker eigentlich ausmacht.

In Abschn. 2.1.2 wurde bereits der Begriff der Heuristik (eigentlich zwei Begriffe mit gleicher Benennung) eingeführt. Dazu ein einfaches Beispiel:

Heuristik des nächsten Nachbarn

Im Rundreiseproblem (Handlungsreisender), bei dem jeder Punkt eines Graphen (z. B. Städte auf der Landkarte) einmal angefahren werden muss, besteht eine einfache Heuristik darin, vom Start ab immer den jeweils nächsten Nachbarn, d. h. den vom derzeitigen Punkt aus kürzesten Weg, zu wählen. Einfache

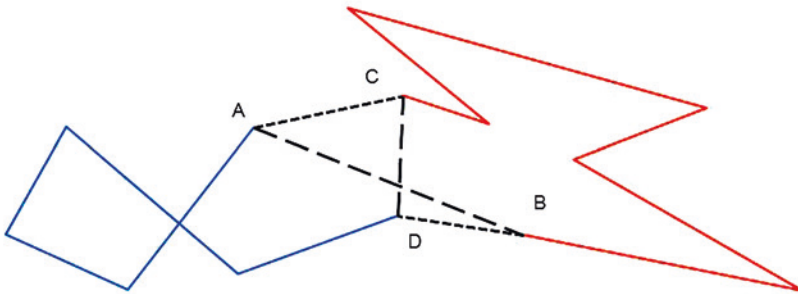


Abb. 2.3 Heuristik zum Finden kürzerer Wege

Beispiele zeigen, dass diese Heuristik im Normalfall nicht den kürzesten Weg findet. Dessen Berechnung ist aber deutlich aufwendiger.

Heuristiken helfen weiterhin, eine gefundene Lösung zu verbessern. Eine einfache Verbesserungsheuristik besteht darin, jeweils zwei Strecken AB und CD zu nehmen und zu testen, ob nicht die Kombination AC und BD einen kürzeren Weg ergibt. Auf einem ebenen Graphen eliminiert dieses in Abb. 2.3 visualisierte Verfahren dies beispielsweise Kreuzungen von Strecken.

2.4.2 Kommunikation

Ein wichtiger Aspekt im Management ist die Kommunikation. Manager müssen Mitarbeiter führen und ihre Entscheidungen zur Umsetzung bringen.

Dabei spielt die Strukturierung von Sachverhalten eine wichtige Rolle. Kein Mensch kann „die gesamte Realität“ erklären, jede Erklärung und jede Anweisung ist darauf angewiesen, Inhalte zu vereinfachen. Auch die Planung und deren Kommunikation und Umsetzung beruht auf mathematischem Denken in unterschiedlichen Ebenen.

Pläne sind Modelle der Zukunft

Ein wichtiges Hilfsmittel für die Kommunikation sind Graphen und grafische Darstellungen Abschn. 3.2.2, da sie einerseits intuitiv verständlich sind und es andererseits erlauben, komplexe Inhalte zu strukturieren.

2.5 Management

Management ist Zielerreichung

Management – als Aufgabe und als Begriff – ist vielschichtig. Letztendlich geht es aber immer um den Umgang von Menschen untereinander und mit gemeinsamen Ressourcen zur Erreichung von Zielen. Aus den vielen möglichen Definitionen kann die folgende kompakte Definition extrahiert werden:

► Management ist die zielgerichtete Führung von Organisationen.

2.5.1 Der Begriff des Managements

Management entweder als eine Institution bzw. Gruppe von Personen (das Management, top/middle/lower management, die Manager) oder als eine Funktion bzw. als Menge von Aufgaben (Führen, Entscheiden, Organisieren) betrachtet werden.

Dabei beinhaltet der Oberbegriff Führung (auch im Sinne der Unternehmensführung) eine ganze Reihe von Aufgaben, die sach- oder personenbezogen sein können:

- Zielsetzung und Zielfindung
- Mitarbeiterführung und Kommunikation
- Gestaltung von Strukturen und Prozessen
- Planung und Kontrolle
- Vertretung und Repräsentation.

Die in der Definition angesprochenen Organisationen oder Institutionen können sein:

- Wirtschaftsunternehmen
- Staatliche Organisationen
- Non-Profit Organisationen
- Nicht formal organisierte Gruppen.

2.5.2 Manager

Beim Begriff Management müssen wir unterscheiden zwischen Management als Aufgabe und „dem Management“ als Personengruppe. Außerdem kann sowohl der Manager als Person als auch die Institution Management eher systemorientiert (Managementsysteme) oder personenorientiert (im Sinne der Menschenführung) sein. Während im unteren Management die konkrete Führung von ausführenden Mitarbeitern und das konkrete Treffen von operativen Entscheidungen im Vordergrund stehen, tritt dies beim mittleren Management zugunsten von strukturellen Entscheidungen zurück, während für das Top-Management die strategische Entwicklung und Zielsetzung sowie die Kommunikation nach innen und außen charakteristisch sind.



<http://www.springer.com/978-3-658-19663-9>

Mathematik für Manager
Erfolg durch Mathematisches Denken
Holzbaur, U.
2018, VIII, 103 S. 17 Abb., Softcover
ISBN: 978-3-658-19663-9