
Data Warehousing und Data Mining

Eine Einführung in entscheidungsunterstützende Systeme

Interaktive Folien zu Kapitel 3
Was-Wenn-Analyse

Was-Wenn-Analyse



**Was geschieht,
wenn . . . ?**

Was geschieht, wenn der Warenaufwand um 20% steigt ?

Einordnung

Nutzwertanalyse am Beispiel von AHP





✓ Kioskstandort  , Personalauswahl 

⇒ **Was-Wenn-Analyse**





⇒ Erfolgsrechnung, ROI-Analyse

⇒ Anzeigenplanung , Produktionsplanung 

Regelbasierte Systeme

- Spesen , Betriebskredit 
- Regelverkettung  

Data Warehouses

- Anlageberatung  
- Lieferfrist, Handel, Verkauf  

Data Mining - Ein Überblick

- Zeitschriften , Bank 

Regelinduktion

- Spesen , Bonitätsklassifikation  

Neuronale Netze




- Bonitätsklassifikation , Bonitätsvorhersage 
- EindimPerzeptron  , ZweidimPerzeptron  
- MehrklassPerzeptron  
- MehrstufPerzeptron  

Unterrichtsmaterial

Software

- *MS Excel*
(einfache Was-Wenn-Analyse und lineare Optimierung)

Beispiele und Aufgaben

- Erfolgsrechnung 
- Anzeigenplanung 
- Produktionsplanung 

Produktinformation

- <http://www.microsoft.com/>

Elementare Verfahren

Elementare Verfahren an ERFOLGSRECHNUNG

⇒ Einfache Neuberechnung	<u>9</u>
⇒ Mehrfachoperation	<u>10</u>
⇒ Szenario	<u>11</u>
⇒ Einfache Zielwertsuche	<u>12</u>

Optimierung an ANZEIGENPLANUNG

• Problem	<u>20</u>
• Modell	<u>21</u>

ERFOLGSRECHNUNG - Fallbeispiel

Entscheidungsunterstützung durch das Rechnungswesen



Erfolgsrechnung := Teil der Abschlussrechnung, ...

- ✓ der den Erfolg (Gewinn oder Verlust)
- ✓ aus dem Ertrag und dem Aufwand ermittelt



Planerfolgsrechnung := zukunftsgerichtete Erfolgsrechnung, ...

- ✓ die auf der Planerlösrechnung und
- ✓ der Plankostenrechnung aufbaut



WIE ändert sich ein **Zielwert**, z.B. der Erfolg,

WENN sich **Ausgangswerte**, z.B. Aufwandsposten, ändern?

Welche Operationen zur Was-Wenn-Analyse stellen Tabellenkalkulationspakete bereit?

WAS ändert an den **Zielwerten**,



WENN sich **Ausgangswerte** ändern?

Unterscheidungskriterien für Was-Wenn-Methoden

- *Wieviele* **Wenn-Variablen** sind erlaubt ?
- Wieviele **Konstellationen** von Ausgangswerten lassen sich *simultan* analysieren ?
- Lassen sich **Ausgangswerte** *automatisch* in Richtung eines Zielwerts ändern ?

Entscheidungen mit der Tabellenkalkulation

Tabellenkalkulatorische Was-Wenn-Analysen vor allem für ...

- **sichere** Entscheidungen
- **quantitative** Entscheidungen
- **wohlstrukturierte** Entscheidungen
- **adaptive** Entscheidungen
- einen **mittleren** Automatisierungsgrad

3.1 ① Einfache Neuberechnung

Bruttogewinn		=Warenenertrag-Warenaufwand	
	A	B	
1	<u>Einstufige Erfolgsrechnung</u>		
3	Warenenertrag	1000	
4	Warenaufwand	600	
5	Bruttogewinn	400	
6			
7	Gegeben (Daten)		
8	Gesucht (Formelergebnis)		
9			

WAS ändert sich am **Bruttogewinn** (Zielwert, Was-Wert) ...



WENN der **Warenenertrag** ändert (Ausgangswert, Wenn-Wert)?

Eine Neuberechnung ist flexibel, aber benutzer~~un~~freundlich, weil sie **unabhängige** Variablen nur **sukzessive** variieren kann¹

 [Erfolgsrechnung.xls](#)

1 Jede Änderung löscht die bisherige Variante

3.2 ② Mehrfachoperation

A3		=WE-WA			
	A	B	C	D	E
1	<u>Einstufige Erfolgsrechnung</u>				
3	0	1000	1200	1400	
4	600	400	600	800	Dummy für WE ↑
5	800	200	400	600	
6	1000	0	200	400	
7		← Dummy für WA			
8					
9	Warenaufwand	(Datenzellen)			
10	Warenenertrag	(Datenzellen)			
11	Bruttogewinne	(Ergebnis der Mehrfachoperation in Zelle A3)			
12		(Zellen, welche die Mehrfachoperation definieren)			

WAS ändert sich am **Bruttogewinn** ...



WENN sich **Warenaufwand** und **Warenenertrag** ändern ?

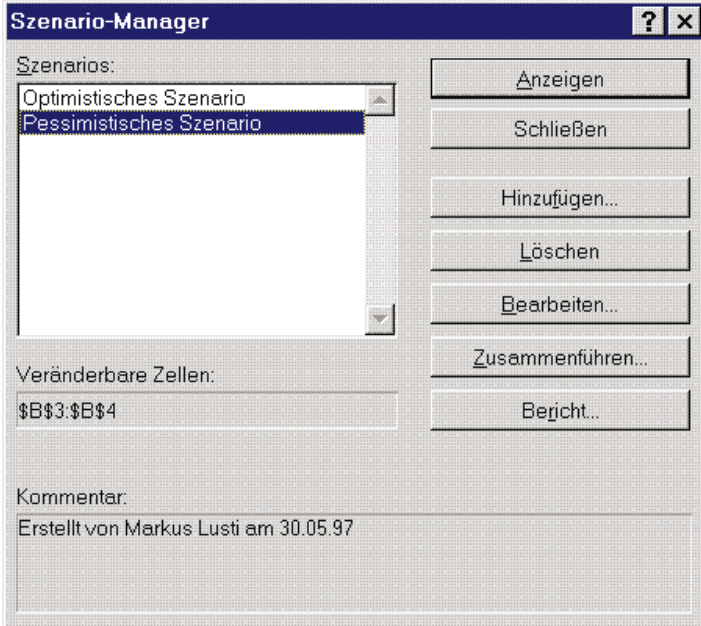
Mehrfachoperationen sind benutzerfreundlich, weil sie Daten **simultan** statt sukzessive variieren. Sie sind aber **speziell**, weil sie nur *zwei* unabhängige Variablen ändern können ¹



¹ Mehrfachoperation auch mit 1 unabh. und 2 abh. Variablen möglich

3.3 ③ Szenario

	A	B
1	<u>Einstufige Erfolgsrechnung</u>	
2		
3	Warenertrag	1000
4	Warenaufwand	700
5	Bruttogewinn	300
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		



WAS ändert sich an einem **Formelergebnis** ...



WENN ein **Datensatz** (z.B. ein pessimistisches Szenario) einen anderen Datensatz (z.B. ein optimistisches) ersetzt ?

Szenarien sind **benutzerfreundlich** und **allgemein**, weil sie *beliebig viele* **unabhängige** Variablen variieren



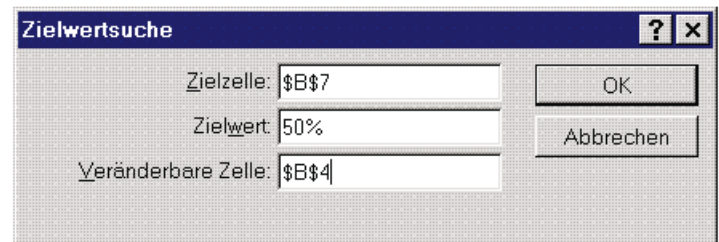
3.4 ④ Einfache Zielwertsuche

Einstufige Erfolgsrechnung

Waren ertrag	1000
Warenaufwand (unabhängige Variable)	600
Bruttogewinn	400

Handelsmarge (Zielwert)

40%



Fragestellung umkehren → WAS ... **DAMIT** ...

WAS muss sich am **Warenaufwand** ändern ...



DAMIT sich das **Formelergebnis** von 40% auf 50% ändert ?

(How to achieve . . . ?)

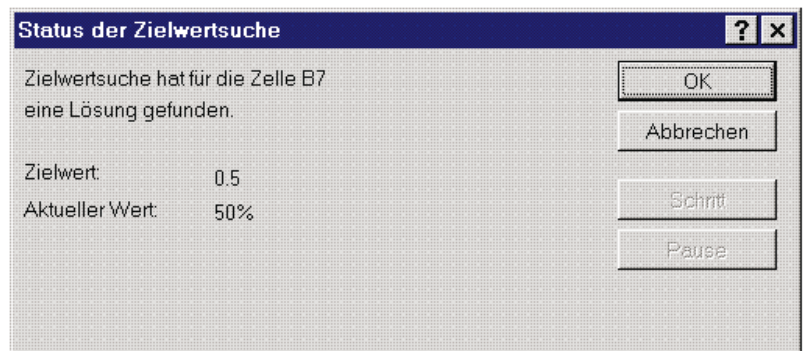
3.4 Ergebnis der Zielwertsuche

Einstufige Erfolgsrechnung

Warenenertrag	1000
Warenaufwand (unabhängige Variable)	500
Bruttogewinn (unabhängige Variable)	500

Handelsmarge (Zielwert)

50%



Die Zielwertsuche variiert ein **Formelergebnis** solange, bis ein **gewählter Zielwert** erreicht wird. Sie ist **speziell**, weil sie nur eine **einzige unabhängige** Variable ändern kann




›Optimierungsverfahren ändern *mehrere* unabhängige Variablen

Shareholder & Value AG hat soeben ihren Jahresabschluss erstellt und eine Eigenkapitalrentabilität von 8% ermittelt. Damit bleibt die Firma weit hinter den Erwartungen der Aktionäre zurück, denn der Branchenkonkurrent (Pleite & Geier AG) hat mit 12% ein besseres Ergebnis erzielt.

Eine Kennzahlenanalyse soll untersuchen, wie das gewünschte Ergebnis von mindestens 13% (Was-Wert) mit den nächsten Bilanzdaten (Wenn-Werte) erreicht werden kann. Verwenden Sie dazu die elementaren Verfahren der Was-Wenn-Analyse: Einfache Neuberechnung, Mehrfachoptionen, Szenarien und Zielwertsuche.

Öffnen Sie  [ROISkelett.xls](#). Sie erhalten auf drei Arten Hilfe:

- Wenn Sie den Cursor auf ein Toolbar-Symbol positionieren, erscheint eine Kurzbeschreibung des Symbols.
- Ausführliche Hilfe erhalten Sie, wenn Sie auf einem Menüpunkt *Shift/F1* drücken.
- Mit dem Cursor auf der orangen Zelle “Hilfe” können Sie eine Anleitung zum Problem “ROI” lesen. Für Details bewegen Sie den Cursor über Zellen mit .

1. Einfache Neuberechnung

- a) Das Tabellenblatt ROI-Schema enthält das ROI-Kennzahlensystem von Shareholder & Value. Die roten Werte sind gegeben (unabhängige Variablen) und die blauen berechnet (abhängige Variablen). Die Berechnung erfolgt von rechts nach links mit den abgebildeten Operatoren. Verändern Sie die unabhängigen Werte und beobachten Sie die Auswirkungen (zum Beispiel auf die Eigenkapitalrentabilität).
- b) Setzen Sie die unabhängigen Variablen mit der Schaltfläche “Initialisiere” auf die Ausgangswerte zurück. Ändern Sie sinnvolle un-

abhängige Variablen so, dass eine Eigenkapitalrentabilität von 13% erzielt wird.

- c) Der Leverage-Effekt besagt folgendes: Wenn die Gesamtkapitalrentabilität grösser als der Fremdkapitalzinssatz ist, dann steigt die Eigenkapitalrentabilität mit zunehmendem Verschuldungsgrad (positiver Leverage-Effekt) und umgekehrt.

Veranschaulichen Sie den Leverage-Effekt auf dem Tabellenblatt "Leverage": Im ROI-Schema können Sie den Fremdkapitalzinssatz und den Verschuldungsgrad festlegen. Die vorgegebene Gesamtkapitalrentabilität ist 9.2%. Geben Sie diese 9.2% als Fremdkapitalzinssatz ein und variieren Sie schrittweise den Verschuldungsgrad. Welche Auswirkungen auf die Eigenkapitalrentabilität hat ein zunehmender Verschuldungsgrad? Wiederholen Sie diese Prozedur mit jeweils einem tieferen und einem höheren Fremdkapitalzinssatz.

2. Mehrfachoperation

Im Tabellenblatt "Mehrfachoperation" können Sie mehrere Was-Wenn-Konstellationen vergleichen. Vergleichen Sie die Eigenkapitalrentabilität der sechzehn Paare (Fremdkapitalzins (FKZ) | Fremdkapitalquote (FKQ)). Auf dem Tabellenblatt finden Sie eine vorbereitete Matrix.

- a) Notieren Sie die Formel der Eigenkapitalrentabilität in die Zelle C4.
b) Markieren Sie den Ergebnisbereich C3 bis G7 und wählen Sie den Menüpunkt *Daten/Mehrfachoperation* bzw. *Daten/Tabelle*).

Zusatzaufgabe: Lösen Sie die Aufgabe ohne den Menüpunkt *Daten/Mehrfachoperation* bzw. *Daten/Tabelle*.

3. Szenario

Die Fremdkapitalzinsen der Firma Shareholder & Value sind an die Zinssätze am Geld- und Kapitalmarkt gebunden. Die Experten sind

sich nicht einig, ob die Zinsen steigen oder fallen. Erstellen Sie deshalb zwei Szenarien: Beim ersten fällt der Zinssatz auf 5%, beim anderen steigt er auf 15%. Welche Auswirkungen hat dies auf die Eigenkapitalrentabilität, wenn alle anderen Werte sonst gleich bleiben?

4. Zielwertsuche

Wie hoch darf das Anlagevermögen maximal sein, damit eine Eigenkapitalrentabilität von 13% bei sonst unveränderten Bedingungen (Ausgangslage) erzielt werden kann? (Verwenden Sie den Menüpunkt *Extras/Zielwertsuche*).

5. Ergänzungsaufgabe

Für das nächste Jahr kennen Sie die folgende Information über die unabhängigen Variablen:

	<i>Minimum</i>	<i>Plan</i>	<i>Maximum</i>
<i>Ertrag</i>	740	810	840
<i>Aufwand</i>	730	760	770
<i>Anlagevermögen</i>	260	290	320
<i>Umlaufvermögen</i>	170	190	220
<i>Fremdkapitalzinssatz</i>	7%	10%	12%
<i>Fremdkapitalquote</i>	58%	58%	64%

Erstellen Sie ein Worst Case-, ein Best Case- und ein Planszenario. Überprüfen Sie die Wirkungsweisen der einzelnen Variablen mittels einfacher Neuberechnung im Tabellenblatt "ROI-Schema".

Lineare Optimierung

Elementare Verfahren an ERFOLGSRECHNUNG

- ⇒ Einfache Neuberechnung 9
- ⇒ Mehrfachoperation 10
- ⇒ Szenario 11
- ⇒ Einfache Zielwertsuche 12

Optimierung an ANZEIGENPLANUNG

- Problem 20
- Modell 21

OR zur Entscheidungsunterstützung

Operations Research (Unternehmensforschung) :=

- ✓ Erforschung **mathematischer** Methoden zur
- ✓ Unterstützung **komplexer** Entscheidungen
Entscheidungsfindung und weniger -vorbereitung
- ✓ mit dem Ziel der **computergestützten**
- ✓ Anwendung in der **betrieblichen** Praxis

Die Grenze zwischen OR und Nachbardisziplinen wie Data Mining, KI und Statistik ist unscharf

OR - Anwendungen und Methoden

Anwendungen

- ✓ Warteschlangen ("Staus")
z.B. in Kommunikationsnetzen
- ✓ Zuverlässigkeit (Ausfallsicherheit) technischer Systeme
- ✓ Lagerhaltung
- ✓ Netzplantechnik
- ✓ Prozesstechnik
- ✓ ...

Funktionsbereiche

- ✓ Produktion
- ✓ Lagerhaltung
- ✓ Absatz
- ✓ ...

Methoden

- ✓ ›Optimierung →
- ✓ Simulation
- ✓ Szenario-Techniken
- ✓ ›Entscheidungsbaum

...

3.5 📌 ANZEIGENPLANUNG - Fallbeispiel

Eine Unternehmung plant eine Kampagne in sechs Zeitungen der deutschsprachigen Schweiz. Der Finanzrahmen beträgt **500'000.-**. In jedem Organ erscheinen mindestens **6** Anzeigen. Insgesamt sollen mindestens **4 Mio.** Leser erreicht werden. Jede Zeitung berechnet unterschiedliche Preise pro Anzeige. Ausserdem sollen auf eine Zeitung nicht mehr als **40%** der Ausgaben fallen, und die Kosten für den Zürcher Anzeiger und das Basler Tagblatt dürfen nicht grösser als **330'000.-** sein.

	Kosten pro Anzeige	Leser pro Anzeige
1. Zürcher Anzeiger	5'950	49'000
2. Basler Tagblatt	5'200	43'000
3. Berner Bote	4'550	36'500
4. Mittelland	3'800	30'500
5. Nordostschweiz	4'000	29'000
6. Winterthurer Blatt	2'640	20'000

Wie viele **Anzeigen pro Zeitung** müssen erscheinen, damit das **Total der Anzeigenkosten möglichst tief** ausfällt?

① Stellen Sie das Problem in **mathematischer** Notation dar:

- **Zielwert**, der optimiert (minimiert oder maximiert) werden soll
- **Unabhängige Variablen** (unabhängige Variablen), die solange geändert werden, bis das Ziel erreicht wird
- Nebenbedingungen (Beschränkungen), die bei der Zielloptimierung gelten sollen.

② Stellen Sie die Aufgabe in der **Tabellenblatt**-Notation dar

📄 [Anzeigenplanung.xls](#)

Mathematisches Modell I

Problem

Eine Unternehmung plant eine Werbekampagne in sechs Zeitungen der deutschsprachigen Schweiz. Der Finanzrahmen beträgt **500'000**. In jedem Organ erscheinen mindestens **6** Anzeigen. Insgesamt sollen mindestens **4 Mio.** Leser erreicht werden. Jede Zeitung berechnet unterschiedliche Preise pro Anzeige. Ausserdem sollen auf eine Zeitung nicht mehr als **40%** der Ausgaben fallen, und die Kosten für den Zürcher Anzeiger und das Basler Tagblatt dürfen nicht grösser als **330'000** sein.

Wieviele **Anzeigen pro Zeitung** (unabhängige Variablen) müssen erscheinen, damit das **Total der Anzeigenkosten** (Zielwert) **möglichst tief** ausfällt?

Modell 1. Teil

a) Unabhängige Variablen

x_1, \dots, x_6 (x_i = Zahl der Anzeigen in Zeitung i)

b) Zielfunktion

Kostentotal = 5'950 x_1 + 5'200 x_2 + 4'550 x_3 + 3'800 x_4 + 4'000 x_5 + 2'640 x_6 → Minimum



Nebenbedingungen?

Mathematisches Modell II

Problem

Eine Unternehmung plant eine Werbekampagne in sechs Zeitungen der deutschsprachigen Schweiz. Der Finanzrahmen beträgt **500'000**. In jedem Organ erscheinen mindestens **6** Anzeigen. Insgesamt sollen mindestens **4 Mio.** Leser erreicht werden. Jede Zeitung berechnet unterschiedliche Preise pro Anzeige. Ausserdem sollen auf eine Zeitung nicht mehr als **40%** der Ausgaben fallen, und die Kosten für den Zürcher Anzeiger und das Basler Tagblatt dürfen nicht grösser als **330'000** sein.

Modell 2. Teil

c) Nebenbedingungen

(1) Minimale Anzeigenzahl pro Zeitung

$$x_1, \dots, x_6 \geq 6 \quad (x_i = \text{Zahl der Anzeigen in Zeitung } i)$$

(2) Maximales Kostentotal

$$\text{Kostentotal} \leq 500'000$$

(3) Maximales Budget Zürcher Anzeiger und Basler Tagblatt

$$5'950 x_1 + 5'200 x_2 \leq 330'000$$

(4) Maximaler Kostenanteil pro Zeitung

Für alle Anzeigen i gilt: $\text{Kosten}_i \cdot x_i \leq$

$$0.4 (5950 x_1 + 5'200 x_2 + 4'550 x_3 + 3'800 x_4 + 4'000 x_5 + 2'640 x_6)$$

(5) Minimales Lesertotal

$$49'000 x_1 + 43'000 x_2 + 36'500 x_3 + 30'500 x_4 + 29'000 x_5 + 20'000 x_6 \geq 4'000'000$$

3.6 Tabellenkalkulationsmodell

Anzeigenkosten minimieren

Ausgangslage

Eine Unternehmung plant eine Anzeigenkampagne in sechs Zeitungen der deutschsprachigen Schweiz. Der Finanzrahmen beträgt 500'000. In jedem Organ erscheinen mindestens 6 Anzeigen. Insgesamt sollen mindestens 4 Mio. Leser erreicht werden. Jede Zeitung berechnet unterschiedliche Preise pro Anzeige. Ausserdem sollen auf eine Zeitung nicht mehr als 40% der Ausgaben fallen, und die Kosten für den Zürcher Anzeiger und das Basler Tagblatt dürfen nicht grösser als 330'000 sein.

Wieviele Anzeigen müssen in jeder Zeitung erscheinen, damit das **Total der Anzeigenkosten** möglichst tief ausfällt?

Daten (Zielfunktion umrandet, Variablen unterstrichen, Hilfskonstanten fett, Formelergebnisse normal)

Zeitung	1 Kosten/Anzeige	<u>2 Anzeigen</u>	3 Kosten	4 Kostenanteil	5 Leser/Anzeige	6 Leser
Zürcher Anzeiger	5.950	<u>6</u>	35.700	22,8%	49.000	294.000
Basler Tagblatt	5.200	<u>6</u>	31.200	19,9%	43.000	258.000
Berner Bote	4.550	<u>6</u>	27.300	17,4%	36.500	219.000
Mittelland	3.800	<u>6</u>	22.800	14,5%	30.500	183.000
Nordostschweiz	4.000	<u>6</u>	24.000	15,3%	29.000	174.000
Winterthurer Blatt	2.640	<u>6</u>	15.840	10,1%	20.000	120.000
3a Gesamtkosten			156.840	6a Lesertotal		
3b Kosten Zürich+Basel			66.900			

Minima und Maxima der Nebenbedingungen (Die Numerierung entspricht jener der obigen Datenspalten)

2	Anzeigen/Zeitung >=	6
3a	Budgettotal <=	500.000
3b	Budget Zürich+Basel <=	330.000
4	Kostenanteil/Zeitung <=	40,0%
6a	Lesertotal >=	4.000.000

Die Optimierung ist eine Verallgemeinerung der Zielwertsuche

WAS müssen **unabhängige Variablen** für Werte annehmen



DAMIT ein **Zielwert** unter Nebenbedingungen optimiert werden kann?

Die Optimierung ist **allgemein**, weil sie *beliebig viele* **unabhängige Variablen** unter Nebenbedingungen variiert

3.7 Solverdialog

Solver-Parameter

Zielzelle:

Zielwert: ☐ Max ☒ Min ☐ Wert:

Veränderbare Zellen:

Nebenbedingungen:

- Anzeigen = Ganzzahlig
- Anzeigen >= Anzeigenminimum
- Kosten <= 0.4*Kostentotal
- Kosten_ZH_BS <= Kostenmaximum_ZH_BS
- Kostentotal <= Kostenmaximum

Buttons: Lösen, Schließen, Optionen..., Zurücksetzen, Hilfe, Schätzen, Hinzufügen, Ändern, Löschen

Das Optimierungsmodell *Anzeigenplanung* ist **ganzzahlig**, weil die unabhängigen Variablen nur ganzzahlig sinnvoll sind (Bruchteile von Anzeigen sind nicht möglich)¹

¹ Die ganzzahlige Optimierung heisst auch *diskrete* Optimierung

Ergebnis

Anzeigenkosten minimieren

Ausgangslage

Eine Unternehmung plant eine Anzeigenkampagne in sechs Zeitungen der deutschsprachigen Schweiz. Der Finanzrahmen beträgt 500'000. In jedem Organ erscheinen mindestens 6 Anzeigen. Insgesamt sollen mindestens 4 Mio. Leser erreicht werden. Jede Zeitung berechnet unterschiedliche Preise pro Anzeige. Ausserdem sollen auf eine Zeitung nicht mehr als 40% der Ausgaben fallen, und die Kosten für den Zürcher Anzeiger und das Basler Tagblatt dürfen nicht grösser als 330'000 sein.

Wieviele Anzeigen müssen in jeder Zeitung erscheinen, damit das **Total der Anzeigenkosten** möglichst tief ausfällt?

Daten (Konstanten fett, Formelergebnisse normal. Variablen unterstrichen. Zielfunktion umrandet)

Zeitung	Kosten/Anzeige	2 Anzeigen	3 Kosten	4 Kostenanteil	5 Leser/Anzeige	6 Leser
Zürcher Anzeiger	5'950	<u>23</u>	136'850	27.8%	49'000	1'127'000
Basler Tagblatt	5'200	<u>37</u>	192'400	39.0%	43'000	1'591'000
Berner Bote	4'550	<u>8</u>	36'400	7.4%	36'500	292'000
Mittelland	3'800	<u>23</u>	87'400	17.7%	30'500	701'500
Nordostschweiz	4'000	<u>6</u>	24'000	4.9%	29'000	174'000
Winterthurer Blatt	2'640	<u>6</u>	15'840	3.2%	20'000	120'000
3a Gesamtkosten			492'890		6a Lesertotal	4'005'500
3b Kosten Zürich+Basel			329'250			

Minima und Maxima der Nebenbedingungen

2 Anzeigen/Zeitung >=	6
3a Budgettotal <=	500'000
3b Budget Zürich+Basel <=	330'000
4 Kostenanteil/Zeitung <=	40.0%
6a Lesertotal >=	4'000'000

Ergebnis
 Solver hat eine Lösung gefunden. Alle Nebenbedingungen und Optionen wurden eingehalten.
 Optionen
☒ Lösung verwenden
☐ Ausgangswerte wiederherstellen
 Berichte erstellen
 Antwort
 Sensitivität
 Grenzwert

Fragen

- Wie hat sich der **Zielwert** verändert?
- Wie haben sich die **unabhängigen Variablen** verändert?
- Wie gross wird der Zielwert, wenn Sie die Daten ändern?
(Wie sensitiv ist der Zielwert?)

3.9 Optimierung in *MS Excel*

Wie stellen *Excel* und die Mathematik ein Optimierungsmodell dar?

	<i>MS Excel</i>	<i>Mathematik</i>
<i>Zielfunktion</i>	Formel und Solver-Parameter	Optimierungsvorschrift
<i>Nebenbedingungen</i>	Formeln und Solver-Parameter	Ungleichungen

Solver-Parameter verweisen auf


- ✓ eine **Zelle** - zum Beispiel Kostentotal - oder
- ✓ einen **Zellbereich** - zum Beispiel Anzeigen.

Zuerst werden Sie die ihnen bereits bekannte Lösung *nachvollziehen*. Der zweite Teil gibt Ihnen Gelegenheit, den Solver von *MS Excel* kennen zu lernen.



Lernziele

- ⇒ Erstellung eines linearen Optimierungsmodells nachvollziehen
- ⇒ Konfiguration des Solver-Modells nachvollziehen und erkunden

1. Solver geleitet kennen lernen

Laden Sie  [Anzeigenplanung.xls](#). Falls Sie direkt von der CD ROM oder vom Server laden, speichern Sie die Datei mit “File/Save As ...” auf Ihre Festplatte (zum Beispiel auf D:\).

Sie erhalten auf drei Arten Hilfe:

- Wenn Sie den Cursor auf ein Toolbar-Symbol positionieren, erscheint eine Kurzbeschreibung des Symbols.
 - Ausführliche Hilfe erhalten Sie, wenn Sie auf einem Menüpunkt *Shift/F1* drücken.
 - Mit dem Cursor auf der orangenen Zelle “Hilfe” können Sie eine Anleitung zum Problem “Anzeigenplanung” lesen. Für Details bewegen Sie den Cursor über Zellen mit .
- a) Beschreiben Sie die Bedeutung aller Spalten, Zeilen, Zellen und Formeln, ohne gleich die Zellenkommentare () zu lesen. Identifizieren Sie insbesondere den Zielwert, die unabhängigen Variablen, die Nebenbedingungen, die Hilfsdaten und die Nebenergebnisse.
- b) Vergleichen Sie die symbolische Notation mit der Tabellenblatt-Notation.
- c) Inspizieren Sie das Optimierungsmodell von MS Excel (Klicken Sie dazu auf den Zielwert und wählen Sie *Extras/Solver ...*).

2. Solver selbständig erkunden

- d) Testen Sie das Optimierungsmodell durch experimentelles Ändern der Hilfsdaten.
- e) Testen Sie das Optimierungsmodell durch experimentelles Ändern der Solver-Parameter, insbesondere der Nebenbedingungen.

Anwendungsschwerpunkte der Optimierung

Beispiele nach Branchen

- ✓ Eisen- und Stahlindustrie
- ✓ Chemische Industrie
- ✓ Nahrungs- und Genussmittelindustrie

Beispiele nach Funktionsbereichen

Produktion

- ✓ Produktionsprogramm-Planung
- ✓ Zuschnittplanung

Absatz

- ✓ Transportplanung (Routenplanung)

Beschaffung und Lagerhaltung

- ✓ Ermittlung der optimalen Bestellmenge
- ✓ Ermittlung des optimalen Lagerbestands
- ✓ Transportplanung

Skalare Verallgemeinerung

Gegeben (zum Beispiel *Kosten pro Anzeige*)

Gesucht (im Fallbeispiel *Zahl der Anzeigen*)

a) Unabhängige Variablen

x_1, \dots, x_n

b) Lineare Zielfunktion

$c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \text{Minimum}$

c) Lineare Nebenbedingungen

$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$

$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$

...

$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$

Umformungen erweitern das Modell

Fragen

Gilt das lineare Optimierungsmodell auch für ...

- ⇒ Maximum-Zielfunktionen ?
- ⇒ Nebenbedingungen mit \geq ?
- ⇒ Nebenbedingungen mit $=$?

Antworten

Formen Sie Zielfunktion und Nebenbedingungen entsprechend um

- Multiplikation einer Maximum-Zielfunktion mit -1 ergibt eine Minimum-Zielfunktion (und umgekehrt)
- Eine Ungleichung mit \geq lässt sich durch Multiplikation mit -1 in eine Ungleichung mit \leq umformen (und umgekehrt)
- Eine Gleichung lässt sich durch eine erste Ungleichung, die $=$ durch \geq ersetzt und eine zweite Ungleichung, die $=$ durch \leq ersetzt, darstellen

8, 7

Linearität des Modells Anzeigenplanung

Lineare (Un)Gleichungen enthalten nur ...

- a) Variablen in *erster* Potenz (z.B. nicht x^2)
- b) die *nicht* miteinander multipliziert sind (z.B. nicht $x_1 x_2$)

Die **lineare Optimierung** erfordert ...

- ⇒ eine lineare **Zielfunktion**
- ⇒ lineare **Nebenbedingungen**:

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n \leq b_i$$

Ist die Nebenbedingung (4) linear?

Der **Kostenanteil** pro Zeitung darf nicht grösser sein als **40%** des **Kostentotal**s. Das heisst für den Zürcher Anzeiger ...

$$5950 * x_1 \leq 0.4 * \text{Kostentotal}$$



$$5950 * x_1 \leq 0.4 * (5950 x_1 + 5'200 x_2 + 4'550 x_3 + 3'800 x_4 + 4'000 x_5 + 2'640 x_6)$$



Die Nebenbedingung (4) ist linear, weil ...

$$0.6 * 5950 x_1 + 0.4 * (5'200 x_2 + 4'550 x_3 + 3'800 x_4 + 4'000 x_5 + 2'640 x_6) \geq 0$$

Vektorielle Verallgemeinerung

① Zielfunktion

$$\mathbf{c} \mathbf{x} \rightarrow \text{Minimum}$$

$$\mathbf{c} = [c_1, c_2, \dots, c_n]$$

Zeilenvektor der gegebenen
Koeffizienten (*Anzeigekosten*)

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]$$

Spaltenvektor der gesuchten
Variablen (*Anzeigenzahlen*)

② Nebenbedingungen

$$\mathbf{A} \mathbf{x} \leq \mathbf{b}$$


$$\mathbf{A} = \begin{matrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n} \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n} \\ \dots \\ a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn} \end{matrix}$$

Matrix der gegebenen
Nebenbedingungskoeffizienten
(*Leser pro Zeitung*)

$$\mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_m]$$

Spaltenvektor der gegebenen
Nebenbedingungskoeffizienten
(*Total der Leser*)

Aufgabe: Formulieren Sie das Modell der *Anzeigenplanung* vektoriell

Laden Sie  [ProduktionsplanungSkelett.xls](#). Falls Sie direkt von der CD ROM oder vom Server laden, speichern Sie die Datei mit "File/Save As ..." auf Ihre Festplatte (zum Beispiel auf D:\). Die Arbeitsmappe enthält Lücken. Vervollständigen Sie das Tabellenblatt und erstellen Sie das Solver-Modell zum untenstehenden Problem.

Lernziele

- ⇒ Ein lineares Optimierungsmodell erstellen
- ⇒ Das entsprechende Solver-Modell konfigurieren
- ⇒ Sensitivität prüfen

A Problem

Ein Betrieb kann aus **2 Materialien** **3 Produkte** erstellen. Vom Material **M** sind maximal **50** Einheiten verfügbar, und es müssen mindestens **35** Einheiten davon verbraucht werden. Vom Material **N** verfügt der Betrieb über maximal **70** Einheiten. Davon müssen mindestens **40** verbraucht werden.

Zur Herstellung einer Einheit des Produkts **P** benötigt man **2** Einheiten des Materials **M** und **1** des Materials **N**. Für **1** Einheit des Produkts **Q** werden **3** Einheiten des Materials **M** und **2** Einheiten des Materials **N** gebraucht. Für **1** Einheit des Produkts **R** benötigt der Betrieb **4** Einheiten des Materials **M** und **5** Einheiten des Materials **N**. Die Herstellungskosten je **1** Einheit der Produkte **P**, **Q** und **R** seien **30.-**, **20.-** und **10.-**.

Ermitteln Sie den **kostenminimalen Produktionsplan!**

B Aufgabe


1. Modellieren

Entwerfen Sie das Optimierungsmodell:

- a) Legen Sie die unabhängigen Variablen fest.
- b) Formulieren Sie die Zielfunktion.
- c) Formulieren Sie die Nebenbedingungen.

2. Tabellenblatt implementieren

Sie erhalten in MS Excel auf drei Arten Hilfe:

- Wenn Sie den *Cursor* auf ein Toolbar-Symbol positionieren, erscheint eine Kurzbeschreibung.
- Ausführliche Hilfe erhalten Sie, wenn Sie auf einem Menüpunkt *Shift/F1* drücken.
- Wenn Sie den Cursor auf die orange Zelle *Hilfe* bewegen, erscheint eine Anleitung zum Problem Produktionsplanung. Für Details bewegen Sie den Cursor über Zellen mit .

Stellen Sie das Optimierungsmodell auf dem Tabellenblatt dar:

d) Die Spalten beschreiben ...

- Produkt P
- Produkt Q
- Produkt R.

e) Die Zeilen beschreiben ...

- die Produktionsmengen
- den Materialverbrauch pro Einheit und
- die Herstellungskosten pro Einheit.

f) Die Tabelle berechnet in Abhängigkeit der Produktionsmengen ...

- den Materialverbrauch

- die Herstellungskosten pro Produkt und
 - das Kostentotal.
- g) Erstellen Sie zusätzliche Felder mit den Konstanten für die Ressourcenbeschränkung und den Mindestverbrauch beider Rohmaterialien.

3. Solver konfigurieren

- h) Wählen Sie die *Solver*-Parameter und -Optionen (*Extras/Solver*).
- i) Lassen Sie die Lösung von *Solver* berechnen.

4. Lösung beurteilen (*Sensitivitätsanalyse*)

- j) Beobachten Sie die Wirkung geringfügiger Datenänderungen.
- k) Weshalb sind Sie als Unternehmer allenfalls mit dem Ergebnis unzufrieden? Was würden Sie ändern?

5. Modell ändern

- l) Wie wirkt sich eine Erhöhung der Herstellungskosten für Produkt R von 10.- auf 20.- aus.
- m) Sie möchten von jedem Produkt mindestens zwei Stück produzieren. Ändern Sie das Modell. Nehmen Sie dabei die folgenden Gewinne an:
- Produkt P: 15.- pro Einheit
 - Produkt Q: 10.- pro Einheit
 - Produkt R: 5.- pro Einheit.
- Optimieren Sie den Gewinn!

Funktionalität von *MS Excel*

Eingabe

- ✓ Eingabe durch den Endbenutzer
- ✓ Eingabe durch den Programmierer
- ✓ Datenimport aus den verschiedensten Applikationen

Verarbeitung

- ✓ einfache Was-Wenn-Analyse
- ✓ Optimierung mit dem eingebauten *Solver* oder zusätzlichen Add In's

Ausgabe

- ✓ textuelle Präsentation
- ✓ graphische Präsentation

3.12 Was-Wenn-Analyse im Rückblick

	<i>Variablen</i>	<i>Simultane Was-Wenn- Konstellationen</i>	<i>Automatische Zielwertsuche</i>
Neuberechnung	≥ 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehrfach- operation	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Szenarien	≥ 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einfache Zielwertsuche	1		<input checked="" type="checkbox"/>
Optimierung	≥ 1		<input checked="" type="checkbox"/>

3.13 Methode im Vergleich

Kriterium	AHP	Optimierung	OLAP	Regelbasierte Systeme	Induktion	Neuronale Netze	Regression
Methode breit anwendbar	Ø	- ¹	+	Ø	Ø	Ø	-
Automatisierungsgrad hoch	-	+	-	Ø	+	+	+
Ergebnis genau	-	+	-	Ø	+	+	+
Unabhäng. Var. gewichtbar	-	- ²	-	-	Ø	-	+
Lösungsweg begründbar	Ø	-	Ø	+	+	-	-
Methode plausibel	+	Ø ³	+	+	Ø	-	Ø
Ergebnis einbettbar	-	+	Ø	Ø	+	Ø	+
Entwicklungsaufwand gering	+	+	-	-	+	Ø	Ø
Rechnerbelastung gering	+	+	-	Ø	Ø	-	+

Kriterien

- 1 Gleichungssystem und Skalenniveau einschränkend (Hauptnachteil)
- 2 Koeffizienten der unabhängigen Variablen gegeben
- 3 Modell gut verständlich, Lösungsverfahren weniger

3.11 Erweiterungen

Parametrische
lineare Optimierung

Alle oder ausgewählte **Koeffizienten** schwanken in Abhängigkeit von *Parametern*

Ganzzahlige
lineare Optimierung

Alle oder ausgewählte **Variablen** nehmen nur *ganzzahlige* Werte an

Binäre *lineare*
Optimierung

Alle oder ausgewählte **Variablen** nehmen nur *binäre* Werte an

Nichtlineare
Optimierung

Die **Zielfunktion** und alle oder ausgewählte **Nebenbedingungen** sind *nichtlinear*

Nichtlineare Optimierung

Zielfunktion

$$f (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{Minimum}$$

Nebenbedingungen

$$g_i (x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0$$

wobei f und/oder g_i **nichtlinear** sein können



Lösung i.d.R. durch Näherungsmethoden

MS Excel verwendet Näherungsmethoden für die nichtlineare Optimierung

Folienverzeichnis (Ein Klick führt zur gewünschten Folie)

<u>Was-Wenn-Analyse</u>	<u>2</u>
<u>Einordnung</u>	<u>3</u>
<u>Unterrichtsmaterial</u>	<u>4</u>
<u>Elementare Verfahren</u>	<u>5</u>
<u>📌 ERFOLGSRECHNUNG - Fallbeispiel</u>	<u>6</u>
<u>Was-Wenn-Analyse</u>	<u>7</u>
<u>Entscheidungen mit der Tabellenkalkulation</u>	<u>8</u>
<u>3.1 ① Einfache Neuberechnung</u>	<u>9</u>
<u>3.2 ② Mehrfachoperation</u>	<u>10</u>
<u>3.3 ③ Szenario</u>	<u>11</u>
<u>3.4 ④ Einfache Zielwertsuche</u>	<u>12</u>
<u>3.4 Ergebnis der Zielwertsuche</u>	<u>13</u>
<u>🖱️ ROI-ANALYSE mit <i>MS Excel</i> (A 3.1)</u>	<u>14</u>
<u>Lineare Optimierung</u>	<u>17</u>
<u>OR zur Entscheidungsunterstützung</u>	<u>18</u>
<u>OR - Anwendungen und Methoden</u>	<u>19</u>
<u>3.5 📌 ANZEIGENPLANUNG - Fallbeispiel</u>	<u>20</u>
<u>Mathematisches Modell I</u>	<u>21</u>
<u>Mathematisches Modell II</u>	<u>22</u>
<u>3.6 Tabellenkalkulationsmodell</u>	<u>23</u>
<u>3.7 Solverdialog</u>	<u>24</u>
<u>Ergebnis</u>	<u>25</u>

<u>3.9 Optimierung in <i>MS Excel</i></u>	<u>26</u>
<u>☞ ANZEIGENPLANUNG mit <i>MS Excel</i> (A 3.2)</u>	<u>27</u>
<u>Anwendungsschwerpunkte der Optimierung</u>	<u>29</u>
<u>Skalare Verallgemeinerung</u>	<u>30</u>
<u>Umformungen erweitern das Modell</u>	<u>31</u>
<u>Linearität des Modells Anzeigenplanung</u>	<u>32</u>
<u>Vektorielle Verallgemeinerung</u>	<u>33</u>
<u>☞ PRODUKTIONSPLANUNG mit <i>MS Excel</i> (A 3.4)</u>	<u>34</u>
<u>Funktionalität von <i>MS Excel</i></u>	<u>37</u>
<u>3.12 Was-Wenn-Analyse im Rückblick</u>	<u>38</u>
<u>3.13 Methode im Vergleich</u>	<u>39</u>
<u>3.11 Erweiterungen</u>	<u>40</u>
<u>Nichtlineare Optimierung</u>	<u>41</u>