

Hausarbeit

Optimierung im Gesamtplan

Möglichkeiten und Varianten der Planrechnung
Version 2

Frank Gleichmann
Quantitative Methoden der BWL
2002

Alle Rechte vorbehalten.

Vervielfältigung und Nachdruck, auch in Teilen, nur mit Genehmigung der Unterzeichner

INHALT

Einführung	3
Gesamtplan	3
Optimierung	3
Geschichte	3
Microsoft Excel Solver	4
Mathematische Grundlagen	4
Grafische Lösung:	5
Simplex-Algorithmus:	6
Das Standard-Maximierungsproblem:	8
Das Standard-Minimierungsproblem:	8
Betriebswirtschaftliches	8
Optimierung im Gesamtplan	10
Excel vorbereiten	10
Vorarbeiten	11
Vorgaben:	11
Ergebnisse:	11
Optimierung	12
Ergänzung:	16
Grenzen:	16
Anhang:	17
Gesamtplan	17
Ausgangswerte	17
Optimierungsergebnisse:	20
Abbildungsverzeichnis:	21
Tabellenverzeichnis:	21
Quellenverzeichnis	22
Erklärung	23

EINFÜHRUNG

Die präzise Planung, also die Vorwegnahme zukünftigen Handelns, legt in einem Unternehmen die Grundlage für Entwicklung und Wachstum. Dabei kommt der genauen, mit Zahlen belegbaren, Vorausschau gegenüber den strategischen und taktischen Ansätzen eine besondere Rolle zu. Nur durch die Verwendung tatsächlicher Zahlen oder entsprechend gewonnener und bewerteter Schätzungen sind vorurteilsfreie Annahmen zur geplanten Entwicklung tatsächlich aussagekräftig. Besonders in klein- und mittelständischen Unternehmen wird aber gerade dieser Ansatz oft vernachlässigt. Die Ursachen hierfür sind vielschichtig. Neben der Erhebung und Verarbeitung der benötigten Daten, ergeben sich weitere Probleme bei der Zuordnung aller Arten von Kosten zu den jeweiligen Produkten.



Gesamtplan

An dieser Stelle setzen die Arbeiten von Prof. Dr. Haas an, auf die im Folgenden Bezug genommen werden soll.

„Es besteht kein Mangel an Beschreibungen der schier unzähligen Funktionen von Excel und den Regeln zu ihrer Nutzung. Auch Literatur zu Kosten, Investition und Finanzierung gibt es in Fülle. Dabei steht häufig das Abstrahieren und Theoretisieren im Vordergrund. Was auf dem Markt fehlt, sind leicht nachvollziehbare Einführungen ...“¹

Die komplette Planrechnung, wie sie von Prof. Dr. Haas in allen seinen Büchern gelehrt wird, ermöglicht über einzelne, unabhängige Kapitel, den Aufbau einer Tabelle, die nach Eingabe der Buchhaltungsergebnisse einen Überblick über das Ergebnis einer geplanten Produktion liefert. Dabei sind Erweiterungen, Anpassungen oder das Weglassen von nicht benötigten Teilen mit wenig Aufwand möglich.

Bei kompletter Verwendung zeigt die Kalkulationsübersicht Werte wie:

- Überschuss
- Cashflow
- relative und absolute Deckungsbeiträge
- break even – points
- Sensibilität der einzelnen Produktstrecken
- return of investment
- Wertschöpfung

- Elimination

Durch die Verknüpfung mehrerer Pläne ist es außerdem möglich, auch Aussagen über eine einzelne Abrechnungsperiode hinaus zu treffen. Der Gesamtplan hat allerdings auch Grenzen. So kann eine so gefertigte Übersicht einfach nur so gut sein, wie die Zahlen, die eingegeben oder angenommen werden.

OPTIMIERUNG

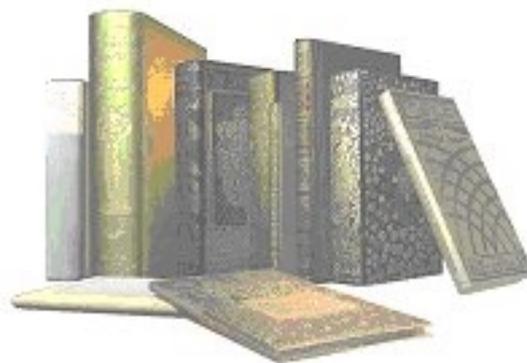
Die Festlegung, welches Mischungsverhältnis von Produkten das beste Betriebsergebnis erbringt ist sehr aufwendig. Dabei verursachen häufig die jeweiligen Restriktionen wie zur Verfügung stehende Maschinen, deren Kapazität, möglicher Absatz oder Rohstoffpreise die größten Schwierigkeiten.

Im Folgenden habe ich nun versucht, den Gesamtplan von Prof. Dr. Peter Haas wie er in seinem Buch „Kosten, Investition und Finanzierung“² beschrieben wird, mit der Optimierung aus selbigem Buch³ zu verknüpfen.

Geschichte

„Die Lineare Optimierung ist eine der jüngsten mathematischen Disziplinen. Der erste Kongress, welcher sich mit diesem Bereich beschäftigte, wurde 1949 in Chicago abgehalten“⁴

„Ein Meilenstein wurde vor genau fünfzig Jahren mit der Entwicklung des Simplex- Verfahrens für lineare Optimierungsprobleme durch G. Dantzig gelegt.“⁵



„Die lineare Optimierung gehört zu den jüngeren Anwendungsgebieten der Mathematik. Vor einem halben Jahrhundert begann der richtige Durchbruch der linearen Optimierung mit der Simplexmethode, die von G. B. Dantzig entwickelt wurde. Die ersten Arbeiten der linearen Optimierung wurden im Jahre 1939 von dem russischen Mathematiker Leonid W.

Kantorowicz in diesem Gebiet veröffentlicht. In der Einleitung seines Buches "Mathematische Methoden in der Organisation und Planung der Produktion" schreibt er: "Es gibt zwei Wege die Rentabilität der Arbeit eines Geschäftes oder eines ganzen Industriezweiges zu vergrößern.

Ein Weg besteht in verschiedenen Verbesserungen der Technik, z. B. neuem Zubehör für die einzelnen Maschinen, Änderungen der technischen Prozesse und der Entdeckung neuerer, besserer Arten von Rohmaterial. Der andere Weg, der bisher viel weniger benutzt wurde, besteht in der Verbesserung der Organisation, der Planung und Produktion. Das schließt Fragen ein wie die Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Maschinen des Unternehmers oder zwischen Mechanismen, Auftragserteilung zwischen den Unternehmern, die richtige Verteilung zwischen Rohstoffen und Brennstoffen und andere Faktoren."

Besonders in den USA wurden am Ende des zweiten Weltkriegs neue Lösungsmöglichkeiten für Probleme der mathematischen Optimierung, die für den militärischen Bereich von Bedeutung waren, entwickelt. Die Simplexmethode, mit der alle linearen Optimierungsprobleme gelöst werden können, ist bis heute das wichtigste Verfahren zur Lösung Probleme dieser Art. J. von Neumann und O. Morgenstern gelang es schon kurz nach Dantzig diese Methode beträchtlich weiterzuentwickeln.

Seit dem Beginn der 50er Jahre erlebte dieser Bereich der Mathematik erneut eine rapide Aufwärtsentwicklung. Dieser große Aufschwung wirkte sich besonders günstig auf Großrechenanlagen aus, die Berechnungen nach dem Simplexverfahren in einer kurzen Zeit bewältigen konnten. Schon im Jahre 1956 konnten mit einer IBM-Maschine Probleme der linearen Optimierung mit mehr als 200 Gleichungen mit großer Genauigkeit gelöst werden. Die erste wichtige Anwendung auf wirtschaftliche Probleme erfolgte bei der Planung und Entwicklung von Erdölraffinerien. Im Jahre 1979 entwickelte der Russe Khashian einen neuen Algorithmus, mit dem bei linearen Optimierungsproblemen mit einer großen Anzahl von Variablen und einschränkenden Bedingungen die optimale Lösung schneller bestimmt werden konnte. Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass der Rechenaufwand geringerer ist als beim Simplexverfahren. Heute gehört die lineare Optimierung zu den best erforschten Gebieten der Wirtschaftsmathematik.^{6c}

Microsoft Excel Solver

Excel bietet eine gute Möglichkeit den Gesamtplan weiter zu verbessern: **den Solver**. Über die Vorgabe bestimmter Werte und die Berücksichtigung der Grenzen kann dieser per Iteration einen Wert optimieren.



„Der Solver verwendet den nichtlinearen Optimierungscod GRG2 (Generalized Reduced Gradient), der von Leon Lasdon, University of Texas in Austin, und Allan Waren, Cleveland State University, entwickelt wurde.

Bei linearen und ganzzahligen Problemen werden die Simplexmethode, bei der die Variablen Beschränkungen unterliegen, und die Branch-and-bound-Methode verwendet, die von John Watson und Dan Fylstra bei Frontline Systems, Inc. entwickelt wurde.^{7c}

Mathematische Grundlagen

„Mit linearer Optimierung bezeichnet man ein Teilgebiet der Optimierungsrechnung. Diese ist ein wichtiges Hilfsmittel zur optimalen Entscheidungsfindung bei komplizierten Problemen. Die lineare Optimierung wird verwendet, um das Minimum beziehungsweise das Maximum einer linearen Funktion unter einschränkenden Bedingungen zu ermitteln. Die zu maximierende Funktion ist dabei meistens die Gleichung für den Gewinn, die zu minimierende Funktion die Gleichung für die Kosten eines Unternehmens. Um das Minimum oder das Maximum zu bestimmen, muss man die einschränkenden Bedingungen, die Einfluss auf das Ergebnis haben herausfinden und mit dem zu erreichenden Minimum/Maximum in Verbindung setzen.

Diejenigen Bedingungen zu bestimmen, die eine Wirkung auf das Optimierungsergebnis haben, ist eine wichtige Aufgabe, die vor der eigentlichen Rechnung gelöst werden muss. Hierbei ist die exakte Formulierung der Aufgabe sehr wichtig, die meistens aus zwei Teilen besteht: die Bestimmung des Ziels und die Bedingungen, die dafür notwendig sind.^{8c}

„Ist eine lineare Funktion (= Zielfunktion), in Abhängigkeit von verschiedenen Restriktionen (auch Nebenbedingungen genannt), zu minimieren (oder zu maximieren), so spricht man von einem linearen Optimierungsproblem (kurz: LOP). Die Restriktionen beschreiben den

zulässigen Bereich M . Ein LOP hat also folgende Form:

$$L = \begin{cases} f(x) = \min! \\ x \in M \end{cases}$$

$M \subseteq \mathbb{R}^n$, $f: M \rightarrow \mathbb{R}$ linear, $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in \mathbb{R}^n$

M wird durch ein System linearer Gleichungen und Ungleichungen in den Variablen x_i , $i = 1, \dots, n$ beschrieben.^{9c}

Nehmen wir zum Beispiel an, das ein Produktportfolio aus zwei Produkten (X_1 , X_2) optimiert werden soll. Ein zu maximierender Gewinn ergäbe sich also als Gleichung mit den Variablen X_1 und X_2 .

z.B.: $z(X_1, X_2) = 3 X_1 + 2 X_2$

Die entsprechend zu beachtenden Grenzen wie Kapazität der Maschinen, Aufwendungen für bestimmte Arbeitsgänge oder Verkaufsbeschränkungen werden in Ungleichungen dargestellt.

z.B.: $X_1 + X_2 < 80 \mid X_1, X_2 > 0$

Grafische Lösung:

„Zur Lösung eines LOP kann man grafisch vorgehen. Das Variablenpaar (X_1 , X_2) interpretieren wir dazu als Punkte der XY-Ebene.

Zuerst wird nun der **zulässige Bereich** bestimmt, also jener Bereich in dem die Lösung liegen darf. Dazu werden zunächst die Grenzen eingezeichnet. Um dies tun zu können werden die $< >$ Zeichen mit $=$ ersetzt. Der Durchschnitt aller Grenzen ergibt den zulässigen Bereich:

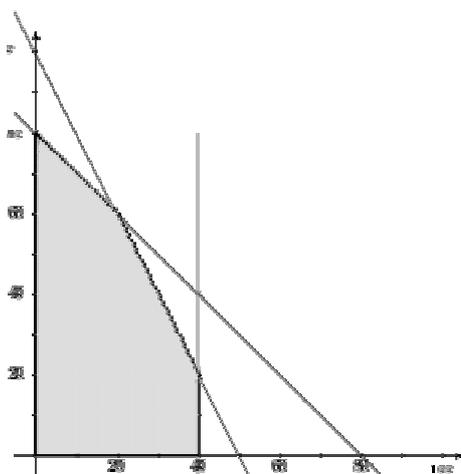


Abbildung 1 zulässiger Bereich

Im nächsten Schritt wird eine **Isoniveaulinie** für $c = 0$ eingezeichnet. Also:

$$z(X_1, X_2) = 3 X_1 + 2 X_2$$

$$0 = 3 X_1 + 2 X_2$$

$$X_2 = -3/2 X_1$$

Nun wird diese Isonutzenlinie in Richtung des Gradienten bis zum Maximum bzw. entgegen der Richtung des Gradienten bis zum Minimum parallelverschoben. Der Gradient für unsere Zielfunktion ist

$$\nabla z = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

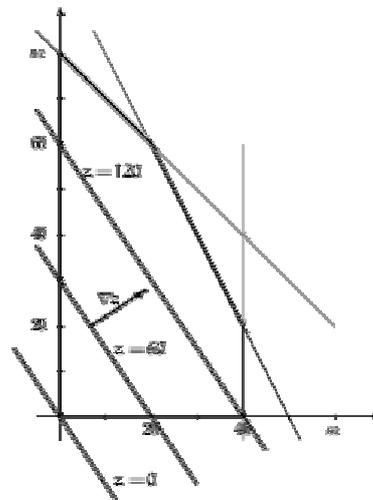


Abbildung 2 Isoniveau und Parallelverschiebung

Zuletzt liest man die Koordinaten des **Optimums** ab bzw. berechnet sie exakt.^{10c}

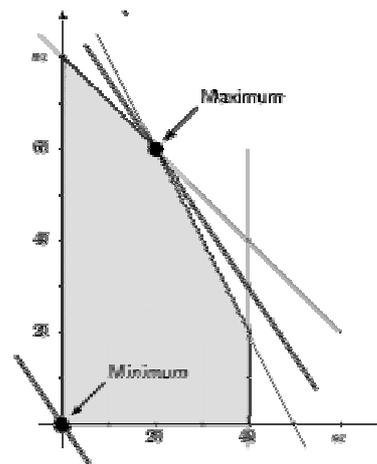


Abbildung 3 Optima

Simplex-Algorithmus:

„Eine weitere Möglichkeit zur Lösung eines LOP liegt in der Verwendung des Simplexalgorithmus.

Hier wird zunächst in jede Ungleichung (Grenze) eine eigene **Schlupfvariable** (S_i) eingeführt und das Vergleichszeichen ($< >$) durch $=$ ersetzt. Die Schlupfvariable (S_i) muss folgenden Bedingungen entsprechen:

$S_i = 0$ wenn (X_1, X_2) auf dem Rand des zulässigen Bereichs liegt, $S_i \geq 0$ wenn die Bedingung erfüllt ist und $S_i < 0$ wenn nicht.

Der **zulässige Bereich** lässt sich als Menge aller Lösungen des Gleichungssystems beschreiben, für die folgende „**Nichtnegativitätsbedingung**“ gilt:

$$X_i \geq 0, S_i \geq 0$$

Der zulässige Bereich ist eine konvexe Menge. Daher liegt das Optimum immer in einem Eckpunkt des zulässigen Bereichs. Diese Eckpunkte sind die Schnittpunkte der Begrenzungsgeraden. Derartige Lösungen dieses linearen Gleichungssystems heißen **Basislösungen**. Eine Basislösung, welche die Nichtnegativitätsbedingung erfüllt, heißt zulässige Basislösung.

Aus der Menge aller zulässigen Basislösungen ist nun jene zu ermitteln, in der die Zielfunktion den größten/kleinsten Wert annimmt.

Die naive Methode:

- (1) Berechne alle Basislösungen.
- (2) Überprüfe Nichtnegativitätsbedingung.
- (3) Berechne Zielfunktion.
- (4) Suche Maximum.

Die Idee des **Simplex-Algorithmus** ist es nun, von dieser zulässigen Basislösung ausgehend durch geeignetes Umformen des Gleichungssystems von Eckpunkt zu Eckpunkt voranzuschreiten.

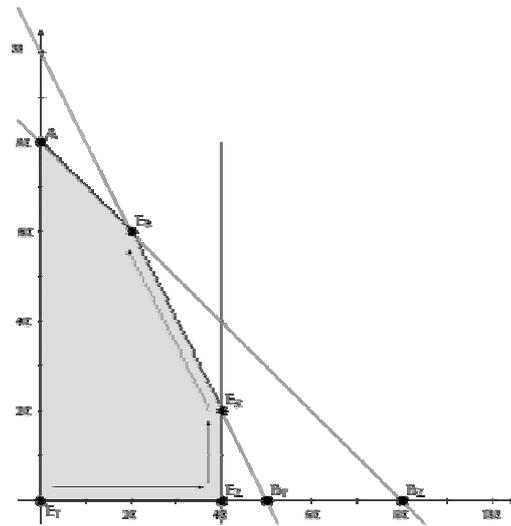


Abbildung 4 Algorithmus

Dazu wird nun ein **Simplex-Tableau**, das lineare Gleichungssystem in Matrixform, aufgestellt, wobei auch z als Variable aufgefasst wird. Die Zielfunktion (ZfZ) wird dann in der Form:

$$Z - 3 X_1 - 2 X_2 = 0$$

als letzte Zeile der Anfangsmatrix hinzugefügt.

z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	
0	2	1	1	0	0	100
0	1	1	0	1	0	80
0	1	0	0	0	1	40
1	-3	-2	0	0	0	0

Abbildung 5 Anfangstableau

Wenn man in diesem Tableau $X_1 = 0$ und $X_2 = 0$ setzt, kann man die Variablen s_1, s_2, s_3 und z , die **Basisvariablen** dieses Tableaus, sofort aus dem Tableau ablesen:

$$s_1 = 100, s_2 = 80, s_3 = 40 \text{ und } z = 0$$

Nun beginnt man so umzuformen, dass aus *einer* Basisvariable eine „Nicht-Basisvariable“ und aus einer „Nicht-Basisvariable“ eine Basisvariable wird.

Durch so einen **Pivotschritt** gelangt man zu einem benachbarten Eckpunkt des zulässigen Bereichs, in dem der Zielfunktionswert verbessert wird.

Ablauf:

- (1) Man wählt als **Pivotspalte** immer die Spalte mit dem kleinsten Eintrag in der Zielfunktionszeile.
- (2) Man bildet die Quotienten aus den Konstanten in der Spalte ganz rechts und den entsprechenden Einträgen in der Pivotspalte. Die Zeile mit dem *kleinsten nichtnegativen* Quotienten wählt man als **Pivotzeile**. Das

Element in der Pivotspalte und Pivotzeile heißt **Pivotelement**.

(3) Man dividiert die Pivotzeile durch das Pivotelement und subtrahiert von jeder anderen Zeile ein geeignetes Vielfaches der *Pivotzeile* sodass die entsprechenden Komponenten in der Pivotspalte gleich 0 werden (**Pivotschritt**).

z	x ₁	x ₂	s ₁	s ₂	s ₃		Quotient
0	2	1	1	0	0	100	$\frac{100}{2}$
0	1	1	0	1	0	80	80
0	1	0	0	0	1	40	40
1	-3	-2	0	0	0	0	

Abbildung 6 Tableau mit Quotient

$$\begin{aligned} Z_1 &\leftarrow Z_1 - 2 \times Z_3 \\ Z_2 &\leftarrow Z_2 - Z_3 \\ ZFZ &\leftarrow ZFZ + 3 \times Z_3 \end{aligned}$$

z	x ₁	x ₂	s ₁	s ₂	s ₃	
0	0	1	1	0	-2	20
0	0	1	0	1	-1	40
0	1	0	0	0	1	40
1	0	-2	0	0	3	120

Abbildung 7 Tableau mit Differenzen

Die Basisvariablen dieses Tableaus sind X_1 , s_1 und s_2 . Die (zulässige) Basislösung lautet: (40,0;20,40,0)

Die *Pivotspalte* bestimmt, in welche *Richtung* der nächste Eckpunkt gesucht wird. Durch die Auswahl einer Spalte mit negativem Eintrag in der *Zielfunktionszeile* wird gewährleistet, dass der Zielfunktionswert zunimmt. (Die Spalte mit dem *kleinsten* Eintrag zu nehmen ist Konvention. Sie verspricht den schnellsten Weg zum Maximum.

Als *Pivotzeile* wird immer die Nebenbedingung mit der stärksten Einschränkung gewählt. Dadurch wird garantiert, dass man nicht aus dem zulässigen Bereich herausfällt.

Die **optimale zulässige Basislösung** ist erreicht, wenn *alle* Einträge in der ZFZ *nicht-negativ* sind.

$$Z - 2 X_2 + 3 s_3 = 120 \Leftrightarrow z = 120 + 2 X_2 - 3 s_3$$

Da $X_2 = s_3 = 0$ kann für ein $X_2 > 0$ der Zielfunktionswert erhöht werden. Die Zielfunktion darf daher nie von Basisvariablen abhängen.

z	x ₁	x ₂	s ₁	s ₂	s ₃	
0	0	1	1	0	-2	20
0	0	1	0	1	-1	40
0	1	0	0	0	1	40
1	0	-2	0	0	3	120

Abbildung 8 Pivotschritt

$$\begin{aligned} Z_2 &\leftarrow Z_2 - Z_1 \\ ZFZ &\leftarrow ZFZ + 2 \times Z_2 \end{aligned}$$

z	x ₁	x ₂	s ₁	s ₂	s ₃	
0	0	1	1	0	-2	20
0	0	0	-1	1	1	20
0	1	0	0	0	1	40
1	0	0	2	0	-1	160

Abbildung 9 Pivotschritt

$$\begin{aligned} Z_1 &\leftarrow Z_1 + 2 \times Z_2 \\ Z_3 &\leftarrow Z_3 - Z_2 \\ ZFZ &\leftarrow ZFZ + Z_2 \end{aligned}$$

z	x ₁	x ₂	s ₁	s ₂	s ₃	
0	0	1	-1	2	0	60
0	0	0	-1	1	1	20
0	1	0	1	-1	0	20
1	0	0	1	1	0	180

Abbildung 10 Endtableau

Im letzten Tableau sind alle Komponenten in der Zielfunktionszeile ≥ 0 (der Eintrag in der Konstantenspalte wird dabei nicht berücksichtigt werden). Das Maximum ist erreicht:

$$Z + s_1 + s_2 = 180 \Leftrightarrow z = 180 - s_1 - s_2$$

Da $s_1, s_2 \geq 0$ würde jede Änderung den Zielfunktionswert verringern. Die Basisvariablen dieses Tableaus sind X_1, X_2 und s_3 . (Das sind die Spalten, in denen Einheitsvektoren stehen.) Alle anderen Variablen (s_1 und s_2) werden gleich Null gesetzt. Die maximale zulässige Basislösung lautet daher:

$$(20,60;0,0,20)$$

Das Maximum liegt somit im Punkt (20,60). Aus der Zielfunktionszeile erhält man den optimalen Zielfunktionswert: $z_{\max} = 180$ ^{11c}

Das Standard-Maximierungsproblem:

„Ein Standard-Maximierungsproblem liegt vor, wenn die Basislösung des Anfangs-Simplex-Tableaus zulässig ist. (Das ist meist eine Basislösung mit $X_1 = X_2 = \dots = X_n = 0$, d.h. der Ursprung liegt im zulässigen Bereich.)

Man kann das unten genannte Verfahren anwenden. Wenn nur die angegebenen Umformungsschritte durchgeführt werden, dann sind die Konstanten in der rechten Spalte immer größer gleich Null.

Die optimale zulässige Basislösung erhält man aus dem Tableau, wenn die Variablen, deren Spalten nicht den Einheitsvektor enthalten, gleich Null gesetzt und die anderen Variablen (die **Basisvariablen**) aus dem Tableau abgelesen werden.

- (1) **Aufstellen des Anfangs-Simplex-Tableaus.**
- (2) Überprüfen **Startpunkt.**
- (3) **Optimalitätstest:** Alle Koeffizienten in der ZFZ sind $\geq 0 \rightarrow$ FERTIG
- (4) **Pivotspalte:** *kleinster* Eintrag in ZFZ
- (5) **Lösbarkeitstest:** Alle Einträge in Pivotspalte $\leq 0 \rightarrow$ UNBESCHRÄNKT
- (6) **Pivotzeile:** kleinster *nichtnegativer* Quotient aus Konstante und Koeffizient in Pivotspalte (ZFZ spielt nicht mit).
- (7) **Pivotschritt:** Forme Tableau so um, dass Pivotelement $\rightarrow 1$, alle anderen Koeffizienten in Pivotspalte $\rightarrow 0$:
 - Dividieren Pivotzeile durch Pivotelement.
 - Subtrahieren von jeder anderen Zeile ein geeignetes Vielfaches der Pivotzeile.
- (8) Gehe zu Schritt (3).¹²ⁿ

Das Standard-Minimierungsproblem:

„Das Standard-Minimierungsproblem ist analog zum Maximierungsproblem. Man muss nun aber entgegen der Richtung des Gradienten wandern. Daraus ergibt sich folgende *Änderung* der Vorgangsweise in den Punkten (3) und (4). (Alle anderen Punkte sind identisch!)

- (3) **Optimalitätstest:** Alle Koeffizienten in der ZFZ sind $\leq 0 \rightarrow$ FERTIG
- (4) **Pivotspalte:** größter Eintrag in ZFZ.¹³ⁿ

Betriebswirtschaftliches



Kosten:

„Kosten sind Werteinsatz zur Leistungserstellung.^{14c}“

„Kosten sind betriebsbedingter, periodenbezogener, bewerteter Verbrauch beziehungsweise Einsatz von Gütern und Leistungen.^{15c}“

Kostengliederung:

„**Fixe** Kosten sind Kosten die nicht vom Output der Produktion (Güter und Dienstleistungen) abhängig sind. In einem Diagramm grafisch veranschaulicht bedeutet dies, dass Fixkosten nicht von der Anzahl der produzierten Stück abhängig sind.^{16c}“



Abbildung 11 Fixkosten¹⁷

„**Variable** Kosten hingegen sind zumeist direkt dem Output zuordenbar. Das heißt variable Kosten sind zumeist der Anzahl der produzierten Stück direkt proportional und werden häufig als Kosten je Stück angegeben.^{18c}“

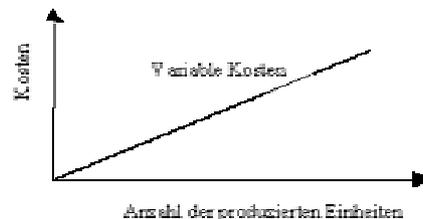


Abbildung 12 variable Kosten¹⁹

„Unter **Gesamtkosten** versteht man die Summe aller Kosten, welche für den betrieblichen Leistungserstellungs- und Leistungsverwertungsprozess anfallen. Bei konstanten variablen Kosten über den gesamten Bereich der Ausbringungsmenge ist der Gesamtkostenverlauf ebenfalls linear. In der Praxis ist jedoch häufig ein S-förmiger Kostenverlauf zu beobachten. Die Gesamtkosten steigen verhältnismäßig *stärker* als die Ausbringungsmenge.^{20c}“



Abbildung 13 Gesamtkosten²¹

„Die **Stückkosten** sind die Gesamtkosten dividiert durch die Ausbringungsmenge. Für einen linearen Gesamtkostenverlauf bedeutet dies, dass die Stückkosten mit der Anzahl der produzierten Einheiten stetig absinken. Dies ist damit zu erklären, dass die variablen Kosten konstant sind, jedoch die Fixkosten dividiert durch eine höhere Produktionsmenge ergibt in Summe sinkende Stückkosten.^{22cc}

„Bei S-förmigem Gesamtkostenverlauf, sinken bei niedriger Ausbringungsmenge die Stückkosten mit zunehmender Stückzahl bis zu einem Minimum. Bei zusätzlicher Steigerung des mengenmäßigen Outputs jedoch nehmen die Stückkosten zu.^{23cc}

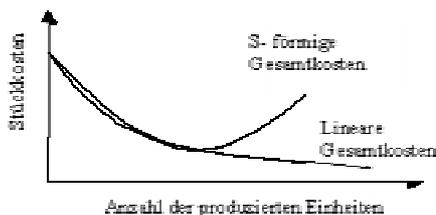


Abbildung 14 Stückkostenverlauf bei linearen und S-förmigen Gesamtkosten

Deckungsbeitrag:

Der Deckungsbeitrag (DB) ist genau jene Summe, die ein Produkt zur Deckung der Fixkosten erwirtschaftet.

Er wird also aus

$$\text{Preis} - \text{variable Stückkosten} = \text{DB}_{\text{Stk}}$$

bzw. aus

$$\text{Umsatz} - \text{variable Gesamtkosten} = \text{DB}_{\text{ges}}$$

ermittelt.

„Der relative Deckungsbeitrag ist dann genau jener DB, den ein Produkt in einer bestimmten Zeitspanne erwirtschaftet.^{24cc}

Für die folgenden Beispiele wurde Microsoft® Excel 2000 (bzw. 9.0) verwendet. Bei Anwendung einer anderen Programmversion kann es zu Unterschieden bei der Positionierung von Funktionen und bei einzelnen Abläufen kommen.



Abbildung 15 Excel Startbild

Verwenden Sie bei solchen Problemen einfach die Excel-Hilfe. Diese kann entweder über **F1** oder über **?** oder über den Office-Assistenten (soweit installiert) aufgerufen werden.

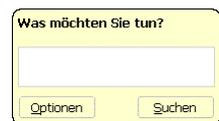


Abbildung 16 Office-Assistent



OPTIMIERUNG IM GESAMTPLAN

Den folgenden Ausführungen zur Verwendung des Solvers innerhalb des Gesamtplanes von Prof. Dr. Peter Haas²⁵ liegt das Problem eines optimalen Produktportfolios zu Grunde. Also welche Mischung von herzustellen Produkten verspricht das beste Ergebnis in Form des maximalen Gewinns (Maximierungsproblem), bzw. der minimalen Kosten (Minimierungsproblem).

„In Zusammenhang mit der Produktförderung könnte die Fragestellung ebenso lauten: Welches Produkt verdient die größte Förderung?

Dazu wurde davon ausgegangen, dass alle 3 Produkte auf der gleichen Anlage hergestellt werden, wobei nur eines der Produkte hergestellt werden kann.²⁶“

Weiterhin wurden durch Produktionsumstellung eventuell entstehende Rüstzeiten und –kosten vernachlässigt. Da anhand der zur Verfügung stehenden Daten unmöglich zu ermitteln ist, wie oft und mit welchem Aufwand der Wechsel zwischen der Produktion eines Produktes und der eines anderen erfolgt bzw. erfolgen kann, wurde davon ausgegangen, dass die Produktion nach einander erfolgt.

An dieser Stelle noch einmal der Hinweis: Alle Werte und Berechnungen bis einschließlich Abbildung 30 basieren auf dem Buch „Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage)“ von Prof. Dr. Peter Haas, erschienen im Oldenbourg-Verlag 2000 und können dort entsprechend nachgelesen werden. Dabei stammen die leicht geänderten Werte und Formeln bis hier aus dem Anhang 2 (S.357 ff.). Die folgenden Ausführungen zum Solver basieren auf dem Kapitel 5 (S.115 ff) des gleichen Buches. Eine entsprechende Übersicht zur hier verwendeten Darstellung und den genauen Werten finden Sie im Anhang.

Lediglich die Währung ist auf Euro umgestellt worden, d.h. statt der Bezeichnung „DM“ wird „€“ bzw. „T€“ für „tausend Euro“ verwendet. Da diese Umstellung keinen Einfluss auf die Zusammenhänge der Zahlen hat, ist auf eine Umrechnung mit dem offiziellen Kurs von 1,95583 verzichtet worden.

Excel vorbereiten

Der Solver wird bei der Installation von Excel häufig weggelassen. Aus diesem Grund sollte

vorab überprüft werden, ob das entsprechende Add-In vorhanden ist:

Öffnen Sie Excel und klicken Sie dann auf Extras, bzw. verwenden Sie die Tastenkombination **Alt** + **X**. Beachten Sie bitte, dass in neueren Excel-Versionen selten verwendete Funktionen ausgeblendet werden. Kontrollieren Sie also bitte auch dies, in dem Sie auf **X** klicken.

Sollte im Menü <Extras> kein Solver zur Verfügung stehen, muss dieser nachinstalliert werden. Dazu gehen Sie wie folgt vor:

- Öffnen Sie das Menü <Extras>
- Wählen Sie Add-Ins-Manager

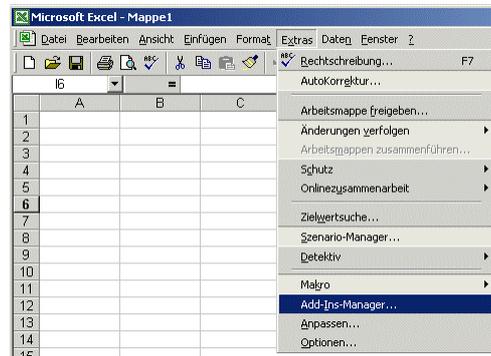


Abbildung 17 Extras-Menü ohne Solver

- Der Manager öffnet sich. Wählen Sie nun den Solver und bestätigen Sie mit OK.

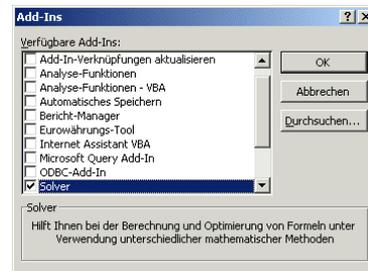


Abbildung 18 Add-Ins-Manager

Unter Umständen müssen Sie nun noch die Excel-CD einlegen. Wenn die Installation abgeschlossen ist, finden Sie nun den Solver im Menü <Extras>.

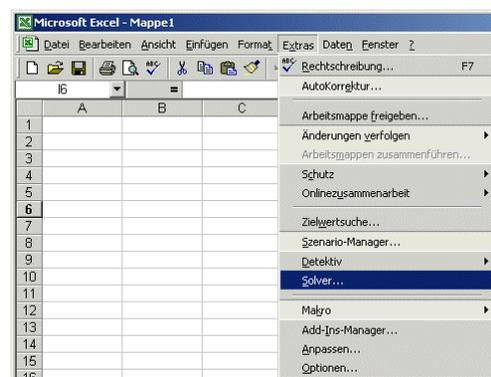


Abbildung 19 Extras-Menü mit Solver

Vorarbeiten

Nach der Überprüfung des Solvers kann nun mit der Eingabe von Daten begonnen werden.

Dazu wird nun ein Gesamtplan nach Prof. Dr. Peter Haas²⁷ bis einschließlich Berechnung des relativen Deckungsbeitrags und des Break Even (BE) ausgeführt. Folgende Beispielzahlen sind gegeben:

Vorgaben:

	Material-einsatz/FSK	Personal-kosten /FSK	Produktions-Menge	Verkaufs-preis	geplanter Umsatz
Art.A	5,90 kg	4,80 €	243,00 TStk	107,00 €	26.001,00 €
Art.B	5,30 kg	3,40 €	284,00 TStk	66,00 €	18.744,00 €
Art.C	6,50 kg	2,90 €	200,00 TStk	82,00 €	16.400,00 €
	Energie/FSK	Energie	Müll/FSK	Müll	Steuersatz
Art.A	0,90 €	218,70 T€	0,37 €	89,91 T€	42%
Art.B	2,10 €	596,40 T€	0,37 €	105,08 T€	
Art.C	2,30 €	460,00 T€	0,48 €	96,00 T€	
		1.275,10 T€		290,99 T€	

Abbildung 20 Vorgaben

ANLAGEVERMÖGEN		FREMDEKAPITAL	
Gebäude	4.000,00 T€	Darlehen	5.000,00 T€
Maschinen	11.036,00 T€	kfr. Kredite	3.000,00 T€
BGA	100,00 T€	Verbindlichkeiten	1.800,00 T€
Finanzanlagen	1.000,00 T€	Rückstellungen	500,00 T€
	16.136,00 T€		10.300,00 T€
UMLAUFVERMÖGEN		EIGENKAPITAL	
Vorräte	3.750,00 T€	Gez. Kapital	12.186,00 T€
Forderungen	4.100,00 T€	Rücklagen	5.000,00 T€
fl.Mittel/Kasse	3.500,00 T€		17.186,00 T€
	11.350,00 T€		17.186,00 T€
SUMME	27.486,00 T€	SUMME	27.486,00 T€

Abbildung 21 Anfangsbilanz

Abschreibungen	Afa-Satz vom Restwert	Anschaffungs-kosten	Nutzungs-dauer	Afa-Satz linear
Gebäude	2%	X	X	X
Maschinen	X	330,00 T€	5 Jahre	20%
Zinsen p.a.	langfr. Darl.	7,8%	kurzfr. Darl.	9,5%
	Darlehenserrhöhung:			1.000,00 T€
	sonstiger Aufwand (inkl. fixe Pers.-Kosten):			26.325,09 T€
	sonstiger Aufwand ohne Energie und Müll			24.759,00 T€
	Lohnaufwand / Mitarbeiter p.a.:			60,00 T€
	Wertansatz für Materialvorräte d. Vorjahres:			1,50 DM/kg
	Bestellmenge:	4.000,00 Tkg	Neupreis:	1,40 DM/kg

Abbildung 22 weitere Zahlen

sonstiger Aufwand	
Mieten	780,00 T€
Beratung	834,00 T€
Büro	240,00 T€
Literatur	360,00 T€
Neue Rüst.	200,00 T€
Reise	1.328,00 T€
Fuhrpark	2.630,00 T€
Werbung	1.832,00 T€
Telekom	1.860,00 T€
Versicherung	1.684,00 T€
Reparatur	1.648,00 T€
Reinigung	964,00 T€
EDV	1.932,00 T€
Bewirtung	886,00 T€
FuE	1.800,00 T€
Mat.-annahme	420,00 T€
Packerei	980,00 T€
Montage	830,00 T€
Zwischensumme	21.248,00 T€
Sonstiges	3.511,00 T€
SA	24.759,00 T€
andere aktivierte Eigenleistungen	
BGA	80,00 T€
Material	4,00 T€

Abbildung 23 BGA & sonstiger Aufwand

Ergebnisse:

Aus den genannten Zahlen werden Material-, Personal- und Abschreibungsplan ermittelt. Weiterhin werden Gewinn- und Verlustrechnung (GKV), Bilanz, GUV(UKV), Kostenspaltung, Cashflow-plan, Break even und relativer Deckungsbeitrag berechnet bzw. aufgestellt.

Legende	
■	Beschriftungen
■	gegebene Werte
■	berechnete Werte

PERS.	Absatz	Stückkosten	Aufwand	Pers.-Bedarf
Art.A	243,00 TStk	4,80 €/Stk	1.117,80 T€	18,83
Art.B	284,00 TStk	3,40 €/Stk	966,60 T€	16,09
Art.C	200,00 TStk	2,90 €/Stk	580,00 T€	9,67
		Lohnsumme:	2.663,40 T€	

Abbildung 24 Personalplan

MATERIAL	
Vorratsmenge:	2.500,00 Tkg
Materialbedarf:	4.238,90 Tkg
Neubedarf:	1.738,90 Tkg
Orderwert:	5.600,00 T€
Vorratswert:	3.750,00 T€
Materialwert:	9.350,00 T€
Verbrauch(Vorj.):	3.750,00 T€
Verbrauch(Ird.):	2.434,46 T€
Verbrauchswert:	6.184,46 T€
Endbestand:	3.165,54 T€
gewichtetes Preismittel:	1,459 €

Abbildung 25 Materialplan

KAPAZITÄT				
Art.A	Maschine	p.a.	13,20 TStk	18,41
Art.B	Maschine	p.a.	5,80 TStk	48,97
Art.C	Maschine	p.a.	4,20 TStk	47,62
				48,00
				53,00
				114,99
				17.490,00 T€
				NEUE MASCHINEN:
				114,99
				53,00

Abbildung 26 Abschreibungsplan

"cash flow"-Plan 19x1				
Anfangsbest. (fl. M.)		3.500,00 T€		
Restzahlung (Ford.)		4.100,00 T€		250,00 T€
Darlehenserrhöhung		1.000,00 T€		
Umsatz (95%)		58.087,75 T€		3.057,25 T€
EINZAHLUNGEN				63.187,75 T€
Restausg. (Verbind.)		1.800,00 T€		
Materialerwerb (90%)		5.044,00 T€		560,00 T€
Zugang (Masch.)		17.490,00 T€		
Prod.-Lohn		2.739,40 T€		
Sonst. Aufwand		26.325,09 T€		
Zinsen		753,00 T€		
EE-Steuern		7.578,92 T€		
/: Neue Rückstell.		-200,00 T€		
AUSZAHLUNGEN				61.530,41 T€
cash flow				1.657,34 T€
flüssige Mittel				5.157,34 T€

Abbildung 27 cash flow Plan

GUV-GKV (§275 J) - 19x1 (TDM)	
Art.A	243,00 TStk
Art.B	284,00 TStk
Art.C	200,00 TStk
a. aktivierte Eigenleistungen	80,00 T€
Gesamtleistung	61.225,00 T€
Mat.-Einsatz	6.188,46 T€
Rohertrag	55.036,54 T€
Pers.-Aufw. (Prod.)	2.739,40 T€
Sonst. Aufw.	26.325,09 T€
Zinsen (Darlehen)	468,00 T€
Zinsen (kfr.)	285,00 T€
BCF	25.219,05 T€
Abschr. (Masch.)	7.094,00 T€
Abschr. (Gebäude)	80,00 T€
AUFWAND	43.179,95 T€
Überschuß v. St.	18.045,05 T€
EE-Steuern	7.578,92 T€
Überschuß n. St.	10.466,13 T€

Abbildung 28 GUV, GKV

BE	Artikel A	Artikel B	Artikel C
Preis	107,00 €	66,00 €	82,00 €
Absatz	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk
Umsatz	26.001,00 T€	18.744,00 T€	16.400,00 T€
KV	14%	21%	18%
Kf	14.708,70 T€	6.537,20 T€	11.440,10 T€
Kvges	3.518,15 T€	3.863,15 T€	3.052,87 T€
DB	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.357,33 T€
GK	18.226,85 T€	10.400,33 T€	14.472,77 T€
Erfolg	7.774,15 T€	8.343,67 T€	1.927,23 T€
BE m	158,98 TStk	124,76 TStk	171,17 TStk
BE U	17.010,34 T€	8.234,28 T€	14.035,54 T€

Abbildung 29 Break even

Relativer Deckungsbeitrag		
	Artikel A	Artikel B
Stundenzahl p.a.:	1.785,00	
Produktionsmenge:	243.000,00 Stk	284.000,00 Stk
Stückzahl/Stunde:	136,13 Stk	159,10 Stk
Stückpreis:	107,00 €	66,00 €
variable Kosten/FSK:	14,48 €	13,60 €
DB (absolut):	92,52 €	52,40 €
DB (relativ):	12.595,44 €	8.336,62 €

Abbildung 30 rel. DB

Optimierung

Im nächsten Schritt wird nun der Ansatzpunkt für die Optimierung des Fertigungsprogramms geschaffen.

Hierbei muss besondere Beachtung finden, dass der Excel-Solver nicht unbegrenzt mit Zellbezügen arbeiten kann. Insbesondere in all jene Zellen deren Inhalt verändert (optimiert) werden soll, müssen die Werte manuell übernommen werden.

Zunächst schreibt man in die Zelle B141: „Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion“ und erhält so den Kopf für einen neuen Tabellenabschnitt.

Nun werden die Zeilen- und Spaltenbeschriftungen erzeugt:

Zelle	Beschriftung
B142	Produkt
C142	Artikel A
D142	Artikel B
E142	Artikel C
F142	Gesamt
B143	Deckungsbeitrag
B144	Kapazität p.a.
B145	Menge p.a.
B146	Maschinen
B147	DB gesamt
B149	Menge
B150	Maschinen
B151	Maximum
B152	DB gesamt

Tabelle 1 Zellbeschriftung

Deckungsbeitrag, Kapazität, Menge und Maschinen sind Übernahmen aus dem oberen Teil der Planrechnung:

	B	C	D	E
142	Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C
143	Deckungsbeitrag	=F135	=G135	=H135
144	Kapazität p.a.	=D42	=D43	=D44
145	Menge p.a.	=D3	=D4	=D5
146	Maschinen	=F42	=F43	=F44

Tabelle 2 Zellbezüge

Nun wird in der Zelle F146 die Gesamtsumme der Maschinen ermittelt. Dazu geht man in diese Zelle, schreibt in die Bearbeitungsleiste: =SUMME(C146:E146) und drückt dann .

Alternativ dazu kann dies auch mit der Maus erledigt werden. Dazu die Zelle F146 markieren, auf die Summenfunktion  klicken, mit der Maus die Zellen C146, D146 und E146 markieren und dann  drücken.

Nun werden die Gesamtdeckungsbeiträge für die Artikel (DB je Stück mal Menge) und die Gesamtproduktion ermittelt. Dazu gibt man in die Zelle C147: =C145*C143 ein. Um diese Formel mit der Maus zu erzeugen, klickt man in die Zelle C147 und tippt dann . Nun kann man mit der Maus die Zelle C145 markieren. Der Zellbezug wird automatisch übernommen. Nachdem man dann  gedrückt hat kann man auch die Zelle C143 markieren. Nach dem Bestätigen mit  (der Return- oder Enter-Taste) berechnet Excel für den DB_{ges} des Artikels A einen Wert von 22.482.850,- Euro.

Für die Artikel B und C kann man nun diese Formel übernehmen. Auch dazu gibt es mehrere Möglichkeiten. Für die Arbeit mit der Maus wird einfach die Zelle C 147 markiert, dann geht man mit dem Mauszeiger (Cursor) auf die rechte untere Ecke dieser Zelle. Dort wird der Mauszeiger zu einem kleinen schwarzen Kreuz. Wenn dies geschieht, einfach mit der linken Maustaste klicken, festhalten und zwei Zellen nach rechts ziehen. Excel füllt nun die Zellen D147 und E147 mit den korrekten Zellbezügen auf und berechnet für den DB_{ges} des Artikels B einen Wert von 14.880.870 Euro und des Artikels C 13.367.330 Euro.

Nun braucht nur noch die Gesamtsumme der Deckungsbeiträge berechnet zu werden. Dazu wird, wie bereits bei den Maschinen beschrieben, in Zelle F147 die Summe gezogen. An dieser Stelle ergeben sich dann 50.731.050 Euro (50.731,05 T€).

Für den Ansatz des Solvers, also die Optimierung der Produktmischung, wird nun ein weiteres Tabellensegment erzeugt:

In die Zellen C149, D149 und E149 werden die entsprechenden Werte für die Stückzahlen manuell eingetragen, da diese verändert werden sollen. In F149 wird wieder die entsprechende Summe gezogen.

Die Maschinen werden als aufgerundetes Produkt von Kapazität und Menge ermittelt. Für den Artikel A in Zelle C150:

=AUFRUNDEN(C149/C144;0)

Neben der manuellen Eingabe der Formel in die Zelle kann auch dies wieder mit der Maus erfolgen:

- Zelle C150 markieren
- Funktionsassistenten aufrufen → .
- Funktionskategorie: Mathematik und Trigonometrie wählen
- Funktion AUFRUNDEN wählen



Abbildung 31 Funktionsassistent

- Mit **OK** bestätigen
- In die Zeile Zahl C149/C144 eingeben oder auf klicken und mit der Maus auswählen

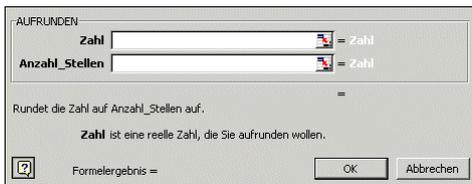


Abbildung 32 Funktionsassistent 2

- Bei Anzahl_Stellen „0“ eingeben
- Der Assistent muss nun wie folgt aussehen:

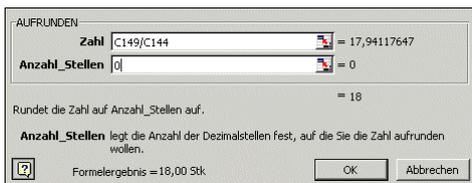


Abbildung 33 Funktionsassistent 3

- Mit **OK** bestätigen
- Danach wird die Formel für die andere Artikel, wie oben beschrieben, ausgefüllt.
- Nun wird mit der Summenfunktion von Excel in Zelle F150 die Summe der Maschinen ermittelt.

Das Maximum der Produktion je Artikel würde entstehen, wenn auf die Produktion der jeweils anderen verzichtet werden würde, wenn also nur ein Produkt produziert würde.

Damit berechnet sich das Produktionsmaximum je Artikel als: Kapazität je Artikel mal Gesamtmaschinen; hier also für Artikel A in Zelle C151: $F150 * C144$. Um diese Formel für die anderen Artikel verwenden zu können, muss die Gesamtmaschinenzahl fixiert werden. Dies erreicht man, in dem man **\$** wie folgt eingibt: $\$F\150 oder in der Zelle C151 mit der Maus hinter F150 geht und dann **F4** drückt.

Die Formel lautet dann $\$F\$150 * C144$ und kann einfach für die anderen Artikel ausgefüllt werden.

Für den Gesamtdeckungsbeitrag wird die Menge mit dem Deckungsbeitrag je Stück multipliziert.

Also $C149 * C143$ für den Artikel A (für die anderen Artikel ausfüllen).

Mit der Excel-Summenfunktion wird nun in Zelle F154 die Gesamtsumme der Deckungsbeiträge berechnet.

Nach der entsprechenden Formatierung mit Farben und Zahlenformaten sollte die Tabelle wie folgt aussehen:

Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion (Solveroptimierung)				
Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C	gesamt
Deckungsbeitrag	92,52 €	52,40 €	66,84 €	
Kapazität p.a.	13,20 TStk	5,80 TStk	4,20 TStk	
Menge p.a.	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk	
Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk
DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€
Menge	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk	727,00 TStk
Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk
Maximum	1.531,20 TStk	672,80 TStk	487,20 TStk	
DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€

Abbildung 34 Optimierung Ausgangstabelle

Diese soll nun mit dem Solver optimiert werden:

- Den Cursor auf das Feld F152 positionieren
- Den Solver aufgerufen (Extras → Solver)

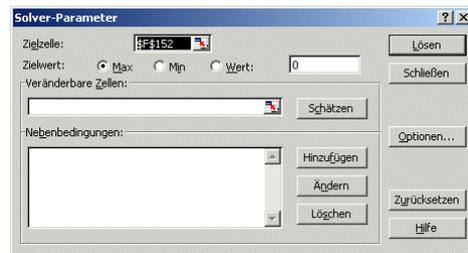


Abbildung 35 Solver

Die bereits eingetragene Zielzelle F152 ist die zu optimierende Zelle. Bei Zielwert wird angegeben, wie optimiert werden soll, hier also das Maximum.

In die veränderbaren Zellen werden nun jene Werte, die für die Optimierung überarbeitet werden sollen, eingegeben.

- Auf klicken
- Mit der Maus die manuell erfassten Stückzahlen (Zellen: C149, D149 und E149) markieren



Abbildung 36 Solver 2

- Durch Klicken auf kehrt man zum Parameterfenster zurück

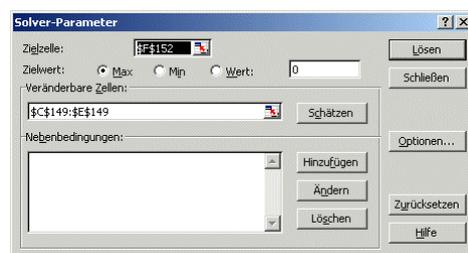


Abbildung 37 Solver 3

Nun werden die Nebenbedingungen, die Restriktionen der Optimierung, erfasst:

- Die Menge muss kleiner oder gleich dem Produktionsmaximum sein → [C149:E149 <= C151:E151]
- Die Menge soll als ganze Stück ausgegeben werden → [C149:E149 = ganzzahlig]
- Die Produktion je Artikel darf nicht negativ werden → [C149:E149 > 0]
- die Gesamtzahl der Maschinen darf nicht größer sein als die bisher vorhandenen → [F150 <= F146]

- Auf **Hinzufügen** klicken
- Bedingungen erfassen



Abbildung 38 Nebenbedingung einfügen

Das Solver-Parameter-Fenster zeigt nun das folgende Bild:

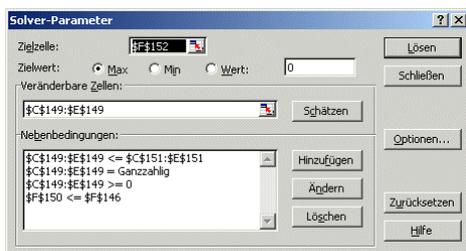


Abbildung 39 Solver 4

Zuletzt werden nun noch die Optionen eingestellt. Für das verwendete Beispiel genügen die Standardeinstellungen:

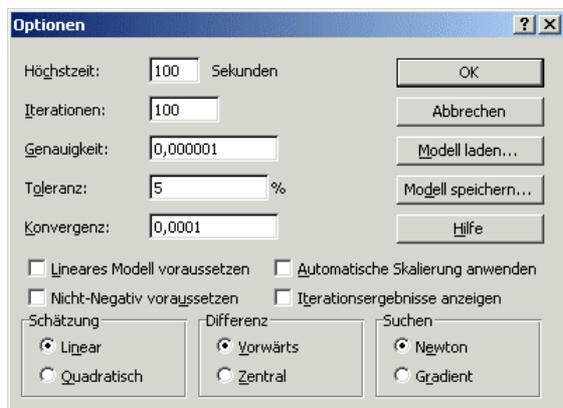


Abbildung 40 Solver Optionen

Die verschiedenen Optionen dienen dabei der Qualität der Lösung.

„Höchstzeit: Begrenzt die für den Lösungsprozess zulässige Zeit. (Maximum 32.767 Sekunden)

Iterationen: Begrenzt die Anzahl der Zwischenberechnungen. (Maximum 32.767)

Genauigkeit: Lösungsgenauigkeit; prüft ob Wert einer Nebenbedingungszone den Zielwert erreicht bzw. den unteren oder oberen Grenzwert einhält; wird als Bruch zwischen 0 (Null) und 1 angegeben; 0,0001 führt zu größerer Genauigkeit als 0,01.

Toleranz: zulässiger Prozentsatz, um den die Zielzelle einer die ganzzahligen Nebenbedingungen erfüllenden Lösung vom eigentlich optimalen Wert abweichen darf.

Konvergenz: Unterschreitet die relative Änderung in der Zielzelle die Zahl im Feld Konvergenz bei den letzten fünf Iterationen, hält Solver an. Konvergenz trifft nur auf nichtlineare Probleme zu und wird durch eine Bruchzahl zwischen 0 (Null) und 1 angegeben.

Lineares Modell voraussetzen: Beschleunigt den Lösungsvorgang, wenn alle Beziehungen im Modell linear sind und ein lineares Optimierungsproblem gelöst werden soll.

Iterationsergebnisse anzeigen: Unterbricht Solver, um die Ergebnisse jeder einzelnen Iteration anzuzeigen.

Automatische Skalierung anwenden: Aktiviert die automatische Skalierung, wenn sich Ein- und Ausgaben in der Größenordnung stark unterscheiden, z. B. bei der Maximierung des prozentualen Gewinns auf der Grundlage von Investitionen in Millionenhöhe.

Nicht-Negativ voraussetzen: Solver nimmt einen unteren Grenzwert von 0 (Null) für alle veränderbaren Zellen an, für die Sie im Feld Nebenbedingungen des Dialogfeldes Nebenbedingungen hinzufügen keinen unteren Grenzwert angegeben haben.

Schätzung: Gibt den Lösungsansatz an, der bei der Ermittlung erster Schätzwerte der Grundvariablen bei jeder eindimensionalen Suche verwendet wird.

- **Linear** verwendet die lineare Extrapolation, ausgehend von einem tangentialen Vektor.
- **Quadratisch** verwendet die quadratische Extrapolation, die bei extrem nichtlinearen Problemen u. U. zu verbesserten Ergebnissen führt.

Differenzen: Legt die Art der Differenzierung fest, die bei der Schätzung von Differenzteilen der Ziel- und Nebenbedingungsfunktionen verwendet wird.

- **Vorwärts** wird bei den meisten Problemen verwendet, bei denen sich die Werte der

Nebenbedingungen relativ langsam verändern.

- **Zentral** wird bei Problemen verwendet, bei denen sich die Nebenbedingungen vor allem in Grenzwertnähe schnell verändern. Obwohl diese Option mehr Berechnungen erfordert, erweist sie sich als hilfreich, wenn Solver eine Meldung ausgibt, dass die Lösung nicht verbessert werden konnte.
- Suchen:** Gibt den für die Iterationen verwendeten Algorithmus an, um die Suchrichtung festzulegen.

- **Newton** verwendet ein Quasi-Newton-Verfahren, das im Allgemeinen mehr Arbeitsspeicher aber weniger Iterationen als das Gradientenverfahren mit konjugierten Richtungen erfordert.
- **Gradient** benötigt weniger Arbeitsspeicher als das Newton-Verfahren, erfordert im Allgemeinen jedoch eine größere Anzahl von Iterationen, um einen bestimmten Genauigkeitsgrad zu erzielen. Verwenden Sie diese Option, wenn das Problem umfangreich und der zur Verfügung stehende Speicherplatz eventuell nicht ausreicht oder wenn sich bei der schrittweisen Iteration nur ein allmählicher Fortschritt abzeichnet.^{28cc}

Zelle	Name	Ausgangswert	Lösungswert
\$F\$152	DB gesamt gesamt	60.731,05 T€	52.426,46 T€

Zelle	Name	Ausgangswert	Lösungswert
\$C\$149	Menge Artikel A	243,00 TStk	264,00 TStk
\$D\$149	Menge Artikel B	284,00 TStk	278,00 TStk
\$E\$149	Menge Artikel C	200,00 TStk	201,00 TStk

Zelle	Name	Zellwert	Formel	Status	Differenz
\$F\$150	Maschinen gesamt	116,00 Stk	=\$F\$150<=\$F\$146	Einschränkend	0
\$C\$149	Menge Artikel A	264,00 TStk	=\$C\$149<=\$C\$151	Nicht einschränkend	1267,2
\$D\$149	Menge Artikel B	278,00 TStk	=\$D\$149<=\$D\$151	Nicht einschränkend	394,8
\$E\$149	Menge Artikel C	201,00 TStk	=\$E\$149<=\$E\$151	Nicht einschränkend	286,2
\$C\$149	Menge Artikel A	264,00 TStk	=\$C\$149=Ganzzahlig	Einschränkend	0,00 TStk
\$D\$149	Menge Artikel B	278,00 TStk	=\$D\$149=Ganzzahlig	Einschränkend	0,00 TStk
\$E\$149	Menge Artikel C	201,00 TStk	=\$E\$149=Ganzzahlig	Einschränkend	0,00 TStk
\$C\$149	Menge Artikel A	264,00 TStk	=\$C\$149>=0	Nicht einschränkend	264,00 TStk
\$D\$149	Menge Artikel B	278,00 TStk	=\$D\$149>=0	Nicht einschränkend	278,00 TStk
\$E\$149	Menge Artikel C	201,00 TStk	=\$E\$149>=0	Nicht einschränkend	201,00 TStk

Abbildung 43 Antwortbericht

Nach Erstellung der entsprechenden Teile des Personal- und des Materialplanes kann eine neue Gewinn- und Verlustrechnung erstellt werden. Dazu kann man wie folgt vorgehen:

	F	G
154	PERS.	Stückkosten
155	Art. A	=C3
156	Art. B	=C4
157	Art. C	=C5
158	MATERIAL	
159	Vorratsmenge:	=H36
160	Materialbedarf:	=(B3*C155)+(B4*C156)+(B5*C157)
161	Neubedarf:	=G160-G159
162	Orderwert:	=H39
163	Vorratswert:	=H40
164	Materialwert:	=SUMME(G162:G163)
165	Verbrauch(Vorj.):	=H42
166	Verbrauch(Ird.):	=F33*G161
167	Verbrauchswert:	=SUMME(G165:G166)
168	Endbestand:	=G164-G165-G166

Abbildung 44 Formeln für teilweise Personal- & Materialplanung

Nach einem Klick auf Lösen zeigt der Solver folgendes Bild:

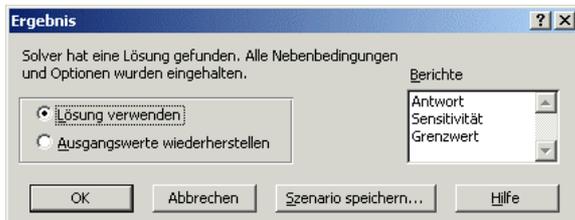


Abbildung 41 Solverergebnis

Da Sensitivitäts- und Grenzwertberichte keine Aussagekraft bei ganzzahligen Nebenbedingungen haben genügt nun die Auswahl des Antwortberichtes. Nach Bestätigung mit **OK** ergibt sich folgendes Bild:

Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion (Solveroptimierung)				
Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C	gesamt
Deckungsbeitrag	92,52 €	52,40 €	66,84 €	
Kapazität p.a.	13,20 TStk	5,80 TStk	4,20 TStk	
Menge p.a.	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk	
Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk
DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€
Menge	264,00 TStk	278,00 TStk	201,00 TStk	743,00 TStk
Maschinen	20,00 Stk	48,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk
Maximum	1.531,20 TStk	672,80 TStk	487,20 TStk	
DB gesamt	24.425,82 T€	14.566,48 T€	13.434,17 T€	52.426,46 T€

Abbildung 42 Ergebnistabelle

Der entsprechende Antwortbericht des Solvers zeigt noch einmal die einzelnen Werte.

	B	C	D	E
154	GUV-GKV (§275J) - 19x1 (TDM)			
155	Art. A	=C149	=C155*F133	
156	Art. B	=D149	=C156*G133	
157	Art. C	=E149	=C157*H133	
158	a. aktivierte Eigenleistungen	=C60		
159	Gesamtleistung		=D155+D156+D157+D158	
160	Mat.-Einsatz	=G167+H28		
161	Rohertrag		=E159-D160	
162	Pers.-Aufw. (Prod.)	=H158+(H27-H28)		
163	Sonst. Aufw.	=F29		
164	Zinsen (Darlehen)	=C66		
165	Zinsen (Kfr.)	=C67		
166	BCF		=E161-(D162+D163+D164+D165)	
167	Abschr. (Masch.)	=C69		
168	Abschr. (Gebäude)	=C70		
169	AUFWAND		=SUMME(D160:D168)	
170	Überschuß v. St.		=E159-E169	
171	EE-Steuern		=WENN(E170>0;0;E170*F7)	
172	Überschuß n. St.		=E170-E171	

Abbildung 45 Formeln für GKV nach Optimierung

	F	G
171	bisher. Überschuß	Zugewinn
172	=D74	=E172-F172

Abbildung 46 Formeln für Gewinnvergleich

Wenn die Formeln komplett eingegeben sind sollte sich dieses Bild zeigen:

PERS.	Stückkosten	Aufwand
Art A	4,60 €/Stk	1.214,40 T€
Art B	3,40 €/Stk	945,20 T€
Art C	2,90 €/Stk	562,90 T€
MATERIAL		
Vorratsmenge:	2.500,00 Tkg	
Materialbedarf:	4.337,50 Tkg	
Neubedarf:	1.837,50 Tkg	
Orderwert:	5.600,00 T€	
Vorratswert:	3.750,00 T€	
Materialwert:	9.350,00 T€	
Verbrauch(Vorj.):	3.750,00 T€	
Verbrauch(Itd.):	2.572,50 T€	
Verbrauchswert:	6.322,50 T€	
Endbestand:	3.027,50 T€	

Abbildung 47 teilweise Personal- & Materialplanung

GUV-GKV (§275,II) - 19x1 (TDM)			
Art A	264,00 TStk	28.248,00 T€	
Art B	276,00 TStk	18.348,00 T€	
Art C	201,00 TStk	16.482,00 T€	
a. aktivierte Eigenleistungen		80,00 T€	
Gesamtleistung			63.158,00 T€
Mat.-Einsatz	6.326,50 T€		
Rohertrag			56.831,50 T€
Pers.-Aufw. (Prod.)	2.818,50 T€		
Sonst. Aufw.	26.325,09 T€		
Zinsen (Darlehen)	468,00 T€		
Zinsen (kfr.)	285,00 T€		
BCF			26.934,91 T€
Abschr. (Masch.)	7.094,00 T€		
Abschr. (Gebäude)	80,00 T€		
AUFWAND			43.397,09 T€
Überschuß v. St.		19.760,91 T€	
EE-Steuern		8.299,58 T€	
Überschuß n. St.		11.461,33 T€	

Abbildung 48 GKV nach Optimierung

bisher. Überschuß	Zugewinn
10.466,13 T€	995,20 T€

Abbildung 49 Gewinnvergleich

Die GUV ergibt dann einen zusätzlichen Gewinn in Höhe von 995.200,- €.

Ergänzung:

Bei den vorgenannten Berechnungen blieb das Produktionsminimum unberücksichtigt. Dies bedeutet, das u.U. ein, mit dem Solver ermitteltes, Optimum unterhalb der bereits vorab berechneten Break even liegt. Bei einer optimierten Produktion sollte dies jedoch berücksichtigt werden.

Eine entsprechende Grenze ist nun sehr leicht einzubauen:

- Man markiert die Zeile 152 durch klicken auf den Zeilenkopf
- Dann klickt man mit der rechten Maustaste auf die Markierung
- Nun wählt man aus dem erscheinenden Pop-up-Menü: Zellen einfügen
- Es wird eine komplette Zeile eingefügt



Abbildung 50 Menü - rechte Maustaste

- Als Minimum kann der bereits berechnete Mengen- break even Verwendung finden. dazu werden die eingefügten Zellen wie folgt gefüllt:

	B	C	D	E	F
141	Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion (Solveroptimierung)				
142	Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C	gesamt
143	Deckungsbeitrag	=F135	=G135	=H135	
144	Kapazität p.a.	=D42	=D43	=D44	
145	Menge p.a.	=D3	=D4	=D5	
146	Maschinen	=F42	=F43	=F44	=SUMME(C146:E146)
147	DB gesamt	=C149*C143	=D149*D143	=E149*E143	=SUMME(C147:E147)
148	Menge	264	276	201	=SUMME(C149:E149)
150	Maschinen	=AUFRUNDEN(C149/C144,0)	=AUFRUNDEN(D149/D144,0)	=AUFRUNDEN(E149/E144,0)	=SUMME(C150:E150)
151	Maximum	=F\$150*C144	=F\$150*D144	=F\$150*E144	
152	Minimum	=B138	=C138	=D138	
153	DB gesamt	=C149*C143	=D149*D143	=E149*E143	=SUMME(C153:E153)

Abbildung 51 Minimum Formeln

Im Solver muss nun noch eine zusätzliche Grenze hinzugefügt werden um sicherzustellen, dass die optimierten Mengen immer größer oder gleich dem Minimum sind.



Abbildung 52 Minimumbedingung

Nach dem Lösen mit dem Solver zeigt dieser, dass er zu den gezeigten Werten keine realisierbare Lösung finden kann. Dies ist ja auch verständlich, da die Werte bereits optimiert und oberhalb des eingegebenen Minimums waren.

Wenn man einfach die Mengen auf die Ausgangswerte zurücksetzt, also

- Artikel A (Zelle C149) : 243
- Artikel B (Zelle D149) : 284
- Artikel C (Zelle E149) : 200

und den Solver noch einmal durchlaufen lässt, führt dieser im verwendeten Beispiel exakt zum gleichen Ergebnis.

Grenzen:

Der Solver kann nicht unbegrenzt Optimierungsprobleme lösen. Bevor er eingesetzt wird sollte deshalb sachlogisch betrachtet werden, ob ein Problem überhaupt eine Lösung hat. So könnten in o.g. Beispiel andere Produktionszahlen dazu führen, dass ein theoretisches Optimum nur erreicht werden kann, wenn eine Produktstrecke negativ wird.

Die Einstellung der Solveroptionen muss sorgfältig erfolgen. Bei einigen Ansätzen kann es sein, dass der mehrmalige Einsatz des Solvers zu weiteren möglichen Lösungen führt. Immer dann sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die Werte für die Iteration und/oder die

ANHANG:

Gesamtplan Ausgangswerte

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Gesamtplan nach: Haas Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage)/Oldenbourg 2000/ Anhang 2							
2		Material-einsatz/Stk.	Personal-kosten /Stk.	Produktions-Menge	Verkaufs-preis	geplanter Umsatz	sonstiger Aufwand	
3	Art.A	5,90 kg	4,60 €	243,00 TStk	107,00 €	26.001,00 €	Mieten	780,00 T€
4	Art.B	5,30 kg	3,40 €	284,00 TStk	66,00 €	18.744,00 €	Beratung	834,00 T€
5	Art.C	6,50 kg	2,90 €	200,00 TStk	82,00 €	16.400,00 €	Büro	240,00 T€
6		Energie/Stk.	Energie	Müll/Stk.	Müll	Steuersatz	Literatur	380,00 T€
7	Art.A	0,90 €	218,70 T€	0,37 €	89,91 T€	42%	Neue RüSt.	200,00 T€
8	Art.B	2,10 €	596,40 T€	0,37 €	105,08 T€		Reise	1.328,00 T€
9	Art.C	2,30 €	460,00 T€	0,48 €	96,00 T€		Fuhrpark	2.630,00 T€
10			1.275,10 T€		290,99 T€		Werbung	1.832,00 T€
11	AKTIVA			PASSIVA			Telekom	1.860,00 T€
12	ANLAGEVERMÖGEN			FREMDKAPITAL			Versicherung	1.684,00 T€
13	Gebäude		4.000,00 T€	Darlehen		5.000,00 T€	Reparatur	1.648,00 T€
14	Maschinen		11.036,00 T€	kfr. Kredite		3.000,00 T€	Reinigung	984,00 T€
15	BGA		100,00 T€	Verbindlichkeiten		1.800,00 T€	EDV	1.932,00 T€
16	Finanzanlagen		1.000,00 T€	Rückstellungen		500,00 T€	Bewirtung	886,00 T€
17			16.136,00 T€			10.300,00 T€	FuE	1.800,00 T€
18	UMLAUFVERMÖGEN			EIGENKAPITAL			Mat.-annahme	420,00 T€
19	Vorräte		3.750,00 T€	Gez. Kapital		12.186,00 T€	Packerei	980,00 T€
20	Forderungen		4.100,00 T€	Rücklagen		5.000,00 T€	Montage	830,00 T€
21	fl.Mittel/Kasse		3.500,00 T€			17.186,00 T€	Zwischensumme	21.248,00 T€
22			11.350,00 T€			17.186,00 T€	Sonstiges	3.511,00 T€
23	SUMME:			SUMME:			SA	24.759,00 T€
24	Abschreibungen	Afa-Satz vom Restwert	Anschaffungs-kosten	Nutzungs-dauer	Afa-Satz linear			
25	Gebäude	2%	X	X	X			
26	Maschinen	X	330,00 T€	5 Jahre	20%		andere aktivierte Eigenleistungen	
27	Zinsen p.a.	langfr. Darl.	7,8%	kurzfr. Darl.	9,5%		BGA	80,00 T€
28	Darlehenserrhöhung:					1.000,00 T€	Material	4,00 T€
29	sonstiger Aufwand (inkl. fixe Pers.-Kosten):					26.325,09 T€		
30	sonstiger Aufwand ohne Energie und Müll					24.759,00 T€		
31	Lohnaufwand / Mitarbeiter p.a.:					60,00 T€		
32	Wertansatz für Materialvorräte d. Vorjahres:					1,50 DM/kg		
33	Bestellmenge:	4.000,00 Tkg		Neupreis:	1,40 DM/kg			
34								
35	PERS.	Absatz	Stückkosten	Aufwand	Pers.-Bedarf		MATERIAL	
36	Art.A	243,00 TStk	4,60 €/Stk	1.117,80 T€	18,63	19	Vorratsmenge:	2.500,00 Tkg
37	Art.B	284,00 TStk	3,40 €/Stk	965,60 T€	16,09	17	Materialbedarf:	4.238,90 Tkg
38	Art.C	200,00 TStk	2,90 €/Stk	580,00 T€	9,67	10	Neubedarf:	1.738,90 Tkg
39			Lohnsumme:	2.663,40 T€			Orderwert:	5.600,00 T€
40							Vorratswert:	3.750,00 T€
41	KAPAZITÄT						Materialwert:	9.350,00 T€
42	Art.A	Maschine	p.a.	13,20 TStk	18,41	19,00	Verbrauch(Vorj.):	3.750,00 T€
43	Art.B	Maschine	p.a.	5,80 TStk	48,97	49,00	Verbrauch(lfd):	2.434,46 T€
44	Art.C	Maschine	p.a.	4,20 TStk	47,62	48,00	Verbrauchswert:	6.184,46 T€
45	INVESTITION	17.490,00 T€	NEUE MASCHINEN:	114,99	53,00		Endbestand:	3.165,54 T€
46							gewichtetes Preismittel:	1,459 €
47	ABSCHREIBUNGSPLAN							
48	Stk.	Jahr	Wert	AfA	Restwert	Kaufpreis		
49	6	19x1-4	1.500,00 T€	300,00 T€	0,00 T€	250,00 T€		
50	13	19x1-3	3.510,00 T€	702,00 T€	702,00 T€	270,00 T€		
51	18	19x1-2	5.220,00 T€	1.044,00 T€	2.088,00 T€	290,00 T€		
52	25	19x1-1	7.750,00 T€	1.550,00 T€	4.650,00 T€	310,00 T€		
53	53	19x1-0	17.490,00 T€	3.498,00 T€	13.992,00 T€			
54	62			7.094,00 T€	21.432,00 T€	<- SUMMEN		
55								

Abbildung 53 Gesamtplan Teil 1

	A	B	C	D	E	F	G	H
56	GUV-GKV (§275,II) - 19x1 (TDM)							
57	Art.A	243,00 TStk	26.001,00 T€		"cash flow"-Plan 19x1			
58	Art.B	284,00 TStk	18.744,00 T€		Anfangsbest. (fl. M.)	3.500,00 T€		
59	Art.C	200,00 TStk	16.400,00 T€		Restzahlung (Ford.)	4.100,00 T€		
60	a. aktivierte Eigenleistungen		80,00 T€		Darlehenshöhung	1.000,00 T€		
61	Gesamtleistung		61.225,00 T€		Umsatz (95%)	58.087,75 T€	3.057,25 T€	
62	Mat.-Einsatz	6.188,46 T€			EINZAHLUNGEN		63.187,75 T€	
63	Rohertrag		55.036,54 T€		Restausg. (Verbind.)	1.800,00 T€		
64	Pers.-Aufw. (Prod.)	2.739,40 T€			Materialeinkauf (90%)	5.044,00 T€	560,00 T€	
65	Sonst. Aufw.	26.325,09 T€			Zugang (Masch.)	17.490,00 T€		
66	Zinsen (Darlehen)	468,00 T€			Prod.-Lohn	2.739,40 T€		
67	Zinsen (kfr.)	285,00 T€			Sonst. Aufwand	26.325,09 T€		
68	BCF		25.219,05 T€		Zinsen	753,00 T€		
69	Abschr. (Masch.)	7.094,00 T€			EE-Steuern	7.578,92 T€		
70	Abschr. (Gebäude)	80,00 T€			/ Neue Rückstell.	-200,00 T€		
71	AUFWAND		43.179,95 T€		AUSZAHLUNGEN		61.530,41 T€	
72	Überschuß v. St.		18.045,05 T€		cash flow		1.657,34 T€	
73	EE-Steuern		7.578,92 T€		flüssige Mittel		5.157,34 T€	
74	Überschuß n. St.		10.466,13 T€					
75								
76	AKTIVA			PASSIVA				
77	ANLAGEVERMÖGEN			FREMDKAPITAL				
78	Gebäude		3.920,00 T€	Darlehen		6.000,00 T€		
79	BGA		180,00 T€	kfr. Kredite		3.000,00 T€		
80	Maschinen		21.432,00 T€	Verbindlichkeiten		560,00 T€		
81	Finanzanlagen		1.000,00 T€	Rückstellungen		700,00 T€		
82			26.532,00 T€			10.260,00 T€		
83	UMLAUFVERMÖGEN			EIGENKAPITAL				
84	Vorräte		3.165,54 T€	Gez. Kapital		12.186,00 T€		
85	Forderungen		3.057,25 T€	Rücklagen		5.000,00 T€		
86	fl.Mittel/Kasse		5.157,34 T€	Gewinne		10.466,13 T€		
87			11.380,13 T€			27.652,13 T€		
88	SUMME:		37.912,13 T€	SUMME:		37.912,13 T€		
89								
90	Ko-Stellen		SUMME	Mat./A.	Fertigung	Verwaltung	Vertrieb	
91	GK f. Material		111,00 T€	1,00 T€	80,00 T€	10,00 T€	20,00 T€	
92	GK f. Löhne		6.033,00 T€	38,00 T€	5.995,00 T€	0,00 T€	0,00 T€	
93	Gehälter		7.966,00 T€	572,00 T€	3.194,00 T€	2.510,00 T€	1.690,00 T€	
94	GK f. soz. Auf.		11,00 T€	2,00 T€	5,00 T€	2,00 T€	2,00 T€	
95	GK f. sonst. Auf.		13.500,00 T€	575,00 T€	4.176,00 T€	4.824,00 T€	3.925,00 T€	
96	Abschreibungen		5.722,00 T€	308,00 T€	5.242,00 T€	82,00 T€	90,00 T€	
97	SUMME		33.343,00 T€	1.496,00 T€	18.692,00 T€	7.428,00 T€	5.727,00 T€	
98								
99	Einzelmaterial	6.188,46 T€		UKV (§ 275, Abs. 3 HGB)				
100	Material-GK	1.496,00 T€		Umsatzerlöse	61.145,00 T€			
101	Materialkosten	7.684,46 T€		Hk. für UKV	29.035,86 T€			
102	Einzellöhne	2.739,40 T€		BRUTTOERG.	32.109,14 T€			
103	Fertigungs-GK	18.692,00 T€		Vertriebsk.	5.727,00 T€			
104	Fertigungsk.	21.431,40 T€		Verwaltungsk.	7.428,00 T€			
105	HK. d. ARP	29.115,86 T€		Sonst. b. Er.	0,00 T€			
106	Bestandsmind.	0,00 T€		Sonst. b. A..	909,00 T€			
107	Bestandserh.	0,00 T€		Ü. v. St.	18.045,14 T€			
108	Bestandsänd.	0,00 T€		EE-Steuern	7.578,96 T€		Differenz:	
109	Herstellungsk. des U.	29.115,86 T€		Ü. n. St.	10.466,18 T€		0,05 €	
110								
111	Kostenauflösung							
112		Menge	Preis	m³p	var. Kost (Pers.)	Fix-Kostenverteilung		
113	Art.A	243,00 TStk	107,00 €	26.001,00 T€	4,60 €	Artikel A	Artikel B	Artikel C
114	Art.B	284,00 TStk	66,00 €	18.744,00 T€	3,40 €	45%	20%	35%
115	Art.C	200,00 TStk	82,00 €	16.400,00 T€	2,90 €			
116		Umsatzerlöse:		61.145,00 T€				
117		Material/Stk.	Preis/kg (Mittel)	var. Kost (Mat.)	var.Kost. / Stk	var. Kost./ Art.		
118	Art.A	5,90 kg	1,459 €	8,61 €	14,48 €	3.518,15 T€		
119	Art.B	5,30 kg	1,459 €	7,73 €	13,60 €	3.863,13 T€		
120	Art.C	6,50 kg	1,459 €	9,48 €	15,16 €	3.032,67 T€		
121					variable Kosten:	10.413,95 T€		
122	s A:	24.759,00 T€	Deckungsbeitrag:	50.731,05 T€				
123	Zinsen:	753,00 T€	Fix-Kosten:	32.686,00 T€				
124	Afa:	7.174,00 T€	Ü. v. St.	18.045,05 T€				
125	FK:	32.686,00 T€	EE-Steuern	7.578,92 T€				
126			Ü. n. St.	10.466,13 T€				
127								

Abbildung 54 Gesamtplan Teil 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
128	BE	Artikel A	Artikel B	Artikel C	Relativer Deckungsbeitrag			
129	Preis	107,00 €	66,00 €	82,00 €	Artikel A Artikel B Artikel C			
130	Absatz	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk	Stundenzahl p.a.:	1.785,00		
131	Umsatz	26.001,00 T€	18.744,00 T€	16.400,00 T€	Produktionsmenge:	243.000,00 Stk	284.000,00 Stk	200.000,00 Stk
132	KV	14%	21%	18%	Stückzahl/Stunde:	136,13 Stk	159,10 Stk	112,04 Stk
133	KF	14.708,70 T€	6.537,20 T€	11.440,10 T€	Stückpreis:	107,00 €	66,00 €	82,00 €
134	Kvges	3.518,15 T€	3.863,13 T€	3.032,67 T€	variable Kosten/Stk.:	14,48 €	13,60 €	15,16 €
135	DB	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	DB (absolut):	92,52 €	52,40 €	66,84 €
136	GK	18.226,85 T€	10.400,33 T€	14.472,77 T€	DB (relativ):	12.595,44 €	8.336,62 €	7.488,70 €
137	Erfolg	7.774,15 T€	8.343,67 T€	1.927,23 T€				
138	BE m	158,98 TStk	124,76 TStk	171,17 TStk				
139	BE U	17.010,34 T€	8.234,28 T€	14.035,54 T€				
140								
141	Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion (Solveroptimierung)							
142	Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C	gesamt			
143	Deckungsbeitrag	92,52 €	52,40 €	66,84 €				
144	Kapazität p.a.	13,20 TStk	5,80 TStk	4,20 TStk				
145	Menge p.a.	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk				
146	Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk			
147	DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€			
148								
149	Menge	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk	727,00 TStk			
150	Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk			
151	Maximum	1.531,20 TStk	672,80 TStk	487,20 TStk				
152	DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€			
153								
154	GUV-GKV (§275,II) - 19x1 (TDM)					PERS.	Stückkosten	Aufwand
155	Art.A	243,00 TStk	26.001,00 T€		Art.A	4,60 €/Stk	1.117,80 T€	
156	Art.B	284,00 TStk	18.744,00 T€		Art.B	3,40 €/Stk	965,60 T€	
157	Art.C	200,00 TStk	16.400,00 T€		Art.C	2,90 €/Stk	580,00 T€	
158	a. aktivierte Eigenleistungen		80,00 T€		MATERIAL			
159	Gesamtleistung			61.225,00 T€	Vorratsmenge:	2.500,00 Tkg		
160	Mat.-Einsatz		6.188,46 T€		Materialbedarf:	4.238,90 Tkg		
161	Rohertrag			55.036,54 T€	Neubedarf:	1.738,90 Tkg		
162	Pers.-Aufw. (Prod.)		2.739,40 T€		Orderwert:	5.600,00 T€		
163	Sonst. Aufw.		26.325,09 T€		Vorratswert:	3.750,00 T€		
164	Zinsen (Darlehen)		468,00 T€		Materialwert:	9.350,00 T€		
165	Zinsen (kfr.)		285,00 T€		Verbrauch(Vorj.):	3.750,00 T€		
166	BCF			25.219,05 T€	Verbrauch(Ird):	2.434,46 T€		
167	Abschr. (Masch.)		7.094,00 T€		Verbrauchswert:	6.184,46 T€		
168	Abschr. (Gebäude)		80,00 T€		Endbestand:	3.165,54 T€		
169	AUFWAND			43.179,95 T€				
170	Überschuß v. St.			18.045,05 T€				
171	EE-Steuern			7.578,92 T€	bisher. Überschuß	Zugewinn		
172	Überschuß n. St.			10.466,13 T€	10.466,13 T€	0,00 T€		
173								

Abbildung 55 Gesamtplan Teil 3

Optimierungsergebnisse:

	A	B	C	D	E	F	G	H
140								
141	Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion (Solveroptimierung)							
142	Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C	gesamt			
143	Deckungsbeitrag	92,52 €	52,40 €	66,84 €				
144	Kapazität p.a.	13,20 TStk	5,80 TStk	4,20 TStk				
145	Menge p.a.	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk				
146	Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk			
147	DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€			
148								
149	Menge	264,00 TStk	278,00 TStk	201,00 TStk	743,00 TStk			
150	Maschinen	20,00 Stk	48,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk			
151	Maximum	1.531,20 TStk	672,80 TStk	487,20 TStk				
152	DB gesamt	24.425,82 T€	14.566,48 T€	13.434,17 T€	52.426,46 T€			
153								
154	GUV-GKV (§275,II) - 19x1 (TDM)					PERS.	Stückkosten	Aufwand
155	Art.A	264,00 TStk	28.248,00 T€		Art.A	4,60 €/Stk	1.214,40 T€	
156	Art.B	278,00 TStk	18.348,00 T€		Art.B	3,40 €/Stk	945,20 T€	
157	Art.C	201,00 TStk	16.482,00 T€		Art.C	2,90 €/Stk	582,90 T€	
158	a. aktivierte Eigenleistungen		80,00 T€		MATERIAL			
159	Gesamtleistung		63.158,00 T€		Vorratsmenge:	2.500,00 Tkg		
160	Mat.-Einsatz		6.326,50 T€		Materialbedarf:	4.337,50 Tkg		
161	Rohertrag		56.831,50 T€		Neubedarf:	1.837,50 Tkg		
162	Pers.-Aufw. (Prod.)		2.818,50 T€		Orderwert:	5.600,00 T€		
163	Sonst. Aufw.		26.325,09 T€		Vorratswert:	3.750,00 T€		
164	Zinsen (Darlehen)		468,00 T€		Materialwert:	9.350,00 T€		
165	Zinsen (kfr.)		285,00 T€		Verbrauch(Vorj.):	3.750,00 T€		
166	BCF		26.934,91 T€		Verbrauch(lfd):	2.572,50 T€		
167	Abschr. (Masch.)		7.094,00 T€		Verbrauchswert:	6.322,50 T€		
168	Abschr. (Gebäude)		80,00 T€		Endbestand:	3.027,50 T€		
169	AUFWAND		43.397,09 T€					
170	Überschuß v. St.		19.760,91 T€					
171	EE-Steuern		8.299,58 T€		bisher. Überschuß	Zugewinn		
172	Überschuß n. St.		11.461,33 T€		10.466,13 T€	995,20 T€		
173								
140								
141	Optimierung mit Kapazitäts- und Absatzrestriktion (Solveroptimierung)							
142	Produkt	Artikel A	Artikel B	Artikel C	gesamt			
143	Deckungsbeitrag	92,52 €	52,40 €	66,84 €				
144	Kapazität p.a.	13,20 TStk	5,80 TStk	4,20 TStk				
145	Menge p.a.	243,00 TStk	284,00 TStk	200,00 TStk				
146	Maschinen	19,00 Stk	49,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk			
147	DB gesamt	22.482,85 T€	14.880,87 T€	13.367,33 T€	50.731,05 T€			
148								
149	Menge	264,00 TStk	278,00 TStk	201,00 TStk	743,00 TStk			
150	Maschinen	20,00 Stk	48,00 Stk	48,00 Stk	116,00 Stk			
151	Maximum	1.531,20 TStk	672,80 TStk	487,20 TStk				
152	Minimum	158,98 TStk	124,76 TStk	171,17 TStk				
153	DB gesamt	24.425,82 T€	14.566,48 T€	13.434,17 T€	52.426,46 T€			
154								
155	GUV-GKV (§275,II) - 19x1 (TDM)					PERS.	Stückkosten	Aufwand
156	Art.A	264,00 TStk	28.248,00 T€		Art.A	4,60 €/Stk	1.214,40 T€	
157	Art.B	278,00 TStk	18.348,00 T€		Art.B	3,40 €/Stk	945,20 T€	
158	Art.C	201,00 TStk	16.482,00 T€		Art.C	2,90 €/Stk	582,90 T€	
159	a. aktivierte Eigenleistungen		80,00 T€		MATERIAL			
160	Gesamtleistung		63.158,00 T€		Vorratsmenge:	2.500,00 Tkg		
161	Mat.-Einsatz		6.326,50 T€		Materialbedarf:	4.337,50 Tkg		
162	Rohertrag		56.831,50 T€		Neubedarf:	1.837,50 Tkg		
163	Pers.-Aufw. (Prod.)		2.818,50 T€		Orderwert:	5.600,00 T€		
164	Sonst. Aufw.		26.325,09 T€		Vorratswert:	3.750,00 T€		
165	Zinsen (Darlehen)		468,00 T€		Materialwert:	9.350,00 T€		
166	Zinsen (kfr.)		285,00 T€		Verbrauch(Vorj.):	3.750,00 T€		
167	BCF		26.934,91 T€		Verbrauch(lfd):	2.572,50 T€		
168	Abschr. (Masch.)		7.094,00 T€		Verbrauchswert:	6.322,50 T€		
169	Abschr. (Gebäude)		80,00 T€		Endbestand:	3.027,50 T€		
170	AUFWAND		43.397,09 T€					
171	Überschuß v. St.		19.760,91 T€					
172	EE-Steuern		8.299,58 T€		bisher. Überschuß	Zugewinn		
173	Überschuß n. St.		11.461,33 T€		10.466,13 T€	995,20 T€		
174								

Abbildung 56 Gesamtplan Optimierungsergebnisse

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abbildung 1 zulässiger Bereich.....	5
Abbildung 2 Isoniveau und Parallelverschiebung	5
Abbildung 3 Optima	5
Abbildung 4 Algorithmus.....	6
Abbildung 5 Anfangstableau.....	6
Abbildung 6 Tableau mit Quotient.....	7
Abbildung 7 Tableau mit Differenzen.....	7
Abbildung 8 Pivotschritt.....	7
Abbildung 9 Pivotschritt.....	7
Abbildung 10 Endtableau.....	7
Abbildung 11 Fixkosten	8
Abbildung 12 variable Kosten.....	8
Abbildung 13 Gesamtkosten	9
Abbildung 14 Stückkostenverlauf bei linearen und S-förmigen Gesamtkosten.....	9
Abbildung 15 Excel Startbild	9
Abbildung 16 Office-Assistent.....	9
Abbildung 17 Extras-Menü ohne Solver	10
Abbildung 18 Add-Ins-Manager.....	10
Abbildung 19 Extras-Menü mit Solver.....	10
Abbildung 20 Vorgaben	11
Abbildung 21 Anfangsbilanz.....	11
Abbildung 22 weitere Zahlen	11
Abbildung 23 BGA & sonstiger Aufwand.....	11
Abbildung 24 Personalplan	11
Abbildung 25 Materialplan.....	11
Abbildung 26 Abschreibungsplan	11
Abbildung 27 cash flow Plan.....	11
Abbildung 28 GUV, GKV.....	11
Abbildung 29 Break even.....	11
Abbildung 30 rel. DB.....	11
Abbildung 31 Funktionsassistent.....	13
Abbildung 32 Funktionsassistent 2.....	13
Abbildung 33 Funktionsassistent 3.....	13
Abbildung 34 Optimierung Ausgangstabelle.....	13
Abbildung 35 Solver.....	13
Abbildung 36 Solver 2.....	13
Abbildung 37 Solver 3.....	13
Abbildung 38 Nebenbedingung einfügen	14
Abbildung 39 Solver 4.....	14
Abbildung 40 Solver Optionen.....	14
Abbildung 41 Solverergebnis	15
Abbildung 42 Ergebnistabelle	15
Abbildung 43 Antwortbericht.....	15
Abbildung 44 Formeln für teilweise Personal- & Materialplanung.....	15
Abbildung 45 Formeln für GKV nach Optimierung.....	15
Abbildung 46 Formeln für Gewinnvergleich.....	15
Abbildung 47 teilweise Personal- & Materialplanung.....	16
Abbildung 48 GKV nach Optimierung.....	16
Abbildung 49 Gewinnvergleich.....	16
Abbildung 50 Menü - rechte Maustaste.....	16
Abbildung 51 Minimum Formeln.....	16
Abbildung 52 Minimumbedingung	16
Abbildung 53 Gesamtplan Teil 1.....	17
Abbildung 54 Gesamtplan Teil 2.....	18
Abbildung 55 Gesamtplan Teil 3.....	19
Abbildung 56 Gesamtplan Optimierungsergebnisse.....	20

TABELLENVERZEICHNIS:

Tabelle 1 Zellbeschriftung.....	12
Tabelle 2 Zellbezüge	12

QUELLENVERZEICHNIS:

- ¹ Prof. Dr. Peter Haas | Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | S.11 „Einführung zur 1.Auflage“
- ² Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | Anhang 2 S.357 ff.
- ³ Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | Kapitel 5 S.115 ff.
- ⁴ Ausgewählte Methoden der ganzzahligen Linearen Optimierung, Diplomarbeit, Arntraud Bacher, Universität Innsbruck, August 2000
- ⁵ Benno Büeler, Computing efficiently economic equilibria, and its application to international trade of CO2 permits, Doktorarbeit am Institut für Operations Research, ETHZ, 1997, <http://www.ifor.math.ethz.ch/im/42/index.en.html>
- ⁶ <http://www.mathekiste.de/html10/linopt/lineareopt1.htm>
- ⁷ Hilfe zu Microsoft Excel Solver | Microsoft und Frontline Systems
- ⁸ <http://www.mathekiste.de/html10/linopt/lineareopt1.htm>
- ⁹ Ausgewählte Methoden der ganzzahligen Linearen Optimierung, Diplomarbeit, Arntraud Bacher, Universität Innsbruck, August 2000
- ¹⁰ nach: Josef Leydold, Abteilung für angewandte Statistik und Datenverarbeitung, 1997, <http://miss.wu-wien.ac.at/~leydold/MOK/HTML/node145.html>
- ¹¹ nach: Josef Leydold, Abteilung für angewandte Statistik und Datenverarbeitung, 1997, <http://miss.wu-wien.ac.at/~leydold/MOK/HTML/node145.html>
- ¹² nach: Josef Leydold, Abteilung für angewandte Statistik und Datenverarbeitung, 1997, <http://miss.wu-wien.ac.at/~leydold/MOK/HTML/node145.html>
- ¹³ nach: Josef Leydold, Abteilung für angewandte Statistik und Datenverarbeitung, 1997, <http://miss.wu-wien.ac.at/~leydold/MOK/HTML/node145.html>
- ¹⁴ Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Lechner, Egger, Schauer, 15. Auflage, Linde Verlag, Wien 1994 S. 368
- ¹⁵ Institut Prof. Kemmetmüller, Kostenrechnung I, Wien Juni 1993 S. 17
- ¹⁶ Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ¹⁷ Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ¹⁸ Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ¹⁹ Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ²⁰ Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ²¹ Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ²² Lösung von Aufgabenstellungen aus Produktionsmanagement und Logistik mit einem Tabellenkalkulationsprogramm | Manfred Reiszner | <http://indi.wu-wien.ac.at/download/skriptum2000/index.htm>
- ²³ Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Lechner, Egger, Schauer, 15. Auflage, Linde Verlag, Wien 1994 S. 376ff
- ²⁴ Prof. Dr. Peter Haas | Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | Kapitel 5 S. 137
- ²⁵ Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | Anhang 2 S.357 ff.
- ²⁶ Prof. Dr. Peter Haas | Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | Kapitel 5 S. 137
- ²⁷ Kosten, Investition und Finanzierung (3.Auflage) | Oldenbourg 2000 | Anhang 2 S.357 ff.
- ²⁸ Hilfe zu Microsoft Excel Solver | Microsoft und Frontline Systems

Der Unterzeichner erklärt hiermit, vorliegende Belegarbeit
eigenhändig und selbständig erstellt zu haben. Zitate und
Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet.

Datum, Unterschrift
Frank Gleichmann

Matrikelnummer: