

Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

Universität Duisburg-Essen / Campus Essen
Fachbereich 5: Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, 45141 Essen
Tel.: ++ 49 (0) 201 / 183 - 4007
Fax: ++ 49 (0) 201 / 183 - 4017

Arbeitsbericht Nr. 23

Ein Modell zur Auswahl von Produktionsaufträgen unter Berücksichtigung von Synergien

Dipl.-Kfm. Malte L. Peters

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski



E-Mail: { malte.peters | stephan.zelewski }@pim.uni-essen.de

Internet: <http://www.pim.uni-essen.de/mitarbeiter>

ISSN 1614-0842

Essen 2004

Alle Rechte vorbehalten.

Zusammenfassung

Unternehmen sind aufgrund von Kapazitätsrestriktionen nicht immer in der Lage, alle potenziellen Produktionsaufträge auszuführen. Stattdessen muss im Falle von Kapazitätsengpässen eine Auswahl aus den potenziellen Produktionsaufträgen getroffen werden, um die Teilmenge der tatsächlich auszuführenden Produktionsaufträge zu ermitteln.

Für diese Auswahlentscheidung muss der Kapazitätsbedarf der einzelnen Produktionsaufträge bestimmt werden. Wenn zur Ausführung der Produktionsaufträge verschiedenartige Potenzialfaktoren – also verschiedene Kapazitätsarten – erforderlich sind, muss der Kapazitätsbedarf für jede Kapazitätsart und für jeden Produktionsauftrag bestimmt werden. Darüber hinaus muss mindestens ein Kriterium zur Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit eines Produktionsauftrags gewählt werden. Im vorliegenden Beitrag wird als Kriterium der (absolute) Deckungsbeitrag eines Produktionsauftrags gewählt.

Synergien können die relative Präferenz für die Ausführung von Produktionsaufträgen beeinflussen, da sie zu einer Erhöhung der Deckungsbeiträge je Produktionsauftrag führen. Solche Synergieeffekte werden in der einschlägigen Fachliteratur zur Produktionsprogrammplanung vernachlässigt. Daher wird in diesem Beitrag ein formales Modell zur Auswahl von Produktionsaufträgen unter Berücksichtigung von Synergien vorgestellt.

Abstract

Sometimes, an enterprise may have a great number of potential production orders. Occasionally, it might not be possible to execute all these production orders because of capacity constraints. Therefore, a subset of the potential production orders has to be selected for execution.

It is necessary to determine the capacity requirements of each production order. If different resources are required for production order execution, the capacity required of each resource for each production order has to be determined. Apart from this, at least one criterion is required to assess the relative preference of each production order. Here the contribution margin of a production order is chosen as criterion.

Synergies affect the relative preference of production orders. Synergies can be realized by reduction of fixed costs and variable costs as well as by sales increases. Such synergies are often neglected in the literature on production order selection. This contribution presents a formal model for the production order selection problem considering synergies between production orders.

Inhaltsüberblick:

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
1 Problemstellung	1
2 Synergien und Synergiearten	2
3 Ansatz zur Problemlösung	4
4 Numerisches Beispiel.....	9
5 Abschließende Bemerkungen und kritische Reflexion	11
Literatur.....	12
Anhang	16
Anhang-1 Lösung des numerischen Beispiels mit Lingo 8.0	16
Anhang-2 Lösung des modifizierten numerischen Beispiels mit Lingo 8.0.....	19

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis

Aufl.	Auflage
Dipl.-Kfm.	Diplom-Kaufmann
Dr.	Doktor
et al.	et alii
etc.	et cetera
F&E	Forschung & Entwicklung
Hrsg.	Herausgeber
Inc.	Incorporated
o.Jg.	ohne Jahrgangsangabe
o.O.	ohne Ortsangabe
o.V.	ohne Verfasserangabe
No.	Number
Nr.	Nummer
S.	Seite
Tel.	Telefon
Univ.-Prof.	Universitätsprofessor
URL	Uniform Resource Locator
Vgl.	Vergleiche
Vol.	Volume
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Arten von Synergien, Kosten und Deckungsbeiträgen.....	3
Abbildung 2 : Formales Modell eines einfachen Knapsackproblems.....	5
Abbildung 3 : Formales Modell eines erweiterten Knapsackproblems	7
Abbildung 4 : Deckungsbeiträge und Kapazitätsbedarfe der Produktionsaufträge	9
Abbildung 5 : Kapazitätsangebot pro Kapazitätsart	9
Abbildung 6 : Synergien $[s_{i,j}]$ zwischen den Produktionsaufträgen	10

1 Problemstellung

Aufgrund von Kapazitätsrestriktionen sind Unternehmen nicht immer in der Lage, alle Produktionsaufträge durchzuführen, für die entsprechende Kundenanfragen vorliegen (Auftragsproduktion) oder die aufgrund aktueller Marktprognosen für absetzbar gehalten werden (Lagerproduktion). Stattdessen muss im Falle von Kapazitätsengpässen eine Auswahl aus den potenziellen Produktionsaufträgen getroffen werden, um die Teilmenge der tatsächlich auszuführenden Produktionsaufträge zu ermitteln.

Für diese Auswahlentscheidung ist es zum einen erforderlich, den Kapazitätsbedarf der einzelnen Produktionsaufträge zu bestimmen. Wenn zur Ausführung der Produktionsaufträge verschiedenartige Potenzialfaktoren – also verschiedene Kapazitätsarten – erforderlich sind, muss der Kapazitätsbedarf für jede Kapazitätsart und für jeden Produktionsauftrag bestimmt werden. Zum anderen muss mindestens ein Kriterium zur Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit eines Produktionsauftrags gewählt werden. Im vorliegenden Beitrag wird als Kriterium der (absolute) Deckungsbeitrag [in €] eines Produktionsauftrags gewählt.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Synergien die relative Präferenz für die Ausführung von Produktionsaufträgen beeinflussen können, da sie zu einer Erhöhung der Deckungsbeiträge je Produktionsauftrag führen. Solche Synergieeffekte werden in der einschlägigen Fachliteratur zur Produktionsprogrammplanung vernachlässigt¹⁾. Daher steht ihre Berücksichtigung im Mittelpunkt des nachfolgend präsentierten formalen Modells zur Produktionsauftragsauswahl²⁾.

Zunächst wird im zweiten Kapitel eine Klassifizierung von Synergien vorgenommen, damit eine Identifizierung der potenziellen Synergien zwischen Produktionsaufträgen möglich wird. Dann wird im dritten Kapitel ein formales Modell zur Auswahl von Produktionsaufträgen erörtert, indem die a priori identifizierten Synergien berücksichtigt werden. Im vierten Kapitel wird dieses formale Modell anhand eines numerischen Beispiels illustriert, bevor schließlich im fünften Kapitel Aspekte hinsichtlich der Anwendung dieses formalen Modells diskutiert werden.

1) Vgl. BLOECH/BOGASCHEWSKY/GÖTZE ET AL. (2004), S. 125 ff.; CORSTEN (2004), S. 233 ff.; GUTENBERG (1983), S. 151 ff.; ZÄPFEL (1982), S. 46 ff.; ZÄPFEL (1996), S. 81 ff.

2) Vgl. für eine Kurzfassung dieses Arbeitsberichts in englischer Sprache: PETERS/ZELEWSKI (2004).

2 Synergien und Synergiearten

Synergien entstehen, wenn durch Zusammenwirken von Aktivitäten, Funktionen, organisatorischen Einheiten etc. eine Gesamtwirkung realisiert wird, die die Summe der Einzelwirkungen übersteigt³⁾.

In der Literatur werden in eine Vielzahl verschiedener Synergiearten unterschieden⁴⁾. Beispielsweise kann eine Klassifizierung von Synergien anhand der drei folgenden Dimensionen erfolgen:

- Ort der Entstehung der Synergie im Betrieb⁵⁾ (z.B. Beschaffung⁶⁾, Absatz⁷⁾, Forschung & Entwicklung (F&E)⁸⁾,
- Grund der Entstehung der Synergie⁹⁾ (z.B. Economies of Scale¹⁰⁾, Economies of Scope¹¹⁾, Marktmacht¹²⁾,
- Art der Wirkung auf das betriebliche Ergebnis (Kostensenkung, Umsatzerhöhung¹³⁾).

Für das im vorliegenden Beitrag dargestellte Modell ist vor allem die dritte Dimension relevant, da die (absoluten) Deckungsbeiträge je Produktionsauftrag als Kriterium zur Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit eines Produktionsauftrags gewählt werden. Der (absolute) Deckungsbeitrag ist definiert als die Differenz aus Umsatz und variablen Kosten sowie eventuell dem Produktionsauftrag direkt zurechenbaren fixen Kosten¹⁴⁾. Aufgrund dessen wird – wie in Abbildung 1¹⁵⁾ dargestellt ist – zwischen einem Deckungsbeitrag I, als Differenz aus Umsatz und variablen Kosten¹⁶⁾, und einem Deckungsbeitrag II, als Differenz aus Umsatz und variablen und fixen Kosten unterschieden¹⁷⁾.

3) Vgl. CORSTEN (1998), S. 160.

4) Vgl. CORSTEN (1998), S. 160 f.; CROMPTON (1990), S. 123; EINHORN (2002), S. 5; MARTIN/EISENHARDT (2001), S. H1 ff.; o.V. (2003), S. 2; STENNEK (2003), S. 3; WELGE/AL-LAHAM (1999), S. 318.

5) Vgl. WELGE/AL-LAHAM (1999), S. 318; und ferner: CORSTEN (1998), S. 160.

6) Vgl. CROMPTON (1990), S. 123.

7) Vgl. AAKER/JOACHIMSTHALER (1999), S. 138 ff.

8) Vgl. CROMPTON (1990), S. 123.

9) Vgl. ähnlich: CORSTEN (1998), S. 160.

10) Vgl. BAUSCH/RAFFEINER (2003), S. 27; CROMPTON (1990), S. 123.

11) Vgl. BAUSCH/RAFFEINER (2003), S. 27; MARTIN/EISENHARDT (2001), S. H1 ff.

12) Vgl. MARTIN/EISENHARDT (2001), S. H1 ff.

13) Vgl. EINHORN (2002), S. 5; MARTIN/EISENHARDT (2001), S. H2; o.V. (2003), S. 2; STENNEK (2003), S. 3.

14) Vgl. SCHWEITZER/KÜPPER (2003), S. 395.

15) Vgl. S. 3.

16) Vgl. BLAZENKO (1999), S. 479; KUNTZ/VERA (2003), S. 14; ZÄPFEL (1996), S. 81 ff.

17) Teilweise werden unterschiedliche Arten an fixen Kosten und weitere Deckungsbeitragsarten unterschieden. Vgl. z.B. PEPELS (1998), S. 572.

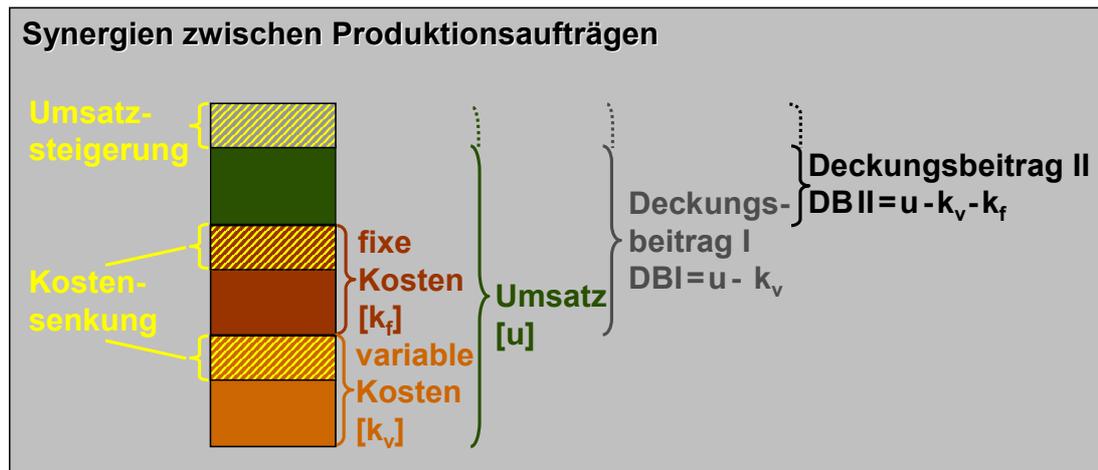


Abbildung 1: Arten von Synergien, Kosten und Deckungsbeiträgen

Abbildung 1 verdeutlicht, dass Synergien in Form von Senkungen fixer oder variabler Kosten oder in Form von Umsatzsteigerungen auftreten können. Die Realisierung von Synergien führt somit zu einer Veränderung der Deckungsbeiträge der Produktionsaufträge.

Synergien können sich unter anderem ergeben, wenn fixe Kosten der Potenzialfaktoren auf mehrere Produktionsaufträge umgelegt werden, sodass sich die Deckungsbeiträge je Produktionsauftrag erhöhen. Fixe Kosten können in absolute Fixkosten von Potenzialfaktoren – wie Werkzeugkosten – und sprungfixe Kosten – wie Rüstkosten – ausdifferenziert werden. Darüber hinaus lassen sich Synergien durch die Reduzierung variabler Kosten realisieren. Wenn beispielsweise eine bestimmte Komponente für zwei Produktionsaufträge benötigt wird und somit eine größere Stückzahl beschafft werden muss, lassen sich gegebenenfalls Synergien in Form eines Rabatts des Lieferanten realisieren. Ferner können Synergien entstehen, wenn durch *Cross-Selling*¹⁸⁾ Umsatzsteigerungen realisiert werden¹⁹⁾. Beispielsweise lässt sich gegebenenfalls einem Kunden zu einer Reisetasche ein Kosmetikkoffer im selben Design verkaufen.

18) Beim Cross-Selling werden Kunden zu so genannten Einstiegsprodukten, die originär das Kaufinteresse hervorgerufen oder eine Geschäftsbeziehung begründet haben, Zusatzprodukte verkauft, die in irgendeiner Form eine Verbindung – wie beispielsweise eine Komplementaritätsbeziehung – mit den Einstiegsprodukten aufweisen. Vgl. HOMBURG/SCHÄFER (2003), S. 167 ff.; und ferner: HOMBURG/SCHÄFER (2001), S. 2 ff.

19) Durch Cross-Selling verursachte Synergien können gegebenenfalls durch Rabattforderungen der Kunden konterkariert werden. Vgl. zu empirischen Ergebnissen aus der Energiewirtschaft: BAUSCH/RAFFEINER (2003), S. 22.

3 Ansatz zur Problemlösung

Ein Ansatz zur Auswahl von Produktionsaufträgen anhand des Deckungsbeitrags unter Berücksichtigung von Kapazitätsrestriktionen ist in der Literatur²⁰⁾ die Lösung des so genannten „Knapsack-“ oder „Rucksackproblems“. Andere Anwendungen des Knapsackproblems sind Frachtladungsprobleme²¹⁾ oder die Auswahl eines Projekts bei gegebenem Budget²²⁾.

Beim Knapsackproblem steht ein Wanderer, vor dem Problem aus einer großen Zahl von Gegenständen (Produktionsaufträge), denen er jeweils einen bestimmten Nutzen (Deckungsbeitrag) zuordnet und deren Gewicht (Kapazitätsbedarf) bekannt ist, eine Auswahl zu treffen, da er mit seinem Rucksack („Knapsack“) nur ein bestimmtes Höchstgewicht (Kapazitätsangebot) transportieren kann. Das formale Modell zur Lösung dieses einfachen Knapsackproblems ist in Abbildung 2²³⁾ dargestellt.

Mit diesem Modell lässt sich die oben skizzierte Problemstellung aufgrund von zwei Problemen nicht lösen:

1. Es gibt nur eine Kapazitätsart.
2. Synergien zwischen Produktionsaufträgen finden keine Berücksichtigung.

20) Vgl. NEUMANN/MORLOCK (2002), S. 406; und allgemein zum Knapsackproblem: BERENS/DELFMANN (2002), S. 233 f.; DOMSCHKE/DREXL (2002), S. 5; NEUMANN (1977), S. 49 ff.

21) Vgl. NEUMANN/MORLOCK (2002), S. 406

22) Vgl. EILON (1987), S. 489.

23) Vgl. S. 5.

n Anzahl der potenziellen Produktionsaufträge

DB_i Deckungsbeitrag von Produktionsauftrag i

u_i Binärvariable, mit folgender Interpretation:

$u_i = 1$, wenn der potenzielle Produktionsauftrag i zur Ausführung selektiert wird.

$u_i = 0$, wenn der potenzielle Produktionsauftrag i nicht zur Ausführung selektiert wird.

c_i Kapazitätsbedarf von Produktionsauftrag i

C Kapazitätsangebot

Zielfunktion:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n u_i * DB_i$$

Restriktionen:

$$\sum_{i=1}^n c_i * u_i \leq C$$

$$u_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Abbildung 2: Formales Modell eines einfachen Knapsackproblems

In Abbildung 3²⁴⁾ ist ein erweitertes Modell dargestellt. Mit diesem erweiterten Modell können mehrere Kapazitätsarten berücksichtigt werden, da pro Kapazitätsart eine eigenständige Kapazitätsrestriktion modelliert wird. Darüber hinaus sind in Abbildung 3 zwei Alternativen zur Formulierung der Zielfunktion angeführt, die gegenüber dem einfachen Modell in Abbildung 2 eine Erweiterung erfahren, um Synergien zwischen Produktionsaufträgen in die Auswahlentscheidung einzubeziehen. Die beiden alternativen Formulierungen der Zielfunktion in Abbildung 3 umfassen nun die Synergie $s_{i,j}$ zwischen jeweils zwei Produktionsaufträgen i und j . Diese Synergie gibt die durch eine Kostensenkung und/oder eine Umsatzerhöhung mögliche Veränderung der Deckungsbeiträge zweier Produktionsaufträge an. Da angenommen wird, dass $s_{i,j}$ gleich $s_{j,i}$ ist (Unabhängigkeit der Synergie von der Notationsreihenfolge der betroffenen Produktionsaufträge) und dass Synergien zwischen zwei Produktionsaufträgen i und j nicht doppelt in die Zielfunktion einge-

24) Vgl. S. 7.

hen dürfen (Vermeidung unzulässigen „double accountings“), erfolgt in Alternative 1 zur Formulierung der Zielfunktion die Multiplikation aller erfassten Synergien mit 0,5. In Alternative 2 werden zur Vermeidung des „double accountings“ der Synergien, nur Produktionsauftragspaare (i,j) mit $j>i$ berücksichtigt. Die Lösung des Modells führt bei beiden Alternativen zur Formulierung der Zielfunktion zum gleichen Ergebnis, sodass die Entscheidung für eine der beiden Alternativen nach dem modellästhetischen Empfinden des Modellanwenders erfolgen kann.

Nicht erfasst werden die „sinnlosen“ Synergien $s_{i,j}$ mit $i=j$, weil sich Synergien per definitionem nur zwischen *unterschiedlichen* Produktionsaufträgen einstellen können. Zudem wird wie in „quadratischen“ (präziser: bi-linearen) Zuordnungsmodellen mit u_j neben u_i eine zweite Binärvariable eingeführt, um sicherzustellen, dass eine Synergie $s_{i,j}$ nur in den Zielfunktionswert eingeht, wenn die *beiden* Produktionsaufträge i und j zur Ausführung selektiert werden.

-
- n Anzahl der potenziellen Produktionsaufträge
- DB_i Deckungsbeitrag von Produktionsauftrag i
- u_i Binärvariable, mit folgender Interpretation:
 $u_i = 1$, wenn der potenzielle Produktionsauftrag i zur Ausführung selektiert wird.
 $u_i = 0$, wenn der potenzielle Produktionsauftrag i nicht zur Ausführung selektiert wird.
- u_j Binärvariable, mit folgender Interpretation:
 $u_j = 1$, wenn der potenzielle Produktionsauftrag j zur Ausführung selektiert wird.
 $u_j = 0$, wenn der potenzielle Produktionsauftrag j nicht zur Ausführung selektiert wird.
- $s_{i,j}$ Synergie, wenn die Produktionsaufträge i und j zur Ausführung selektiert werden.
- c_i Kapazitätsbedarf des Produktionsauftrags i an der Kapazitätsart k
- C_k Kapazitätsangebot der Kapazitätsart k
- K Anzahl der Kapazitätsarten

Zielfunktion:

Alternative 1:
$$\text{Max} \sum_{i=1}^n u_i * DB_i + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n s_{i,j} * u_i * u_j * 0,5$$

Alternative 2:
$$\text{Max} \sum_{i=1}^n u_i * M_i + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j > i}}^n s_{i,j} * u_i * u_j$$

Restriktionen:

$$\sum_{i=1}^n c_{i,k} * u_i \leq C_k \quad \forall k = 1, \dots, K$$

$$u_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, \dots, n$$

$$u_j \in \{0, 1\} \quad \forall j = 1, \dots, n$$

In der betrieblichen Praxis ist denkbar, dass ein Produktionsauftrag i – beispielsweise für einen Stammkunden – ausgeführt werden muss, obwohl sich durch diesen Produktionsauftrag nur ein geringer Deckungsbeitrag und geringe Synergien realisieren lassen. Dieser Fall kann in den beiden vorgestellten Modellen abgedeckt werden, indem der Binärvariablen u_i des Produktionsauftrags i von vornherein mittels einer zusätzlichen Restriktion $u_i=1$ der Wert 1 zugewiesen wird.

4 Numerisches Beispiel

In Abbildung 4 sind für fünf fiktive Produktionsaufträge Deckungsbeiträge DB_i und der Kapazitätsbedarf $c_{i,k}$ jedes Produktionsauftrags an fünf verschiedenen Kapazitätsarten vermerkt. Wenn ein Produktionsauftrag zur Ausführung selektiert wird, muss der Kapazitätsbedarf für jede Kapazitätsart mit $c_{i,k} > 0$ durch das Kapazitätsangebot gedeckt sein.

Produktionsauftrag	Deckungsbeitrag [DB_i]	Kapazitätsbedarf pro Kapazitätsart [$c_{i,k}$]				
		1	2	3	4	5
1	2.150	25	20	15	10	5
2	2.800	15	50	50	5	10
3	2.200	15	20	20	10	5
4	1.900	0	20	40	10	10
5	2.250	20	10	20	20	5
	Summe	75	120	145	55	35

Abbildung 4: Deckungsbeiträge und Kapazitätsbedarfe der Produktionsaufträge

In Abbildung 5 ist das Kapazitätsangebot C_k für diese fünf Kapazitätsarten verzeichnet. Die Summen des Kapazitätsbedarfs pro Kapazitätsart aller fünf Produktionsaufträge²⁵⁾ übersteigen jeweils das Kapazitätsangebot C_k pro Kapazitätsart, sodass eine Auswahl an auszuführenden Produktionsaufträgen getroffen werden muss.

Kapazitätsart	Kapazitätsangebot [C_k]
1	40
2	60
3	80
4	40
5	20

Abbildung 5: Kapazitätsangebot pro Kapazitätsart

In Abbildung 6 auf Seite 10 sind die Synergien $s_{i,j}$ angegeben, die bei der Ausführung von jeweils zwei Produktionsaufträgen realisiert werden können.

25) Vgl. Abbildung 4.

Produktionsaufträge	1	2	3	4	5
1	0	300	200	0	50
2	300	0	450	370	50
3	200	450	0	0	30
4	0	370	0	0	50
5	50	50	30	50	0

Abbildung 6: Synergien [$s_{i,j}$] zwischen den Produktionsaufträgen

Der maximale Zielfunktionswert in Höhe von 6.450 wird in diesem Beispiel erreicht²⁶⁾, wenn die Produktionsaufträge 1, 3 und 4 ausgeführt werden. Dieser Zielfunktionswert ergibt sich als Summe der Deckungsbeiträge der Produktionsaufträge 1, 3 und 4²⁷⁾ sowie der Synergie zwischen den Produktionsaufträgen 1 und 3²⁸⁾.

Angenommen, Produktionsauftrag 2 muss zwingend für einen Stammkunden ausgeführt werden, so muss der Binärvariablen u_2 der Wert 1 zugewiesen werden. Bei dieser Modifikation des Beispiels ergibt sich ein maximaler Zielfunktionswert in Höhe von 5.100²⁹⁾. Dieser Zielfunktionswert ergibt sich, indem, neben der erzwungenen Ausführung von Produktionsauftrag 2, Produktionsauftrag 5 zur Ausführung selektiert wird.

26) Vgl. zur Lösung mithilfe der Software LINGO: Anhang-1, S. 16.

27) Vgl. Abbildung 4, S. 9.

28) Vgl. Abbildung 6.

29) Vgl. zur Lösung mithilfe der Software LINGO: Anhang-2, S. 19.

5 Abschließende Bemerkungen und kritische Reflexion

Die beiden, in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellten Modelle können mit Software zur Lösung von Optimierungsproblemen – wie beispielsweise LINGO³⁰⁾ – gelöst werden.

In der Praxis mögen der zusätzliche Arbeitsaufwand zur Bestimmung der Synergien zwischen den Produktionsaufträgen sowie eventuelle Schwierigkeiten bei der Antizipation von Synergien gegen die Anwendung des erweiterten Modells sprechen. Ebenso verursacht die grobe Kapazitätsbedarfsplanung für Produktionsaufträge, die nicht ausgeführt werden, zusätzlichen Arbeitsaufwand.

Der bei der Anwendung des erweiterten Modells erhöhte Arbeitsaufwand lässt sich jedoch dadurch rechtfertigen, dass aufgrund der Einbeziehung von Synergien in die Auswahlentscheidung gegenüber dem einfachen Modell gegebenenfalls Produktionsaufträge ausgeführt werden, die zu einem höheren Erfolg des Unternehmens führen.

30) LINGO (2003)

Literatur

AAKER/JOACHIMSTHALER (1999)

Aaker, D. A.; Joachimsthaler, E.: The Lure of Global Branding. In: Harvard Business Review, Vol. 77 (1999), November-December, S. 137-144.

BAUSCH/RAFFEINER (2003)

Bausch, A.; Raffener, T.: Value Creators in der Utility-Industrie – Eine empirische Analyse der Werttreiber der Energiewirtschaft in Deutschland, Österreich und der Schweiz. München 2003. [Im Internet unter der URL: http://wiwi.uni-giessen.de/ma/pub/Entrepreneurship/Andreas_Bausch/, Datum des Zugriffs: 16.12.2003].

BERENS/DELFMANN (2002)

Berens, W.; Delfmann, W.: Quantitative Planung. 3. Aufl., Stuttgart 2002.

BLAZENKO (1999)

Blazenko, G. W.: Corporate Sales, Equity Trading and Risk. In: Journal of Business Finance & Accounting, Vol. 26 (1999), No. 3/4, S. 477-504.

BLOECH/BOGASCHEWSKY/GÖTZE ET AL. (2004)

Bloech, J.; Bogaschewsky, R.; Götze, U.; Roland, F.: Einführung in die Produktion. 5. Aufl., Berlin – Heidelberg – New York et al. 2004.

CORSTEN (1998)

Corsten, H.: Grundlagen der Wettbewerbsstrategie. Leipzig 1998.

CORSTEN (2004)

Corsten, H.: Produktionswirtschaft. 10. Aufl., München – Wien 2004.

CROMPTON (1990)

Crompton, R.: Brief Case: The Return of Synergy. In: Long Range Planning, Vol. 23 (1990), No. 5, S. 122-124.

DOMSCHKE/DREXL (2002)

Domschke, W.; Drexl, A.: Einführung in Operations Research. 5. Aufl., Berlin – Heidelberg – New York et al. 2002.

EILON (1987)

Eilon, S.: Application of the Knapsack Model for Budgeting. In: Omega, Vol. 15 (1987), No. 6, S. 489-494.

EINHORN (2002)

Einhorn, S.: Why You Should Pay for Synergies. In: Adhesives Age, Vol. 45 (2002), No. 1, S. 5.

GUTENBERG (1983)

Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Erster Band – Die Produktion. 24. Aufl., Berlin – Heidelberg – New York 1983.

HOMBURG/SCHÄFER (2001)

Homburg, C.; Schäfer, H.: Profitabilität durch Cross-Selling: Kundenpotentiale professionell erschließen. Arbeitspapiere des Instituts für Marktorientierte Unternehmensführung, Universität Mannheim, Reihe: Management Know-How, Nr. M 60, Mannheim 2001.

HOMBURG/SCHÄFER (2003)

Homburg, C.; Schäfer, H.: Die Erschließung von Kundenwertpotenzialen durch Cross-Selling. In: Günter, B.; Helm, S. (Hrsg.): Kundenwert: Grundlagen – Innovative Konzepte – Praktische Umsetzungen. 2. Aufl., Wiesbaden 2003, S. 163-187.

KUNTZ/VERA (2003)

Kuntz, L.; Vera, A.: Krankenhauscontrolling und Medizincontrolling – Eine systematische Schnittstellenanalyse. Arbeitsberichte zum Management im Gesundheitswesen, Universität zu Köln, Nr. 1, Köln 2003. [Im Internet unter der URL: <http://www.wiso.uni-koeln.de/mig/Downloads/Arbeitsberichte/Medizincontrolling.pdf>, Datum des Zugriffs: 01.07.2004].

LINDO (2003)

Lindo Systems Inc.: Lingo 8.0. o.O. 2003.

MARTIN/EISENHARDT (2001)

Martin, J. A.; Eisenhardt, K. M.: Exploring Cross-Business Synergies. In: Academy of Management Proceedings, Vol. 61 (2001), S. H1-H6.

NEUMANN (1977)

Neumann, K.: Operations Research Verfahren. Band II. München – Wien 1977.

NEUMANN/MORLOCK (2002)

Neumann, K.; Morlock, M.: Operations Research. 2. Aufl., München – Wien 2002.

o.V. (2003)

o.V.: Greater Than The Sum of Its Parts. In: Viewpoint on Value, o.Jg. (2002), May-June, S. 2-3. [Im Internet unter der URL: http://www.dixonodom.com/bv_vov_mayjun02.pdf, Datum des Zugriffs: 13.01.2004].

PEPELS (1998)

Pepels, W.: Produktmanagement: Produktinnovation – Markenpolitik – Programmplanung – Prozeßorganisation. München – Wien 1998.

PETERS/ZELEWSKI (2004)

Peters, M. L.; Zelewski, S.: A formal model for production order selection considering synergies. In: Proceedings of the Thirteenth International Working Seminar on Production Economics, Pre-Prints – Vol. 2, Congress Igls/Innsbruck, Austria, February 16-20, 2004, S. 487-493.

SCHWEITZER/KÜPPER (2003)

Schweitzer, M.; Küpper, H.-U.: Systeme der Kosten- und Erlösrechnung. 8. Aufl., München 2003.

STENNEK (2003)

Stennek, J.: Horizontal Mergers Without Synergies May Increase Consumer Welfare. In: Topics in Economic Analysis & Policy, Vol. 3 (2003), No. 1, S. 1-14.

ZÄPFEL (1982)

Zäpfel, G.: Produktionswirtschaft – Operatives Produktions-Management. Berlin – New York 1982.

ZÄPFEL (1996)

Zäpfel, G.: Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement. Berlin – New York 1996.

Anhang

Anhang-1 Lösung des numerischen Beispiels mit Lingo 8.0

Lingo-Modell:

```
! Lingo 8.0 Modell;
```

```
MODEL:
```

```
SETS:
```

```
FERTIGUNGSAUFTRAEGE / fa_1, fa_2, fa_3, fa_4, fa_5/:
```

```
    FA_AUSWAHL, DECKUNGSBEITRAG;
```

```
KAPAZITAETSARTEN / ka_1, ka_2, ka_3, ka_4, ka_5/: KAPAZITAETSANGEBOT;
```

```
KAPAZITAET_FA(FERTIGUNGSAUFTRAEGE, KAPAZITAETSARTEN): KAPAZITAETSBEDARF;
```

```
FA_SYNERGIEN (FERTIGUNGSAUFTRAEGE, FERTIGUNGSAUFTRAEGE): SYNERGIE;
```

```
ENDSETS
```

```
DATA:
```

```
DECKUNGSBEITRAG =
```

```
    2150
```

```
    2800
```

```
    2200
```

```
    1900
```

```
    2250;
```

```
KAPAZITAETSBEDARF =
```

```
    25 20 15 10 05
```

```
    15 50 50 05 10
```

```
    15 20 20 10 05
```

```
    00 20 40 10 10
```

```
    20 10 20 20 05;
```

```
KAPAZITAETSANGEBOT = 40 60 80 40 20;
```

```
SYNERGIE =    0 300 200    0 50
```

```
            300    0 450 370 50
```

```
            200 450    0    0 30
```

```
            0 370    0    0 50
```

```
            50  50  30  50  0;
```

```
ENDDATA
```

```
! Zielfunktion;
```

```
MAX = @SUM(FERTIGUNGSAUFTRAEGE(I): FA_AUSWAHL (I) * DECKUNGSBEITRAG (I))
```

```
+
```

```
@SUM( FA_SYNERGIEN(I, J): FA_AUSWAHL (I) * FA_AUSWAHL (J) * SYNERGIE(I,
```

```
J) * 0.5);
```

```
! Restriktionen;
```

```
@SUM( FERTIGUNGSAUFTRAEGE(I): KAPAZITAETSBEDARF(I,1) * FA_AUSWAHL(I)) <=
```

```
KAPAZITAETSANGEBOT (1);
```

```
@SUM( FERTIGUNGSAUFTRAEGE(I): KAPAZITAETSBEDARF(I,2) * FA_AUSWAHL(I)) <=
```

```
KAPAZITAETSANGEBOT (2);
```

```
@SUM( FERTIGUNGSAUFTRAEGE(I): KAPAZITAETSBEDARF(I,3) * FA_AUSWAHL(I)) <=
```

```
KAPAZITAETSANGEBOT (3);
```

```
@SUM( FERTIGUNGSAUFTRAEGE(I): KAPAZITAETSBEDARF(I,4) * FA_AUSWAHL(I)) <=
```

```
KAPAZITAETSANGEBOT (4);
```

```
@SUM( FERTIGUNGSAUFTRAEGE(I): KAPAZITAETSBEDARF(I,5) * FA_AUSWAHL(I)) <=
```

```
KAPAZITAETSANGEBOT (5);
```

```
@FOR( FERTIGUNGSAUFTRAEGE: @BIN( FA_AUSWAHL));
```

```
END
```

Lingo-Lösungsbericht:

Linearization components added:

Constraints: 100
 Variables: 25
 Integers: 25

Global optimal solution found at iteration: 15
 Objective value: 6450.000

Variable	Value	Reduced Cost
FA_AUSWAHL(FA_1)	1.000000	-2150.000
FA_AUSWAHL(FA_2)	0.000000	-2800.000
FA_AUSWAHL(FA_3)	1.000000	-2200.000
FA_AUSWAHL(FA_4)	1.000000	-1900.000
FA_AUSWAHL(FA_5)	0.000000	-2250.000
DECKUNGSBEITRAG(FA_1)	2150.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_2)	2800.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_3)	2200.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_4)	1900.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_5)	2250.000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_1)	40.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_2)	60.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_3)	80.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_4)	40.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_5)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_1)	25.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_2)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_3)	15.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_4)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_5)	5.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_1)	15.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_2)	50.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_3)	50.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_4)	5.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_5)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_1)	15.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_2)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_3)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_4)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_5)	5.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_1)	0.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_2)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_3)	40.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_4)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_5)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_1)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_2)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_3)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_4)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_5)	5.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_1)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_2)	300.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_3)	200.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_4)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_5)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_1)	300.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_2)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_3)	450.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_4)	370.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_5)	50.00000	0.000000

SYNERGIE(FA_3, FA_1)	200.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_2)	450.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_3)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_4)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_5)	30.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_1)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_2)	370.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_3)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_4)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_5)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_1)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_2)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_3)	30.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_4)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_5)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	6450.000	1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	5.000000	0.000000
5	10.00000	0.000000
6	0.000000	0.000000

Anhang-2 Lösung des modifizierten numerischen Beispiels mit Lingo 8.0

Lingo-Modell:

Um zu berücksichtigen, dass Produktionsauftrag 2 ausgeführt werden muss, ist das Lingo-Modell³¹⁾ um folgende Zeile zu ergänzen:

```
FA_AUSWAHL (2) = 1;
```

Lingo-Lösungsbericht:

Linearization components added:

```
Constraints:      64
Variables:       16
Integers:        16
```

```
Global optimal solution found at iteration:      0
Objective value:                               5100.000
```

Variable	Value	Reduced Cost
FA_AUSWAHL(FA_1)	0.000000	-2450.000
FA_AUSWAHL(FA_2)	1.000000	0.000000
FA_AUSWAHL(FA_3)	0.000000	-2650.000
FA_AUSWAHL(FA_4)	0.000000	-2270.000
FA_AUSWAHL(FA_5)	1.000000	-2300.000
DECKUNGSBEITRAG(FA_1)	2150.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_2)	2800.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_3)	2200.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_4)	1900.000	0.000000
DECKUNGSBEITRAG(FA_5)	2250.000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_1)	40.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_2)	60.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_3)	80.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_4)	40.00000	0.000000
KAPAZITAETSANGEBOT(KA_5)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_1)	25.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_2)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_3)	15.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_4)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_1, KA_5)	5.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_1)	15.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_2)	50.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_3)	50.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_4)	5.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_2, KA_5)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_1)	15.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_2)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_3)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_4)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_3, KA_5)	5.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_1)	0.000000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_2)	20.00000	0.000000

31) Vgl. Anhang-1, S. 16.

KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_3)	40.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_4)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_4, KA_5)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_1)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_2)	10.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_3)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_4)	20.00000	0.000000
KAPAZITAETSBEDARF(FA_5, KA_5)	5.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_1)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_2)	300.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_3)	200.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_4)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_1, FA_5)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_1)	300.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_2)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_3)	450.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_4)	370.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_2, FA_5)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_1)	200.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_2)	450.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_3)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_4)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_3, FA_5)	30.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_1)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_2)	370.0000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_3)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_4)	0.000000	0.000000
SYNERGIE(FA_4, FA_5)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_1)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_2)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_3)	30.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_4)	50.00000	0.000000
SYNERGIE(FA_5, FA_5)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	5100.000	1.000000
2	5.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	10.00000	0.000000
5	15.00000	0.000000
6	5.000000	0.000000
7	-100000.0	0.000000