

Sprecher, Arno; Konle, Matthias

Working Paper — Digitized Version

Instrumente zur operativen Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 521

Provided in Cooperation with:

Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Sprecher, Arno; Konle, Matthias (1999) : Instrumente zur operativen Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 521, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/147604>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Manuskripte
aus den
Instituten für Betriebswirtschaftslehre
der Universität Kiel

Nr. 521

Instrumente zur operativen Entscheidung über
Eigenfertigung und Fremdbezug ¹

Arno Sprecher und Matthias Konle



Zusammenfassung: In der vorliegenden Untersuchung wird die operative Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug betrachtet. Exemplarisch wird dargelegt, dass klassische Entscheidungshilfen unwirtschaftliche Ergebnisse hervorbringen. Die qualitative und quantitative Fehlspezifikation der Fremdbezugsprodukte und Fremdbezugsmengen ist in der Vernachlässigung fertigungsstrukturspezifischer Information begründet. Die Integration der Information führt zu verbesserten Ergebnissen.

Abstract: The paper considers standard decision models to support short term make-or-buy decisions. Illustrative examples show that the classical decision aids produce only suboptimal solutions. The misspecification of products and quantities to be ordered is a result of disregarding the structure of the production process. The integration of the information improves the results.

1 Einleitung

Die Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug hat mit der Globalisierung der Märkte verstärkt an Bedeutung gewonnen. Die Wahlmöglichkeit der Bezugsquelle anzubietender Leistungen aus interner Erstellung und externem Bezug bietet branchenübergreifend ein bedeutsames Potential zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Die betriebswirtschaftliche Literatur subsumiert die Untersuchung des Entscheidungsfeldes als Make-or-Buy-Entscheidung oder als Eigenfertigungs-und-Fremdbezugs-Entscheidung.²

Gegenstand der Betrachtung können sowohl Sachgüter des Anlage- und des Umlaufvermögens als auch Dienstleistungen in sämtlichen Unternehmensbereichen von der Beschaffung über Forschung und Entwicklung, Produktion und Vertrieb bis hin zur Verwaltung sein.³ Neben der Differenzierung der Entscheidung nach dem Betrachtungsgegenstand ist die Differenzierung entsprechend der zeitlichen Reichweite und der unternehmenspolitischen Bedeutung von besonderem Gehalt. In den extremen Ausprägungen sind die langfristige bzw. strategische und die kurzfristige bzw. operative Make-or-Buy-Entscheidung zu unterscheiden.

Der strategische Entscheid stellt die Gestaltung der Leistungstiefe in den Mittelpunkt. Das Alternativenspektrum der Entscheidung reicht einschließlich aller intermediären Integrations- und Koordinationsformen⁴ von der vollständigen Eigenentwicklung und Erstellung bis zum klassischen Markteinkauf.⁵ Dem Umfang und der Bedeutung des Entscheidungsfeldes entsprechend erfahren die Problemstellungen durch Portfolio-Analyse, Scoring-Modelle, Nutzwertanalyse⁶, Stärke-Schwäche-Analyse⁷, Investitionsrechenverfahren⁸, Kostenrechnungsverfahren und Transaktionskostenanalyse⁹ methodische Unterstützung.

Der operative Entscheid beinhaltet die Ermittlung eines Bereitstellungsplanes zur Deckung festgelegter Bedarfe als wesentliches Element. Die Analyse der Entscheidung über Fremdbezugsprodukte und Fremdbezugsmengen

²vgl. Picot (1991), S. 338 für synonyme und differenzierende Bezeichnungen.

³vgl. Männel (1996b), S. 8 f.

⁴vgl. Mikus (1998), S. 64

⁵vgl. Picot (1991), S. 339

⁶vgl. Hahn et al. (1994), S. 75 ff.

⁷vgl. Bliesner (1994), S. 279

⁸vgl. Betz (1996), S. 399

⁹vgl. Picot (1991), S. 341, Knolmayer (1994), S. 317 f.

dient der Überwindung von kurzfristigen Kapazitätsengpässen. Sie wird durch entscheidungsorientierte Kostenvergleichsrechnungen unterstützt.¹⁰

Im folgenden wird die operative Make-or-Buy-Entscheidung in einem Industriebetrieb betrachtet. Der Industriebetrieb fertige in einem mehrstufigen Prozeß verschiedene Produkte. Die Produkte sind in ganzzahligen Mengeneinheiten zu fertigen. Die Stufen der Fertigung reflektieren die zur Erstellung der Produkte notwendigen Arbeitsschritte unter Verwendung der bereitgestellten Betriebsmittel. Die Betriebsmittel der Stufen sind in der Kapazität beschränkt.¹¹

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: Abschnitt 2 beschreibt die Rahmenbedingungen und Parameter des Entscheidungsproblems. Abschnitt 3 gibt klassische Entscheidungsverfahren wieder und zeigt exemplarisch Fehlentwicklungen auf. Abschnitt 4 entwirft Ansätze zur Verbesserung der Entscheidungsverfahren. Abschnitt 5 faßt die Ergebnisse der Untersuchung zusammen.

2 Rahmenbedingungen und Parameter der Entscheidungssituation

Gegenstand der Betrachtung sind Produkte, die in einem mehrstufigen Fertigungsprozeß gefertigt werden können. Die Fertigungsstufen werden von jedem Produkt nacheinander durchlaufen. Die Bearbeitung der Produkte auf den Fertigungsstufen beansprucht die Kapazitäten der Betriebsmittel in produktabhängiger Höhe. Die Periodenkapazitäten der Produktionsfaktoren der Fertigungsstufen sind beschränkt. Die klassischen kurzfristigen Maßnahmen¹² zur Anpassung der Kapazität sind ausgeschöpft. Die Periodenbedarfe sind bekannt und durch Eigenfertigung oder Fremdbezug zu decken. Somit kann die Make-or-Buy-Entscheidung als weitere Maßnahme zur kurzfristigen Kapazitätsanpassung betrachtet werden.

Zur Beurteilung der Alternativen mit Hilfe des Kostenkalküls müssen sowohl für die Eigenerstellung als auch für den Fremdbezug die entscheidungsrelevanten Kosten ermittelt werden. Grundsätzlich sind also zukünftige, beeinflussbare, alternativenspezifische Kosten zu betrachten.¹³ Auf die in diesem Zusammenhang fehlende Eignung von Vollkosteninformationen wurde in der Literatur schon mehrfach hingewiesen.¹⁴

Die relevanten Kosten der Eigenfertigung umfassen variable Materialkosten (Rohstoffe, Ausschuß und Abfallbeseitigung, Vorprodukte), variable Personalkosten (z.B. auftragsspezifische Überstundenzuschläge), Kosten für Hilfs- und Betriebsstoffe und variable Fertigungskosten (auftragsspezifische Kosten für Rüstvorgänge, Werkzeuge, Instandhaltung). Die relevanten Kosten des Fremdbezugs ergeben sich aus dem Bezugspreis abzüglich Vorsteuerbeträge und Rabatte sowie den Beschaffungskosten (z.B. Verpackung, Versicherung, Transport, Zoll) und den Nebenkosten (z.B. auftragsspezifische Prüfkosten). Die relevanten Stückkosten für die Eigenfertigung und für den Fremdbezug sowie die Erlöse seien fortan gegeben. Die Parameter des Entscheidungsproblems sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Parameter werden entsprechend der Tabelle 2 bestimmt bzw. weiterverarbeitet.

¹⁰vgl. Männel (1990), S. 187

¹¹vgl. Coenenberg (1967), S. 269

¹²vgl. Gutenberg (1983), S. 356, nennt die intensitätsmäßige, quantitative oder zeitliche Anpassung.

¹³vgl. Hummel (1983), S. 1205

¹⁴vgl. Coenenberg (1967), S. 271, Männel (1996b), S. 90 ff., Jacob (1990), S. 545

P	: Anzahl der zu fertigenden Produkte
B_p	: Bedarf von Produkt p , $p = 1, \dots, P$, in der Planperiode
KEF_p	: relevante Stückkosten bei Eigenfertigung des Produktes p , $p = 1, \dots, P$
KFB_p	: relevante Stückkosten bei Fremdbezug des Produktes p , $p = 1, \dots, P$
DEF_p	: Stückdeckungsbeitrag bei Eigenfertigung des Produktes p , $p = 1, \dots, P$
DFB_p	: Stückdeckungsbeitrag bei Fremdbezug des Produktes p , $p = 1, \dots, P$
I	: Anzahl der Produktionsstufen
K_i	: Kapazitätsangebot [ZE] [Minuten, Stunden, Halbschichten, etc.] der Produktionsfaktoren der Stufe i , $i = 1, \dots, I$, in der Planperiode
k_{ip}	: Kapazitätsnutzung [ZE] der Produktionsfaktoren der Stufe i , $i = 1, \dots, I$, bei Bearbeitung einer Einheit des Produktes p , $p = 1, \dots, P$

Tabelle 1: Problemparameter

-
- Schritt 1:** Ermittlung der zur Deckung der Bedarfe notwendigen Kapazitäten und Bestimmung der Engpässe M_e , $M_e \subseteq \{1, \dots, I\}$;
- Schritt 2:** Ermittlung der relevanten Stückkosten (Stückdeckungsbeiträge) bei Eigenfertigung KEF_p (DEF_p) von Produkt p , $p = 1, \dots, P$;
- Schritt 3:** Ermittlung der relevanten Stückkosten (Stückdeckungsbeiträge) bei Fremdbezug KFB_p (DFB_p), von Produkt p , $p = 1, \dots, P$;
- Schritt 4:** Ermittlung der Mehrkosten (Deckungsbeitragsdifferenzen) ΔDB_p , von Produkt p , $p = 1, \dots, P$, aus den relevanten Stückkosten (Stückdeckungsbeiträgen) des Fremdbezugs und der Eigenfertigung

$$\begin{aligned} \Delta DB_p &= KFB_p - KEF_p \\ &= DEF_p - DFB_p \quad p = 1, \dots, P; \end{aligned}$$

Tabelle 2: Vorbereitende Analyse des Entscheidungsproblems

3 Verfahren zur Entscheidungsunterstützung

Abhängig von der Anzahl der wirksamen Kapazitätsrestriktionen, werden in der Literatur verschiedene Ansätze zur Bestimmung eines wirtschaftlichen, d.h. optimalen, Bereitstellungsplanes zur Verfügung gestellt.¹⁵

¹⁵vgl. Ewert / Wagenhofer (1997), Jacob (1990), Männel (1990)

3.1 Keine Kapazitätsrestriktionen

Sind keine Kapazitätsrestriktionen bindend, so ergibt sich der optimale Bereitstellungsplan unmittelbar aus der Gegenüberstellung der relevanten Fremdbezugskosten und der relevanten Eigenfertigungskosten. Die Produkte, deren Eigenfertigungskosten geringer als die Fremdbezugskosten sind, werden eigengefertigt und die übrigen Produkte werden fremdbezogen.¹⁶

3.2 Eine Kapazitätsrestriktion

Ist eine Kapazitätsrestriktion bindend, so wird das Prinzip der spezifischen Deckungsbeiträge genutzt. Wird unterstellt, dass die Produkte, deren Fremdbezugskosten geringer als die Eigenfertigungskosten sind, bereits dem Fremdbezug zugeordnet sind, so werden die verbleibenden Bedarfe entsprechend dem Prinzip der spezifischen Deckungsbeiträge gedeckt (siehe Tabelle 3).¹⁷

Schritt 1: Bestimmung der (engpaß-) spezifischen Deckungsbeitragsdifferenzen

$$\frac{\Delta DB_p}{k_{ep}}, \quad p = 1, \dots, P;$$

Schritt 2: Vorläufige Festlegung der Eigenfertigungsmengen durch die Bedarfe und Bestimmung der Kapazitätsnutzung des Engpasses;

Schritt 3: Sortierung der Produkte nach steigenden spezifischen Deckungsbeitragsdifferenzen (nach steigenden spezifischen Mehrkosten);

Schritt 4: Sukzessive Überführung von Fertigungsmengen der Produkte von der Eigenfertigung in den Fremdbezug; die Sortierung bestimmt die Reihenfolge der Betrachtung der Produkte; Produkte (Produktionsmengen) werden ausgelagert, bis die Kapazitätsnachfrage des verbleibenden Produktionsprogramms durch das verfügbare Kapazitätsangebot im Engpaß gedeckt ist;

Tabelle 3: Prinzip der spezifischen Deckungsbeiträge zur Bestimmung von Fremdbezugsprodukten und Fremdbezugsmengen bei einem Engpaß

Die Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug für den zweistufigen Fertigungsprozeß der Tabelle 4 wird betrachtet. Jedes der Produkte P1 und P2 ist nacheinander auf den Stufen S1 und S2 zu bearbeiten. Die Produktionsfaktoren stehen innerhalb der Planungsperiode jeweils 29 ZE (Zeiteinheiten) zur Verfügung. Aus dem Bedarf von jeweils 3 Einheiten des Produktes P1 und 3 Einheiten des Produktes P2 kann der Kapazitätsbedarf bestimmt werden. Der Kapazitätsbedarf beträgt 27 ZE für die Stufe S1 und 33 ZE für die Stufe S2. Die zur Deckung des Gesamtbedarfs notwendige Kapazität der zweiten Fertigungsstufe übersteigt somit das Kapazitätsangebot. Die zweite Fertigungsstufe bildet einen Engpaß. Alternativ zur Eigenfertigung komme der Fremdbezug in Betracht. Der Fremdbezug einer Einheit der Produkte P1 bzw. P2 erhöht die Kosten bzw.

¹⁶vgl. Jacob (1990), S. 551 ff.

¹⁷vgl. Jacob (1990) und Männel(1990)

Produkte	Kap.-Bed. S1	Kap.-Bed. Stufe 2	Bedarf	Mehrkosten	Mehrkosten
	[ZE/Stk.]	[ZE/Stk.]		je Stk.	je freigesetzte ZE
Produkt P1	6.00	7.00	3	180.00	25.71
Produkt P2	3.00	4.00	3	100.00	25.00
Kapazitätsangebot	29.00	29.00			Engpaß
Kapazitätsbedarf					
Produkt P1	18.00	21.00			
Produkt P2	9.00	12.00			
Gesamtbedarf	27.00	33.00			
Über-/Unterdeckung	-2.00	4.00			
		Engpaß			

Tabelle 4: Exemplarischer zweistufiger Produktionsprozeß I – Kapazitätsangebote und -nachfrage, Mehrkosten

reduziert den Deckungsbeitrag um 180 bzw. 100 GE. Die spezifischen Deckungsbeiträge – für den Enpaß – betragen somit 25.71 GE/ZE bei Fremdbezug einer Einheit des Produktes P1 und 25.00 GE/ZE bei Fremdbezug einer Einheit des Produktes P2. Tabelle 5 zeigt den mit Hilfe des Prinzips der spezifischen Deckungsbeiträge ermittelten Bereitstellungsplan.

	Eigenfertigung	Fremdbezug	Mehrkosten
Produkt 1	3	0	0.00
Produkt 2	2	1	100.00
		Gesamt:	100.00

Tabelle 5: Bereitstellungsplan gemäß Verfahren der spezifischen Deckungsbeiträge

Die Abbildung 1 zeigt die Struktur des Produktionsprozesses. Die Betriebsmittel der Stufen S1 und S2 stehen mit dem Beginn der Planungsperiode 29 ZE zur Bearbeitung der Produkte P1 und P2 zur Verfügung. Folglich

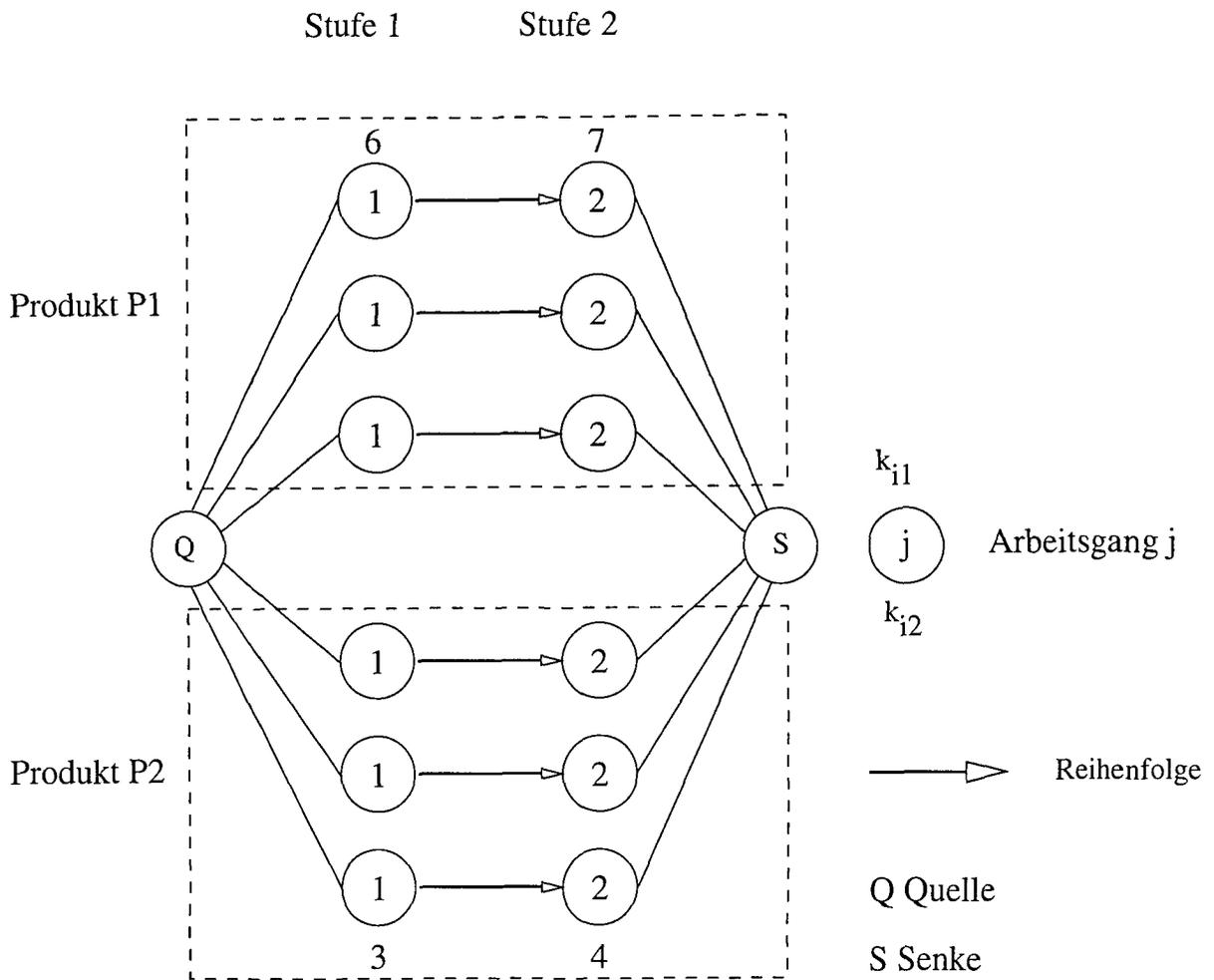


Abbildung 1: Produktionsstruktur

ist das über den Bereitstellungsplan spezifizierte Produktionsprogramm innerhalb von 29 ZE zu realisieren. Die Gantt-Diagramme der Abbildung 2 zeigen die Belegung der Betriebsmittel. Die Betrachtung von oben nach unten zeigt: (1) Werden zuerst die zur Erstellung von 3 Einheiten des Produktes P1 notwendigen Arbeitsgänge auf den Stufen S1 und S2 verrichtet, so kann das Produkt P2 nicht gefertigt werden. (2) Werden zuerst die zur Erstellung von 1 Einheit des Produktes P2 notwendigen Arbeitsgänge auf den Stufen S1 und S2 verrichtet, so können von Produkt P1 lediglich 2 Einheiten gefertigt werden. (3) Werden zuerst die zur Erstellung von 1 Einheit des Produktes P1 notwendigen Arbeitsgänge auf den Stufen S1 und S2 verrichtet, und dann die zur Erstellung 1 Einheit des Produktes P2 notwendigen Arbeitsgänge, so kann lediglich eine weitere Einheit des Produktes P1 gefertigt werden.

Die Überlegungen ergeben unmittelbar, dass die Produktionsprogramme (3 Einheiten P1, 2 Einheiten P2) sowie (3 Einheiten P1, 3 Einheiten P2) nicht realisierbar sind. Andererseits zeigt das letzte Gantt-Diagramm ein realisierbares Produktionsprogramm (2 Einheiten P1, 3 Einheiten P2).

Die Produktionsprogramme sowie die zugehörigen Kapazitätsbedarfe, die Fremdbezugsmengen und Mehrkosten

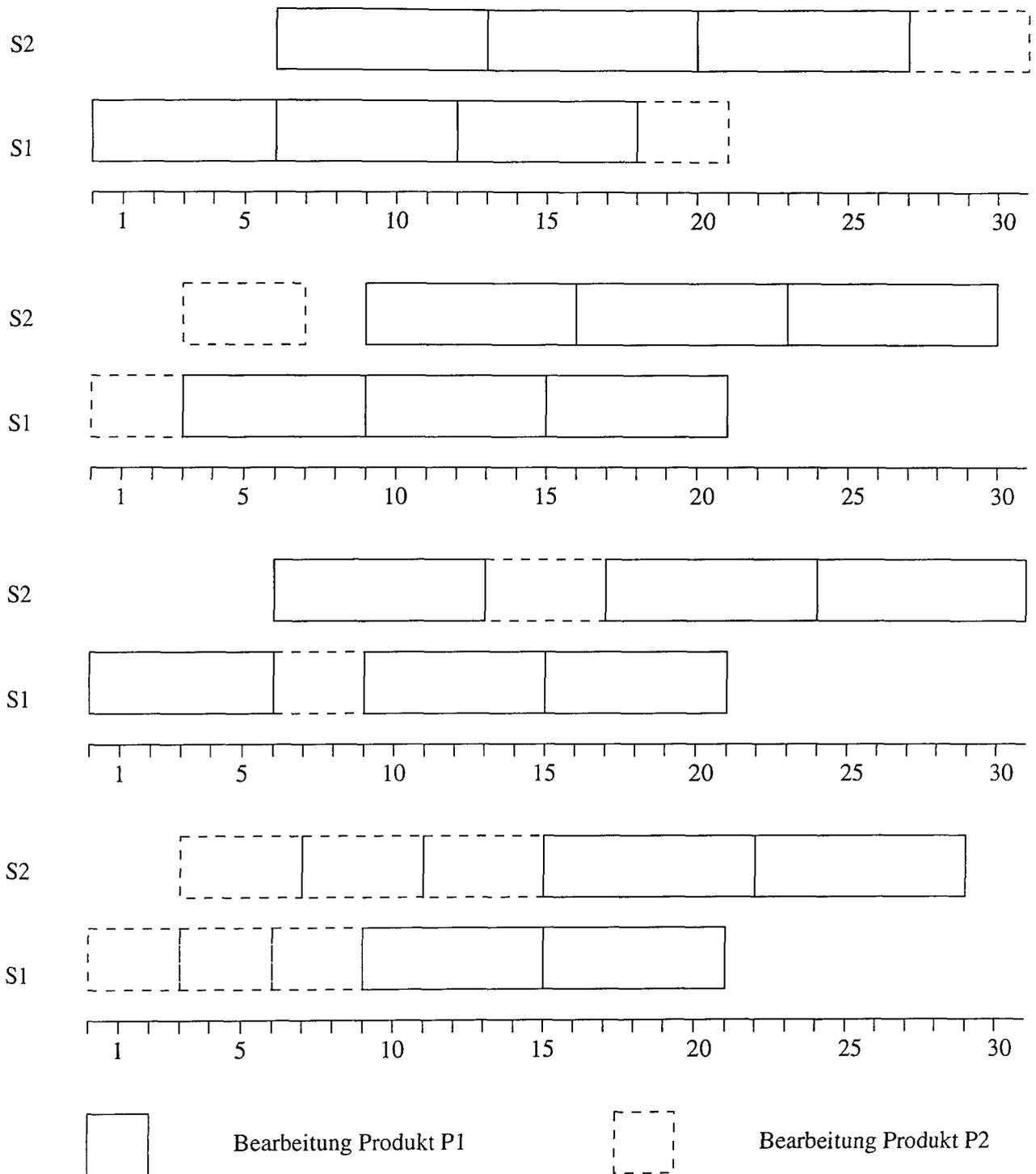


Abbildung 2: Gantt-Diagramme – Produktionsprozeß I

sind in Tabelle 6 wiedergegeben.¹⁸ Mit dem Prinzip der spezifischen Deckungsbeiträge wird somit ein nicht

¹⁸Zur Bestimmung der Durchlaufzeiten wurden die bedarfsabhängigen Maschinenbelegungsprobleme entsprechend der Transformation Drexel (1990) in ein ressourcenbeschränktes Projektplanungsproblem konvertiert. Anschließend wurden die (minimalen)

Eigenfertigung		Kapazitätsbedarf		Fremdbezug		Mehrkosten	Durchlaufzeit	Realisierbarkeit
P1	P2	S1	S2	P1	P2			
1	0	6	7	2	3	660	13	ja
2	0	12	14	1	3	480	20	ja
3	0	18	21	0	3	300	27	ja
0	1	3	4	3	2	740	7	ja
1	1	9	11	2	2	560	16	ja
2	1	15	18	1	2	380	23	ja
3	1	21	25	0	2	200	30	nein
0	2	6	8	3	1	640	11	ja
1	2	12	15	2	1	460	19	ja
2	2	18	22	1	1	280	26	ja
3	2	24	29	0	1	100	33	nein
0	3	9	12	3	0	540	15	ja
1	3	15	19	2	0	360	22	ja
2	3	21	26	1	0	180	29	ja
3	3	27	33	0	0	0	36	nein

Tabelle 6: Problem I – Produktionsprogramme, Kapazitätsbedarfe, Fremdbezugsmengen und Mehrkosten bei Deckung der Bedarfe

realisierbarer Bereitstellungsplan spezifiziert. Die Selektion des Fremdbezugsproduktes ist unwirtschaftlich.

3.3 Mehrere Kapazitätsrestriktionen

Sind mehrere Restriktionen bindend, so wird die Alternativkalkulation bzw. das Arbeitsgangverfahren zur Bestimmung des Bereitstellungsplanes vorgeschlagen.¹⁹ Zur Behandlung der Problematik werden unterschiedliche Fertigungsverfahren auf den einzelnen Stufen zugelassen. Die Anzahl der Fertigungsverfahren auf der Stufe i , $i = 1, \dots, I$, werden mit M_i bezeichnet. Insgesamt entstehen

$$N = \prod_{i=1}^I M_i$$

Kombinationen der Verfahren der Fertigungsstufen. Unter der Annahme, dass jedes Produkt in jeder Verfahrenskombination bearbeitet werden kann, erhalten wir Entscheidungsvariablen x_{np} , $n = 1, \dots, N$, $p = 1, \dots, P$. Die Entscheidungsvariablen spezifizieren die Anzahl der Einheiten des Produktes p , die mittels Verfahrenskombination n gefertigt werden. Allerdings können produktabhängig Einschränkungen der zulässigen Verfahrenskombinationen vorgenommen werden. Die zulässigen Verfahrenskombinationen zur Erstellung der Produkte p , $p = 1, \dots, P$, werden in diesem Fall durch Teilmengen $N(p)$, $N(p) \subseteq \{1, \dots, N\}$, der insgesamt möglichen Verfahrenskombinationen dargestellt. Bezeichnen wir mit $N(p, i, m)$ diejenigen Verfahrenskombinationen zur Erstellung des Produktes p , die auf der Fertigungsstufe i das Betriebsmittel m nutzen, mit K_{im} die Kapazität

Durchlaufzeiten mit dem Verfahren aus Sprecher (1999) bzw. Sprecher und Drexl (1998) ermittelt.

¹⁹vgl. Ewert / Wagenhofer (1997), S. 136 ff. Albach (1962), S. 65 ff., Jacob (1962), S. 249 ff.

des Produktionsfaktors m auf Stufe i , und mit k_{imp} die Nutzung des Produktionsfaktors m auf Stufe i bei Erstellung einer Einheit des Produktes p , so läßt sich das Wahlmodell unter Verwendung verfahrensabhängiger Deckungsbeiträge wie in Tabelle 7 dargestellt wiedergeben.²⁰ Durch die Einbeziehung der Verfahrenskombination können somit die Deckungsbeiträge d_{np} in Abhängigkeit von der Verfahrenskombination berücksichtigt werden.

$$\text{Maximiere } F(x) = \sum_{p=1}^P \sum_{n \in N(p)} d_{np} x_{np} \quad (1)$$

unter den Bedingungen

$$\sum_{p=1}^P k_{imp} \sum_{n \in N(p,i,m)} x_{np} \leq K_{im} \quad i = 1, \dots, I; m = 1, \dots, M_i; \quad (2)$$

$$\sum_{n \in N(p)} x_{np} \leq B_p \quad p = 1, \dots, P; \quad (3)$$

$$x_{np} \geq 0 \quad p = 1, \dots, P, n \in N(p); \quad (4)$$

Tabelle 7: Modell zur operativen Programmplanung mit Verfahrensalternativen

Die Anzahl der zur Abbildung des Entscheidungsproblems notwendigen Variablen steigt sehr stark mit der Anzahl der alternativen Bearbeitungsmöglichkeiten auf den einzelnen Stufen an. Werden 4 Produkte ($P = 4$) in 3 Stufen ($I = 3$) mit je 2 Alternativen der Bearbeitung ($M_i = 2, i = 1, \dots, 3$) betrachtet, so sind bei Zulässigkeit aller Kombinationen insgesamt $32 = 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$ Variablen zur Abbildung des Entscheidungsproblems notwendig. Die Anzahl der Variablen läßt sich reduzieren, wenn die Voraussetzungen des Arbeitsgangverfahrens erfüllt sind.²¹

Für den Produktionsprozeß der Tabelle 8 ist folgendes Programmplanungsproblem zu analysieren: Die Entscheidungsvariablen x_1^{EF}, X_2^{EF} bestimmen die Anzahl der zu fertigenden Einheiten der Produkte P1 und P2 und die Entscheidungsvariablen x_1^{FB}, X_2^{FB} bestimmen die Anzahl der fremdzubeziehenden Einheiten der Produkte P1 und P2.

$$\begin{aligned} &\text{Maximiere} && 200x_1^{EF} + 280x_2^{EF} + 100x_1^{FB} + 100x_2^{FB} \\ &5x_1^{EF} + 12x_2^{EF} &\leq & 50 \\ &6x_1^{EF} + 11x_2^{EF} &\leq & 50 \\ &x_1^{EF} + x_1^{FB} &\leq & 3 \\ &x_2^{EF} + x_2^{FB} &\leq & 3 \\ &x_1^{EF}, x_1^{FB}, x_2^{EF}, x_2^{FB} &\geq & 0, \text{ ganzzahlig} \end{aligned}$$

²⁰Man beachte, dass in dieser Formulierung die Kapazitätsbeanspruchung lediglich vom Produkt, von der Fertigungsstufe und vom Produktionsfaktor abhängen, aber nicht von der gewählten Kombination der Produktionsfaktoren auf den Stufen.

²¹vgl. Ewert / Wagenhofer, S. 139 ff

Produkte	Kap.-Bed. S1	Kap.-Bed. S2	Bedarf	Deckungsbeitrag		Mehrkosten
	[ZE/Stk.]	[ZE/Stk.]		EF	FB	je Stk.
Produkt P1	5.00	6.00	3	200.00	100.00	100.00
Produkt P2	12.00	11.00	3	280.00	100.00	180.00
Kapazitätsangebot	50.00	50.00				
Kapazitätsbedarf						
Produkt P1	15.00	18.00				
Produkt P2	36.00	33.00				
Gesamtbedarf	51.00	51.00				
Unterdeckung	1.00	1.00				
	Engpaß	Engpaß				

Tabelle 8: Exemplarischer zweistufiger Produktionsprozeß II – Kapazitätsangebote und -nachfragen, Deckungsbeiträge, Mehrkosten

Mit Hilfe der Alternativkalkulation wird der in Abbildung 10 abgebildete Bereitstellungsplan ermittelt. Analog zu Tabelle 6 werden in Tabelle 9 die Durchlaufzeiten der Produktionsprogramme ermittelt und auf Realierbarkeit geprüft.

Die Vernachlässigung der Fertigungsstruktur kann – wie in den Beispielen dargelegt – zu Problemen bei der Realisierung der im Bereitstellungsplan ausgewiesenen Eigenfertigungsmengen führen. Die häufige Überschätzung der Eigenfertigungsmengen bzw. Unterschätzung der Fremdbezugsmengen verursacht zusätzliche Kosten und beeinträchtigt somit die Wirtschaftlichkeit:

- Erhöhung der Opportunitätskosten (Alternativkosten)
- Erhöhung der Lagerhaltungskosten (Vorprodukte)
- Erhöhung der Fremdbezugskosten (Rabatte)
- Erhöhung der Fehlmengenkosten (Vertragsstrafen)
- Erhöhung der Planungskosten

4 Integration strukturspezifischer Restriktionen

In diesem Abschnitt werden Instrumente zur Verbesserung der Spezifikation des Bereitstellungsplanes diskutiert.

Eigenfertigung		Kapazitätsbedarf		Fremdbezug		Deckungsbeitrag	Mehrkosten	Durchlaufzeit	realisierbar
P1	P2	S1	S2	P1	P2				
1	0	5	6	2	3	700	740	11	ja
2	0	10	12	1	3	800	640	17	ja
3	0	15	18	0	3	900	540	23	ja
0	1	12	11	3	2	780	660	23	ja
1	1	17	17	2	2	880	560	28	ja
2	1	22	23	1	2	980	460	33	ja
3	1	27	29	0	2	1080	360	38	ja
0	2	24	22	3	1	960	480	35	ja
1	2	29	28	2	1	1060	380	40	ja
2	2	34	34	1	1	1160	280	45	ja
3	2	39	40	0	1	1260	180	50	ja
0	3	36	33	3	0	1140	300	47	ja
1	3	41	39	2	0	1240	200	52	nein
2	3	46	45	1	0	1340	100	57	nein
3	3	51	51	0	0	1440	0	62	nein

Tabelle 9: Produktionsprozeß II – Produktionsprogramme, Kapazitätsbedarfe, Fremdbezugsmengen und Mehrkosten bei Deckung der Bedarfe

	Eigenfertigung	Fremdbezug	Deckungsbeitrag	Mehrkosten
Produkt 1	2	1	500.00	100.00
Produkt 2	3	0	840.00	0.00
	Gesamt:		1340.00	100.00

Tabelle 10: Produktionsprozeß II – Bereitstellungsplan gemäß Alternativkalkulation

Es wird der Produktionsprozeß aus Abschnitt 2 zu Grunde gelegt. Die Planungsaufgabe läßt sich mit Hilfe der Minimierung der gewichteten Anzahl der verspäteten Aufträge²² abbilden. Die Gewichte ergeben sich in diesem Fall aus den Mehrkosten des Fremdbezugs. Die exakte Lösung der Planungsaufgabe ist jedoch nicht zwingend notwendig, da Abschätzungen der Durchlaufzeit²³ schon zu stärkeren Restriktionen und somit zu besseren Ergebnissen führen: Bevor die Produktionsfaktoren auf Stufe S2 durch eines der Produkte P1 oder P2 genutzt werden kann, muß mindestens eines der Produkte auf der Stufe S1 bearbeitet worden sein. Die Bearbeitung erfordert mindestens $\min\{6, 3\} = 3$ ZE. Die sogenannte **Vorlaufzeit** reduziert die nutzbare Kapazität der

²²vgl. Domschke et al. (1993), S. 298 ff.

²³vgl. Domschke et al. (1993), S. 347 ff.

Produktionsfaktoren auf der Stufe S2. Allgemein gilt für die Vorlaufzeit VZ_i der Stufe i

$$VZ_i = \min_{p=1}^P \left\{ \sum_{l=1}^{i-1} k_{lp} \right\}$$

Nachdem die Vorlaufzeit der Stufe i verstrichen ist, kann mit der Bearbeitung der Produkte auf der Stufe i begonnen werden. Sind x_p Einheiten des Produktes p , $p = 1, \dots, P$, zu fertigen, so gilt für die Bearbeitungszeit BZ_i auf der Stufe i

$$BZ_i = \sum_{p=1}^P x_p \cdot k_{i,p}$$

In analoger Weise lassen sich Nachlaufzeiten bestimmen. Nachdem die Produktionsfaktoren der Stufe S1 durch eines der Produkte P1 oder P2 genutzt wurden, muß das Produkt auf der Stufe S2 bearbeitet werden. Die Bearbeitung erfordert mindestens $4 = \min\{7, 4\}$ Zeiteinheiten. Allgemein gilt für die Nachlaufzeit NZ_i der Stufe i

$$NZ_i = \min_{p=1}^P \left\{ \sum_{l=i+1}^I k_{lp} \right\}$$

Bei gegebener Bereitstellungsdauer K der Betriebsmittel der Stufen i , $i = 1, \dots, I$, folgt aus den Überlegungen unmittelbar, dass die Bedingungen

$$VZ_i + BZ_i + NZ_i \leq K$$

zur Realisierbarkeit des Produktionsprogramms (x_1, \dots, x_P) notwendig sind.

In der Planungsaufgabe I aus Abschnitt 3.2 werden die Nebenbedingungen für ein realisierbares Produktionsprogramm (x_1, x_2)

$$6x_1 + 3x_2 \leq 29$$

$$7x_1 + 4x_2 \leq 29$$

verstärkt. Für die Realisierbarkeit sind die Bedingungen

$$6x_1 + 3x_2 + NZ_1 = 6x_1 + 3x_2 + 4 \leq 29 \quad \text{d.h.} \quad 6x_1 + 3x_2 \leq 25,$$

und

$$VZ_2 + 7x_1 + 4x_2 = 3 + 7x_1 + 4x_2 \leq 29 \quad \text{d.h.} \quad 7x_1 + 4x_2 \leq 26$$

notwendig. Folglich ist aufgrund der verschärften Bedingungen der Planungsaufgabe I das Produktionsprogramm $(3, 2)$ nicht mehr realisierbar und damit über das Produktionsprogramm $(2, 3)$ (vgl. Tabelle 3.3) der optimale Bereitstellungsplan bestimmt.

In der Planungsaufgabe II aus Abschnitt 3.3 werden die Nebenbedingungen für ein realisierbares Produktionsprogramm (x_1, x_2)

$$5x_1 + 12x_2 \leq 50$$

$$6x_1 + 11x_2 \leq 50$$

verstärkt. Für die Realisierbarkeit sind die Bedingungen

$$5x_1 + 12x_2 + NZ_2 = 5x_1 + 12x_2 + 6 \leq 50 \quad \text{d.h.} \quad 5x_1 + 12x_2 \leq 44,$$

und

$$VZ_2 + 6x_1 + 11x_2 = 5 + 6x_1 + 11x_2 \leq 50 \quad \text{d.h.} \quad 6x_1 + 11x_2 \leq 45$$

notwendig. Folglich ist auch in diesem Fall aufgrund der verschärften Bedingungen das Produktionsprogramm (2,3) nicht mehr realisierbar und damit über das Produktionsprogramm (3,2) (vgl. Tabelle 9) der optimale Bereitstellungsplan bestimmt.

Die Bedingungen lassen sich weiter ausgestalten, indem man berücksichtigt, dass bei unterstellter Fertigung von x_p Einheiten des Produktes p , $p = 1, \dots, P$, die Teilprogramme mit $n_p \leq x_p$ Einheiten folgenden Bedingungen genügen müssen: (1) bevor die Einheit n_p des Produktes p auf der Stufe i bearbeitet werden kann, n_p Einheiten des Produktes auf der Stufe $i - 1$ bearbeitet wurden, (2) nachdem die Einheit n_p des Produktes p auf der Stufe i bearbeitet wurde, noch mindestens $(x_p - n_p + 1)$ Einheiten des Produktes p auf Stufe $i + 1$ zu bearbeiten sind. Die anhand der Flow-Shop-Struktur der Fertigung – die Produkte sind in einer für alle Produkte identischen Folge auf den Maschinen zu bearbeiten – dargestellten Überlegungen lassen sich auf andere Fertigungsstrukturen übertragen. Als weitere reine Strukturen (vgl. Domschke et al. (1997)) sind hier die Job-Shop-Struktur – die Produkte sind in produktabhängigen Folgen auf den Maschinen zu bearbeiten – und die Open-Shop-Struktur – jedes Produkt kann in beliebiger Folge auf den Maschinen bearbeitet werden – zu nennen. Am wenigsten restriktiv zeigt sich hierbei die Open-Shop-Struktur.

In den genannten Konstellationen entspricht das Kapazitätsangebot eines Produktionsfaktors der Bereitstellungsdauer des Produktionsfaktors in der Planungsperiode und die Kapazitätsnachfrage der Nutzungsdauer. Kapazitätsangebote unterschiedlicher Höhe – etwa auf Grund unterschiedlicher Fertigungsgeschwindigkeiten oder paralleler Maschinen auf den Fertigungsstufen – können durch die Festlegung eines Standardkapazitätsangebotes K näherungsweise berücksichtigt werden. Die Restriktionen sind in diesem Fall durch Multiplikation mit K/K_i zu transformieren.

Weitere Ansätze zur Abschätzung des (maximalen) Systemdurchsatzes – und somit zur Verbesserung der Spezifikation des Bereitstellungsplans – ergeben sich aus den Schranken zur Minimierung der Wartezeit und den Schranken zur Minimierung der Durchlaufzeit und der Festlegung von Standardbearbeitungsfolgen auf den Fertigungsstufen.

5 Schlußbemerkung

In der vorliegenden Untersuchung wurde die kurzfristige Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug betrachtet. Exemplarisch wurde dargelegt, dass die konventionellen Instrumente zur Entscheidungsunterstützung zu unwirtschaftlichen Ergebnissen führen können. Die Fehlspezifikation von Fremdbezugsprodukten und Fremdbezugsmengen wird im wesentlichen durch die Vernachlässigung der Fertigungsstruktur verursacht:

- Vernachlässigung der vertikalen Interdependenzen, d.h. durch technologisch bedingte Reihenfolgen verursachte Interdependenzen bei der Fertigung eines Produktes,

- Vernachlässigung der horizontalen Interdependenzen, d.h. durch gemeinsame Nutzung knapper Kapazitäten bedingte Interdependenzen bei der Fertigung verschiedener Produkte.

Die aggregierte Betrachtung in den konventionellen Modellen zur Entscheidungsunterstützung impliziert über die qualitative und quantitative Fehlspezifikation die

- Erhöhung der Opportunitätskosten (Alternativkosten),
- Erhöhung der Lagerhaltungskosten (Vorprodukte),
- Erhöhung der Fremdbezugskosten (Rabatte),
- Erhöhung der Fehlmengenkosten (Vertragsstrafen),
- Erhöhung der Planungskosten.

Die Verbesserung und Entwicklung fertigungsstrukturspezifischer Durchsatzabschätzungen gewinnt vor dem Hintergrund der weiteren Verwendung der aggregierten Betrachtung

- in Planungsmodellen von PPS-Systemen (Fleischmann (1988)),
- bei der Bestimmung von Verrechnungspreisen (Coenenberg (1973), S. 378),
- bei der Entwicklung von Produktivitätskennziffern,
- in der Kostenträgerrechnung (Maschinensatzrechnung, Schweitzer / Küpper (1998), S. 151),
- bei der Verfahrenswahl (Kilger (1966)).

an Bedeutung. Die simultane Erstellung eines Bereitstellungsplanes und eines Ablaufplanes scheitert an der Komplexität der Planungsaufgabe.²⁴ Dennoch wird gerade im Kontext der Entscheidung über Eigenfertigung und Fremdbezug die integrierende Betrachtung unter Einbeziehung der Fertigungsstruktur bessere Planungsergebnisse hervorbringen. In abgeschwächter Form können Schranken das lineare Optimierungsproblem stärker restringieren und somit zu verbesserten Ergebnissen führen.

Literatur

- [1] ALBACH, H. (1962): Produktionsplanung auf Grundlage technischer Verbrauchsfunktionen. Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, H. 105, Westdeutscher-Verlag, Köln und Opladen, S. 45–99.
- [2] BRAH, S.A. UND J.L. HUNSUCKER (1990): Branch and bound algorithms for the flow shop with multiple processors. European Journal of Operational Research, Vol. 51, S. 99–99.
- [3] BETZ, S. (1996): Gestaltung der Leistungstiefe als strategisches Problem. DBW, Bd. 56, S. 399–412.

²⁴vgl. Domschke et al. (1997)

- [4] BLIESENER, M.-M. (1994): Outsourcing als mögliche Strategie zur Kostensenkung. Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, Jg. 46, S. 277-290.
- [5] COENENBERG, A. G. (1967): Möglichkeiten des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug von Vorratsgütern. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 37, S. 268-284.
- [6] COENENBERG, A. G. (1973): Verrechnungspreise zur Steuerung divisionalisierter Unternehmen. Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Jg. 2, S. 373-382.
- [7] DOMSCHKE, W.; A. SCHOLL; UND S. VOSS (1997): Produktionsplanung: Ablauforganisatorische Aspekte, 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin et al.
- [8] DREXL, A (1990): Fließbandaustaktung, Maschinenbelegung und Kapazitätsplanung in Netzwerken – Ein integrierender Ansatz. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 60, S. 53-70.
- [9] EWERT, R. UND A. WAGENHOFER (1997): Interne Unternehmensrechnung, 3. Aufl. Springer-Verlag, Berlin.
- [10] FLEISCHMANN, B. (1988): Operations Research in der Produktionsplanung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 58. Jg., S. 347-372.
- [11] FERNER, W.; K. LINDNER UND H. STRÄSSER (1968): Eigenfertigung und Fremdbezug - ein Praxisfall, gelöst mit linearer Programmierung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 38, S. 45-58.
- [12] GUTENBERG, E. (1983): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Die Produktion, 24. Aufl. Springer-Verlag, Berlin u.a.
- [13] HAHN, D.; H. HUNGENBERG UND L. KAUFMANN (1994): Optimale Make-or-buy-Entscheidung. Controlling, Bd. 6, S. 74-82.
- [14] HUMMEL, S. (1983): Entscheidungsorientierter Kostenbegriff, Identitätssprinzip und Kostenzurechnung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 53, S. 1204-1209.
- [15] JACOB, H. (1962): Produktionsplanung und Kostentheorie. In: Koch, H. (Hrsg): Zur Theorie der Unternehmung. Festschrift zum 65. Geburtstag von Erich Gutenberg. Gabler-Verlag, Wiesbaden, S. 205-268.
- [16] JACOB, H. (1990): Eigenfertigung oder Fremdbezug. In: Jacob, H. (Hrsg.), Industriebetriebslehre, 4. Aufl. Gabler-Verlag, Wiesbaden, S. 551-590.
- [17] KILGER, W. (1966): Optimale Verfahrenswahl bei gegebenen Kapazitäten. In: Moxter, A.; D. Schneider und W. Wittmann (Hrsg.), Westdeutscher-Verlag, Köln und Opladen, S. 155-190.
- [18] KILGER, W. (1973): Optimale Produktions- und Absatzplanung. Westdeutscher-Verlag, Opladen.
- [19] KNOLMAYER, G. (1994): Zur Berücksichtigung von Transaktions- und Koordinationskosten in Entscheidungsmodellen für Make-or-Buy-Probleme. Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, Jg. 94, S. 316-332.

- [20] MÄNNEL, W. (1990): Entscheidungsorientierte Kostenvergleichsrechnungen für den kurzfristigen Übergang von der Eigenfertigung zum Fremdbezug. *Kostenrechnungspraxis*, Bd. 34, S. 187–190.
- [21] MÄNNEL, W. (1996a): Make-or-Buy-Entscheidungen. *Kostenrechnungspraxis*, Bd. 40, S. 148–150.
- [22] MÄNNEL, W. (1996b): Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug: Theoretische Grundlagen-Praktische Fälle, 2. Aufl. Poeschel-Verlag, Stuttgart.
- [23] MIKUS, B. (1998): Make-or-Buy-Entscheidungen in der Produktion: Führungsprozesse – Risikomanagement – Modellanalysen. Gabler-Verlag, Wiesbaden.
- [24] PICOT, A. (1991): Ein neuer Ansatz zur Gestaltung der Leistungstiefe. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Jg. 43., S. 336-358.
- [25] SCHWEITZER, M. UND H.U. KÜPPER (1998): Systeme der Kosten und Erlösrechnung, 7. Aufl., Vahlen-Verlag, München.
- [26] SPRECHER, A. (1999): Scheduling resource-constrained projects competitively at modest memory requirements. Erscheint in: *Management Science*.
- [27] SPRECHER, A. UND A. DREXL (1998): Solving Multi-Mode Resource-Constrained Project Scheduling Problems by a Simple, General and Powerful Sequencing Algorithm. *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, S. 431–451.