

## 4 Produktionsprogramme und aggregierte Planung

### 4.1 Problemaspekte

In jedem Unternehmen muss sich das Management immer wieder eine Vorstellung davon bilden, was und wie viel eigentlich produziert werden soll. Die strategische Frage nach dem „Was“ richtet sich auf das Produktprogramm und betrifft das Unternehmen insgesamt, überschreitet damit die Grenzen des Operations Managements. Wir unterstellen daher im Folgenden, dass diese Frage bereits geklärt ist und nun der Frage nachgegangen werden soll, **in welchen Mengen** und ggf. auch **wann** die verschiedenen Güter erzeugt werden sollen. Derartige Fragestellungen können sich in der Realität höchst unterschiedlich darstellen. Von großer Bedeutung ist dabei die Frage, wodurch der Wertschöpfungsprozess im Wesentlichen beschränkt wird. Dies führt auf die drei Fälle in der Abbildung 4.1.

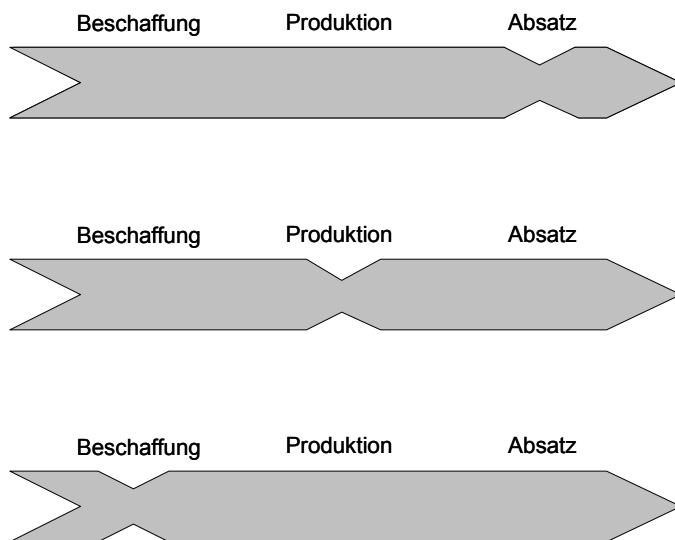


Abbildung 4.1: Unterschiedlich beschränkte Wertschöpfungsprozesse

Häufig tritt der Fall auf, dass ein Unternehmen das produziert, wofür konkrete Kundenaufträge oder zuverlässige Absatzprognosen vorliegen. Hier ist die Produktion gewissermaßen im Wesentlichen durch die **Nachfrage begrenzt**. Dieser Fall ist im oberen Teil der Abbildung 4.1 dargestellt. Er tritt oft bei ausgereiften Produkten auf, für die mehrere verschiedene Anbieter auf dem Markt sind, die ihre Erzeugnisse u. U. kundenindividuell

herstellen. So werden z. B. Kraftfahrzeuge vielfach auftragsbezogen und in einer großen Variantenvielfalt hergestellt.

Es kann aber auch der Fall auftreten, dass sich ein Unternehmen etwa durch ein sehr hohes Innovationstempo zumindest zeitweilig in der Lage sieht, praktisch alles verkaufen zu können, was es herstellen kann. Dann ist der Wertschöpfungsprozess wie im mittleren Fall der Abbildung 4.1 zumindest vorübergehend im Wesentlichen durch die **Produktion beschränkt**. Hierfür lassen sich immer wieder Beispiele in der Konsumgüterelektronik finden, beispielsweise bei besonders hochwertigen Mobiltelefonen, den neuesten Spielekonsolen etc. In einer solchen Situation wird u. U. produziert, ohne dass klar von vornherein klar ist, wer die produzierten Güter kaufen wird.

Letztlich gibt es auch den Fall, dass die **Beschaffung** den Wertschöpfungsprozess quantitativ begrenzt, siehe dazu den unteren Teil der Abbildung 4.1. Dies kann z. B. bei Naturprodukten durch saisonale Wachstums- und Erntezyklen bedingt sein, die zu einer temporalen Einschränkung der Verfügbarkeit von Beschaffungsgütern führen. Auch die Übernutzung natürlicher Ressourcen kann zu derartigen Begrenzungen führen, man denke an die Überfischung der Weltmeere und die Herstellung von Fisch-Produkten.

Bei der Entscheidung, wie viel von den einzelnen Sachgütern oder Dienstleistungen erzeugt werden soll, müssen diese Begrenzungen des Wertschöpfungsprozesses offensichtlich berücksichtigt werden. Die einzelnen Erzeugnisse des Unternehmens unterscheiden sich dabei häufig nicht nur hinsichtlich ihrer Beschaffungs-, Produktions- und Absatzmöglichkeiten, sondern führen zudem auch auf unterschiedliche **Kosten** und **Erlöse**, die ebenfalls beachtet werden müssen, wenn in der Produktion die eingesetzten Ressourcen einer ergiebigen Verwendung zugeführt werden sollen.

In einer kurzfristigen Perspektive sind hier vor allem die **Stückdeckungsbeiträge** als Differenz zwischen Stück-Erlösen und variablen Kosten relevant. Sie geben an, welchen Beitrag eine produzierte und abgesetzte Erzeugniseinheit zur Deckung der fixen Kosten des Unternehmens leistet. Wenn sich die Produktion wie im mittleren Fall der Abbildung 4.1 als Engpass des Wertschöpfungsprozesses erweisen sollte, so wird man sich darum bemühen, die knappen Produktionskapazitäten für jene Produkte zu verwenden, bei denen die Stückdeckungsbeiträge im Verhältnis zum Kapazitätsverbrauch hoch sind. Unter Umständen ist es auch möglich, die eigenen **Produktionskapazitäten** durch Einplanung von Überstunden, Sonderschichten, den Einsatz von Leiharbeitern etc. zeitweilig zu vergrößern oder Produktionsmengen an andere Unternehmen fremdzuvergeben.

Wenn es sich bei den Erzeugnissen des Unternehmens um Sachgüter handelt, so sind diese u. U. lagerbar. Dann besteht die Möglichkeit, die Produktion und den Absatz der Güter zeitlich zu entkoppeln, indem zeitweilig auf Lager produziert wird. Unter Umständen können es übergeordnete unternehmenspolitische Erwägungen auch erforderlich erscheinen lassen, Mindest-Absatzmengen einzuplanen, etwa um die Sichtbarkeit des Unternehmens auf verschiedenen Märkten zu gewährleisten.

## 4.2 Entscheidungsmodell

Im Folgenden betrachten wir ein generisches Entscheidungsmodell, welches die meisten der in Abschnitt 4.1 dargestellten Problemaspekte beinhaltet. Dazu verwenden wir die Notation in Tabelle 4.1 und die im Folgenden dargestellten und mit Kurzschlüsseln versehenen Annahmen:

4.2

- A1 Die Zielsetzung besteht in der Maximierung des Gewinns über die Maximierung der Differenz aus den beeinflussbaren Erlösen und Kosten.
- A2 Die planmäßig abgesetzte Menge  $A_{it}$  von Produkt  $i$  in Periode  $t$  darf die Nachfrage  $d_{it}$  nicht überschreiten.
- A3 Die planmäßig abgesetzte Menge  $A_{it}$  von Produkt  $i$  in Periode  $t$  darf die Absatzuntergrenze  $d_{it}^{\min}$  nicht unterschreiten.
- A4 Die Produkte können über die Periodengrenzen hin gelagert werden.
- A5 Zusätzlich zur Normal-Kapazität  $c_{jt}$  jeder (Produktions-)Ressource  $j$  in Periode  $t$  kann Zusatzkapazität  $O_{jt}$  eingesetzt werden.
- A6 Die eingeplanten Zusatzkapazitäten dürfen eine Obergrenze  $o_j^{\max}$  je Periode nicht überschreiten.
- A7 Die eingeplanten Fremdbezugsmengen  $F_{it}$  dürfen eine Obergrenze  $f_{it}^{\max}$  je Periode nicht überschreiten.

Auf dieser Basis formulieren wir das folgende Entscheidungsmodell:

### Modell Programmplanung

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T \left( e_i A_{it} - k_i^v X_{it} - k_i^f F_{it} - k_i^l L_{it} \right) - \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T k_j^o O_{jt} \quad (4.1)$$

u. B. d. R.

$$A_{it} \leq d_{it}, \quad i \in \mathcal{I}, t \in \mathcal{T} \quad (4.2)$$

$$A_{it} \geq d_{it}^{\min}, \quad i \in \mathcal{I}, t \in \mathcal{T} \quad (4.3)$$

$$L_{i,t-1} + X_{it} + F_{it} - A_{it} = L_{it}, \quad i \in \mathcal{I}, t \in \mathcal{T} \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^I a_{ij} X_{it} \leq c_j + O_{jt}, \quad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (4.5)$$

$$O_{jt} \leq o_j^{\max}, \quad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (4.6)$$

$$F_{it} \leq f_{it}^{\max}, \quad i \in \mathcal{I}, t \in \mathcal{T} \quad (4.7)$$

Die Zielfunktion (4.1) des Entscheidungsmodells zielt darauf ab, den Gewinn im Be- trachtungszeitraum zu maximieren (Annahme A1). Die für die Entscheidung irrelevanten

Tabelle 4.1: Notation des Modells zur Programmplanung

Indizes und Indexmengen:

- $i \in \mathcal{I}$  Produkte,  $\mathcal{I} = \{1, \dots, I\}$   
 $j \in \mathcal{J}$  Ressourcen,  $\mathcal{J} = \{1, \dots, J\}$   
 $t \in \mathcal{T}$  Perioden,  $\mathcal{T} = \{1, \dots, T\}$

Parameter:

- $a_{ij}$  Ressourcenverbrauch je Einheit von Produkt  $i$  auf Ressource  $j$   
 $c_j$  reguläre Periodenkapazität von Ressource  $j$   
 $d_{it}$  Nachfrage nach Produkt  $i$  in Periode  $t$   
 $d_{it}^{\min}$  Mindestabsatzmenge von Produkt  $i$  in Periode  $t$   
 $e_i$  Erlös je Einheit von Produkt  $i$   
 $f_{it}^{\max}$  maximale Fremdbezugsmenge von Produkt  $i$  je Periode  
 $k_i^f$  Fremdbezaffungskostensatz von Produkt  $i$   
 $k_i^l$  Lagerkostensatz von Produkt  $i$   
 $k_j^o$  Überstundenkostensatz von Ressource  $j$   
 $k_i^v$  variable Herstellkosten je Einheit von Produkt  $i$   
 $o_j^{\max}$  maximale Zusatzkapazität von Ressource  $j$  je Periode

Entscheidungsvariablen:

- $A_{it}$  Absatzmenge von Produkt  $i$  in Periode  $t$   
 $F_{it}$  Fremdbezugsmenge von Produkt  $i$  in Periode  $t$   
 $L_{it}$  Lagerbestand von Produkt  $i$  am Ende von Periode  $t$   
 $O_{jt}$  Zusatzkapazität von Ressource  $j$  in Periode  $t$   
 $X_{it}$  Produktionsmenge von Produkt  $i$  in Periode  $t$

Fixkosten können dabei außer Betracht bleiben. In der Zielfunktion wird über alle Produkte  $i$  und Perioden  $t$  jeweils von den Erlösen die Summe aus variablen Herstellkosten, Lagerkosten und Fremdbezaffungskosten abgezogen. Ferner müssen die Kosten für die Zusatzkapazität durch Überstunden etc. abgezogen werden. Die Restriktionen (4.2) legen fest, dass die geplanten Absatzmengen die Absatzobergrenzen nicht überschreiten (A2). Analog wirken die Restriktionen (4.3) für eventuelle Absatzuntergrenzen (A3). Die Gleichungen (4.4) stellen die Lagerbilanzen dar und bewirken, dass je Produkt und Periode der Lageranfangsbestand plus dem Zugang abzüglich des Abgangs gleich dem Lagerendbestand ist (A4). Durch diese Restriktionen werden die einzelnen Perioden miteinander verknüpft. Die Restriktionen (4.5) stellen die Kapazitätsrestriktionen des Produktionssystems dar (A5). Sie dienen auch zur Berechnung der perioden- und ressourcenspezifischen Zusatzkapazitäten  $O_{jt}$ , welche einerseits in der Kostenfunktion erfasst werden und andererseits in den Restriktionen (4.6) nach oben begrenzt werden können (A6). Analog begrenzen die Restriktionen (4.7) die planmäßigen Fremdbezugsmengen (A7).

Dieses vergleichsweise schlanke Modell besitzt bereits eine erhebliche Abbildungsmächtigkeit und kann für ganz unterschiedlich erscheinende Problemstellungen herangezogen werden. Dies zeigen die beiden folgenden Beispiele.

### 4.3 Programmplanung: Konzentration auf profitable Produkte

In dem **ersten Beispiel** geht es vorrangig um die Frage, wie viel von welchem Produkt hergestellt und abgesetzt werden soll. Im Zentrum der Problemstellung steht dabei die unterschiedliche Profitabilität der verschiedenen Produkte. Wir gehen davon aus, dass das Unternehmen bestrebt ist, jene Nachfragen zu bedienen, die sich als besonders gewinnträchtig darstellen.



4.3

---

#### Beispiel zur Programmplanung:

---

In der Möllix GmbH laufen die Planungen für das nächste Quartal. Franz Meier, der Geschäftsführer, beauftragt seinen Assistenten Thorben Schneider damit, einen Plan für das Werk in Alt-Hintertupfingen aufzustellen.

In Alt-Hintertupfingen hat die Möllix GmbH die komplette Produktion von internetfähigen Schnulleratoren konzentriert.<sup>1</sup> Die mehrfach patent-geschützten High-End-Schnulleratoren der Möllix GmbH sind *das* Lifestyle-Gadget der Reichen und Schönen und verkaufen sich national und international ganz hervorragend.

Die Schnulleratoren werden in verschiedenen Ausstattungsvarianten hergestellt, die aus produktionstechnischer und planerischer Sicht in zwei getrennten Produktlinien „Premium“ sowie „DeLuxe“ zusammengefasst werden können. Der Herstellungsprozess findet in drei Stufen statt, wobei erst in der dritten und letzten Stufe durch die jeweilige Gehäusegestaltung und Farbgebung die individuellen Ausstattungsvarianten *innerhalb* der beiden Produktlinien bestimmt werden, siehe Abbildung 4.2. Dieser dritte Prozessschritt stellt jedoch keinen Engpass dar, so dass sich der Assistent in seiner Planung nur um die beiden ersten Produktionsstufen kümmern muss. Die dazu erforderlichen Prozesszeiten sowie weitere relevante Daten enthält die Tabelle 4.2.

Auf den Produktionsstufen 1 und 2 stehen im nächsten Quartal planmäßig jeweils 40.000 Fertigungsminuten zur Verfügung. Zusatzkapazitäten können nicht eingesetzt werden, weil bereits an der technischen Kapazitätsgrenze des Werks in Alt-Hintertupfingen gearbeitet wird. Auch ein Fremdbezug der Schnulleratoren ist nicht möglich, weil das erforderliche Know-how firmenintern bleiben soll. Für die Geschäftsplanung auf Quartalsebene spielt auch die Lagerhaltung keine Rolle, so dass die Produktions- und Absatzmengen einander entsprechen.

Der Assistent benutzt die GAMS-Implementierung des Entscheidungsmodells zur Programmplanung in Abschnitt A.2.1 auf S. 315 mit den Daten und Parametern

---

<sup>1</sup> Vgl. Anhang C ab S. 363.

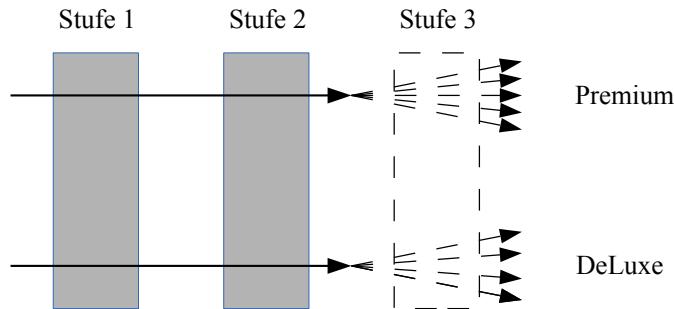


Abbildung 4.2: Dreistufiger Produktionsprozess mit zwei Engpassstufen

Tabelle 4.2: Produktbezogene Daten des Beispiels zur Programmplanung

	Premium	DeLuxe
Prozesszeit Stufe 1 [min]	12	8
Prozesszeit Stufe 2 [min]	6	20
Stückerlös [GE]	300	550
var. Stückkosten [GE]	100	150
Absatzobergrenze [ME]	3500	1500

in Abschnitt A.2.2 auf S. 316 und findet heraus, dass in der optimalen Lösung des Problems von der Produktlinie „Premium“ 2500 ME und von der Produktlinie „DeLuxe“ 1250 ME hergestellt werden sollten. Damit wäre ein Gewinnbeitrag von 1.000.000 GE verbunden.

Mit dem Ergebnis geht er zu seinem Chef, stößt dort aber auf Unverständnis.

»Mensch, Schneider, das kann's doch wirklich nicht sein! Wenn ich an einem DeLuxe-Schnullerator 400 GE verdiene und an einem Premium nur 200, dann mache ich doch von den DeLuxe so viele, wie ich verkaufen kann, und nehme die Rest-Kapazität für die Premium-Linie! Das sieht doch jedes Kind! Was haben Sie denn da bloß gerechnet?«

»Chef, das hieße doch, dass Sie 1500 DeLuxe herstellen würden. Dann könnten wir noch 1666 Premiums machen. Damit würden wir aber nur 933.000 GE verdienen, nicht wahr? 66.000 GE weniger als mit dem anderen Plan. «

»Hm. Sie scheinen Recht zu haben. Aber wieso ist das so?«

Der Assistent zeichnet das Diagramm in der Abbildung 4.3 auf. Dort stellen die beiden starken Linien die Kapazitätsrestriktionen der Produktionsstufen 1 und 2 dar. Grau unterlegt ist der Raum möglicher Lösungen. Die gestrichelte Linie visualisiert die Zielfunktion und die strich-punktierten Linien geben die optimalen Produktions- und Absatzmengen an.

»Chef, schauen Sie hier: Auf der zweiten Stufe braucht jeder DeLuxe mehr als dreimal so viel Zeit wie ein Premium, nicht wahr?«

»Ja, ok, und?«

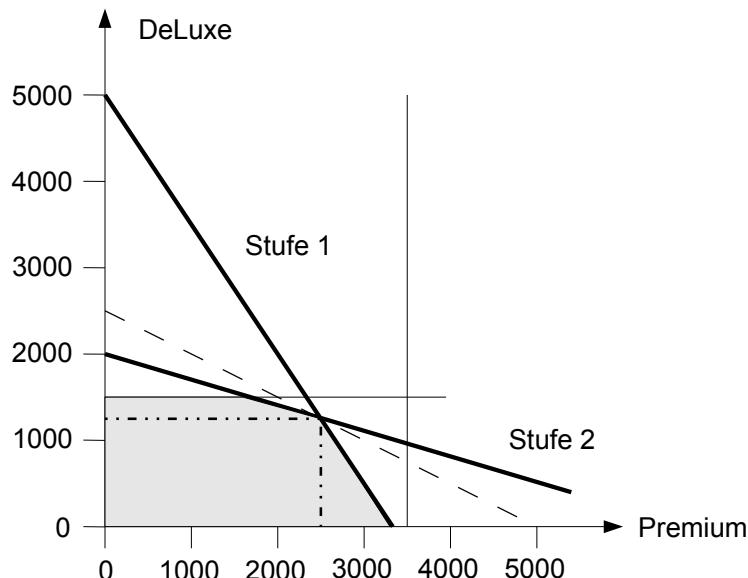


Abbildung 4.3: Graphische Lösung des Programmplanungsbeispiels

»Na ja, ein DeLuxe bringt uns nur doppelt so viel Geld wie ein Premium. Relativ gesehen, also bezogen auf die Kapazität der zweiten Produktionsstufe, sind die Premiums also profitabler. Auf der ersten Stufe ist es allerdings genau andersherum. Deswegen braucht man das Entscheidungsmodell, um die beste Lösung zu finden.«  
 »Ok, 'raus mit Ihnen, Sie Besserwisser!«

---

Dieses Beispiel zeigt, dass man die verschiedenen Restriktionen des Entscheidungsproblems gemeinsam in einem formalen Entscheidungsmodell berücksichtigen muss, wenn man die optimale Entscheidung treffen will. Diese wird erst durch das Zusammenspiel der verschiedenen Kapazitäts- und Nachfragerestriktionen sowie der Kosten- und Erlösparameter bestimmt. Einfache Daumenregeln der Art „Produziere so viel wie möglich von dem Produkt mit dem höchsten Erlös oder dem höchsten Deckungsbeitrag“ können leicht auf suboptimale Lösungen führen. Entscheidungsmodelle wie jenes in Abschnitt 4.2 können jedoch dabei helfen, systematisch jene Fragen zu stellen und zu beantworten, die auf eine profitable Verwendung der knappen Produktionsressourcen führen.

## 4.4 Aggregierte Planung: Lagerung vs. Überstunden

### 4.4

In dem **zweiten Beispiel** gehen wir davon aus, dass die Nachfrage gegeben und vollständig zu befriedigen ist. Im Zentrum steht die Frage, wie dies über mehrere Perioden hinweg durch geschickten Einsatz von Überstunden und Lagerhaltung realisiert werden kann.<sup>2</sup> In dem Beispiel unterstellen wir zudem, dass Fremdbezug nicht möglich ist.

---

### Beispiel zur aggregierten Planung:

---

Franz Meier ist erleichtert. Nach zähen Verhandlungen hat der Geschäftsführer der *Möllix GmbH* es geschafft, sich mit dem Betriebsrat zu einigen. Im Gegenzug für seine Zusage, mehrere zunächst befristet angestellte Arbeitskräfte nun unbefristet zu beschäftigen und in den nächsten 12 Monaten keine betriebsbedingten Kündigungen vorzunehmen, hat der Betriebsrat endlich einem größeren Einsatz von Überstunden und Sonderschichten zugestimmt. Die reguläre Kapazität der beiden Produktionsstufen 1 und 2 liegt nun bei 3500 Minuten pro Woche, sie kann durch Überstunden oder Sonderschichten jeweils um maximal 300 Minuten je Woche erhöht werden. Das eröffnet ganz neue Perspektiven für die Fertigung der Schnulleratoren in Alt-Hintertupfingen.<sup>3</sup>

Thorben Schneider, der Assistent des Geschäftsführers, soll nun einen aggregierten Produktionsplan für die nächsten sechs Wochen erstellen. Auf dieser Basis will Meier mit dem Betriebsrat Absprachen über die Überstunden und Sonderschichten treffen.

Für die nächsten sechs Wochen liegen verbindliche Kundenaufträge sowie recht zuverlässige Absatzprognosen vor, die nach den Produktlinien „Premium“ und „DeLuxe“ aggregiert auf die Nachfragedaten in Tabelle 4.3 führen. Die Bearbeitungszeiten finden sich in Tabelle 4.2 auf S. 68.

Tabelle 4.3: Aggregierte Nachfragedaten

Woche	1	2	3	4	5	6
Premium	150	300	200	50	100	450
DeLuxe	50	150	50	100	250	50

Thorben Schneider multipliziert die Nachfragen der Produktlinien 1 (Premium) und 2 (DeLuxe) mit den jeweiligen Stückbearbeitungszeiten und erhält so die Kapazitätsbelastung der jeweiligen Produktionsstufe je Woche für den Fall, dass die Produktionsmengen jeweils den Periodennachfragen entsprechen. In diesem Fall wird also *ohne* Lagerbestände gearbeitet, siehe die Abbildungen 4.4 und 4.5.

<sup>2</sup> Vgl. Günther und Tempelmeier (2013, Abschnitt 9.2) und Thonemann und Albers (2011, Kapitel 8) sowie im Kontext von *Advanced Planning Systemen* Rohde und Wagner (2014).

<sup>3</sup> Siehe S. 67ff. sowie Anhang C ab S. 363.