

# Ressourcen effizienter nutzen

Die produzierende Industrie steht seit jeher vor der Herausforderung, Rohstoffe und deren Komponenten bestmöglich zu verschiedenen Produkten zu verwerten. Eine Herausforderung ist dabei die korrekte Abbildung der Opportunitätskosten. Mathematische Optimierungsverfahren haben aufgrund veränderter Rahmenbedingungen dabei eine zunehmende Praxisrelevanz.

*Stefan Bayr*

Stellen wir uns folgende Situation vor: Eine Molkerei hat für die nächste Planperiode die Möglichkeit, ihren Trinkmilchabsatz oder Käseabsatz zu steigern. Der Deckungsbeitrag 1 (DB 1) der Trinkmilch mit 1,5 Prozent Fett ist 4,1 Cent/Kilogramm, der DB 1 der Trinkmilch mit 3,5 Prozent Fett ist 4,5 Cent/Kilogramm und der DB 1 des Schnittkäses ist 30,1 Cent/Kilogramm. Die Entscheidungsbasis ist aufgrund der gegebenen DB 1 scheinbar eindeutig: Der Schnittkäse hat den höchsten Deckungsbeitrag, deshalb sollte möglichst viel Schnittkä-

se produziert werden, bei der Trinkmilch möglichst viel von der Variante mit 3,5 Prozent Fett. Allerdings bringen die DB 1 der aufgeführten Produkte hier nicht zum Ausdruck, dass die verfügbare Menge an Rohmilch begrenzt ist, ebenso wie die für die verschiedenen Milchprodukte erforderlichen Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß. Würde die Molkerei somit allein auf Basis des DB 1 entscheiden, besteht die Gefahr einer suboptimalen Entscheidung. Welche Mengen sollten also produziert werden, um die begrenzten Rohstoffe optimal auszu-schöpfen?

## Zusammenfassung

- Eine entscheidungsorientierte Plankostenrechnung auf der Basis von Grenzkosten und Deckungsbeiträgen kann bei mehreren und simultan wirkenden Restriktionen den Effekt von Opportunitätskosten nicht abbilden.
- Durch die Integration des mathematischen Verfahrens der Linearen Programmierung in die Plankostenrechnung wird die Aussagekraft der Kostenrechnungsergebnisse erheblich verbessert.
- Ein Fallbeispiel aus der Molkereibranche zeigt, wie sich das Konzept in der Praxis anwendergerecht umsetzen lässt.

## Probleme der Plankostenrechnung bei multiplen Ressourcenrestriktionen

Eine Hauptaufgabe einer Plankostenrechnung ist, Informationen über die Auswirkungen verschiedener (operativer) Planungsprämissen zu liefern, um dadurch die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Eine Kostenrechnung muss somit entscheidungsrelevante Kosten bereitstellen, die in diesem Sinne nicht nur die variablen Kosten beziehungsweise Grenzkosten sind, sondern auch die Opportunitätskosten in Form von entgangenen Deckungsbeiträgen nicht gewählter Alternativen. Entgangene Deckungsbeiträge treten dann auf, wenn infolge betrieblicher Engpässe eine Begrenzung von Herstellungsmengen verschiedener Produkte stattfindet: Die Realisierung der einen Produkte führt zu einer Einschränkung anderer Produkte. Im Sinne einer Entscheidungsfundierung muss be-

urteilt werden, welche Herstellmengen von welchen Produkten zu dem ökonomisch besten Ergebnis führen.

Häufig werden betriebliche Engpässe mit Kapazitätsengpässen gleichgesetzt. Das greift allerdings in vielen Fällen zu kurz. Tatsächlich ist es erforderlich, den Begriff „betrieblicher Engpass“ weiter zu fassen und von knappen Ressourcen oder besser von „Ressourcenrestriktionen“ zu sprechen, die auch zu Opportunitätskosten führen. Beispiele für Ressourcenrestriktionen sind:

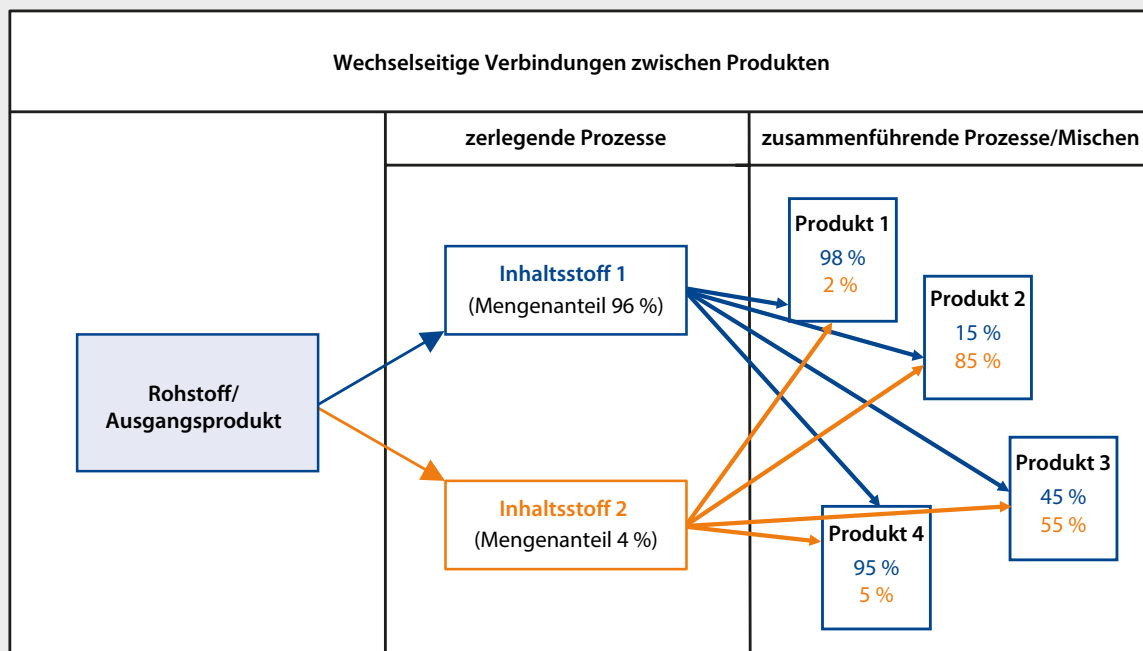
- Die Vorgabe, vorhandene Rohstoffmengen und deren Komponenten vollständig zu verarbeiten und zu vermarkten. Dies ist zum Beispiel häufig in der Milch-, Molke- und Fleischverarbeitenden Industrie der Fall.
- Mischungsvorgänge in der Nahrungsmittelproduktion, in der chemischen Industrie und in der Mineralölindustrie, bei der verschiedene Ausgangsstoffe mit ihren Inhaltsstoffen zu definierten Endprodukten möglichst ergebnisoptimal gemischt werden müssen.
- Die Entstehung und die Verwertung von Kuppelprodukten in den bereits genannten Industrien, aber auch in anderen Produktionsprozessen und Branchen, vor allem, wenn die Wertigkeit von Haupt- und Nebenprodukt nahezu gleich ist.

Diese Ressourcenrestriktionen führen dazu, dass die verschiedenen Produkte über die eingesetzten Rohstoffe, Kuppelprodukte, Inhaltsstoffe oder andere Rezepturbestandteile wechselseitig verbunden sind (vergleiche **Abbildung 1**). Die Folge ist, dass die Mengenänderung eines Produktes (zum Beispiel Produkt 3) wegen der Inhaltsstoffe Auswirkungen auf die möglichen Produktionsmengen anderer Produkte und somit auch auf deren Ergebnisbeiträge hat. Es herrscht somit ein permanenter Zustand von entgangenem Nutzen beziehungsweise von Opportunitätskosten.

*„Häufig werden betriebliche Engpässe mit Kapazitätsengpässen gleichgesetzt. Das greift allerdings in vielen Fällen zu kurz.“*

Für eine entscheidungsunterstützende Plankostenrechnung sind bei Vorliegen mehrerer gleichzeitiger Ressourcenrestriktionen die absoluten Deckungsbeiträge nicht ausreichend aussagekräftig und sogar gefährlich, da Fehlentscheidungen drohen. Im Eingangsbeispiel bringen die absoluten Deckungsbei-

**Abb. 1** Beispiel für wechselseitige Verbindungen zwischen Produkten



Quelle: eigene Darstellung

träge nicht zum Ausdruck, dass Trinkmilch mit 3,5 Prozent Fett mehr von der knappen Ressource Milchfett beansprucht als Trinkmilch mit 1,5 Prozent Fett. Und ebenso nicht, dass bei der Käseproduktion für ein Kilogramm Produkt etwa um den Faktor 8 bis 10 mehr Rohstoff Milch benötigt wird als bei der Trinkmilchherstellung. Eine flexible Plankostenrechnung kann bei entsprechender Ausgestaltung bei nur einem Engpassfaktor zwar engpassbezogene Deckungsbeiträge ermitteln, bei mehreren simultan wirkenden Engpässen ist das nicht mehr möglich.

### Lösungsansatz für eine bessere Abbildung von Opportunitätskosten

Bei Vorliegen mehrerer simultaner Planungsrestriktionen ist das mathematische Verfahren der Linearen Programmierung (LP), auch bezeichnet als Lineare Optimierung oder Lineare Planungsrechnung, eine seit Langem bekannte Lösung. Böhm und Wille haben bereits 1974 vorgeschlagen, im Zuge des Konzepts einer sogenannten Standardgrenzpreisrechnung eine Grenzplankostenrechnung um Opportunitätskosten zu ergänzen. Dabei wurde das Verfahren der LP empfohlen, um die Opportunitätskosten zu ermitteln (vergleiche Böhm/Wille 1974). Weitere Veröffentlichungen konkretisieren diesen Ansatz (vergleiche Bösch 1978; Kilger 1988; Böhm 1994). Im Rahmen des Konzepts der Standardgrenzpreisrechnung werden neben einem unter den Planungsvoraussetzungen optimalen

Produktionsprogramm auch sogenannte Dualwerte (Grenzwerte der LP, Schattenpreise) geliefert, die je nach Modellformulierung mit engpassbezogenen Deckungsbeiträgen beziehungsweise mit Deckungsbeiträgen unter Berücksichtigung von Opportunitätskosten gleichgesetzt werden können. Diese Dualwerte bieten wiederum die Basis, um zielgerichtet alternative Szenarien zu rechnen, da sie im Gegensatz zu den absoluten Deckungsbeiträgen Informationen über die Erhöhung des Deckungsbeitrages bei geänderten Produktionsmengen liefern. Das Konzept der Standardgrenzpreisrechnung hat sich aber vor allem wegen der in der Vergangenheit eingeschränkten technischen Möglichkeiten nicht durchgesetzt.

Die Entwicklungen der Informationstechnologie sowie die weite Verbreitung von integrierten Kostenrechnungs- und ERP-Systemen bieten mittlerweile gute Voraussetzungen, um die LP in der Unternehmenspraxis zu nutzen. So stehen heute leistungsfähige LP-Lösungsprogramme zur Verfügung, die auch in datenbankbasierte ERP-Systeme eingebunden werden können. Zudem führen die aktuell verfügbaren Prozessorleistungen und Arbeitsspeicher anders als in der Vergangenheit bei Anwendung der LP zu akzeptablen Rechenzeiten. Außerdem wurden LP-Lösungsalgorithmen verbessert und weiterentwickelt (vergleiche Kallrath 2013, S. 2). Und schließlich stehen die erforderlichen Ausgangsdaten für den LP-Modellaufbau in den Datenbanken des ERP-Systems oder anderer Planungssysteme zur Verfügung.

**Tab. 1 Ausgangsdaten für ein LP-Modell zur Produktionsprogrammplanung**

Daten für LP-Modell	Datenquelle	Bedeutung
variable Kosten der Kostenträger	Plankostenrechnung	zur Ermittlung der entscheidungsrelevanten Deckungsbeiträge (DB) 1
geplante Absatzmengen (Höchst- und Mindestmengen) und Erlöse der Kostenträger	Vertriebsplanung	Erlöse zur Ermittlung der DB 1; Absatzmengen sind in der Regel begrenzt und somit eine Modellrestriktion.
Verbrauchs-faktoren je Kostenträger für restriktiv wirkende Rohstoffe, Inhaltsstoffe, Materialien, Kuppelprodukte	Stücklisten/Rezepturen	Beanspruchung restriktiver Faktoren durch die einzelnen Kostenträger
Koeffizienten für Fertigungskapazitäten je Kostenträger	Arbeitspläne der Kostenträger	Beanspruchung knapper Kapazitäten durch die einzelnen Kostenträger
relevante Kapazitätsgrenzen	Kapazitätsplanung der Periode	Berücksichtigung von maximalen Kapazitäten im LP-Modell
sonstige Restriktionen (z. B. begrenzte Rohstoffmengen)	Annahmen für die Periodenplanung	Berücksichtigung weiterer Restriktionen

Quelle: eigene Darstellung

## Lineare Programmierung in Kombination mit einer Plankostenrechnung

Mit dem nachfolgend dargestellten Konzept lässt sich die LP in die Grenzplankostenrechnung integrieren, um die Schwächen der Kostenrechnung bei Vorliegen mehrerer Ressourcenrestriktionen gezielt zu verbessern. Für ein LP-Modell zur Produktionsprogrammplanung sind grundsätzlich die in **Tabelle 1** aufgeführten Ausgangsdaten erforderlich.

Wichtig im Sinne eines begrenzten Modellumfangs ist, dass im LP-Modell nur die Daten berücksichtigt werden, für die relevante Restriktionen gelten oder die für die relative Vorzüglichkeit entscheidungsrelevant sind (zum Beispiel DB 1, Rohstoffeinsatzfaktoren). Dies entspricht auch dem Prinzip einer treiberbasierten Planung.

*„Kombiniert eingesetzt, kommen die Vorteile der Plankostenrechnung und der Linearen Programmierung voll zum Tragen.“*

Zudem finden zunächst Plandaten aus der Vertriebsplanung Eingang in das Optimierungsmodell, obwohl sie auch ein Ergebnis der Planung sind. Daraus deutet sich bereits eine iterative und interaktive Vorgehensweise für den Planungsprozess an: Das Modell benötigt einen Startpunkt für die späteren

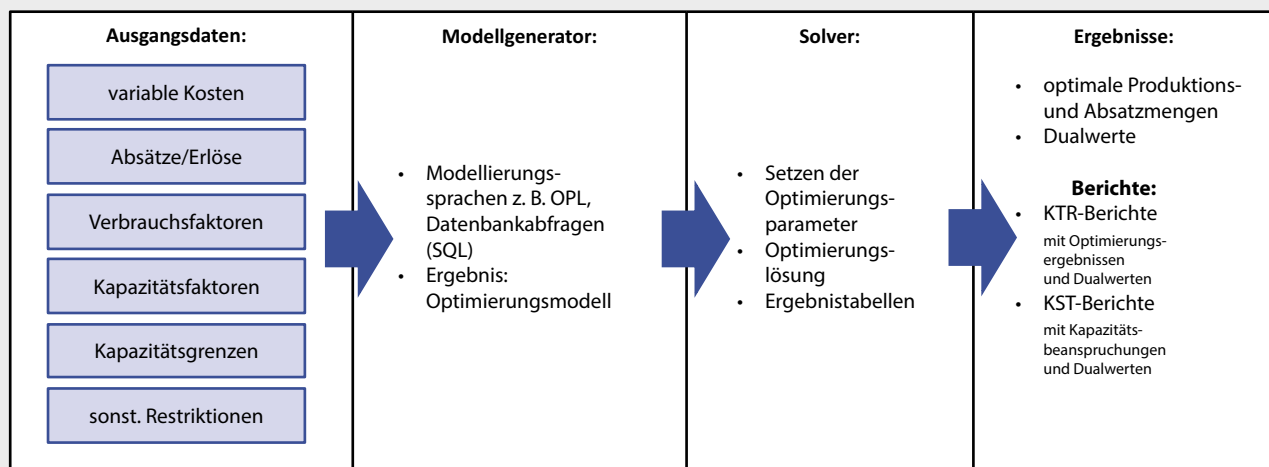
Optimierungen. Durch die Durchführung von Simulationen kann im weiteren Verlauf der Entscheidungsraum der Planung abgesichert und ein abschließender Plan erstellt werden.

Das Prinzip der LP ist, dass vorhandene Restriktionen in Gleichungs- oder Ungleichungsform abgebildet sowie verschiedene Variablen definiert werden. Danach wird eine Zielfunktion, häufig ein maximaler Deckungsbeitrag oder minimale Kosten, optimiert (vergleiche hierzu beispielsweise Kallrath 2013, S. 12 ff.).

Wie eine Plankostenrechnung um die Methode der LP ergänzt werden kann, zeigt **Abbildung 2**. Grundgedanke dieses Aufbaus ist, die Vorteile beider Instrumente kombiniert zu nutzen:

- Auf Basis vorhandener Informationen aus verschiedenen Datenbanktabellen des ERP-Systems/der Plankostenrechnung werden die Ausgangsdaten für eine Planungs- und Optimierungsrechnung zur Verfügung gestellt. Diese Informationen können grundsätzlich auch von einem Excel-Sheet, beispielsweise zur Absatz- und Erlösplanung, oder anderen Quellen stammen. Die variablen Kosten der Kostenträger stammen entweder aus einer vorangegangenen Plankostenrechnung oder werden aktuell ermittelt.
- Der sogenannte Modellgenerator ist ein Skript einer Modellierungssprache oder einer Datenbankabfrage, welches das Optimierungsmodell auf der Basis der Ausgangsdaten in einer oder mehreren Datenbanktabellen abbildet. Hier findet sich das Know-how der Modellerstellung wieder. Ein Anwender muss die Modellerstellung nicht beherrschen.

**Abb. 2** Prinzip der Kombination einer Plankostenrechnung mit der LP



KTR: Kostenträger KST: Kostenstelle

Quelle: eigene Darstellung

- Bei Start des Solvers wird ein LP-Lösungsprogramm aufgerufen. Häufig benutzte LP-Solver sind unter anderem Matlab von der Firma Mathworks, ILOG CPLEX von IBM, das APO-Tool von SAP, der Optimizer von Gurobi, der Frontline Solver und der Solver der Open Source Software R. Die Optimierungsergebnisse des Solvers (LP-Ergebnisse) werden anschließend in die Datenbanktabellen zurückgeschrieben.
- Die optimalen Herstell- und/oder Absatzmengen der einzelnen Kostenträger dienen als Grundlage für eine Plankostenrechnung der Periode, welche auf der Basis der optimalen Mengen verschiedene Ergebnisse zur Planungsunterstützung liefert. Dabei handelt es sich beispielsweise um die Kostenträgerergebnisse mit den Grenz- und Vollkosten ergänzt um die Opportunitätskosten oder um die Kostenstellenergebnisse ergänzt um Kapazitätsauslastungen und Dualwerte von Kapazitätsgrenzen.

Das dargestellte Konzept nutzt also vorhandene Systeme und Informationen, um Ausgangsdaten für ein LP-Modell zur Verfügung zu stellen und um LP-Ergebnisse innerhalb eines bestehenden Berichtswesens darzustellen. Durch die Einbindung und Kombination des LP-Solvers in die Plankostenrechnung sind Optimierungs- und Simulationsrechnungen interaktiv durchführbar. Vor allem sind auch die Konsequenzen alternativer Annahmen auf das Mengen- und Kostengerüst sichtbar.

### Mögliche Anwendung eines kombinierten LP-Modells in der Praxis

An dem Beispiel aus der Molkereibranche lässt sich nun gut zeigen, welchen Informationsgewinn produzierende Unternehmen erzielen, wenn sie ihre flexible Plankostenrechnung um die LP ergänzen. Bei realen Molkereiunternehmen ist die Modellerstellung zwar umfangreicher und in der Regel komplexer. Allerdings lässt sie sich durch vorhandene ERP-Systeme und Data Warehouse bereits erheblich besser als in der Vergangenheit durchführen. Gerade unter diesen Gegebenheiten ist der Einsatz der LP nützlich.

Die Milchverarbeitung in der Molkerei-Industrie zeichnet sich durch folgende typische Prozesse aus:

- Die Rohmilch der Milcherzeuger wird zu Beginn des Herstellungsprozesses in Rahm und Magermilch getrennt (zerlegender Prozess).
- Danach werden diese beiden Komponenten entweder zu definierten Fettgehalten gemischt (zusammenführender Prozess) oder separat als Rahm oder Magermilch weiterverarbeitet. Die Teilkomponenten Magermilch und Rahm müssen für sich jeweils vollständig verwertet werden.

- Kuppelprodukte fallen bei der Butter- (Buttermilch) und der Käseproduktion (Süßmolke) an.

Diese Gegebenheiten sprechen für eine Anwendung des LP-Verfahrens, um die vorhandenen Ressourcenrestriktionen simultan zu berücksichtigen. Im Fallbeispiel plant eine Molke- rei für den Monat Mai 2019 mit einer Milchanlieferung von 10.000.000 Kilogramm mit 4,0 Prozent Fett. Das Unternehmen führt die in **Tabelle 2** genannten Produkte.

Die aufgeführten Rohstoffeinsatzfaktoren, Fettverbrauch und der Anfall beziehungsweise Verbrauch von Kuppelprodukten sind in der Milchverarbeitung typische und wichtige Informationen für die Kostenträgerkalkulation. Die Rohstoffkosten können je nach Produkt etwa 50 bis 90 Prozent (bei Butter) der gesamten variablen Kosten beanspruchen.

*„Für die Akzeptanz der Anwendung und der Ergebnisse der Linearen Programmierung ist es erforderlich, dass gerade auch Controller das Instrument anerkennen und nutzen.“*

Im Fallbeispiel wird mit einer in MS Access programmierten Grenzplankostenrechnung gearbeitet, als LP-Solver das Optimization Tool von Matlab verwendet. Zunächst wird auf Grundlage der variablen Herstellkosten und Deckungsbeiträge der einzelnen Produkte, mit den geplanten Mindest- und Höchstabsatzmengen und mit den Kapazitätskoeffizienten für die wichtigsten Herstellkapazitäten per Modellgenerator ein LP-Modell für die betreffende Molkerei in zwei Datenbanktabellen abgebildet. Eine Datenbanktabelle dient dabei zur Definition der Variablen des LP-Modells, die andere Tabelle beinhaltet die Beziehungen zwischen den Variablen und Modellrestriktionen. Die Tabellen sind per Open-Data-Base-Connectivity-Schnittstelle mit dem LP-Solver verbunden. Der LP-Solver kann innerhalb des Kostenrechnungsprogramms gestartet werden. Die LP-Ergebnisse mit der optimalen Lösung sind anschließend mit den Berichtsfunktionalitäten der Kostenrechnungsanwendung darstellbar. Der Kostenträger-Ergebnisbericht mit Optimierungsergebnissen sieht dann wie in **Tabelle 3** aus.

Für die verschiedenen Produkte sind keine Mindestmengen definiert. Die Höchstmengen entsprechen den oberen Absatzgrenzen aus der Absatzplanung. Bei den Kuppelpro-

dukten „1401 Molkekonzentrat“ und „3110 Buttermilch“ wurden keine wirksamen Absatzgrenzen vorgegeben (Höchstmengen „9.999.999“). Die Spalte „LP-Menge“ zeigt die optimalen Produktionsmengen nach der LP-Optimierung unter der Vorgabe, dass die zehn Millionen Kilogramm Rohmilch mit 4,0 Prozent Fett zu einem Produktionsprogramm mit maximalem Gesamt-Deckungsbeitrag verarbeitet werden.

Um die im Anfangsbeispiel gestellte Frage zu beantworten: Es ist für das Unternehmen wirtschaftlicher, die Trinkmilch mit 1,5 Prozent Fett im Vergleich zu der Trinkmilch mit 3,5 Prozent Fett zu forcieren, obwohl der absolute Deckungsbeitrag bei der Trinkmilch mit 1,5 Prozent Fett kleiner ist. Die Trinkmilch mit 3,5 Prozent Fett verbraucht mehr als doppelt so viel Fett, sodass dabei andere, vor allem fettreiche Artikel wie zum Beispiel Butter eingeschränkt werden müssten und zu einem entgangenen DB 1 führen. Der Schnittkäse hat zwar mit 30,1 Cent/Kilogramm einen erheblich größeren Deckungsbeitrag als die Trinkmilchprodukte, verbraucht aber ebenfalls mehr Rohstoff. Dass er in der optimalen LP-Lösung

nicht bis zur möglichen Höchstmenge produziert wird, zeigt, dass der dafür verbrauchte Rohstoff zumindest teilweise in anderen Produkten besser verwertet wird.

Die Spalte „Dualwert“ beinhaltet die Information von engpassbezogenen Deckungsbeiträgen. Im Fallbeispiel ist zu sehen, dass durchaus relevante Unterschiede zwischen den absoluten und engpassbezogenen Deckungsbeiträgen bestehen, wodurch bei Entscheidungen in Bezug auf das Produktionsprogramm, die nur auf der Basis der absoluten Deckungsbeiträge getroffen werden, ein Fehlerpotenzial besteht.

### Schlussbetrachtung

Mathematische Optimierungsverfahren haben in vielen Unternehmen gerade im Zeitraum zwischen 1990 und 2012 erhebliche Verbreitung vor allem in den Gebieten Logistik, Transport, Produktionsplanung, Finanzen, Kommunikation und Design gefunden (vergleiche Kallrath 2013, S. 2). Koop und Mook beschreiben beispielsweise zwei Praxisanwendungen zur optimalen Ventilsteuerung von Verbrennungs-

**Tab. 2 Produkte der Molkerei mit jeweiligem Rohstoff-, Fettverbrauch und mit variablen Kostensätzen**

Artikel-Nr.	Produkt	RES	Fett RES %	Fett absolut pro kg Produkt	Molke pro kg Produkt	Buttermilch pro kg Produkt	var. Kostensatz EUR/kg Produkt
1401	Molkekonzentrat				5,50		0,049
1407	Butterkäse 50 %	8,54	0,026	0,225	-7,54		3,291
1435	Weichkäse Pfeffer 50 %	8,54	0,026	0,225	-7,54		3,869
1440	Weichkäse Natur 60 %	7,86	0,044	0,346	-6,86		4,163
1470	halbfester Schnittkäse	8,54	0,026	0,225	-7,54		3,199
1521	Trinkmilch 1,5 %, 1 Liter	1,01	1,500	0,015			0,389
1590	Trinkmilch 3,5 % 1 Liter	1,01	3,500	0,035			0,520
1809	Butter	1,00	82,000	0,822		-1,20	4,265
2008	Naturjoghurt 1,5 %	0,90	1,500	0,013			0,500
2132	Frujo. Aprikose/Mango 3,5 %	0,75	3,500	0,026			0,499
2134	Frujo. Erdbeer 3,5 %	0,75	3,500	0,026			0,548
2545	Naturjoghurt 3,5 %	0,75	3,500	0,026			0,559
3110	Buttermilch	1,00	0,600	0,006		1,00	0,375
6800	Quark mager	3,69	0,030	0,001			0,857

RES: Rohstoffeinsatz pro kg Produkt; neg. Vorzeichen: Lieferung von Molke oder Buttermilch; pos. Vorzeichen: Verbrauch von RES, Fett, Molke, Buttermilch

Quelle: eigene Darstellung

motoren bei einem Automobilhersteller und zur optimalen Berechnung eines Beschaffungsplans bei einem mittelständischen Unternehmen (vergleiche Koop/Mook 2018, S. 187 ff.). Die Firma IBM als Anbieter des LP-Solvers IBM ILOG CPLEX Optimization Studio beschreibt in ihrem Paper „From business insight to business action“, dass weltweit mehr als 1.300 Kunden aus der Privatwirtschaft ihr Tool nutzen. Beispielhaft erwähnt wird in diesem Zusammenhang

eine Optimierungsanwendung bei einer Schweizer Eisenbahngesellschaft (vergleiche IBM 2019). Die Firma Shell verwendet ein Verfahren, das vor allem auf der LP basiert, mit dem die globale Supply Chain optimiert wird (vergleiche van Dongen/van den Hurck 2013).

Nichtsdestotrotz scheint es, dass Praktiker nach wie vor Vorbehalte gegenüber diesem scheinbar „komplexen“ Verfahren haben: Die Optimierungsergebnisse entsprechen nicht

**Tab. 3 Kostenträger-Ergebnisbericht des Fallbeispiels**

Artikel-Nr.	Artikel	Mindestmenge kg	Höchstmenge kg	LP-Menge kg	Erlös EUR/kg	Umsatz EUR	var. Kostensatz EUR/kg	var. Kosten EUR	DB 1/ kg EUR/kg	Dualwert EUR/kg	DB 1 abs. EUR
1401	Molkekonzentrat	0	9.999.999	<b>863.744</b>	0,100	86.374	0,049	42.323	0,051	0,000	44.051
1407	Butterkäse 50 %	0	90.000	<b>90.000</b>	3,780	340.200	3,291	296.190	0,489	0,187	44.010
1435	Weichkäse Pfeffer 50 %	0	23.000	<b>23.000</b>	4,250	97.750	3,869	88.987	0,381	0,079	8.763
1440	Weichkäse Natur 60 %	0	5.000	<b>5.000</b>	4,500	22.500	4,163	20.815	0,337	0,013	1.685
1470	halbfester Schnittkäse	0	900.000	<b>512.185</b>	3,500	1.792.648	3,199	1.638.480	0,301	0,000	154.168
1521	Trinkmilch 1,5 %, 1 Liter	0	1.250.000	<b>1.250.000</b>	0,430	537.500	0,389	486.250	0,041	0,001	51.250
1590	Trinkmilch 3,5 % 1 Liter	0	230.000	<b>0</b>	0,565	0	0,520	0	0,045	-0,002	0
1809	Butter	0	300.000	<b>284.048</b>	4,550	1.292.418	4,265	1.211.465	0,285	0,000	80.954
2008	Naturjoghurt 1,5 %	0	137.000	<b>137.000</b>	0,590	80.830	0,500	68.500	0,090	0,054	12.330
2132	Frujo. Aprikose/Mango 3,5 %	0	5.500	<b>5.500</b>	0,870	4.785	0,499	2.745	0,371	0,344	2.041
2134	Frujo Erdbeer 3,5 %	0	7.400	<b>7.400</b>	0,700	5.180	0,548	4.055	0,152	0,126	1.125
2545	Naturjoghurt 3,5 %	0	25.000	<b>25.000</b>	0,700	17.500	0,559	13.975	0,141	0,099	3.525
3110	Buttermilch	0	9.999.999	<b>341.386</b>	0,430	146.796	0,375	128.020	0,055	0,000	18.776
6800	Quark mager	0	800.000	<b>700.000</b>	0,990	693.000	0,857	599.900	0,133	0,000	93.100
	<b>Summe</b>			<b>4.244.263</b>		<b>5.117.481</b>		<b>4.601.704</b>			<b>515.777</b>

Quelle: eigene Darstellung

immer den Erwartungen, oder die Optimierungsanwendung wird als „Blackbox“ betrachtet. Für die Akzeptanz der Anwendung und der Ergebnisse der LP ist es deshalb erforderlich, dass gerade auch Controller als Verantwortliche oder Hauptakteure des Planungsprozesses das Instrument anerkennen und nutzen. Dafür spricht, die Produktionsprogrammplanung mit der LP nicht als separates Tool, sondern in Kombination mit der Kostenrechnung zu betreiben. Das Controlling erkennt dabei, dass das Verfahren zum einen die Schwachstellen einer Plankostenrechnung beseitigt und zum anderen höherwertigere Simulationsrechnungen unter Berücksichtigung von Ressourcenrestriktionen durchzuführen sind.

Gerade auch die Ergebnisse von Simulationsrechnungen zeigen Zusammenhänge auf, welche vor Anwendung der Methode nicht zwingend erkennbar waren. In Verbindung mit zusätzlichen Berichten mit Schwerpunkt auf die Nutzung restriktiver Ressourcen kann der Blackbox-Charakter beseitigt werden. Der Anwender benötigt auch keine speziellen Kenntnisse der LP-Modellgenerierung. Der LP-Modellgenerator baut auf einer gegebenen Produktions- und Unternehmensstruktur auf und muss nur bei strukturellen Änderungen von internen oder externen Fachkundigen angepasst werden.

Vor dem Hintergrund der aktuell stattfindenden Überlegungen zur Digitalisierung und dem Einsatz von Business Analytics ist bei vielen Unternehmen der Zeitpunkt günstig, in den Konzepten und IT-Infrastrukturen auch die Anwendung von Optimierungsverfahren zu berücksichtigen.

### Literatur

Böhm, H.-H. (1994): Iterative Berechnung der Opportunitätskosten von Kapazitätsnutzungen, in: Controller Magazin, 19 (3), S. 128-136.

Böhm, H.-H./Wille, R. (1974): Deckungsbeitragsrechnung, Grenzpreisrechnung und Optimierung, 5. Auflage, München.

Bösch, M. (1978): Die Standard-Grenzpreisrechnung in der Praxis – Das Rechnen mit Opportunitätskosten, in: Controller Magazin, 3 (4), S. 167-170.

IBM (2019): From business insight to business action, <https://tinyurl.com/ibm-ilog-cplex> (letzter Abruf: 13.06.2019).

Kallrath, J. (2013): Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, 2. Auflage, Wiesbaden. [www.springerprofessional.de/link/4247926](http://www.springerprofessional.de/link/4247926)

Kilger, W. (1988): Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung, 9. Auflage, Wiesbaden, S. 100-102. [www.springerprofessional.de/link/14705606](http://www.springerprofessional.de/link/14705606)

Koop, A./Mook, H. (2018): Lineare Optimierung – eine anwendungsorientierte Einführung in Operations Research, 2. Auflage, Berlin, Heidelberg. [www.springerprofessional.de/link/15677282](http://www.springerprofessional.de/link/15677282)

Van Dongen, T./van den Hurck, D. (2014): Optimization of Sales and Operations Planning at Shell Chemicals Europe, in: Huisman, D./Louwerse, I./Wagelmans, A. P. M. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2013, Cham, S. 473-480. [www.springerprofessional.de/link/2141840](http://www.springerprofessional.de/link/2141840)

### Angaben zum Autor



#### Prof. Dr. Stefan Bayr

ist Professor für allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Controlling und Rechnungswesen an der FOM Hochschule für Oekonomie & Management und Inhaber der Dr. Bayr Consulting in Dasing-Tattenhausen.  
E-Mail: [info@bayr-business-consulting.de](mailto:info@bayr-business-consulting.de)



### Lineare Programmierung



Lukesch, M./Kellner, F. (2019): Produktionsplanung: Lineare Programmierung, in: Lukesch, M./Kellner, F.: Übungsbuch Produktionswirtschaft, Berlin, Heidelberg, S. 81-107. [www.springerprofessional.de/link/16184036](http://www.springerprofessional.de/link/16184036)

Jarre, F./Stoer, J. (2019): Optimierung – Einführung in mathematische Theorie und Methoden, Berlin, Heidelberg. [www.springerprofessional.de/link/16843050](http://www.springerprofessional.de/link/16843050)

Kohn, W./Öztürk, R. (2018): Mathematik für Ökonomen – Ökonomische Anwendungen der linearen Algebra und Analysis mit Scilab, Berlin, Heidelberg. [www.springerprofessional.de/link/15992770](http://www.springerprofessional.de/link/15992770)