Kalkulation der Produktkosten für eine kostenorientierte Entwicklung (einperiodige Rechnung)

2

Inhaltsverzeichnis

2.1 Kosten und Kostenkategorien 124
2.1.1 Kostenbegriff und Verursachungsprinzip 124
2.1.2 Kosten in Abhängigkeit der Menge (Fixe/Variable Kosten) 130
2.1.3 Kosten in Abhängigkeit der Zeit (Ist-/Plan-Kosten) 136
2.1.4 Kosten in Abhängigkeit der Zurechenbarkeit (Einzel-/Gemein-Kosten) 142
2.1.5 Kosten in Abhängigkeit der Entscheidung (Teil-/Voll-Kosten) 147
2.2 Kostenrechnung in Unternehmen 151
2.2.1 Kostenartenrechnung (Sachkostenermittlung) 151
2.2.2 Kostenstellenrechnung (Gemeinkostenverrechnung) 163
2.2.3 Kostenträgerrechnung (Kalkulation) 173
2.3 Target Costing für die Produktentwicklung 183
2.3.1 Vorgehensweise beim Target Costing 183
2.3.2 Zielkostenspaltung in Selbst- und Herstellkosten (die Unternehmensstruktur) 190
2.3.3 Zielkostenspaltung in Funktionen und Baukomponenten (die Produktstruktur) 197
2.3.4 Zielkostenkontrolle 223
2.4 Methoden zur Vorkalkulation für die Produktentwicklung 229
2.4.1 Prinzipien und Genauigkeit kausaler Vorkalkulationsverfahren 229
2.4.2 Kostenprognoseverfahren mit einer Einflussgröße 250
Literatur 259

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2017

H. Schlink, *Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure*,
DOI 10.1007/978-3-658-13950-6_2

Leitfragen

- Was sind Kosten?
- Wie ist die Kostenrechnung in Unternehmen aufgebaut?
- Wie können Kosten für technische Produkte, deren Baukomponenten und Funktionen geplant und überprüft werden?
- Welche Möglichkeiten zur frühzeitigen Produktkostenschätzung bestehen?

2.1 Kosten und Kostenkategorien

2.1.1 Kostenbegriff und Verursachungsprinzip

Die Definition des Kostenbegriffs hat nicht nur großen Einfluss auf die Art und Weise, sondern auch auf das Ergebnis der Kostenrechnung und muss deshalb sorgfältig geschehen. Die sorgfältige Beschreibung des Begriffs stellt sicher, dass auf Basis der errechneten Kosten korrekte und für den Ingenieur nachvollziehbare Entscheidungen getroffen werden können.

Vier Merkmale des Begriffs müssen besonders hervorgehoben werden, und zwar die Existenz eines Mengen- und Wertgerüstes sowie der Produktions- und Periodenbezug (siehe Abb. 2.1).[1]

Von Kosten kann nur dann gesprochen werden, wenn mindestens eine Ressourcenart mengenmäßig verbraucht wird (erstes Merkmal). Dieser Umstand wird in der betriebswirtschaftlichen Literatur auch häufig mit Verzehr von Ressourcen umschrieben. Es soll zum Ausdruck gebracht werden, dass entweder die Menge einer Ressource oder der Leistungsvorrat[2] der Ressource aufgebraucht wird. Werden mehrere Ressourcenarten aufgezehrt, so wird von einem Gerüst im Sinne eines Gefüges gesprochen, bestehend aus verschiedenen Arten und Mengen von Ressourcen. Diese stets quantifizierbaren Mengen fließen in die Kostenrechnung ein und bestimmen damit die Höhe der Kosten mit.

Beispielhaft kann in einer Tischlerei der Verbrauch von Holz (in m^3) genannt werden, aber auch der Gebrauch von Maschinen (in h) für das Sägen und das Bearbeiten des Holzes. Ebenso unterliegt das Gebäude der Tischlerei einem anteiligen Verzehr (des Leistungsvorrates).

---

[1] Zu den Merkmalen des Kostenbegriffs siehe auch Haberstock (2008, S. 26 ff.), die allerdings – ohne den Periodenbezug – von nur drei Merkmalen ausgehen. Bei Däumler und Grabe (2008, S. 16 f.) finden sich vier Merkmale. Der Aspekt „Verzehr im Betrieb" wird zusätzlich aufgeführt. Der Begriff „Kosten" wird auch in der VDI-Richtlinie 2234 definiert. Siehe hierzu VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 9).

[2] Unter Leistungsvorrat wird der Umfang der Leistung (z. B. Menge an Arbeitsstunden), der insgesamt von einem Betriebsmittel (z. B. einer Maschine) abgegeben werden kann, verstanden. Nur der Teil des Leistungsvorrates, der gerade genutzt wird, spiegelt den (anteiligen) mengenmäßigen Verzehr der Ressource wider und fließt entsprechend in die Kostenrechnung ein.

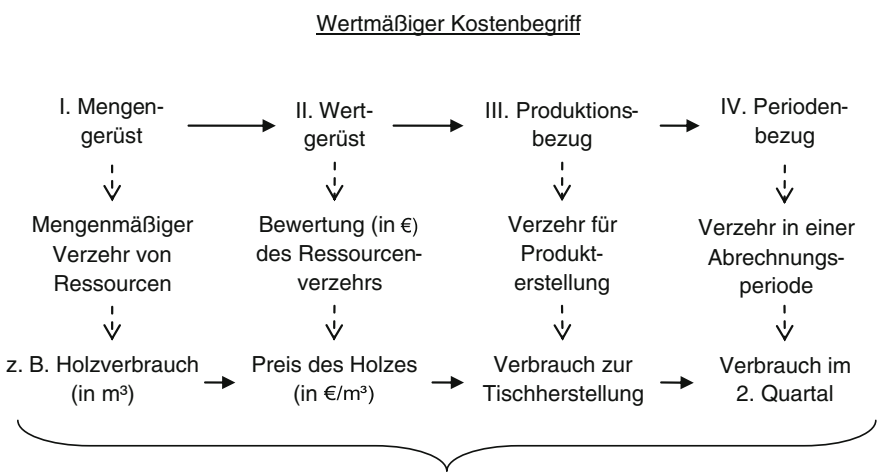


Abb. 2.1 Wertmäßiger Kostenbegriff

Jede Ressource hat immer einen bestimmten Wert[3], der in Form des Beschaffungspreises ausgedrückt werden kann. Wird die verbrauchte Menge (z. B. in m^3) mit dem Preis (z. B. in €/m^3) bewertet, d. h. multipliziert, so ergibt sich der Wert des Ressourcenverbrauchs (in €). Werden mehrere Ressourcenarten verbraucht und mit Preisen bewertet, so wird wieder von einem Gerüst, jetzt von einem Wertgerüst gesprochen (Merkmal II). Durch die Bewertung kann erreicht werden, dass alle Ressourcenarten die gemeinsame Geldeinheit (€) bekommen und der Verzehr wertmäßig über alle Ressourcen summierbar wird.

In der Tischlerei kann das verbrauchte Holz mit dem Preis pro Kubikmeter der Beschaffung multipliziert werden. Ebenso kann es mit dem Energieverbrauch oder dem anteiligen Gebrauch der Maschinen erfolgen. Schließlich lassen sich die Werte aller Arten von Ressourcen und der Wert des gesamten Ressourcenverbrauchs ermitteln.

Durch die Beschreibung des Mengen- und Wertgerüstes ist es uns gelungen, die Höhe der Kosten im direkten Zusammengang zum Ressourcenverbrauch (Mengen) und zur wertmäßigen Bedeutung der Ressourcen (Preise) darzustellen. Damit ist eine Verankerung des Kostenbegriffs mit den tatsächlichen Ereignissen im Unternehmen hergestellt.

Zur weiteren Präzisierung des Begriffs sind zwei Abgrenzungen notwendig: der Produktionsbezug und der Periodenbezug (Merkmale III und IV). Kosten liegen nur dann vor, wenn der Ressourcenverbrauch einen Bezug zur Herstellung der Produkte hat. Es muss also eine Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Produkterstellung und dem

[3]Liegt kein Wert vor, wie z. B. bei der Luft zum Atmen, so handelt es sich auch nicht um eine Ressource, sondern um ein freies Gut. Freie Güter haben entsprechend auch keinen Einfluss auf die Kostenrechnung, da kein Wert ermittelbar ist.

Verbrauch vorliegen, wobei die Herstellung als Ursache und der Ressourcenverbrauch als Wirkung anzusehen ist. Eine solche Beziehung ist beispielsweise nicht erkennbar, wenn das Unternehmen eine Spende leistet, die Ressourcen gestohlen oder einem Naturereignis[4] zum Opfer gefallen sind.

Eine Kostenabrechnung wird i. d. R. für eine zeitlich abgegrenzte Periode, z. B. für einen Monat, für ein Quartal oder für ein Jahr erstellt. Die Periode bildet den Bezugsrahmen für die Ermittlung der hergestellten Produkte und der verbrauchten Ressourcen. Dieser Bezugsrahmen ist demnach nicht nur für die Kostenrechnung, sondern auch für die Erlösrechnung maßgebend. Für beide Rechnungen wird untersucht, in welchem Umfang Produktion in einer Abrechnungsperiode stattfindet.

Kosten liegen vor, wenn der Ressourcenverbrauch in der Periode liegt. Es ist also nicht der Zeitpunkt der Anschaffung einer Ressource entscheidend, sondern immer der Zeitpunkt der Produktion, d. h. des Verbrauchs. Es lassen sich entsprechend für jede Periode Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den erzeugten Produkten und dem Ressourcenverbrauch herstellen. Dabei ist es unerheblich, zu welchem Zeitpunkt die Ressourcen eingekauft und die Produkte verkauft werden.

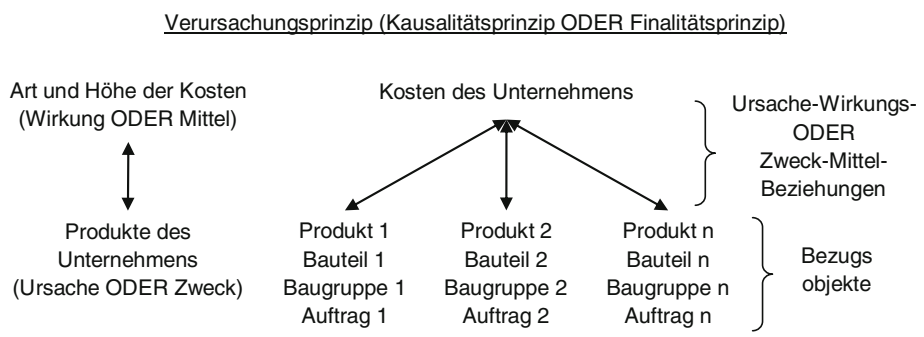
Als Fazit aus der Begriffsdefinition kann formuliert werden: Kosten sind der bewertete Verzehr von Ressourcen, der durch den betrieblichen Produktionsprozess in einer Abrechnungsperiode verursacht wird.

Wie oben dargestellt, ist für die Definition des Kostenbegriffs der Produktionsbezug ein wichtiges Merkmal. Dieses Merkmal wird auch für die Beschreibung des Verursachungsprinzips herangezogen. Das Verursachungsprinzip stellt entweder eine kausale oder aber eine finale Beziehung zwischen der Höhe der Gesamtkosten im Unternehmen und den hergestellten Produkten her (siehe Abb. 2.2). Bei der kausalen Interpretation des Verursachungsprinzips (Kausalitätsprinzip) ist die Herstellung der Produkte Ursache für die Art und die Höhe der Kosten (Wirkung). Hingegen wird bei der finalen Interpretation des Verursachungsprinzips (Finalitätsprinzip) von einer Zweck-Mittel-Beziehung ausgegangen. D. h., die Art und die Höhe der Kosten sind die Mittel, welche für die Herstellung der Produkte (Zweck) notwendig sind.[5]

Um in der Kostenrechnung das Kausalitätsprinzip zu erfüllen, werden sogenannte Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den Bezugsobjekten – die z. B. Produkte, Bauteile, Baugruppen oder auch Aufträge sein können – und der Höhe der Gesamtkosten des Unternehmens betrachtet. Prinzipiell ist hierbei von Interesse, in welchem Umfang sich die Gesamtkosten des Unternehmens ändern, wenn zusätzliche Einheiten des Bezugsobjektes produziert werden. Diese Wirkung (Kostenanstieg in bestimmter Höhe) lässt sich eindeutig den Einheiten des Bezugsobjektes zuordnen (Ursache) und ist daher von den Bezugsobjekten bedingt (verursacht). Auf die Kostenrechnung angewendet bedeutet dies, dass nach dem Kausalitätsprinzip einem Bezugsobjekt nur die Kostenarten und auch nur die

[4]Unter Naturereignissen können z. B. das Abbrennen der Ressourcen, die Beschädigung durch Sturm oder der Untergang durch Hochwasser verstanden werden.

[5]Vgl. Haberstock (2008, S. 48 f.)



Fazit:
(1) Nach dem Verursachungsprinzip werden Kosten einem Bezugsobjekt (Produkt, Bauteil, Baugruppe, Auftrag) nur dann zugerechnet, wenn diese durch das Bezugsobjekt bedingt sind.

(2) Die Art und/oder die Höhe der Kosten des Unternehmens ändern sich kurz- ODER langfristig, wenn auf das Bezugsobjekt verzichtet wird.

(3) Für kurzfristige Entscheidungen wird das Kausalitätsprinzip und für langfristige Entscheidungen das Finalitätsprinzip angewendet.

Abb. 2.2 Verursachungsprinzip

Höhe der Kosten zugerechnet werden dürfen, die durch die produzierten Einheiten direkt verursacht werden. Hierbei spielt die Produktionsmenge eine wichtige Rolle. Diese Kostenarten ändern sich in ihrer Höhe bereits durch die Herstellung einer einzigen zusätzlichen Einheit. Das ist z. B. immer beim Fertigungsmaterial oder bei Akkordlöhnen der Fall.

Zur Erfüllung des Finalitätsprinzips hingegen muss sich die Höhe der Gesamtkosten des Unternehmens nicht zwangsläufig verändern, wenn zusätzliche Produkteinheiten hergestellt werden, sondern es reicht aus, wenn die Kosten deshalb anfallen, damit überhaupt produziert werden kann. Dies ist beispielsweise bei Maschinen und Anlagen oder der Produktionshalle der Fall. Die Höhe dieser Kostenarten ändert sich nicht direkt mit der Produktionsmenge, sie fallen aber an, damit grundsätzlich die Möglichkeit zur Produktion besteht.

In der Kostenrechnung wird die kausale Interpretation häufig zur Unterstützung von kurzfristigen Entscheidungen angewendet, da die Kosten für die Herstellung einzelner Produkteinheiten in der Regel auch kurzfristig anfallen oder weggelassen werden können. Die finale Interpretation führt meistens zu Kostenarten, die längerfristig unverändert bleiben, auch wenn weniger oder nichts produziert wird. Es sind die Kosten der Produktionsbereitschaft, die für längerfristige Entscheidungen die Grundlage bilden können.

Das Verursachungsprinzip mit den beiden möglichen Interpretationen beschreibt grundsätzlich die Kostenverursachung in Unternehmen. Lässt es sich auf einen Sachverhalt zum Ressourcenverbrauch nicht anwenden, so führt der Verbrauch auch grundsätzlich nicht zu Kosten im Sinne der Kostenrechnung, da dann der Bezug zur

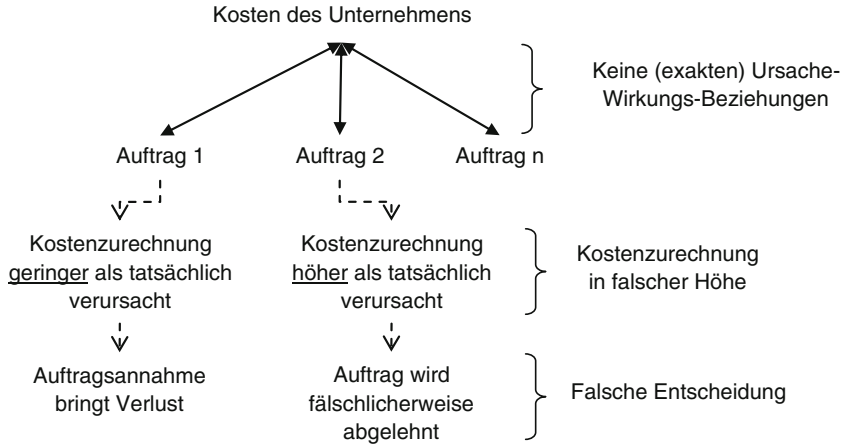


Abb. 2.3 Folgen einer Verletzung des Verursachungsprinzips

Produktion fehlt.[6] Die beiden Interpretationen des Verursachungsprinzips werden unterschieden zur Unterstützung von kurz- bzw. langfristigen Entscheidungen mit Hilfe von Kosteninformationen.[7]

Eine Verletzung des Verursachungsprinzips kann dazu führen, dass die bereitgestellten Informationen z. B. über die Höhe der Kosten für einen Auftrag nicht stimmen, d. h. zu hoch oder zu niedrig angegeben werden. Auf Basis fehlerhafter Kosteninformationen kann auch die Entscheidung über die Annahme des Auftrags für das Unternehmen unvorteilhaft getroffen werden. Sind beispielsweise die Kosten zu hoch ausgewiesen und wird der Auftrag daraufhin abgelehnt, entgeht dem Unternehmen der realisierbare Gewinn. Wird der Auftrag hingegen angenommen, obwohl die Kosten tatsächlich höher sind, droht dem Unternehmen ein Verlust (siehe Abb. 2.3).

Hieraus wird deutlich, dass die Einhaltung des Verursachungsprinzips in der Kostenrechnung von großer wirtschaftlicher Bedeutung für Unternehmen sein kann. Exakte Kosteninformationen führen mit höherer Wahrscheinlichkeit auch zu vorteilhaften Entscheidungen.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.1: Was verstehen Sie unter einem Mengen- und was unter einem Wertgerüst? Welche Beziehung besteht zwischen beiden Begriffen? Worauf bezieht sich der Ausdruck „Gerüst“?

[6] In diesen Fall wäre die Bedingung III (Produktionsbezug) aus der Definition des Kostenbegriffs nicht erfüllt. Siehe hierzu auch Abb. 2.1: Wertmäßiger Kostenbegriff.

[7] Siehe auch die Ausführungen im Abschn. 2.1.2 Kosten in Abhängigkeit der Menge (Fixe/Variable Kosten).

Frage 2.2: Welchen Zweck verfolgt die Kostenrechnung mit der Definition des Mengen- und des Wertgerüstes? Welche Zusammenhänge sollen damit hergestellt bzw. erklärbar gemacht werden?

Frage 2.3: Was beschreiben der Produktions- und der Periodenbezug bei der Definition des Kostenbegriffs? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die Kostenrechnung?

Frage 2.4: Was ist der Kerngedanke des Verursachungsprinzips? Welches Ziel wird mit der Einhaltung des Prinzips in der Kostenrechnung verfolgt?

Frage 2.5: Bei welchen Konstellationen ist die Einhaltung des Kausalitätsprinzips leicht zu realisieren und bei welchen Gegebenheiten kann eher das Finalitätsprinzip erfüllt werden? Was hat dies mit der Produktionsmenge zu tun?

Frage 2.6: Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen dem wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens und der Genauigkeit der Kostenrechnung.

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.1: Zeitpunkt der Kostenentstehung

Ein Unternehmen kauft im Mai 120 m^3 Holz für 250 €/m^3 und legt es aufs Lager. Die Rechnung geht im September ein und wird im November bezahlt. Im Monat Juni werden 20 m^3 und im Monat August 35 m^3 Holz für die Herstellung von Tischen verbraucht. Der Rest des Holzes ist im Dezember durch einen Wassereinbruch im Lager für die Produktion unbrauchbar geworden.

Wann entstehen Kosten in welcher Höhe, wenn 1) der Kalendermonat oder 2) das Kalenderjahr als Abrechnungsperiode gewählt wird? Begründen Sie Ihre Entscheidungen mit Hilfe der vier Merkmale des Kostenbegriffs!

Aufgabe 2.2: Verursachungsprinzip

Ein Unternehmen leidet unter geringem Auftragseingang und möchte gut vorbereitet und kompromissbereit an einer Preisverhandlung für einen potenziellen Auftrag teilnehmen. In der Vorbereitung findet die Geschäftsleitung heraus, dass sich die Gesamtkosten des Unternehmens um 75.000 € erhöhen, wenn der Auftrag ausgeführt wird. Des Weiteren wird ein Betrag von 21.000 € für die Verwaltung und die Unternehmensleitung zugeschlagen. Es wird folglich von Gesamtkosten des Auftrags von 96.000 € ausgegangen. Mit einem Gewinnzuschlag von 10 % wird schließlich ein Angebot mit einer Summe von 105.600 € abgegeben. Dieses Angebot ist Ausgangspunkt der Preisverhandlung.

Im Laufe der Verhandlung stellt sich heraus, dass der Auftraggeber keinesfalls einen Preis über 95.000 € akzeptieren würde. Das Unternehmen bricht daraufhin die Verhandlung ab und verzichtet auf den Auftrag, den es so dringend benötigen würde, da ein Auftragsverlust von 1000 € droht.

Wie schätzen Sie die Situation ein? Hat der Unternehmer richtig gehandelt?

2.1.2 Kosten in Abhängigkeit der Menge (Fixe/Variable Kosten)

Die Höhe der Gesamtkosten in einem Unternehmen zeigt in der Regel eine Abhängigkeit zur Menge der produzierten Produkte. Wird eine größere Menge an Produkten hergestellt, so fallen insgesamt auch höhere Kosten an. Werden die Gesamtkosten einer detaillierten Analyse unterzogen, so kann festgestellt werden, dass sich ein Teil der Gesamtkosten nicht verändert, wenn mehr produziert wird. Dieser Teil der Gesamtkosten wird fixe Kosten genannt, weil sie in Anhängigkeit der Produktionsmenge fix (unverändert) bleiben.[8] Der andere Teil der Gesamtkosten, der sich in einer bestimmten Art und Weise verändert, wenn eine andere Stückzahl hergestellt wird, heißt variable Kosten.

Die fixen Kosten werden von Ressourcen verursacht, die unentbehrlich sind, um im Unternehmen überhaupt produzieren zu können. Hierzu gehören beispielsweise die Gebäude, aber auch die Maschinen und Anlagen, Patente oder ein Teil des Personals. Alle diese Dinge muss ein Unternehmen haben und sie werden auch verzehrt, um im Falle von Auftragseingängen Produkte herzustellen. Diese Kosten fallen entsprechend auch dann an, wenn nichts produziert wird. Es sind die Kosten für die Aufrechterhaltung der Produktionsbereitschaft. Die fixen Kosten machen somit den Teil der Gesamtkosten aus, der mit sich verändernder Produktionsmenge konstant bleibt (siehe Abb. 2.5).

Es stellt sich bei dieser Definition die Frage, ob bei fixen Kosten überhaupt ein Produktionsbezug unterstellt werden kann, d. h. ob es sich um Kosten handelt. Es kann grundsätzlich angenommen werden, dass Produkte ohne diese Kosten nicht hergestellt werden können. Es existiert also prinzipiell eine Beziehung zwischen der Produktion im Allgemeinen und der Höhe der fixen Kosten. Es ist aber keine Ursache-Wirkungs-Beziehung, sondern eine abgeschwächte Form des Produktionsbezugs in Form eines Zusammenhangs zwischen Zweck und Mittel. Die fixen Kosten verkörpern die Mittel, um den Zweck (Aufrechterhaltung der Produktionsbereitschaft) zu erfüllen. Diese Interpretation heißt in der betriebswirtschaftlichen Literatur auch Finalitätsprinzip, und bei diesem wird das Verursachungsprinzip als Mittel-Zweck-Beziehung aufgefasst (siehe Abb. 2.4, rechts).[9]

Die Produktionsbereitschaft ist jedoch immer nur für eine bestimmte maximale Produktionsmenge x_{max} gültig. Soll mehr produziert werden, so muss auch die Produktionsbereitschaft, d. h. die zur Verfügung stehenden Kapazitäten angepasst werden. Dies führt in der Regel dazu, dass die fixen Kosten auf ein höheres, zur neuen Kapazität passendes Niveau springen.

Der übrige Teil der Gesamtkosten wird direkt durch die Herstellung der Produkte verursacht und verändert sich entsprechend mit der Menge der Produkte. Diese Kosten

[8]Hierbei ist nur die Abhängigkeit zur Produktionsmenge gemeint. Andere Abhängigkeiten kann es durchaus geben. Beispielsweise kann die Höhe der Heizkosten einer Produktionshalle von der Außentemperatur abhängig sein und sich deshalb von Tag zu Tag verändern. Hierbei kann es sich trotzdem um fixe Kosten handeln, solange es keine Abhängigkeit zur in der Halle hergestellten Stückzahl gibt.

[9]Siehe z. B. Haberstock (2008, S. 48 f.)

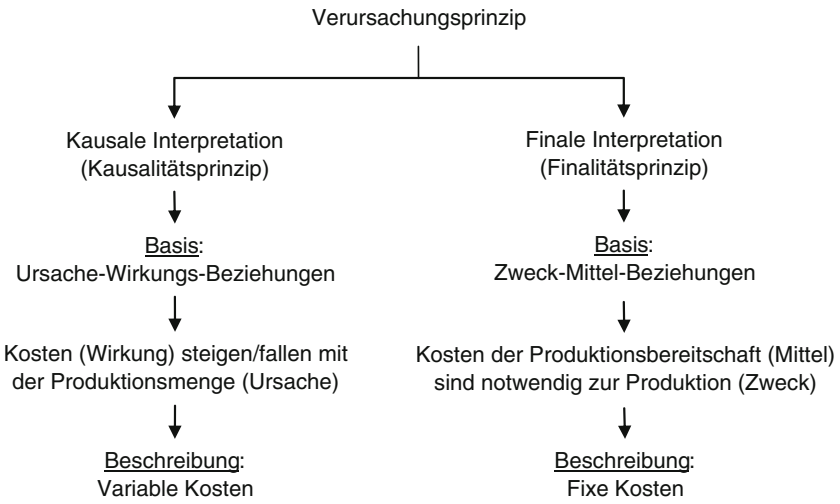


Abb. 2.4 Verursachung von variablen und fixen Kosten

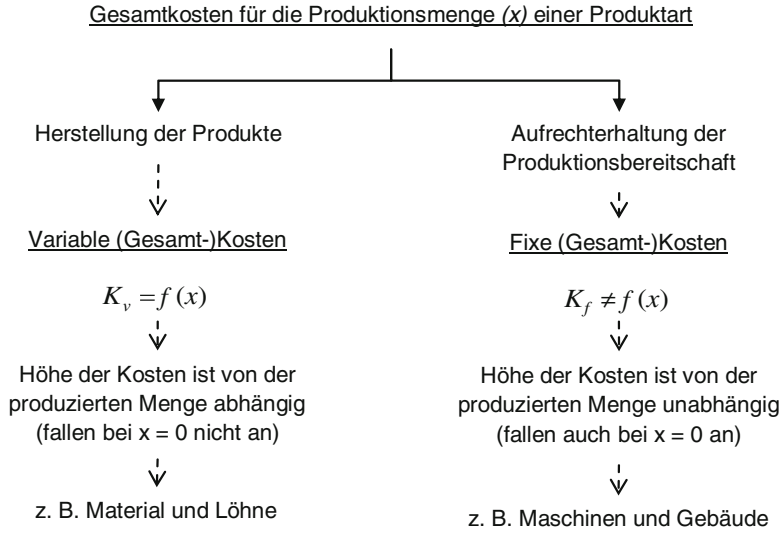


Abb. 2.5 Definition der variablen und der fixen Kosten

werden variable Kosten genannt. Sie fallen nicht an, wenn nichts produziert wird. Typische Beispiele hierfür sind das Material, das für einzelne Produkteinheiten verbraucht wird, oder auch die Akkordlöhne aus der Fertigung (siehe Abb. 2.5).

Bei den variablen Kosten wird von einem kausalen Zusammenhang zwischen der Höhe der Kosten und der Produktionsmenge ausgegangen. Die Herstellung von Produkten (Ursache) führt direkt zu einer Veränderung der Kostenhöhe (Wirkung). Die Definition

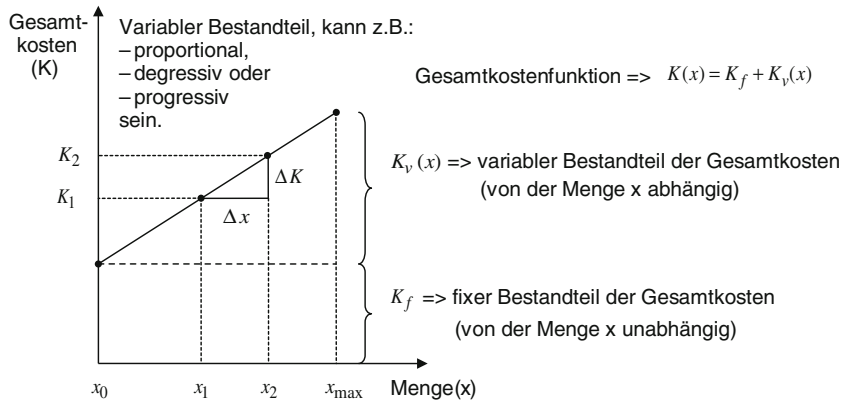


Abb. 2.6 Auflösung der (proportionalen) Gesamtkostenfunktion in variable und fixe Bestandteile

des Begriffs „Variable Kosten“ ist das Ergebnis einer kausalen Interpretation des Verursachungsprinzips (siehe Abb. 2.4, links).[10]

Die Gesamtkosten des Unternehmens *K(x)* setzen sich infolgedessen immer aus den Kosten für die Herstellung der einzelnen Produkteinheiten $K_v(x)$ und den Kosten für die Aufrechterhaltung der Produktionsbereitschaft K_f zusammen (siehe Gl. 2.1), wobei die Produktionsmenge stets mit x bezeichnet wird.[11] Werden die zur Verfügung stehenden Produktionskapazitäten voll ausgelastet, d. h. wird die Menge $x = x_{max}$ hergestellt, so fallen die maximal möglichen Gesamtkosten an (siehe Gl. 2.2).

$$K(x) = K_f + K_v(x) \tag{2.1}$$

$$K(x_{max}) = K_f + K_v(x_{max}) \tag{2.2}$$

Diese funktionale Beziehung zwischen der Höhe der Kosten und der Produktionsmenge wird auch Kostenfunktion genannt. Sie wird in der Regel als $K = f(x)$ in einem Diagramm dargestellt (siehe Abb. 2.6). Der variable Bestandteil der Kostenfunktion kann unterschiedliche Verläufe haben: einen progressiven[12], einen degressiven[13] oder einen

[10]Siehe auch Abschn. 2.1.1 Kostenbegriff und Verursachungsprinzip.

[11]Zur Abgrenzung der variablen Kosten von den fixen Kosten siehe auch VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 10 ff.).

[12]Ein progressiver Verlauf bedeutet, dass jede weitere Produkteinheit höhere Stückkosten verursacht. Dies ist z. B. bei den Kraftstoffkosten der Fall, wenn ein Motor (oder ein Fahrzeug) mit höherer Geschwindigkeit betrieben wird.

[13]Degressiv verhalten sich die Gesamtkosten, wenn die Kosten pro Stück mit steigender Menge sinken. Beispiele hierfür sind Mengenrabatte im Einkauf von Material (sinkende Materialkosten pro Stück) oder Lerneffekte bei den eingesetzten Produktionsmitarbeitern (sinkende Akkordlöhne pro Stück).

proportionalen Verlauf. Der fixe Teil ist hingegen per Definition im Bereich von x_0 bis $x_{\max}$ immer konstant (siehe Abb. 2.6).

Zur Auflösung einer in der Praxis vorliegenden (proportionalen) Kostenfunktion sind die Steigung der ermittelten Funktion (siehe Steigungsdreieck $\frac{\Delta K}{\Delta x}$) und der Schnittpunkt mit der Ordinate (bei x_0) zu errechnen. Aus der Steigung lassen sich die variablen Gesamtkosten (für jeden beliebigen Punkt x) berechnen und der Schnittpunkt liefert die Höhe der fixen Kosten (für alle x).[14]

Wie bereits erwähnt, kann der variable Teil der Gesamtkostenfunktion unterschiedliche Verläufe annehmen. Aus diesem Grund muss bei der Beschreibung der Kostenfunktion zwischen den Grenzkosten und den Durchschnittskosten unterschieden werden. Die Grenzkosten $K'(x)$ sind die erste Ableitung der Gesamtkostenfunktion und geben damit die Steigung der Funktion an. Die Steigung ist bei einem degressiven Verlauf stetig abnehmend und bei einem progressiven Verlauf stetig zunehmend. Sie nimmt also für jede Produktionsmenge x einen anderen Wert an (siehe Gl. 2.3). Da die fixen Gesamtkosten K_f konstant sind und damit $K_f' = 0$ ist, stimmt die Steigung der Gesamtkostenfunktion $K'(x)$ mit der der variablen Gesamtkosten K_v' überein.

$$K'(x) = \frac{dK(x)}{dx} = \frac{dK_f}{dx} + \frac{dK_v}{dx} = \frac{dK_v}{dx} \tag{2.3}$$

Zur Berechnung der Durchschnittskosten *k(x)* muss zunächst eine bestimmte Produktionsmenge x festgelegt werden. Die für diese Menge anfallenden Gesamtkosten werden dann durch die Menge geteilt. Es ergeben sich so die im Durchschnitt bei dieser Produktionsmenge pro Stück verursachten Kosten. Deshalb werden die Durchschnittskosten auch Stückkosten genannt (siehe Gl. 2.4). Das Minimum der Durchschnittskosten wird bei einem proportionalen oder bei einem degressiven Gesamtkostenverlauf bei voller Auslastung der Produktionskapazitäten erreicht (siehe Gl. 2.5).

$$k(x) = \frac{K(x)}{x} \tag{2.4}$$

$$k(x_{\max}) = \frac{K(x_{\max})}{x_{\max}} \tag{2.5}$$

Anders als bei den Grenzkosten sind die Stückkosten für jede produzierte Einheit gleich, da es sich um die durchschnittlichen Kosten pro Stück handelt. Die Grenzkosten geben an, um wie viel die Gesamtkosten bei genau dieser Produkteinheit gestiegen sind. Sie sind deshalb für jede Produkteinheit von anderer Höhe.

Die Stückkosten lassen sich wie die Gesamtkosten in fixe Stückkosten und variable Stückkosten unterteilen.

[14]Zur Ermittlung von Kostenfunktionen siehe auch Friedl et al. (2010, S. 205 ff.) oder Coenenberg et al. (2009, S. 68 ff.).

$$k(x) = \frac{K_f}{x} + \frac{K_v(x)}{x} = k_f(x) + k_v(x) \tag{2.6}$$

Dabei ist aus Gl. 2.6 zu erkennen, dass sowohl die fixen als auch die variablen Stückkosten von der Produktionsmenge x abhängig sind. Konstant sind nur die fixen Gesamtkosten K_f, nicht jedoch die fixen Stückkosten $k_f(x)$. Die fixen Stückkosten sinken mit der Produktionsmenge, da die fixen Gesamtkosten auf eine zunehmende Anzahl von Produkten verteilt werden können. Sie erreichen ihr Minimum bei x_{max}, d. h. bei voller Auslastung der Kapazität. Dieser Effekt heißt auch Fixkostendegression.[15]

Die variablen Stückkosten $k_v(x)$ sind bei einem proportionalen Gesamtkostenverlauf konstant, bei einem degressiven Verlauf hingegen fallend. Ihr Minimum erreichen sie bei voller Ausschöpfung der Produktionsbereitschaft, also ebenfalls bei x_{max}. Bei einem progressiven Verlauf der Gesamtkosten steigen die variablen Stückkosten mit der Produktionsmenge linear an. Weil jetzt fixe und variable Stückkosten gegenläufig sind, muss im Einzelfall überprüft werden, bei welcher Menge sich das Minimum der gesamten Stückkosten befindet.

Eine Zusammenfassung wichtiger Begriffe zur Beschreibung der Gesamtkostenfunktion findet sich in Tab. 2.1.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.7: Definieren Sie den Term „fixe Kosten“. Wie werden die fixen Kosten im Unternehmen interpretiert? Nennen Sie praktische Beispiele für fixe Kosten.

Frage 2.8: Wie verhalten sich die fixen Gesamtkosten und die fixen Stückkosten in Abhängigkeit zur Produktionsmenge? Was haben diese Abhängigkeiten mit der Produktionskapazität zu tun?

Frage 2.9: Definieren Sie den Term „variable Kosten“. Wie werden die variablen Kosten im Unternehmen interpretiert? Nennen Sie praktische Beispiele für variable Kosten.

Frage 2.10: Wie verhalten sich die variablen Gesamtkosten und die variablen Stückkosten in Abhängigkeit zur Produktionsmenge, wenn von einem linearen Gesamtkostenverlauf ausgegangen wird? Nennen Sie praktische Beispiele für einen solchen Kostenverlauf.

Frage 2.11: Wie verhalten sich jeweils die variablen Stückkosten in Anhängigkeit zu der Produktionsmenge, wenn der Gesamtkostenverlauf entweder progressiv oder degressiv ist? Nennen sie praktische Beispiele für beide Verläufe.

Frage 2.12: Worin unterscheidet sich die Ermittlung der Grenzkosten von der Ermittlung der variablen Durchschnittskosten? Welche Fragen können mit Hilfe der Grenzkosten und welche mit Hilfe der Durchschnittskosten beantwortet werden?

[15]Siehe zur Fixkostendegression auch die anschauliche Beschreibung von Friedl et al. (2010, S. 48 ff.)

Tab. 2.1 Begriffe zur Beschreibung der Gesamtkostenfunktion. (Eine Zusammenstellung der Begriffe ist in ähnlicher Form bei Däumler und Grabe 2008, S. 53 zu finden)

Begriff	Symbol	Definition	Einheit
Gesamtkosten	K	Gesamtkosten des Betriebs für die Herstellung der Produkte einer Periode: $K = f(x)$	$\frac{€}{\text{Periode}}$
Variable Kosten	K_v	Von der Produktionsmenge abhängiger Teil der Gesamtkosten: $K_v(x) = K(x) - K_f$	$\frac{€}{\text{Periode}}$
Fixe Kosten	K_f	Von der Produktionsmenge unabhängiger Teil der Gesamtkosten: $K_f = K(x) - K_v(x)$	$\frac{€}{\text{Periode}}$
Gesamte Stückkosten	k	Gesamtkosten geteilt durch die Produktionsmenge: $k(x) = \frac{K}{x}$	$\frac{€}{\text{Stück}}$
Variable Stückkosten	k_v	Variable Gesamtkosten geteilt durch die Produktionsmenge: $k_v(x) = \frac{K_v(x)}{x}$	$\frac{€}{\text{Stück}}$
Fixe Stückkosten	k_f	Fixe Gesamtkosten geteilt durch die Produktionsmenge: $k_f(x) = \frac{K_f}{x}$	$\frac{€}{\text{Stück}}$
Grenzkosten (1. Ableitung)	K'	1. Ableitung der Gesamtkostenfunktion: $K' = \frac{dK}{dx}$	$\frac{€}{\text{Stück}}$
Grenzkosten (Näherung)	K'	Differenzbildung aus der Gesamtkostenfunktion: $K' = \frac{K_2 - K_1}{x_2 - x_1}$	$\frac{€}{\text{Stück}}$

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.3: Eigenschaften einer proportionalen Gesamtkostenfunktion

Aus der Kostenrechnung eines Unternehmens werden die in der Tab. 2.2 angegebenen Kosteninformationen zur Verfügung gestellt.

1. Ermitteln Sie für diese Werte die Kostenfunktion in der Form: $K(x) = K_f + K_v(x)$, wenn eine proportionale Gesamtkostenfunktion unterstellt wird.
2. Zeichnen Sie die Gesamtkostenfunktion $K = f(x)$ skizzenhaft in ein Koordinatensystem.
3. Ermitteln Sie daraus die Grenzkostenfunktion, die Stückkostenfunktion, die Funktion der variablen Stückkosten sowie die Funktion der fixen Stückkosten.

Tab. 2.2 Stückkosten bei verschiedenen Produktionsmengen

Hergestellte Menge einer Produktart x [in Stück]	Stückkosten k [in €]
50	615
100	315
150	215
200 (Vollauslastung)	165

4. Wie hoch sind die Grenzkosten, die Stückkosten, die variablen Stückkosten sowie die fixen Stückkosten, wenn die vorhandenen Produktionskapazitäten zur Hälfte ausgelastet werden?
5. Tragen Sie die Stückkostenfunktion und die Funktion der variablen Stückkosten skizzenhaft in ein Koordinatensystem ein.
6. Bei welcher Produktionsmenge x werden die gesamten Stückkosten gleich der variablen Stückkosten?

Aufgabe 2.4: Maschinenvergleich

Ein Unternehmen möchte eine Horizontaldrehmaschine zur Bearbeitung eines hoch komplexen Werkstückes aus Gusseisen kaufen. Zur Auswahl stehen zwei Maschinentypen, die beide in der Lage sind, in drei Schichten 300 Stück pro Woche herzustellen. Maschine A verursacht fixe Kosten in Höhe von lediglich 1750 €/Woche, bei Maschine B hingegen liegen die fixen Kosten bei 4000 €/Woche. Bei den variablen Kosten der Maschinen sieht die Situation umgekehrt aus: Maschine A verbraucht 35 €/Stück und Maschine B verbraucht 20 €/Stück.

1. Stellen Sie die Gesamtkostenfunktionen für jede der beiden Maschinen auf, wenn die Funktionen im Definitionsbereich linear sind.
2. Welcher Drehmaschine würden Sie den Vorzug geben, wenn das Unternehmen mit einer Auslastung der Produktionskapazität von 70 % rechnet?
3. Ab welcher prozentualen Auslastung ist welche der beiden Maschinen wirtschaftlicher? Bei welcher Auslastung sind beide Maschinen gleichwertig? Welche Ursache können Sie dafür angeben?

2.1.3 Kosten in Abhängigkeit der Zeit (Ist-/Plan-Kosten)

Ein wichtiges Merkmal bei der Definition des Kostenbegriffs ist der Periodenbezug. Er bedeutet, dass Kosten stets für eine ganz bestimmte Abrechnungsperiode berechnet werden und nur für diese ihre Gültigkeit haben. Die Abrechnungsperiode kann in der Vergangenheit, aber auch in der Zukunft liegen. Aus diesem Grund wird die Istkostenrechnung (vergangenheitsorientiert) von der Plankostenrechnung (zukunftsorientiert) unterschieden (siehe Abb. 2.7).[16]

Die Istkostenrechnung bezieht sich auf eine abgelaufene Periode, zu der folglich alle Informationen zum tatsächlichen Mengen- und Wertgerüst vorliegen. Grundlagen der Istkostenrechnung sind entsprechend Informationen zu den Istmengen an verbrauchten

[16]Zur Unterscheidung dieser beiden Kostenrechnungssysteme siehe auch Haberstock (2008, S. 172 ff.); VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 14 f.) oder Däumler und Grabe (2008, S. 80 f.) Das System der Plankostenrechnung wird z. B. in Coenenberg et al. (2009, S. 233 ff.) ausführlich beschrieben.

Ressourcen[17] und den hergestellten Produkten sowie zu den Istpreisen[18] der Ressourcen. Aus den Mengen und den Werten der verbrauchten Ressourcen lassen sich die Gesamtkosten der Abrechnungsperiode ermitteln. Werden diese durch die in der Periode hergestellte Menge an Produkten dividiert, so ergeben sich die Stückkosten.

Die Istkostenrechnung eignet sich hervorragend dafür, Nachkalkulationen für bereits verkaufte Produkte oder abgeschlossene Aufträge anzufertigen. Die Nachkalkulationen allein genommen sagen allerdings noch nichts über die Wirtschaftlichkeit der Herstellung aus, da es sich hierbei stets um Istkosten handelt, die keinen Normcharakter haben. Für eine Analyse der Wirtschaftlichkeit ist ein Vergleich mit Sollkosten notwendig. Unter Sollkosten werden die geringstmöglichen Kosten verstanden, die bei effizientem Einsatz aller Ressourcen und bei Verwendung von am Beschaffungsmarkt üblichen Preisen theoretisch erzielt werden können. Sie haben deshalb den Charakter von Sollwerten. Aus dem Vergleich der Ist- mit den Sollkosten können Unwirtschaftlichkeiten bei den Verbrauchsmengen und bei den Anschaffungspreisen entdeckt werden.

Sollkosten werden mit Hilfe einer Plankostenrechnung ermittelt. Ausgangspunkt einer Plankostenrechnung ist die Festlegung des Produktionsprogramms, d. h. welche Produktarten in der zukünftigen Periode zu welchen Mengen hergestellt werden sollen. Daraus können dann die geplanten Mengen und die geplanten Preise der dafür notwendigen Ressourcen abgeleitet werden.

Für die Beantwortung der Frage, ob es sich bei den Plankosten denn tatsächlich um Sollwerte handelt, es also geringstmögliche Kosten sind, ist es wichtig zu verstehen, wie genau die Plankosten ermittelt werden. Für technische Produkte werden die Planmengen mit ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen abgeleitet, sie ergeben sich nämlich aus der Festlegung des Materials und der zugehörigen Fertigungsverfahren.

Die Planmengen werden immer so festgelegt, wie es ohne Verschwendung technisch für das Unternehmen möglich ist. Es müssen also die in der zukünftigen Periode vorhandenen Maschinen und Anlagen planerisch eingesetzt werden. Daraus ergibt sich beispielsweise ein geplanter Ausschuss bzw. ein geplanter Verschnitt. Beides ist für das Unternehmen in der betreffenden Periode unvermeidbar, weil es mit den vorhandenen Maschinen technisch nicht besser möglich ist. Deshalb wird dieser Ausschuss oder Verschnitt mit eingeplant und nicht als Verschwendung gewertet.

Der Sollcharakter der Plankosten bezieht sich also immer auf die vorhandenen (geplanten) Produktionskapazitäten eines bestimmten Unternehmens. Wird jetzt im Rahmen eines Soll-Ist-Vergleichs ein außerplanmäßig hoher Mengenverbrauch identifiziert, so kann

[17]Die Betrachtung von Istverbrauchsmengen führt dazu, dass sich (zufällige) Schwankungen der Mengen direkt auf die Höhe der Kosten auswirken. Solche außerplanmäßigen Schwankungen können z. B. durch eine defekte Maschine oder durch unsachgemäßen Umgang mit Material in der Produktion hervorgerufen werden.

[18]Unter Istpreisen werden die Anschaffungspreise verstanden, zu denen die verbrauchten Ressourcen tatsächlich beschafft worden sind. Dies führt dazu, dass sich (zufällige) Preisschwankungen am Beschaffungsmarkt direkt auf die Höhe der Kosten auswirken.

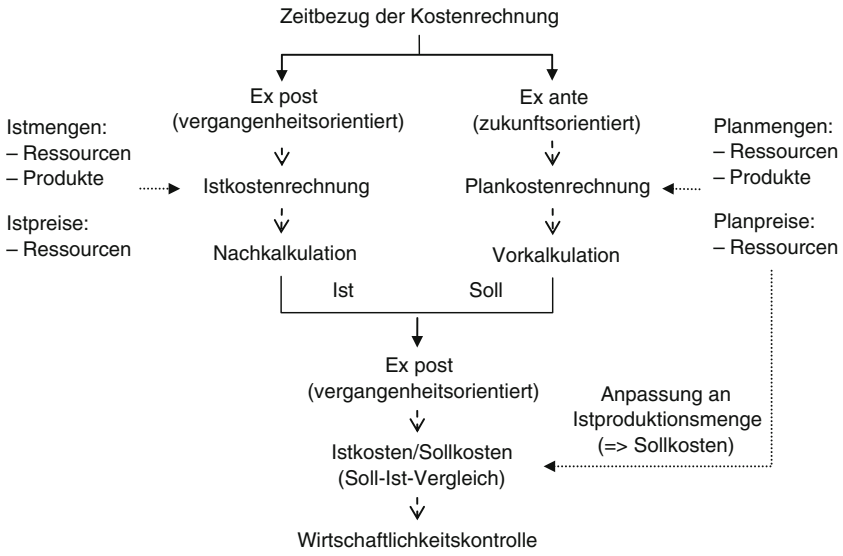


Abb. 2.7 Zeitbezug in der Kostenrechnung

dieser als Verschwendung gewertet werden, weil mehr verbraucht worden ist, als technisch zwingend notwendig gewesen wäre. Ob es grundsätzlich wirtschaftlichere Produktionsverfahren gibt, wird durch diesen Soll-Ist-Vergleich nicht beurteilt. Dazu müsste ein unternehmensübergreifender Vergleich der Kostensituationen angestellt werden.

Wie bereits erwähnt, ist der Ausgangspunkt zur Berechnung der (gesamten) Plankosten einer Periode die geplante Produktionsmenge. Da die variablen Kosten immer von der Produktionsmenge abhängig sind, werden die Plankosten nur dann mit den Istkosten direkt vergleichbar sein, wenn von exakt der gleichen Produktionsmenge gesprochen wird. Das ist jedoch in der Praxis selten der Fall. Die geplante Menge an herzustellenden Produkten wird von der dann später tatsächlich realisierten abweichen. Aus diesem Grund muss für den Soll-Ist-Vergleich eine Anpassung der variablen Plankosten an die Istproduktionsmenge vorgenommen werden (siehe Abb. 2.7). Daraus ergeben sich dann die Sollkosten, die wie die Istkosten von genau der gleichen Produktionsmenge ausgehen. Eine Plankostenrechnung, die zwischen fixen und variablen Kosten unterscheidet und deshalb flexibel an eine andere Produktionsmenge angepasst werden kann, wird auch flexible Plankostenrechnung genannt.[19]

[19]Im Gegensatz dazu wird von einer starren Plankostenrechnung gesprochen, wenn keine Trennung von fixen und variablen Kosten vorgesehen ist. Die Plankosten können dann allerdings nicht auf abweichende Produktionsmengen angepasst werden; ein Soll-Ist-Vergleich bei Produktionsmengenabweichung ist nicht möglich. Die starre Plankostenrechnung eignet sich aus diesem Grund nur unzureichend zur Wirtschaftlichkeitsbewertung und wird deshalb hier nicht weiter betrachtet.

Im Rahmen der flexiblen Plankostenrechnung wird eine Sollkostenfunktion $K^S(x)$ als Gesamtkostenfunktion aufgestellt, die zwischen fixen K_f^P und variablen $K_v^P(x)$ Plankosten unterscheidet (siehe Gl. 2.7). Mit Hilfe dieser Funktion können für verschiedene Produktionsmengen x die Sollkosten K^S ermittelt werden. Für die geplante Menge an herzustellenden Produkten x^P ergeben sich die Plankosten K^P (siehe Abb. 2.8).

$$K^S(x) = K_f^P + K_v^P(x) \tag{2.7}$$

Werden in der betreffenden Periode weniger Produkte hergestellt als geplant, sinkt die Menge z. B. von x^P auf x^I, so fallen auch die Plankosten entlang der Sollkostenfunktion auf den Wert von K^S. Nach Abrechnung der Periode wird festgestellt, dass tatsächlich Kosten in Höhe von K^I (Istkosten) verursacht worden sind. Der Soll-Ist-Vergleich ergibt eine Kostenüberschreitung (positives Vorzeichen), da die Istkosten zwar niedriger als die Plankosten sind, aber trotzdem höher, als sie geplanterweise sein sollten (siehe Gl. 2.8). Ursachen können sowohl Abweichungen bei den Beschaffungspreisen (Preisabweichung), als auch Abweichungen beim Mengenverbrauch der Ressourcen (Verbrauchsabweichung) sein.[20]

$$\text{PrA/VerA}\,[€] = K^I(x) - K^S(x) = K^I(x) - \underbrace{K_f^P - k_v^P(x) \cdot x}_{K^S(x)} \tag{2.8}$$

Die in der Planperiode hergestellten Erzeugnisse werden im Rahmen der Produktkalkulation anteilig mit den Plankosten belastet, d. h. die gesamten Plankosten K^P werden auf die gesamte (geplante) Produktionsmenge x^P verrechnet. Der Anteil der Plankosten, den eine einzelne Produkteinheit zu tragen hat, kann durch den Quotienten $\frac{K^P}{x^P}$ ausgedrückt werden. Daraus ergibt sich die Funktion der verrechneten Kosten (siehe Gl. 2.9).

$$K^{\text{verr}}(x) = \frac{K^P}{x^P} \cdot x \tag{2.9}$$

Die Gesamtkosten werden anteilig ohne Unterscheidung zwischen fixen und variablen Bestandteilen verteilt. Es ergibt sich der in Abb. 2.8 dargestellte Verlauf für die verrechneten Kosten. Dies führt dazu, dass die während der Periode auf die Produkte weiterverrechneten Kosten praktisch immer geringer sind als die Sollkosten. Diese Differenz wird Produktionsmengenabweichung (ProdA) genannt. Wird nichts produziert, werden auch keine Kosten weiterverrechnet und die Produktionsmengenabweichung ist gleich der Höhe der geplanten fixen Kosten. Entspricht die tatsächliche Produktionsmenge der geplanten Produktionsmenge, so sind die Sollkosten auch gleich der verrechneten

[20] Ursachen von Verbrauchsabweichungen können beispielsweise außerplanmäßiger Ausschuss oder Verschnitt sowie notwendig gewordene Nach- oder Mehrarbeit sein. Diese Ursachen können als Unwirtschaftlichkeiten in der Produktion interpretiert werden.

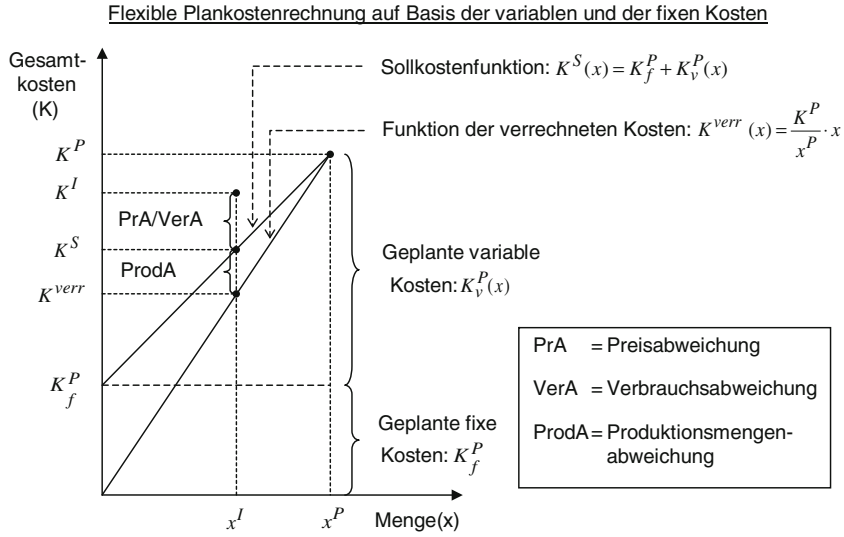


Abb. 2.8 Wirtschaftlichkeitskontrolle in der Plankostenrechnung

Kosten (siehe Gl. 2.10 und 2.11). Dieser Sachverhalt lässt sich gut am Abstand der beiden Funktionen in Abb. 2.8 erkennen.

$$\text{ProdA}(x) = K^S(x) - K^{\text{verr}}(x) = K_f^P + K_v^P(x) - \frac{K^P}{x^P} \cdot x = \underbrace{K_f^P + k_v^P \cdot x}_{K^S(x)} - \underbrace{(\frac{K_f^P}{x^P} \cdot x + k_v^P \cdot x)}_{K^{\text{verr}}(x)} \tag{2.10}$$

$$\text{ProdA}(x) = K_f^P - \frac{K_f^P}{x^P} \cdot x$$

$$\begin{aligned} \text{ProdA} &= K_f^P, \text{ wenn } x = 0 \\ \text{ProdA} &= 0, \text{ wenn } x = x^P \end{aligned} \tag{2.11}$$

Die Produktionsmengenabweichung tritt also nur dann (mit positiven Vorzeichen) auf, wenn weniger produziert wird als geplant war bzw. maximal möglich gewesen wäre ($x^I < x^P$). Sie ist auf eingeplante, aber nicht genutzte Produktionskapazitäten zurückzuführen. Da die fixen Kosten die Kosten der Produktionsbereitschaft sind, ist die Höhe der Abweichung immer der Anteil der fixen Kosten, der auf nicht benutzte Kapazitäten entfällt. Eine positive Produktionsmengenabweichung kann unter Umständen unwirtschaftlich sein, und zwar dann, wenn die überschüssige Kapazität dauerhaft nicht gebraucht wird.[21]

[21] Überschüssige Produktionskapazitäten können aber auch eine wirtschaftliche Bedeutung haben, und zwar zur Minimierung des Risikos von Produktionsausfällen. Die nicht benutzten Kapazitäten werden absichtlich und dauerhaft vorgehalten, um sie im Fall einer Störung zur Verfügung zu haben.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.13: Wie unterscheidet sich das Mengengerüst und das Wertgerüst hinsichtlich des Zeitbezugs im Falle von Ist-, Plan- und Sollkosten?

Frage 2.14: Wie werden Plankosten ermittelt? Warum haben Plankosten den Charakter von Vorgabewerten?

Frage 2.15: Durch was unterscheidet sich eine Vorkalkulation von einer Nachkalkulation? Wofür können sie einzeln, aber auch in Kombination eingesetzt werden?

Frage 2.16: Was ist eine Sollkostenfunktion und aus welchen Elementen setzt sie sich zusammen? Wofür kann diese Funktion eingesetzt werden?

Frage 2.17: Was ist eine Funktion der verrechneten Kosten? Wie wird sie aufgestellt? Wofür kann diese Funktion eingesetzt werden?

Frage 2.18: Wie kann die Differenz aus Sollkosten und verrechneten Kosten interpretiert werden? Wie verhält sich die Differenz in Abhängigkeit zur Produktionsmenge? Zeichnen Sie die Abhängigkeit skizzenhaft in ein Koordinatensystem.

Frage 2.19: Wie kann die Differenz aus Sollkosten und Istkosten interpretiert werden? Geben Sie praktische Beispiele an, die Ursache für eine solche Differenz sein können.

Frage 2.20: Warum ist eine aufschlussreiche Wirtschaftlichkeitsanalyse nur in Kombination der flexiblen Plankostenrechnung mit der Istkostenrechnung möglich?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.5: Aussagen zur Ist- und Plankostenrechnung

Welche der folgenden Aussagen aus Tab. 2.3 sind richtig? Begründen Sie jeweils, warum die Aussage richtig oder warum sie falsch ist.

Aufgabe 2.6: Flexible Plankostenrechnung

Ein Unternehmen plant von einer Produktart 600 Stück im Quartal herzustellen. Hierfür werden die Kosten der Produktionsbereitschaft (auf Basis der vorhandenen

Tab. 2.3 Aussagen zur Ist- und Plankostenrechnung

Aussage	Richtig/Falsch – Begründung
1. Mit der Istkostenrechnung kann keine Vorkalkulation erstellt werden	
2. Die Plankostenrechnung an sich eignet sich gut zur Wirtschaftlichkeitskontrolle	
3. Sollkosten sind die auf die Istproduktionsmenge umgerechneten Plankosten	
4. Plankosten basieren auf geplanten Verbrauchsmengen und tatsächlichen Beschaffungspreisen für die eingesetzten Ressourcen	
5. Die Differenz zwischen Sollkosten und Istkosten wird Produktionsmengenabweichung genannt	
6. Die Differenz zwischen Sollkosten und verrechneten Kosten wird Produktionsmengenabweichung genannt	
7. Wenn nichts produziert wird, ist auch die Produktionsmengenabweichung null	

Maschinen) mit 6000 € veranschlagt. Die von der Produktionsmenge abhängigen Kosten werden mit insgesamt 27.000 € geplant. Es wird ein proportionaler Kostenverlauf unterstellt.

Am Ende des betreffenden Quartals wurde festgestellt, dass nur 400 Stück hergestellt worden sind. Hierfür sind insgesamt Kosten in Höhe von 25.000 € entstanden.

1. Geben Sie die Sollkostenfunktion und die Funktion der verrechneten Kosten an. Zeichnen Sie beide Funktionen skizzenhaft in ein Koordinatensystem ein.
2. Was können Sie zur Wirtschaftlichkeit der Produktion sagen? Analysieren Sie hierzu die Abweichungen.

2.1.4 Kosten in Abhängigkeit der Zurechenbarkeit (Einzel-/ Gemein-Kosten)

Die gesamten Kosten, die in einem Unternehmen verursacht werden, können nach der Zurechenbarkeit zu den hergestellten Produkten gegliedert werden. Es gibt zum einen Kostenarten, bei denen der zugrunde liegende Ressourcenverbrauch direkt und eindeutig einer einzelnen Produkteinheit zugeordnet werden kann. Diese Kostenarten werden als direkte Kosten oder Einzelkosten bezeichnet. Hingegen werden die Kostenarten, die nur einer Gruppe von Produkten oder allen hergestellten Produkten gemeinsam zugeordnet werden können, indirekte Kosten oder Gemeinkosten genannt.[22]

Einzelkosten sind beispielsweise Materialkosten, und zwar immer dann, wenn das Material Bestandteil des Produktes wird. Es kann sich aber auch um Akkordlöhne handeln, wenn eine definierte Arbeitsdauer pro Produkteinheit notwendig ist. In all diesen Fällen der direkten und eindeutigen Zuordenbarkeit des Ressourcenverbrauchs zu einzelnen Produkteinheiten ist das Verursachungsprinzip in seiner kausalen Interpretation leicht einhaltbar, da es eine klare Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Menge der Ressourcen und der Anzahl der damit hergestellten Produkte gibt.

Gemeinkosten werden genauso wie die Einzelkosten durch die Herstellung der Produkte verursacht. Allerdings lassen sie sich nicht eindeutig auf eine einzelne Produkteinheit beziehen. Die zugrunde liegenden Ressourcen werden gemeinsam für mehrere Produkte verbraucht. Beispielsweise kann es sich bei der Beheizung der Fertigungshalle um eine Gemeinkostenart handeln, weil die Heizenergie für sämtliche in der Halle hergestellten Produkte verbraucht wird. Das können Produkte gleicher Art, unterschiedliche Produktarten oder auch alle Produkte des Unternehmens sein. Entsprechend muss für Gemeinkosten immer angegeben werden, von welchen Produkten sie solidarisch verursacht werden.

[22]Zur Unterscheidung dieser Kostenkategorien siehe z. B. Haberstock (2008, S. 57 f.); VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 10) oder Friedl et al. (2010, S. 46 ff.)

Es stellt sich die Frage, welche Beziehungen es zwischen den Einzel- und den Gemeinkosten auf der einen Seite und den variablen und den fixen Kosten auf der anderen Seite gibt. Grundsätzlich gilt, dass sich die Gesamtkosten (K) eines Unternehmens jeweils aus der Summe des Begriffspaares zusammensetzen, also der Einzel- (EK) und der Gemeinkosten ($Geko$) sowie der variablen (K_v) und der fixen Kosten (K_f) (siehe Gl. 2.12). Es handelt sich hierbei um zwei alternative Gliederungsmöglichkeiten für die Gesamtkosten, die sich allerdings überschneiden können.

$$K = K_v + K_f = EK + Geko \tag{2.12}$$

Einzelkosten können einer einzelnen Produkteinheit zugerechnet werden und sind deshalb immer auch variable Kosten (siehe Abb. 2.9). Wird eine Einheit zusätzlich produziert, so werden beispielsweise auch zusätzliches Fertigungsmaterial und zusätzliche Akkordarbeitszeit verzehrt, was zwangsläufig zu einer Erhöhung der Kosten führt.

Ebenso eindeutig verhält es sich auch bei den fixen Kosten, denn sie sind immer Gemeinkosten. Durch die Produktion einer zusätzlichen Einheit verändern sie sich nicht in ihrer Höhe, was bedeutet, dass sie auch nicht einer einzelnen Produkteinheit zurechenbar sein können. Die Kosten der Produktionsbereitschaft (fixe Kosten) entstehen für alle Produkte solidarisch, für die die Produktionskapazität eingerichtet worden ist.

Weniger eindeutig wird es bei der Betrachtung der Gemeinkosten und der variablen Kosten. Gemeinkosten können nämlich sowohl fix als auch variabel sein. Sie sind fix, wenn es sich um die Produktionsbereitschaft handelt und sie sind variabel, wenn sie bei der Fertigung gemeinsam durch mehrere Produkte verursacht werden. Ein Beispiel für variable Gemeinkosten ist der Energieverbrauch der Maschinen und Anlagen während der Produktion. Demzufolge können variable Kosten sowohl Einzelkosten als auch Gemeinkosten sein.

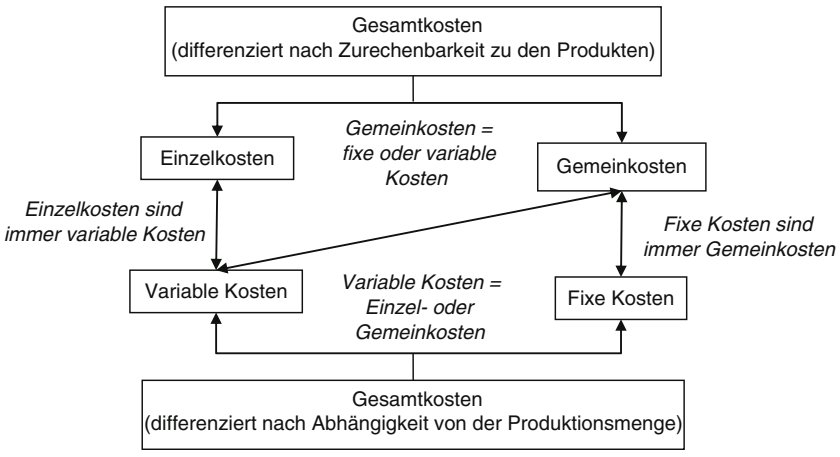


Abb. 2.9 Beziehungen zwischen Einzel- und Gemeinkosten sowie zwischen fixen und variablen Kosten. (In Anlehnung an Haberstock 2008, S. 58)

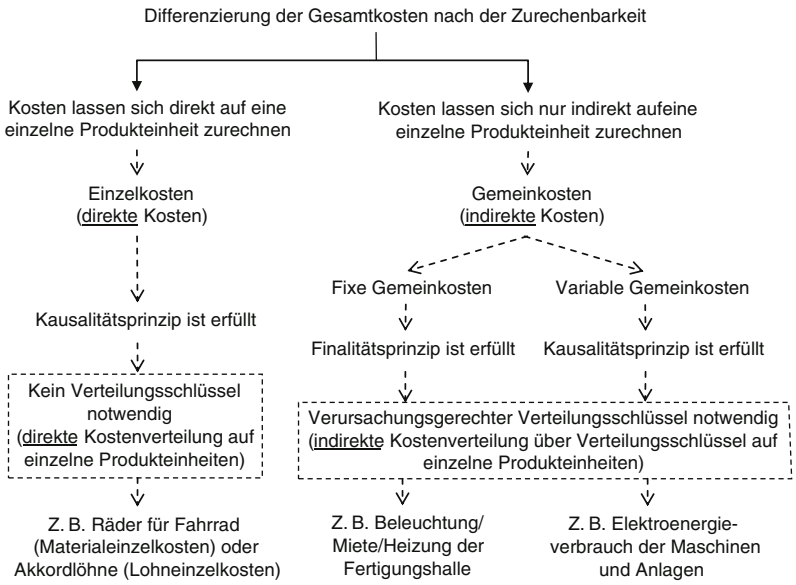


Abb. 2.10 Unterscheidung von Einzel- und Gemeinkosten

Einzelkosten sind immer variable Kosten und per Definition immer direkt auf eine Produkteinheit zurechenbar. Dies bedeutet auch, dass für Einzelkosten die kausale Interpretation des Verursachungsprinzips (Kausalitätsprinzip) voll erfüllt ist, da eine Ursache-Wirkungs-Beziehung quasi in der Begriffsdefinition verankert ist (siehe Abb. 2.10).

Die Zurechnung von Gemeinkosten auf einzelne Produkteinheiten ist nur indirekt über die Verwendung eines Verteilungsschlüssels möglich. Diese Verteilungsschlüssel werden in der Kostenrechnung Kalkulationssätze genannt. Sie beschreiben die anteilige Zuweisung der gemeinsam verursachten Kosten auf einzelne Produkte. Beispielsweise wird der Energieverbrauch der Maschinen und Anlagen durch alle auf diesen hergestellten Produkten gemeinsam verursacht. Es muss ein verursachungsgerechter Verteilungsschlüssel gefunden werden, um diese Energiekosten auf die einzelnen Produkte zu verteilen. Als Schlüssel könnten möglicherweise die Fertigungszeit und/oder das Fertigungsverfahren fungieren, je nachdem, was als verursachungsgerecht für den Energieverbrauch angesehen wird. Die Definition des Schlüssels übt einen wesentlichen Einfluss auf die Verursachungsgerechtigkeit aus. Wie auch immer der Schlüssel gewählt wird, die erreichbare Genauigkeit der Kosteninformationen ist wegen des Schlüssels meistens für Gemeinkosten deutlich geringer als für Einzelkosten.

Ist eine Gemeinkostenart variabel, wie z. B. die Energiekosten für Maschinen und Anlagen, so kann das Kausalitätsprinzip als erfüllt betrachtet werden. Eine zusätzlich hergestellte Produkteinheit erzeugt automatisch auch höhere Gemeinkosten dieser Art. Eine Ursache-Wirkungs-Beziehung wird in diesem Fall als gegeben unterstellt. Die variablen Gemeinkosten können damit Grundlage für kurzfristige unternehmerische

Entscheidungen sein, weil sie auch kurzfristig, z. B. mit einem konkreten Auftrag, entstehen bzw. wegfallen können.

Ist eine Gemeinkostenart hingegen fix, wie bei der Miete für die Produktionshalle, so besteht auf jeden Fall keine Ursache-Wirkungs-Beziehung, sondern nur eine Zweck-Mittel-Beziehung. Die Produktionshalle und damit die Mietkosten fallen an, damit grundsätzlich produziert werden kann. Deshalb gilt hier das Finalitätsprinzip als erfüllt.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.21: Warum werden Einzelkosten mitunter auch als direkte Kosten bezeichnet? Geben Sie weitere praktische Beispiele für Einzelkosten an.

Frage 2.22: Warum werden Gemeinkosten auch indirekte Kosten genannt? Nennen Sie weitere praktische Beispiele für variable und für fixe Gemeinkosten.

Frage 2.23: Was ist ein Verteilungsschlüssel? Welche Funktion hat er bei der Verrechnung von Gemeinkosten? Welche beispielhaften Verteilungsschlüssel fallen Ihnen ein?

Frage 2.24: Erfüllen Einzelkosten und Gemeinkosten gleichsam das Verursachungsprinzip? Macht es dabei einen Unterschied, ob die Gemeinkosten variabel oder ob sie fix sind? Begründen Sie Ihre Aussagen.

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.7: Zuordnung von Kostenarten

Die Tab. 2.4 enthält Beispiele für Ressourcenarten, die in Industrieunternehmen häufig verbraucht werden. Ordnen Sie durch Ankreuzen jeder Ressourcenart zu, ob sie zu Einzel- oder Gemeinkosten bzw. zu variablen oder fixen Kosten führt. Es müssen also in jeder Zeile zwei Kreuze gesetzt werden.

Tab. 2.4 Ressourcenarten

Ressourcenart	Einzelkosten	Gemeinkosten	Variable Kosten	Fixe Kosten
Not-Beleuchtung der Fertigungshalle				
Energieverbrauch einer Werkzeugmaschine				
Motor für den Bau eines PKW				
Akkordlöhne in der Fertigung				
Grundgehälter in der Fertigung				
Stahlverbrauch im Schiffsbau				
Gebühren für die Industrie- und Handelskammer				
Miete für das Verwaltungsgebäude				

(Fortsetzung)

Tab. 2.4 (Fortsetzung)

Ressourcenart	Einzelkosten	Gemeinkosten	Variable Kosten	Fixe Kosten
Miete für die Fertigungshalle				
Beiträge und Gebühren für Verbände				
Felgen für den Bau eines PKW				
Schmiermittel einer Maschine				
Pförtner für das Werksgelände				
Heizung für Verwaltungsgebäude				
Reinigungsmittel für eine Fräsmaschine				

Aufgabe 2.8: Verteilungsschlüssel

In einem Metall verarbeitenden Unternehmen ist eine Abteilung „Dreherei" eingerichtet worden. In dieser werden aus Halbzeugen (Fertigungsmaterial) Drehteile gefertigt. Hierzu wird auf den Drehmaschinen eine bestimmte Fertigungszeit pro Teil benötigt und es wird je nach Art des Drehteils ein unterschiedlich hoher Akkordlohn an den Maschinenbediener gezahlt. Diese Informationen liegen nach Kalendermonaten gegliedert vor (siehe Tab. 2.5). Die fixen Kosten der Dreherei betragen 85.000 € pro Jahr. Es werden pro Monat die in der Tabelle gelisteten variablen Gemeinkosten für Elektroenergie, Verschleißmaterial (z. B. Drehmeißel) sowie Putz- und Schmiermittel verursacht.

Tab. 2.5 Informationen zur Abteilung „Dreherei" (Aufgabe 2.8)

Monat	Anzahl Drehteile in [Stück]	Fertigungsmaterial in [€]	Akkordlöhne in [€]	Fertigungszeit in [min]	Variable Gemeinkosten in [€]
Januar	1900	32.000	2700	4000	7000
Februar	2400	35.000	1950	4650	8600
März	2550	37.000	2200	5000	9200
April	2600	52.000	2300	5300	9500
Mai	2550	61.000	3400	5050	9300
Juni	3020	61.500	3600	5900	10.400
Juli	2650	62.000	3600	5600	9700
August	2480	50.000	3550	5100	9000
September	2300	55.000	3650	4700	8500
Oktober	2160	56.000	3200	4300	7700
November	2380	45.000	3300	4600	8200
Dezember	2100	47.000	3600	4200	7500

1. Welche Größe eignet sich Ihrer Meinung nach gut als Bezugsgröße zur Weiterverrechnung der Gemeinkosten der Dreherei auf die hergestellten Teile? Begründen Sie Ihre Entscheidung.
2. Berechnen Sie den Verteilungsschlüssel (Kalkulationssatz) für das betreffende Jahr.

2.1.5 Kosten in Abhängigkeit der Entscheidung (Teil-/Voll-Kosten)

Werden im Rahmen der Kostenrechnung die gesamten Kosten des Unternehmens auf die hergestellten Produkte verteilt, so wird üblicherweise von einer Vollkostenrechnung gesprochen. Alle angefallenen Kosten werden dabei auf die Produkte weiterverrechnet. Wird hingegen nur ein Teil der Gesamtkosten weiterverteilt, so handelt es sich um eine Teilkostenrechnung. Ob jetzt die Vollkosten oder die Teilkosten für ein Produkt interessant sind, hängt davon ab, welche Entscheidungen mit Hilfe dieser Kosteninformationen getroffen werden sollen.[23]

Soll über die Annahme eines ausführbaren Auftrags entschieden werden, so sind normalerweise nur die variablen Kosten (Teilkosten) relevant, weil nur diese mit dem möglichen Auftrag zusätzlich verursacht werden. Die variablen Kosten bilden dabei die absolute Preisuntergrenze für den Auftrag, die keinesfalls unterschritten werden darf, da sonst Verluste drohen. Kann ein Preis höher als die variablen Kosten erzielt werden, so werden die variablen Kosten vollständig und zusätzlich auch ein Teil der fixen Kosten gedeckt. Die Frage nach der Annahme des Auftrags ist eine kurzfristige Entscheidung, ohne Beeinflussung der gegebenen Produktionskapazitäten. Aus diesem Grund sind die fixen Kosten hier nicht entscheidungsrelevant (siehe Abb. 2.11, links).

Anders sieht der Sachverhalt aus, wenn grundsätzlich darüber entschieden wird, ob Aufträge einer bestimmten Art angenommen werden sollen. Dann stellt sich nämlich die Frage, inwiefern überhaupt Produktionsmöglichkeiten mit der im Moment gegebenen Kapazität bereitzuhalten sind. Es handelt sich hierbei um eine langfristige Entscheidung über die Aufrechterhaltung der Produktionsbereitschaft. Aus diesem Grund sind sowohl die fixen als auch die variablen Kosten (Vollkosten) entscheidungsrelevant. Genau genommen müssen alle Kosten (variable und fixe), die im Laufe der Zeit für alle Aufträge entstehen, durch die Erlöse gedeckt werden, um langfristig Gewinne zu erzielen. Als zeitlicher Horizont für solch langfristige Entscheidungen gilt der Planungszeitraum, innerhalb dessen die Produktionskapazitäten und damit auch die fixen Kosten tatsächlich verändert werden können (siehe Abb. 2.11, rechts).

Werden kurzfristige Entscheidungen auf Basis von Vollkosten getroffen, kann dies leicht zu gravierenden Fehlern führen. Das Zahlenbeispiel aus Tab. 2.6 verdeutlicht im oberen Teil die Gewinnberechnung auf Vollkostenbasis. Es werden die Erlöse, die variablen und die fixen Kosten aufgelistet, so wie sie für jede Produktart einzeln kalkuliert

[23]Zur Unterscheidung von Voll- und Teilkosten siehe z. B. Däumler und Grabe (2008, S. 75 ff.); VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 13 f.) oder Haberstock (2008, S. 178 ff.)

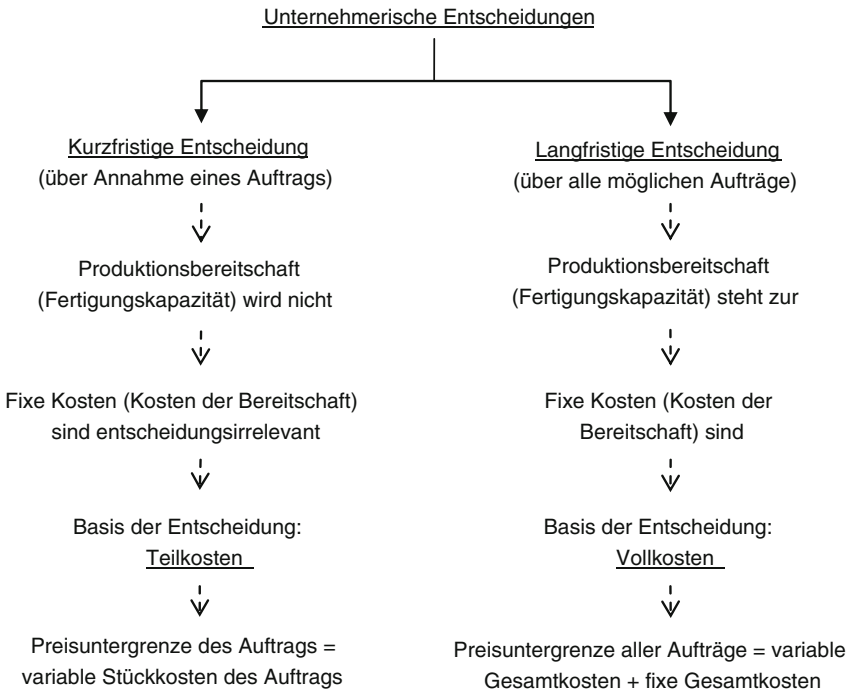


Abb. 2.11 Relevante Kosten für lang- und kurzfristige Entscheidungen

worden sind. Werden jetzt jeweils die Gesamtkosten von den Erlösen subtrahiert, so zeigt sich, dass die Produktarten 1 und 2 Gewinne ausweisen und die Produktart 3 Verluste verursacht. Der Gewinn insgesamt für alle Produktarten beträgt 6000 €. Die Schlussfolgerung könnte nun sein, die verlustige Produktart 3 aus dem Fertigungsprogramm zu eliminieren, um so einen um 2000 € höheren Gewinn zu erreichen.

In den Berechnungen im unteren Teil der Tab. 2.6 werden den Produktarten nur die variablen Kosten (Teilkosten) zugewiesen und daraus wird der Deckungsbeitrag pro Produktart errechnet. Der Deckungsbeitrag drückt aus, um welchen Betrag die Erlöse höher sind als die variablen Kosten. Mit dieser Differenz trägt die jeweilige Produktart zur Deckung der fixen Kosten bei. Da der Deckungsbeitrag jeder Produktart positiv ist, leistet auch jede Produktart einen (unterschiedlich hohen) Beitrag. Wird jetzt wie oben angedeutet die Produktart 3 aus dem Programm genommen, so sinkt der Unternehmensgewinn um 4000 € auf 2000 €. Dies wäre auf Basis der Vollkosten nicht erkennbar gewesen.

Die Kosten der Produktionsbereitschaft betragen insgesamt 9000 €. Es handelt sich hierbei beispielsweise um die Kosten für die Maschinen und Anlagen, die Gehälter in der Produktion oder die Miete der Fertigungshalle. Diese Kosten sind kurzfristig nicht beeinflussbar und fallen deshalb in jedem Fall an, auch wenn auf die Produktart 3 verzichtet wird. Der auf Teilkostenbasis errechnete Deckungsbeitrag spiegelt die Konsequenzen

Tab. 2.6 Vollkostenrechnung versus Teilkostenrechnung bei kurzfristigen Entscheidungen

	Produktart 1	Produktart 2	Produktart 3	∑ (Zeile)
Vollkostenrechechnung				
Erlöse (E)	9000 €	6000 €	8000 €	23.000 €
Variable Kosten (K_v)	3000 €	1000 €	4000 €	8000 €
Fixe Kosten (K_f)	1500 €	1500 €	6000 €	9000 €
Gesamtkosten ($K = K_v + K_f$)	4500 €	2500 €	10.000 €	17.000 €
Gewinn/Verlust ($G = E - K$)	+4500 €	+3500 €	−2000 €	+6000 €
Teilkostenrechnung (Deckungsbeitragsrechnung)				
Erlöse (E)	9000 €	6000 €	8000 €	
Variable Kosten (K_v)	3000 €	1000 €	4000 €	
Deckungsbeitrag ($DB = E - K_v$)	+6000 €	+5000 €	+4000 €	
∑ Deckungsbeiträge (ΣDB)	15.000 €			
Fixe Kosten (K_f)	9000 €			
Gewinn/Verlust ($G = \Sigma DB - K_f$)	+6000 €			

wider, die tatsächlich mit einer kurzfristigen Entscheidung einhergehen. Die Erlöse der Produktart 3 (8000 €) und die variablen Kosten (4000 €) sind disponibel, die fixen Kosten (6000 €) hingegen nicht. Die Gewinne steigen deshalb auch nicht wie gewollt auf 8000 €, sondern sinken leider auf 2000 €.

Des Weiteren stellt sich die Frage, ob bei langfristigen Entscheidungen die fixen Kosten immer als ein homogener Block betrachtet werden können. Die Frage kann grundsätzlich mit „nein“ beantwortet werden, es kommt nämlich jedes Mal darauf an, welcher Betrachtungszeitraum einer Entscheidung zugrunde liegt. Eine beispielhafte (-zeitliche) Hierarchie für die Verursachung von fixen Kosten in Unternehmen zeigt Tab. 2.7. Die in der ersten Zeile (Produktarten) genannten Fixkosten lassen sich in einer kürzeren Zeit beeinflussen als die in der zweiten Zeile (Produktgruppen), die wiederum in einer kürzeren Zeit als die in der dritten Zeile (Unternehmensbereich). Die fixen Kosten der Unternehmensleitung stehen erst zur Disposition, wenn über die Existenz des Unternehmens entschieden wird.

Auf die Tab. 2.7 bezogen, können beispielsweise die fixen Kosten der Produktart 3 für Sondermaschinen anfallen. Diese Fertigungskapazitäten sind parallel zur Entwicklung der Produktart aufgebaut worden, um nach erfolgreichem Abschluss fertigen zu können. Sie werden ausschließlich von der Produktart 3 verursacht und können dieser deshalb auch eindeutig zugerechnet werden. Die Kosten der Fertigungshalle der gesamten Produktgruppe II, in der die Produktarten 3, 4 und 5 hergestellt werden, fallen gemeinsam an. D. h. diese fixen Kosten können erst abgebaut werden, wenn die Fertigung aller drei Produktarten zusammen eingestellt wird.

Tab. 2.7 Fixkosten-Hierarchie in Unternehmen

Fixe Kosten Produktart 1	Fixe Kosten Produktart 2	Fixe Kosten Produktart 3	Fixe Kosten Produktart 4	Fixe Kosten Produktart 5	Fixe Kosten Produktart 6
Fixe Kosten Produktgruppe I		Fixe Kosten Produktgruppe II			Fixe Kosten Produktgruppe III
Fixe Kosten Unternehmensbereich A		Fixe Kosten Unternehmensbereich B			
Fixe Kosten Unternehmensleitung					

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.25: Aus welchem Grund ist es sinnvoll, zwischen Voll- und Teilkosten zu unterscheiden? Was hat die Unterscheidung mit dem zeitlichen Planungshorizont einer unternehmerischen Entscheidung zu tun?

Frage 2.26: Geben Sie ein praktisches Beispiel für eine kurzfristige und für eine langfristige unternehmerische Entscheidung an. Machen Sie für jedes Beispiel deutlich, was genau zur Disposition steht und welcher Umfang an Kosten folglich entscheidungsrelevant ist.

Frage 2.27: Was verstehen Sie unter einem Deckungsbeitrag? Was sagt dieser aus? Wie unterscheidet sich der Stückdeckungsbeitrag vom Gesamtdeckungsbetrag?

Frage 2.28: Nach welchem Kriterium könnte man den gesamten Fixkostenblock in einem Unternehmen sinnvoll zur Entscheidungsunterstützung gliedern? Welchen Zusammenhang gibt es dann zwischen der Gliederung der Fixkosten und der Gliederung des Deckungsbeitrags?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.9: Make-or-Buy-Entscheidung für ein Bauteil (1/2)

Ein Unternehmen stellt auf einer speziell angefertigten Horizontaldrehmaschine ein Bauteil aus Gusseisen her. Normalerweise werden von diesem Teil ungefähr 1000 Stück im Quartal benötigt. Die Maschine ist aber in der Lage, 2500 Stück pro Quartal zu fertigen.

Der Einkauf weist wiederholt darauf hin, dass es einen bekannten Lieferanten gibt, der das Bauteil für 160 €/Stück ab Werk anbietet. Die Abholung der Teile durch einen Spediteur würde 30 €/Stück und die Wareneingangsprüfung 10 €/Stück kosten.

Von der Kostenrechnung werden die Stückkosten auf Vollkostenbasis für das Bauteil bei Eigenfertigung mit 300 €/Stück berechnet, wobei die variablen Stückkosten mit 160 € angegeben werden. Die Unternehmensleitung entscheidet sich deshalb für den Kauf des Teils, da sonst vermeidbare Kosten von 100.000 € pro Quartal entstehen würden.

Ist die Entscheidung der Unternehmensleitung richtig? Begründen Sie Ihre Aussage!

Tab. 2.8 Daten zu den vier Produktarten

Produktart	Absatzpreis [€]	Stückkosten [€]	Variable Stückkosten [€]	Fixe Stückkosten [€]	Absatzmenge [Stück]
A	10	5	3	2	200
B	12	8	4	4	400
C	6	10	7	3	100
D	15	16	6	10	800

Aufgabe 2.10: Make-or-Buy-Entscheidung für ein Bauteil (2/2)

Es gelten die gleichen Ausgangsdaten wie in Aufgabe 2.9.

Die Horizontaldrehmaschine wird durch einen Bedienfehler eines Auszubildenden so stark beschädigt, dass sie nicht mehr repariert werden kann. Die Unternehmensleitung entschließt sich, eine neue, identische Maschine für einen Preis von 670.200 € zu erwerben. Die Nutzungsdauer der neuen Maschine wird auf 3 Jahre geschätzt. Für die Anschaffung wird ein Kredit aufgenommen, für den 8 % p. a. Zinsen gezahlt werden müssen.

Ist die Entscheidung der Unternehmensleitung richtig? Begründen Sie Ihre Aussage!

Aufgabe 2.11: Bereinigung des Absatzprogramms

Ein Unternehmen stellt auf einer Fertigungsstraße vier verschiedene Produktarten her (A bis D). Das Unternehmen möchte gerne seinen Gewinn erhöhen, indem es sein Sortiment an Produkten (Absatzprogramm) bereinigt. Es sollen verlustbringende Produkte eliminiert und gewinnträchtige gestärkt werden. Folgende Daten aus Tab. 2.8 wurden aus der Kostenrechnung dafür zur Verfügung gestellt.

1. Berechnen Sie den Gewinn pro Stück, pro Produktart und den Gesamtgewinn. Bilden Sie daraus eine entsprechende Rangfolge der Produkte.
2. Berechnen Sie ferner den Deckungsbeitrag pro Stück und pro Produktart. Wie groß ist der gesamte Fixkostenblock? Welche neue Rangfolge der Produkte ergibt sich daraus?
3. Eliminieren Sie die Produktart mit dem geringsten Deckungsbeitrag. Wie hoch ist der neue Gesamtgewinn? Warum ist er gestiegen? Was wäre passiert, wenn das Unternehmen die Rangfolge aus Teilaufgabe 1 verwendet hätte? Welche Produktart sollte das Unternehmen nach Möglichkeit stärken?

2.2 Kostenrechnung in Unternehmen

2.2.1 Kostenartenrechnung (Sachkostenermittlung)

Die Durchführung der Kostenrechnung für eine Abrechnungsperiode beginnt mit der Erfassung und Gliederung aller gebrauchten Kostenarten. Dieser erste Schritt wird in der Betriebswirtschaftslehre Kostenartenrechnung genannt. Es handelt sich hierbei aber nicht

unbedingt um eine spezielle Rechnung, sondern eher um eine Zusammenstellung der in einer Periode verursachten Kosten.

Bei der Durchführung der Kostenartenrechnung wird zunächst der in Abschn. 2.1.1 „Kostenbegriff und Verursachungsprinzip“ definierte Kostenbegriff angewendet, um zu klären, bei welchen Sachverhalten es sich überhaupt um Kosten handelt. Sind die in der Abrechnungsperiode verursachten Kosten identifiziert worden, so werden sie möglichst exakt in ihrer Höhe ermittelt sowie überschneidungsfrei und eindeutig gegliedert. Für die Gliederung der Kosten werden in der Literatur verschiedene Kriterien vorgeschlagen, zum Beispiel die Gliederung nach betrieblichen Funktionen (Beschaffung, Produktion, Vertrieb) oder nach der Art der verbrauchten Ressourcen. Letztere Möglichkeit soll in diesem Abschnitt in den Vordergrund gestellt werden.

Gliederung und Handhabung von Sachkosten Werden die Kosten, die in einem Unternehmen in einer bestimmten Abrechnungsperiode anfallen, nach der Art der verbrauchten Ressourcen gegliedert, so ergibt sich das in Tab. 2.9 dargelegte Gliederungsschema. Besonderes Augenmerk soll auf die Sachkosten gelegt werden, da sie für den Entwicklungsingenieur eine besondere Bedeutung haben. Zu den Sachkosten gehören neben den Materialkosten auch die Betriebsmittelkosten und die Energiekosten. Die übrigen Ressourcenarten, wie Personal, Verkehr, Kapital, Wagnisse oder Staat/Organisationen, müssen ebenfalls als Kosten in der Kostenartenrechnung zusammengestellt werden. Hierbei handelt es sich aber nicht um Sachen, sondern sie gehören zu den immateriellen Ressourcenarten.

Für die weitere Handhabung der Sachkosten in der Kostenrechnung ist eine detailliertere Gliederung notwendig; und zwar nach der Verweildauer im Unternehmen (siehe Abb. 2.12). Zur Kategorie Material gehören alle Sachen, die regelmäßig verbraucht werden und deshalb eine relativ kurze Zeit (weniger als eine Abrechnungsperiode) im

Tab. 2.9 Erfassung von Kostenarten

Erfassung von Kostenarten gegliedert nach der Art der verbrauchten Ressourcen		
Ressource		Kostenart
Personal (Löhne, Gehälter, Sozialabgaben)	⇨	Personalkosten
Material (Werkstoffe, Betriebsstoffe, Werkzeuge)	⇨	Materialkosten
Betriebsmittel[a] (Wiederbeschaffung)	⇨	Abschreibungen
Betriebsmittel (gemietet/geleast)	⇨	Mietkosten
Betriebsmittel (Instandhaltung)	⇨	Instandhaltungskosten
Energie (Brennstoffe, Treibstoffe, Strom)	⇨	Energiekosten
Verkehr (Transport, Reisen, Versand)	⇨	Verkehrskosten
Kapital	⇨	Zinskosten
Wagnisse (Unfälle, Schwund, Gewährleistungen)	⇨	Wagniskosten
Staat/Organisationen	⇨	Steuern, Gebühren, Beiträge

[a]Zu den Betriebsmitteln gehören beispielsweise Maschinen und Anlagen sowie Gebäude oder Fahrzeuge

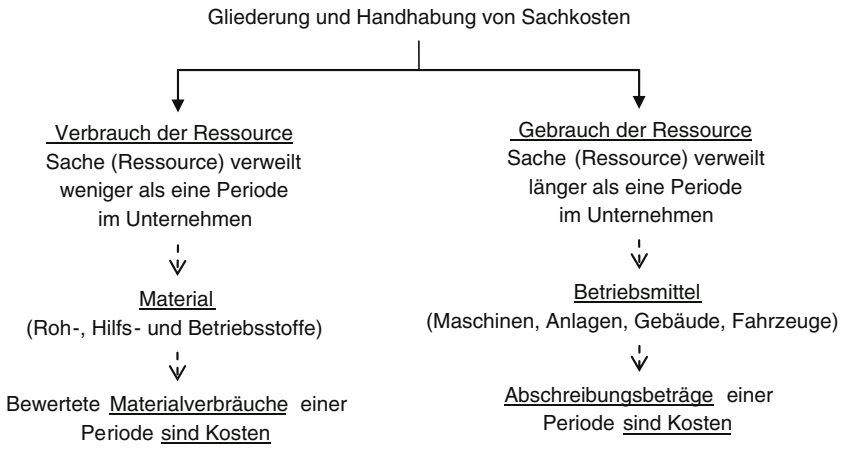


Abb. 2.12 Gliederung und Handhabung von Sachkosten

Unternehmen verweilen. Andere Sachen werden in Unternehmen über eine längere Zeit hinweg gebraucht. Diese Dinge werden allgemein als Betriebsmittel bezeichnet.

Es wird jetzt auch deutlich, dass Energie als Betriebsstoff dem Material zugeordnet werden kann. Betriebsstoffe werden im Allgemeinen für das Betreiben von Maschinen und Anlagen verbraucht. Dabei kann es sich um Elektroenergie, aber auch um Treibstoffe oder Heizmaterial handeln. Werkstoffe hingegen werden verarbeitet und sind dann Bestandteil des Produkts. Zu den Werkstoffen gehören die Rohstoffe und die Hilfsstoffe. Rohstoffe machen einen wesentlichen wertmäßigen Anteil am fertigen Produkt aus. Hilfsstoffe werden auch Bestandteil des Produkts, spielen aber wertmäßig nur eine untergeordnete Rolle.

Betriebsmittel werden in Unternehmen nicht verbraucht, sondern gebraucht. Zu den Betriebsmitteln gehören alle Sachen, die mehrperiodig eingesetzt werden und zudem abnutzbar sind. Neben Maschinen und Anlagen werden z. B. auch die Fertigungsgebäude und der Fuhrpark dazu gerechnet.

Für die Ermittlung der Materialkosten wird der Mengenverbrauch des Materials pro Periode gemessen und dann mit Geldeinheiten bewertet (siehe Abb. 2.13).[24] Der sich daraus ergebende bewertete Verbrauch von Material wird in der Kostenartenrechnung als Materialkosten ausgewiesen.

Die Ermittlung der Betriebsmittelkosten für eine Abrechnungsperiode gestaltet sich schwieriger als bei den Materialkosten. Betriebsmittel werden mehrperiodig genutzt, d. h. es muss bestimmt werden, welcher Anteil des Anschaffungswertes auf eine bestimmte Periode entfällt. Dieser Werteverzehr des Betriebsmittels pro Periode wird mit Hilfe der Abschreibung ermittelt. Deshalb werden Betriebsmittel (inklusive Lieferung, Installation und Inbetriebnahme) zunächst bewertet, wodurch der Anschaffungswert vor dem Beginn

[24]Zur Ermittlung der Materialkosten siehe auch die ausführliche Darstellung in Friedl et al. (2010, S. 167 ff.).

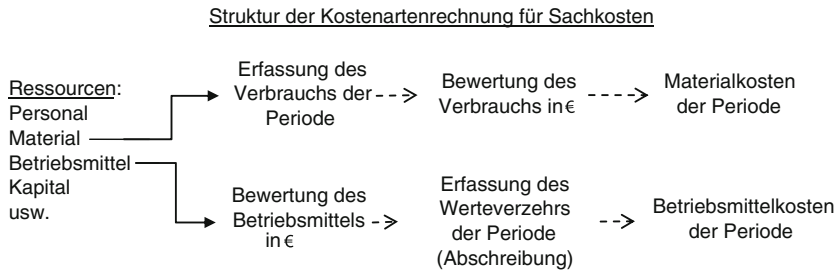
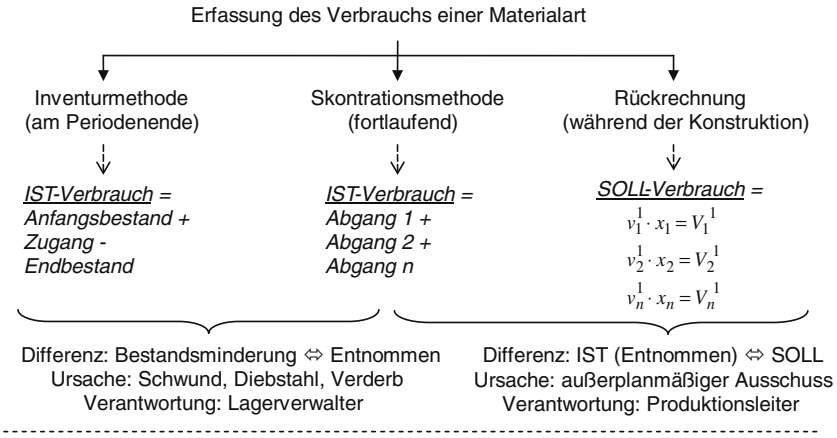


Abb. 2.13 Struktur der Kostenartenrechnung für Sachkosten



v_2^1: *Soll-Verbrauchsmenge der Materialart 1 für eine Einheit der Produktart 2.*

x_2: *Produzierte Menge der Produktart 2.*

$V_1^1 + V_2^1 + V_n^1 = V^1$: *Soll-Verbrauchsmenge allemit der Materialart 1 gefertigten Produkte in der Periode.*

Abb. 2.14 Erfassung des Materialverbrauchs

der Nutzung bestimmt ist. Durch Abschreibung wird sodann der Werteverzehr, der jeweils auf eine bestimmte Periode der Nutzung entfällt, abgeschätzt und als Betriebsmittelkosten interpretiert.

Ermittlung der Materialverbrauchsmengen Zur Erfassung des mengenmäßigen Materialverbrauchs einer Periode stehen mehrere Verfahren zur Verfügung (siehe Abb. 2.14). Die einfachste ist die Inventurmethode, bei der die Verbrauchsmenge ermittelt wird, indem der Bestand und die Zugänge des zur Materialart gehörenden Lagers betrachtet werden. Wird die Materialart in mehreren Lagern abgelegt und von der Produktion entnommen, so müssen entsprechend alle Orte analysiert werden. Der Ist-Verbrauch in Bezug auf ein Lager und für eine Periode ist gleich dem Anfangsbestand plus aller Zugänge minus dem Endbestand. Diese Analyse und damit die Bestimmung des Verbrauchs werden immer zum Periodenende durchgeführt.

Bei der Inventurmethode besteht keine Möglichkeit herauszufinden, wofür das Material verwendet worden ist. Es fehlt die Zuordnung zu einem Auftrag und zu einer Kostenstelle. Ferner lässt sich auch nicht aufklären, ob das Material überhaupt in der Produktion zum Einsatz gekommen ist, es könnte auch gestohlen, verdorben oder verschwunden sein. Die Inventurmethode ermittelt daher nur, dass Material einer Art in der Periode um eine bestimmte Menge weniger geworden ist. Aufgrund dieser gravierenden Nachteile ist diese Methode für die Kostenrechnung nicht zweckmäßig.

Bei der Skontrationsmethode wird anders vorgegangen. Der Materialverbrauch wird durch Materialentnahmescheine fortlaufend ermittelt. Deshalb wird sie häufig auch Fortschreibungsmethode genannt. Ein ausgefüllter Materialentnahmeschein ist bei dieser Methode im Rahmen der Lagerbuchhaltung immer notwendig, wenn Material aus dem Lager entnommen wird. Der Entnahmeschein enthält neben der Menge auch Angaben zum Verbleib des Materials, wie z. B. die Fertigungs- bzw. Kundenauftragsnummer und die Kostenstelle, in der das Material verarbeitet wird. Der Verbrauch einer Materialart in einer Periode kann dann durch Addition der Mengen aller Materialentnahmescheine bestimmt werden.

Dies hat den großen Vorteil, dass der Verwendungsort und die Zweckbestimmung genau feststellbar sind. Wird die Lagerbuchhaltung EDV-gestützt durchgeführt, so können solche Auswertungen automatisiert erstellt werden. Ein weiterer großer Vorteil liegt darin, dass aus der Differenz zwischen dem Ist-Verbrauch nach der Inventurmethode und dem Ist-Verbrauch nach der Skontrationsmethode jene Bestandsminderungen ermittelt werden können, die nicht für die Produktion entnommen worden sind. Hierbei kann es sich um gestohlenes, verdorbenes oder auch verschwundenes Material handeln, das keinen Produktionsbezug hat und deshalb auch nicht unter die Kosten fällt. Um diese Mengen zu ermitteln, müssen beide Methoden kombiniert eingesetzt werden. Allerdings ist es nicht zwingend notwendig, beide gleich häufig durchzuführen. Die Materialkosten können beispielsweise monatlich mit Hilfe der Skontrationsmethode berechnet werden, Diebstahl, Verderb und Schwund aber nur einmal im Jahr durch Vergleich mit der jährlichen Inventur. Die Verantwortung für solche Bestandsminderungen ohne Produktionsbezug trägt das Lager selbst in Person des Lagerverwalters.

Die dritte Möglichkeit zur Berechnung des mengenmäßigen Verbrauchs einer Materialart ist die Rückrechnung, die auch retrograde Methode genannt wird (siehe Abb. 2.14, rechts). Bei diesem Verfahren werden Soll-Verbrauchsmengen bestimmt. Die Soll-Verbrauchsmenge des Materials für ein Stück einer Produktart v_n^1 wird in der Konstruktion vom Entwicklungsingenieur festgelegt. Es handelt sich dabei um jene Menge, die der Konstrukteur für die Fertigung vorgesehen hat. Dazu gehören beispielsweise auch der vorgesehene Verschnitt oder der vorgesehene Ausschuss. Hierdurch wird klar, dass die Soll-Verbrauchsmenge immer an eine bestimmte im Unternehmen verfügbare Fertigungstechnologie gebunden ist.

Nach jeder Abrechnungsperiode wird dann diese geplante Stückverbrauchsmenge v_n^1 mit der Anzahl gefertigter Produkteinheiten x_n multipliziert. Es ergibt sich daraus die

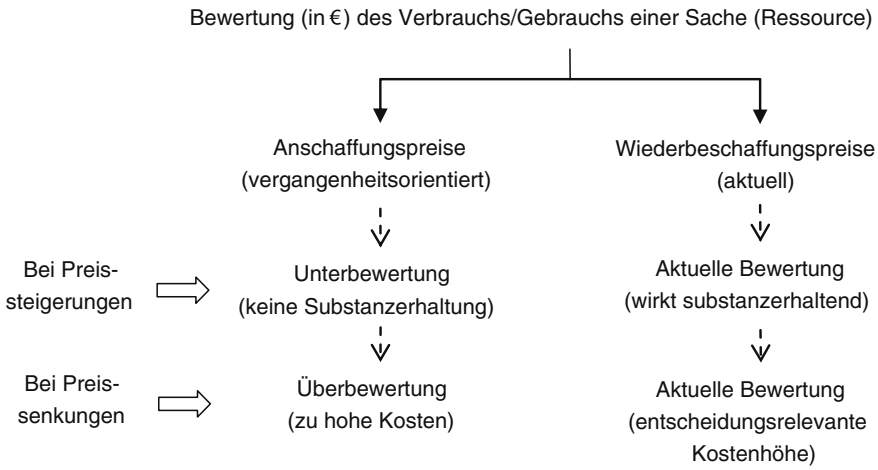


Abb. 2.15 Bewertung des (mengenmäßigen) Verbrauchs

Sollverbrauchsmenge der Materialart insgesamt für alle hergestellten Stück eine Produktart V_n^1. Durch Addition der Verbräuche aller mit der Materialart gefertigten Produktarten berechnet sich die gesamte Soll-Verbrauchsmenge der Materialart in der Periode V^1.

Die Differenz zwischen den für die Produktion entnommenen Materialmengen (nach Skontrationsmethode) und den Soll-Verbrauchsmengen (nach Rückrechnung) ist auf außerplanmäßige Vorkommnisse zurückzuführen. Ist beispielsweise mehr Ausschuss produziert worden als vorgesehen war oder kam es zu höherem Verschnitt als geplant, so kann von Unwirtschaftlichkeiten in der Produktion oder von fehlerhafter Planung ausgegangen werden. Verantwortlich hierfür ist die Produktion in Person des Produktionsleiters.

Bewertung des Ressourcenverbrauchs Nachdem der Verbrauch des Materials ermittelt worden ist, stellt sich als nächstes die Frage, mit welchen Preisen dieser bewertet werden sollte. Hierfür gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Vorgehensweisen, einmal die Bewertung mit den Anschaffungspreisen und zum zweiten die Bewertung der Verbräuche mit den jeweils aktuellen Wiederbeschaffungspreisen.

Aus diesen beiden Ansätzen ergeben sich unterschiedliche Konsequenzen (siehe Abb. 2.15). Wird der Ressourcenverbrauch mit den Anschaffungspreisen bewertet, so ist dies stets vergangenheitsorientiert, es wird nämlich jener Preis angesetzt, der ursprünglich, als die Ressource angeschafft wurde, Gültigkeit hatte. Ist der Preis in der Zwischenzeit, d. h. bis zum Verbrauch in der Produktion, gestiegen, so wird die Ressource unterbewertet. Die Kosten sind zum Zeitpunkt der Produktion niedriger als der aktuelle Wert. Sie wirken deshalb auch nicht substanzerhaltend. Die Ressourcen können für diesen Betrag nicht vollständig ersetzt werden.

Kommt es hingegen zu einer Erosion der Anschaffungspreise, so wird die Ressource in der Kostenrechnung überbewertet. Der Anschaffungspreis ist höher als der Wert der Ressource zum Produktionszeitpunkt. Die Bewertung des Ressourcenverbrauchs mit

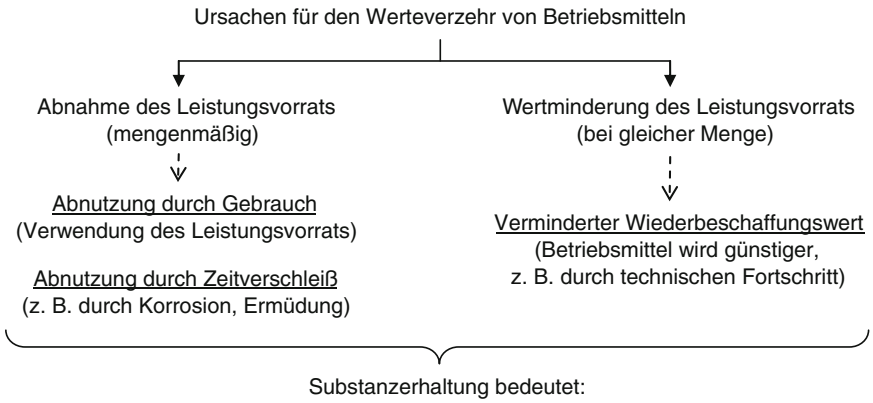


Abb. 2.16 Ursachen für den Werteverzehr von Betriebsmitteln

den Anschaffungspreisen wird aus den genannten Gründen deshalb generell als unzweckmäßig angesehen.

Besser funktioniert die Verwendung der Wiederbeschaffungspreise. Es werden die Beschaffungspreise der Ressourcen zum Zeitpunkt des Verzehrs in der Produktion angesetzt. Diese Preise wirken substanzerhaltend und führen stets zu einer aktuellen Bewertung der Verbräuche. Für Entscheidungen über die Annahme von Aufträgen können die sich aus diesen Preisen ergebenden Kosten als entscheidungsrelevant angesehen werden.

Abschreibung von Betriebsmitteln Wie bereits gesagt, ist im Falle von Betriebsmitteln die Bestimmung des Werteverzehrs pro Periode aufwendiger als beim Material.[25] Betriebsmittel verlieren aus verschiedenen Gründen während der Nutzungszeit an Wert. Dabei kann prinzipiell zwischen der mengenmäßigen Abnahme des Leistungsvorrats und der Wertminderung des Leistungsvorrats unterschieden werden (siehe Abb. 2.16). Unter Leistungsvorrat ist die Summe (der gesamte Vorrat) der von den Betriebsmitteln über die Nutzungszeit erbrachten Leistung (z. B. Schweißzeit, Anzahl Teile) zu verstehen.

Der Leistungsvorrat kann zum einen durch dessen Gebrauch abnehmen. Die Leistung des Betriebsmittels wird verwendet und dadurch kommt es zu planmäßigem Verschleiß. Eine zweite Möglichkeit ist die Abnutzung durch Ereignisse, die nicht unmittelbar mit der Nutzung zu tun haben, die aber dennoch im Laufe der Zeit planmäßig eintreten (z. B. durch Korrosion oder Materialermüdung). Dieser Sachverhalt wird Zeitverschleiß genannt, weil der Leistungsvorrat sich verringert, ohne dass das Betriebsmittel gebraucht

[25]Das Thema „Abschreibung von Anlagen“ wird z. B. in Friedl et al. (2010, S. 179 ff.) anschaulich vorgestellt.

worden ist. Beide Ursachen – Zeitverschleiß und Gebrauchsverschleiß – wirken in der Regel verknüpft auf Betriebsmittel ein, so dass sich häufig die Abnahme des Leistungsvorrats aus beiden Gründen kombiniert ergibt.

Die Wertminderung des Betriebsmittels kann auch unabhängig von mengenmäßigen Relationen betrachtet werden. Der Wert des Betriebsmittels und damit der Wert der abgegebenen Leistungen können sich nämlich auch nur mit dem Wiederbeschaffungswert verändern. Bekommt das Betriebsmittel in der Wiederbeschaffung einen niedrigeren Preis, so verliert es an Wert, auch ohne dass sich die Menge des Leistungsvorrates verringert (siehe Abb. 2.16, rechts). Auch hier muss wieder festgestellt werden, dass sich der vollständige Werteverzehr von Betriebsmitteln häufig als Kombination verschiedener Ursachen ergibt.

In der Regel soll die Substanz der Betriebsmittel langfristig in Unternehmen erhalten bleiben. Das wird dadurch erreicht, dass in jeder Abrechnungsperiode der tatsächliche Werteverzehr in Form von Kosten auf die hergestellten Produkte verrechnet wird. Werden die Produkte verkauft und damit die Kosten gedeckt, so ergibt sich dadurch auch die Substanzerhaltung. Idealerweise sind die Verkaufserlöse höher als alle Kosten, so dass über die Kostendeckung hinaus ein Gewinn erwirtschaftet werden kann.

Die Erfassung des Werteverzehrs von Betriebsmitteln erfolgt durch Einsatz von Abschreibungsmethoden. Mit ihrer Hilfe soll der aufgetretene Werteverzehr möglichst exakt ermittelt und als Kosten der Periode ausgewiesen werden. In der Regel wird zwischen zeitabhängigen und leistungsabhängigen Abschreibungsmethoden unterschieden (siehe Abb. 2.17).

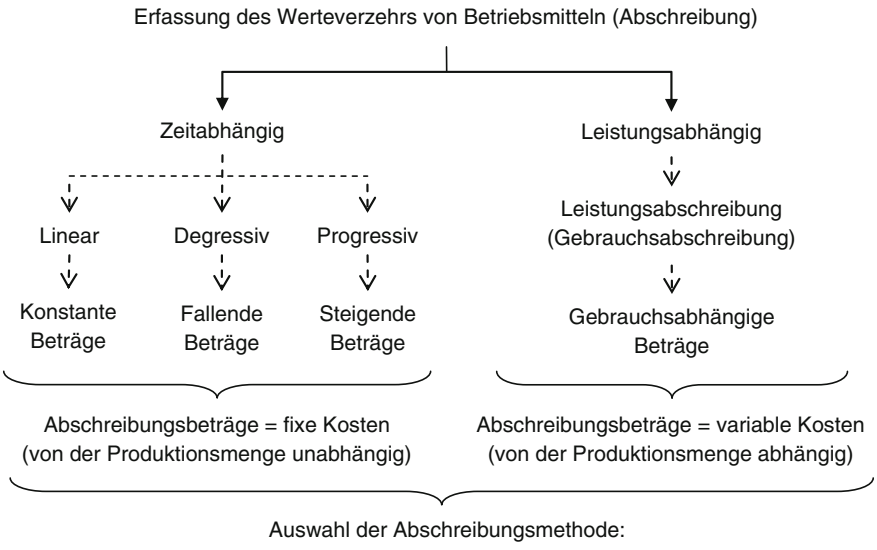


Abb. 2.17 Erfassung des Werteverzehrs von Betriebsmitteln (Abschreibung)

Bei der leistungsabhängigen Abschreibung, die auch Gebrauchsabschreibung heißt, ist der jeweilige Verbrauch des Leistungsvorrats ein Maß für die Höhe der Abschreibungsbeträge in der Periode. Die Kosten sind deshalb von der Produktionsmenge abhängig und können den variablen Gemeinkosten zugeordnet werden. Dahingegen bilden die zeitabhängigen Methoden die Wertminderung in Abhängigkeit von der Dauer der Leistung ab. Es wird dabei zwischen linearer, degressiver und progressiver Abschreibung unterschieden. Die sich ergebenden Abschreibungsbeträge sind von der Produktionsmenge unabhängig. Es handelt sich deshalb um fixe Kosten der Periode.

Grundsätzlich muss die Abschreibungsmethode so gewählt werden, dass die Wertentwicklung des Betriebsmittels möglichst gut repräsentiert wird. Im Folgenden sollen einige gängige Methoden vorgestellt werden, und zwar die lineare, die geometrisch-degressive sowie die leistungsbezogene Abschreibung.

Bei der linearen Abschreibung sinkt der Wert des Betriebsmittels während der Nutzungszeit proportional, d. h. gleichmäßig mit konstanten jährlichen Beträgen. Es wird bei dieser Methode der Wiederbeschaffungswert W zu gleichen Teilen auf die Jahre der Nutzung verteilt. Die Abschreibungsbeträge a ergeben sich dann aus Gl. 2.13, wobei n die geschätzte Nutzungsdauer in Jahren ist.

$$a = \frac{W}{n} \tag{2.13}$$

Problematisch bei dieser Methode, wie auch bei allen anderen Abschreibungsmethoden, ist die Schätzung des Wiederbeschaffungswertes. Hierbei handelt es sich um den Wert eines vergleichbaren Betriebsmittels am Ende der Nutzungszeit. Zu diesem Wert muss es möglich sein, das Betriebsmittel anschließend durch ein neues zu ersetzten.

Nicht weniger problematisch ist aber auch die Schätzung der Nutzungsdauer selbst. Diese kann zu Beginn der Nutzung fälschlicherweise zu lang oder auch zu kurz eingeschätzt werden. Sollte einer oder gar beide Parameter (Wiederbeschaffungswert und Nutzungsdauer) falsch geschätzt worden sein, müssen nachträglich, d. h. während der Nutzungszeit, die Abschreibungsbeträge neu berechnet und angewendet werden. Dadurch wird sichergestellt, dass gleich mit Bekanntwerden eines Schätzfehlers die hergestellten Produkte dann weiter mit den richtigen Abschreibungsbeträgen belastet werden, die dem tatsächlichen Werteverzehr entsprechen.

Bei der geometrisch-degressiven Methode sinkt der Wert des Betriebsmittels mit jährlich kleiner werdenden Beträgen. Der Abschreibungsbetrag ist deshalb für jede weitere Periode kleiner und in Gl. 2.14 mit dem Index t gekennzeichnet. Er berechnet sich aus einem Abschreibungsprozentsatz p und dem Restwert R des Betriebsmittels der vorhergehenden Periode $t - 1$. Der Prozentsatz wird einmal zu Beginn gewählt und bleibt dann für die gesamte Nutzungszeit konstant. Es wird also fortwährend ein gleich bleibender prozentualer Anteil des Restwertes abgeschrieben, wodurch sich die sinkenden Beträge ergeben. Der Abschreibungsbetrag wird immer für den Beginn einer Nutzungsperiode ermittelt.

$$a_t = \frac{p}{100} \cdot R_{t-1} \tag{2.14}$$

Der Restwert nach einer beliebigen Nutzungsperiode kann mit Gl. 2.15 errechnet werden. Auf Basis des Restwertes kann dann mit Gl. 2.14 der jeweilige Abschreibungsbetrag des Folgejahres bestimmt werden. Nachteil dieser Methode ist, dass der Restwert niemals null werden kann. Erst durch einen späteren Wechsel zur linearen Methode wird eine vollständige Abschreibung des Betriebsmittels möglich.

$$R_t = W \cdot \left(1 - \frac{p}{100}\right)^t \tag{2.15}$$

Bei der leistungsbezogenen Abschreibung wird unterstellt, dass der Werteverzehr des Betriebsmittels ausschließlich durch den Umfang der Inanspruchnahme determiniert wird. Hierfür ist zunächst der Quotient aus dem Wiederbeschaffungswert W und dem gesamten Leistungsvorrat L_{gesamt} des Betriebsmittels zu bilden. Es ergibt sich für den Quotienten dadurch die Einheit $\frac{€}{\text{Leistung}}$. Zur Bestimmung der Abschreibungsbeträge muss der Quotient dann mit der jeweils erbrachten Periodenleistung L_t multipliziert werden (siehe Gl. 2.16).

$$a_t = \frac{W}{L_{\text{gesamt}}} \cdot L_t \tag{2.16}$$

Grundsätzlich problematisch ist bei der leistungsbezogenen Abschreibung die Schätzung des gesamten Leistungsvorrats L_{gesamt} vor Beginn der Nutzung.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.29: Was genau ist das Ziel einer Kostenartenrechnung? Wie könnte das Ergebnis aussehen?

Frage 2.30: Definieren Sie den Begriff „Sachkosten“. Wie können Sachkosten für die Kostenrechnung sinnvoll weiter untergliedert werden?

Frage 2.31: Worin unterscheidet sich prinzipiell die Vorgehensweise bei der Ermittlung von Materialkosten zum Vorgehen bei der Bestimmung von Betriebsmittelkosten? Warum müssen beide Ressourcenarten unterschiedlich gehandhabt werden?

Frage 2.32: Wie kann die Differenz im Materialverbrauch zwischen der Inventurmethode und der Skontrationsmethode gewertet werden?

Frage 2.33: Wie werden bei der Rückrechnung die Sollverbrauchsmengen einer Materialart berechnet?

Frage 2.34: Was versteht man in der Kostenartenrechnung unter Substanzerhaltung? Wie kann Substanzerhaltung bei der Bestimmung der Material- und der Betriebsmittelkosten sichergestellt werden?

Frage 2.35: Wodurch verliert ein Betriebsmittel an Wert?

Frage 2.36: Sind Abschreibungsbeträge immer fixe Kosten? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.12: Inhalt und Gliederung der Kostenarten

In der angegebenen Tab. 2.10 sind einige wichtige Kostenarten gelistet. Ergänzen Sie auf der rechten Seite, aus welchen Bestandteilen sich die jeweilige Kostenart zusammensetzt.

Aufgabe 2.13: Bestimmung der Materialverbrauchsmengen

In einem Unternehmen wird für die Gehäusefertigung von Laptops das Material Magnesium eingesetzt. Das Lager dieser Materialart weist in einer Abrechnungsperiode (ein Jahr) die folgenden Lagerbewegungen aus Tab. 2.11 auf.

Nach vorliegenden Fertigungsunterlagen werden für die Gehäusefertigung eines Laptops des Typs 4711 1,95 kg Magnesium und für die des Typs 4712 0,56 kg verbraucht. Hierbei handelt es sich um planmäßige Verbrauchsmengen nach Auslegung des Entwicklungsingenieurs. Am Ende der Periode ist festgestellt worden, dass insgesamt 114 Gehäuse für den Typ 4711 und 485 Stück für den Typ 4712 erfolgreich hergestellt worden sind.

1. Berechnen Sie den Verbrauch der Materialart Magnesium für diese Abrechnungsperiode nach der Inventurmethode, der Skontrationsmethode und der Rückrechnung.

Tab. 2.10 Wichtige Kostenarten

Kostenarten	Mögliche Bestandteile (Beispiele)
Personalkosten	
Materialkosten	
Abschreibungen	
Mietkosten	
Instandhaltungskosten	
Zinskosten	

Tab. 2.11 Lagerbewegungen

Anfangsbestand an Magnesium zu Beginn der Periode (nach Inventur)	217 kg
Lagerzugang am 24. Januar	95 kg
Lagerentnahme am 22. Mai	155 kg
Lagerentnahme am 20. Juli	160 kg
Lagerzugang am 1. September	495 kg
Lagerentnahme am 22. September	185 kg
Lagerzugang am 30. November	405 kg
Endbestand an Magnesium am Ende der Periode (nach Inventur)	695 kg

2. Wie hoch sind die Differenzen im Verbrauch zwischen den drei Methoden? Wie interpretieren Sie die Differenzen?
3. Welche Menge an Magnesium muss in der Kostenartenrechnung als Verbrauch angesetzt werden?

Aufgabe 2.14: Leistungsbezogene Abschreibung (Gebrauchsabschreibung)

Ein Unternehmer hat eine Kunststoff-Spritzgussmaschine eingekauft. Sie hat einen Wiederbeschaffungswert von 105.500 €. Der Hersteller gibt in seinem Datenblatt an, dass die Maschine imstande ist, 10.000 Betriebsstunden zu leisten. Der Unternehmer kennt die gute Qualität des Herstellers und rechnet deshalb damit, nach den angegebenen Betriebsstunden die Maschine für noch 15.000 € wieder verkaufen zu können.

Im ersten Nutzungsjahr möchte er die Maschine 500 h, im zweiten 3000 h, im dritten 4000 h und im vierten noch 2500 h nutzen.

1. Berechnen Sie die Abschreibungsbeträge und die Restwerte für jedes Nutzungsjahr.
2. Sind diese Abschreibungsbeträge variable oder fixe Kosten bzw. Einzel- oder Gemeinkosten? Begründen Sie Ihre Aussage.
3. In welchen Situationen würden Sie die leistungsbezogene Abschreibungsmethode einsetzen?

Aufgabe 2.15: Lineare Abschreibung

Ein Unternehmer hat eine Kunststoff-Spritzgussmaschine eingekauft. Sie soll 8 Jahre lang Tastaturelemente für Laptops herstellen. Die Maschine wird einen geschätzten Wiederbeschaffungspreis von 100.000 € haben. Der Transport zum Fertigungsstandort wird mit 2000 €, die Installation mit 2500 € und die Inbetriebnahme mit 1000 € bewertet.

1. Schreiben Sie zeitabhängig und linear ab. Berechnen Sie die Abschreibungsbeträge und die Restwerte für jedes der acht Nutzungsjahre.
2. Nach vier Jahren stellt sich heraus, dass die Maschine nur sechs Jahre genutzt werden kann und der Wiederbeschaffungspreis 115.000 € betragen wird. Bestimmen Sie die Abschreibungsbeträge und die Buchwerte für beide der verbleibenden zwei Nutzungsjahre. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise.

Aufgabe 2.16: Geometrisch-degressive Abschreibung

Ein Unternehmer hat eine Kunststoff-Spritzgussmaschine eingekauft. Sie hat einen Wiederbeschaffungswert von 105.500 €. Die Maschine soll 6 Jahre lang für die Herstellung von Tastaturelementen für Laptops verwendet werden.

1. Schreiben Sie die Anlage mit der geometrisch-degressiven Methode ab und verwenden Sie dabei einen Abschreibungsprozentsatz von 25 %. Geben Sie als Ergebnis den Abschreibungsbetrag und den Restwert für jede Periode an.
2. Die Maschine soll zum Ende der Nutzungszeit auf einen Restwert von 10.000 € abgeschrieben sein. Welchen Abschreibungsprozentsatz müssen Sie zugrunde legen?

3. Für welche Art von Betriebsmitteln würden Sie diese Abschreibungsmethode einsetzten? Begründen Sie Ihre Aussagen vor dem Hintergrund, Verursachungsgerechtigkeit erreichen zu wollen.

2.2.2 Kostenstellenrechnung (Gemeinkostenverrechnung)

Grundsätzlich problematisch ist in der Kostenrechnung der Umgang mit Gemeinkosten. Sie können dem Produkt nicht direkt zugeordnet werden und es müssen deshalb geeignete Maßgrößen (Bezugsgrößen) der Kostenverrechnung gefunden werden, um die Gemeinkosten möglichst verursachungsgerecht auf die Produkte verteilen zu können.

Zur organisatorischen Durchführung der Gemeinkostenverrechnung hat sich in Unternehmen die Idee durchgesetzt, Kostenstellen zu definieren. Kostenstellen geben die Orte an, an denen Kosten zur Herstellung der Produkte verursacht werden. Nach unternehmerischen Funktionen gegliedert, ergeben sich z. B. Materialstellen, Fertigungsstellen, Vertriebsstellen und Verwaltungsstellen. Jede dieser Gruppen kann, je nach Größe des Unternehmens, eine Vielzahl von Kostenstellen enthalten.

Wie viele Kostenstellen im Unternehmen auch immer festgelegt worden sind, grundsätzlich müssen diese immer den folgenden drei Anforderungen genügen:[26]

1. Es muss sich um einen möglichst selbstständigen Verantwortungsbereich im Unternehmen handeln. Der Kostenstellenleiter sollte für die Kostenverursachung in diesem Bereich ohne Überschneidungen eigenständig verantwortlich sein. Idealerweise bildet die Kostenstelle auch eine räumliche Einheit.
2. Die im Rahmen der Kostenartenrechnung analysierten und gegliederten Gemeinkosten sollten sich möglichst eindeutig den Kostenstellen zuordnen lassen. D. h. es muss möglich sein, die Kostenbelege ohne großen Aufwand auf die verursachenden Kostenstellen zu verbuchen.
3. Es sollte ferner möglich sein, für jede der Kostenstellen eine verursachungsgerechte Maßgröße (z. B. Maschinenstunden, Vertriebsfläche) zu finden, mit der die Gemeinkosten dann auf die Produkte weiterverrechnet werden können.

Die in Unternehmen eingerichteten Kostenstellen werden üblicherweise in Haupt- und Hilfskostenstellen gegliedert. Diese weitere Untergliederung ist notwendig, da es Kostenstellen gibt, die ihre Leistungen direkt an die Produkte abgeben (Hauptkostenstellen), und solche, die Leistungen innerbetrieblich für andere Kostenstellen erbringen (Hilfskostenstellen). Zwischen diesen beiden Gegebenheiten muss grundsätzlich unterschieden werden. Die Gemeinkosten der Hilfskostenstellen werden nämlich nicht direkt auf die Produkte, sondern zunächst auf die leistungsempfangenden Kostenstellen verrechnet. Zusammenfassend soll definiert werden:

[26]Vgl. Haberstock (2008, S. 104 f.) Eine gute Darstellung der Kostenstellenrechnung im Allgemeinen findet sich bei Friedl et al. (2010, S. 117 ff.).

- Hauptkostenstellen – Kostenstellen, deren Gemeinkosten direkt auf die Produkte weiterverrechnet werden. Die Leistungen werden nicht für andere Kostenstellen, sondern direkt für die Produkte oder an den Produkten erbracht. Z. B. Fertigung, Vertrieb, Einkauf oder Lagerhaltung. Die Weiterverrechnung der Gemeinkosten auf die Produkte erfolgt mit Kalkulationssätzen.
- Hilfskostenstellen – Kostenstellen, deren Gemeinkosten auf andere Kostenstellen weiterverrechnet werden. Die Leistungen werden hier nicht direkt für die Produkte, sondern für andere Kostenstellen erbracht. Z. B. Gebäudereinigung, Werkschutz, Reparaturwerkstatt, Gesundheitsdienst, Kantine oder Sportanlagen. Die Weiterverrechnung der Gemeinkosten auf andere Kostenstellen erfolgt mit Verrechnungssätzen. Man spricht hier auch von einer innerbetrieblichen Leistungsverrechnung, da sie zwischen den Kostenstellen des Unternehmens stattfindet.

Grundstruktur der Gemeinkostenverrechnung Die Grundstruktur der gesamten Gemeinkostenverrechnung in Unternehmen ist in Abb. 2.18 im Überblick dargestellt. In der Kostenartenrechnung liegen die Gemeinkosten zunächst gegliedert nach der Art der verbrauchten Ressourcen vor. Sie werden auf die im Unternehmen festgelegten Kostenstellen (Haupt und Hilfskostenstellen) möglichst verursachungsgerecht verteilt. Diese Gemeinkosten werden auch primäre Gemeinkosten genannt, da sie direkt aus der Kostenartenrechnung auf die Kostenstellen überführt werden. Die Gemeinkosten liegen dann nach den Kostenstellen (Haupt- und Hilfskostenstellen) gegliedert vor.

Im Rahmen der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung werden dann die Gemeinkosten der Hilfskostenstellen auf die Hauptkostenstellen verteilt. Diese Weitergabe der Kosten erfolgt nach Maßgabe der Leistungen (z. B. Reinigung, Reparatur), die die

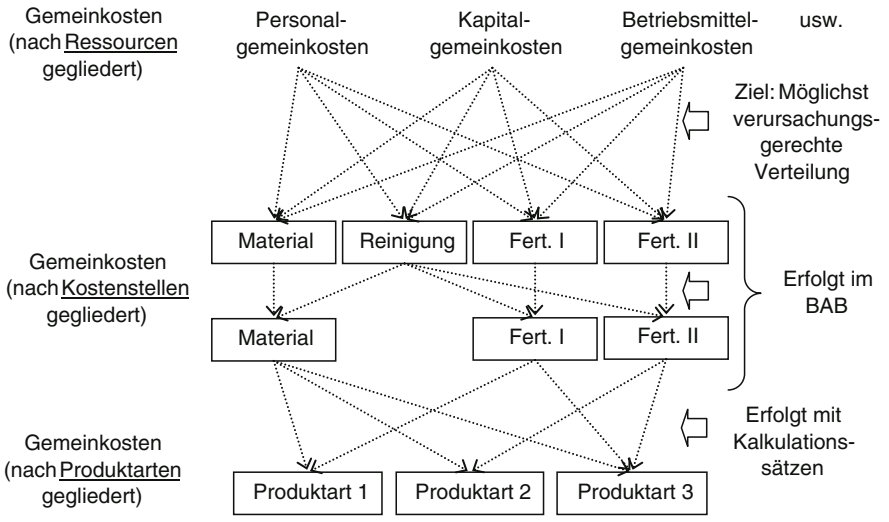


Abb. 2.18 Grundstruktur der Gemeinkostenverrechnung

Hilfskostenstelle für die jeweilige Hauptkostenstelle erbracht hat. Als formales Hilfsmittel werden Verrechnungssätze verwendet, die beispielsweise als Kostensatz pro Quadratmeter zu reinigende Fläche gebildet werden. Das Ergebnis der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung sind die Gemeinkosten, jetzt gegliedert nach Hauptkostenstellen.

Nun können die Gemeinkosten auf die Produkte verrechnet werden, da die Hauptkostenstellen (z. B. Materialstelle oder Fertigungsstelle) Leistungen an den Produkten oder direkt für die Produkte erbringen. Für die Weitergabe der Kosten werden sogenannte Kalkulationssätze verwendet, die aus den Bezugsgrößen (z. B. Fertigungsminuten) und den Gemeinkosten der jeweiligen Hauptkostenstelle gebildet werden. Sie können als Preise für die Inanspruchnahme der Hauptkostenstelle durch das Produkt verstanden werden. Als Ergebnis liegen jetzt die Gemeinkosten des Unternehmens nach Produktarten gegliedert vor. Dies entspricht auch der Zielstellung der Kostenstellenrechnung, nämlich die Gemeinkosten verursachungsgerecht auf die Produkte umzulegen.

Um die Gemeinkostenrechnung in Unternehmen praktisch durchführen zu können, wird die Grundstruktur aus Abb. 2.18 normalerweise in eine Tabelle überführt, den sogenannten Betriebsabrechnungsbogen (BAB) (siehe Tab. 2.12). Der BAB ist spaltenweise in Haupt- und Hilfskostenstellen eingeteilt. Die primären Gemeinkosten (z. B. gesamte Personalgemeinkosten, gesamte Kapitalkosten oder gesamte Betriebsmittelkosten) werden im ersten Schritt zeilenweise auf alle Kostenstellen verteilt, in denen sie anteilig verursacht worden sind, ungeachtet dessen, ob es sich um Hilfs- oder Hauptkostenstellen handelt. In der darunter liegenden Zeile „$\sum$ pro KSt“ werden sodann die Summen aus den jeweiligen primären Gemeinkosten pro Kostenstelle eingetragen.

Im zweiten Schritt, der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung, werden die Gemeinkosten der Hilfskostenstellen (z. B. Reinigung und Energie), die auch sekundäre Gemeinkosten genannt werden, auf die anderen (empfangenden) Hilfs- und Hauptkostenstellen verteilt, je nachdem, wohin die Leistung abgegeben worden ist. Die Zeile „$\sum$ pro Haupt-KSt“ enthält dann die Summen der gesamten Gemeinkosten pro Hauptkostenstelle. Diese Summen setzen sich aus den (bereits berechneten) primären Gemeinkosten und den nun bekannten sekundären Gemeinkosten aus den Hilfskostenstellen zusammen.

Die Bildung der Kalkulationssätze (KS) schließt, als dritter Schritt, die Berechnungen im Betriebsabrechnungsbogen ab. Es werden jeweils die Gemeinkosten der Hauptkostenstellen (z. B. Σ_2 Mat.) durch die jeweilige Bezugsgröße (BG) dividiert. Das Ergebnis ist ein Quotient ($\Sigma_2 \div$ BG), der als Kalkulationssatz bezeichnet wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Verteilung der Gemeinkosten in Unternehmen normalerweise in drei Schritten erfolgt:[27]

[27]Diese Vorgehensweise ist in der Literatur sehr üblich. Siehe z. B. Haberstock (2008, S. 114); Däumler und Grabe (2008, S. 119 f.) oder Friedl et al. (2010, S. 126 f.) In VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 20 ff.) wird zusätzlich noch die Ermittlung von Kennzahlen ergänzt.

Tab. 2.12 Aufbau eines Betriebsabrechnungsbogens (BAB)

	Hilfskostenstellen		Hauptkostenstellen			
	Reinigung	Energie	Material	Fertigung I	Fertigung II	Verwaltung
1. Personal	•	•	•	•	•	•
2. Kapital	•	•	•	•	•	•
3. Betriebsmittel	•	•	•	•	•	•
Σ pro KSt	Σ Rein.	Σ Ener.	Σ_1 Mat.	Σ_1 Fert. I	Σ_1 Fert. II	Σ_1 Verw.
Innerbetriebliche Leistungsverrech.		↖ →	•	•	•	•
	↗ →		•	•	•	•
∑ pro Haupt-KSt			Σ_2 Mat.	Σ_2 Fert. I	Σ_2 Fert. II	Σ_2 Verw
Bezugsgröße – BG			BG	BG	BG	BG
Quotient = Kalkulationssatz			$\Sigma_2 \div$ BG = KS-Mat.	$\Sigma_2 \div$ BG = KS-Fert. I	$\Sigma_2 \div$ BG = KS-Fert. II	$\Sigma_2 \div$ BG = KS-Verw.

1. Verteilung der nach Kostenarten gegliederten, primären Gemeinkosten auf die verursachenden Haupt- und Hilfskostenstellen des Unternehmens. Ergebnis: Summe der primären Gemeinkosten je Kostenstelle.
2. Durchführung der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung, d. h. Verteilung der primären Gemeinkosten der Hilfskostenstellen auf die verursachenden Hauptkostenstellen. Ergebnis: Summe der gesamten Gemeinkosten je Hauptkostenstelle.
3. Bildung eines Kalkulationssatzes für jede Hauptkostenstelle als Quotient aus den Gemeinkosten und der Bezugsgröße. Die Bezugsgröße sollte dabei eine Maßgröße für die Beanspruchung der Hauptkostenstelle durch die Produkte sein. Ergebnis: Kalkulationssatz für jede Hauptkostenstelle.

Innerbetriebliche Leistungsverrechnung Eine innerbetriebliche Leistungsverrechnung ist immer dann notwendig, wenn ein Unternehmen nicht nur Produkte für den Absatzmarkt, sondern auch Leistungen herstellt, die es selbst wieder verbraucht (innerbetriebliche Leistungen). Werden diese Leistungen während der Abrechnungsperiode erstellt und auch gleich wieder verbraucht, wie es bei der Energieerzeugung, der Reinigung oder der Kantine der Fall ist, müssen die Kosten dafür simultan, d. h. sofort während der Periode verrechnet werden.

Handelt es sich bei den innerbetrieblichen Leistungen um Betriebsmittel, so werden sie von den empfangenden Kostenstellen abgeschrieben und von den herstellenden Kostenstellen wie Produkte kalkuliert. Eine simultane Kostenverrechnung, wie sie im Folgenden für selbst genutzte Dienstleistungen und eigengefertigtes Material beschrieben wird, ist in diesem Fall nicht notwendig.

Das eigentliche Problem bei der simultanen innerbetrieblichen Leistungsverrechnung ist, dass die Hilfskostenstellen Leistungen untereinander austauschen. So benötigt die Reinigungsstelle Energie, genauso wie die Energieerzeugungsstelle gereinigt wird (siehe Abb. 2.19). Eine Hilfskostenstelle kann deshalb ihre Leistungen nicht kalkulieren, solange nicht klar ist, wie viel Leistung sie von anderen Stellen empfängt und umgekehrt. Die Hilfskostenstellen müssen deshalb simultan, d. h. alle gleichzeitig abgerechnet werden. Dies kann mit Hilfe eines Systems von linearen Gleichungen geschehen.

Angenommen, die Kostenstelle Energie erzeugt insgesamt 55.000 kWh Energie. Dafür sind 3000 € primäre Gemeinkosten angefallen. Die Kostenstelle Reinigung hat 2500 h Reinigungsleistung erbracht und dafür 10.000 € primäre Gemeinkosten verursacht. Die Energiestelle liefert 6000 kWh an die Reinigungsstelle und bezieht selbst 150 Reinigungsstunden (siehe Abb. 2.19). Der Rest an Energie bzw. die übrigen Reinigungsstunden werden für andere Hauptkostenstellen erbracht.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist, dass die primären Gemeinkosten plus die empfangenen sekundären Gemeinkosten einer Hilfskostenstelle (Input) den gesamten abgegebenen Kosten (Output) entsprechen müssen.

Der Input der Energiestelle setzt sich aus 3000 € primären Gemeinkosten und einem unbekannten Betrag (150 h * p_2) an sekundären Gemeinkosten von der Reinigungsstelle zusammen. Unbekannt ist er, weil der Preis p_2 für eine Reinigungsstunde noch nicht

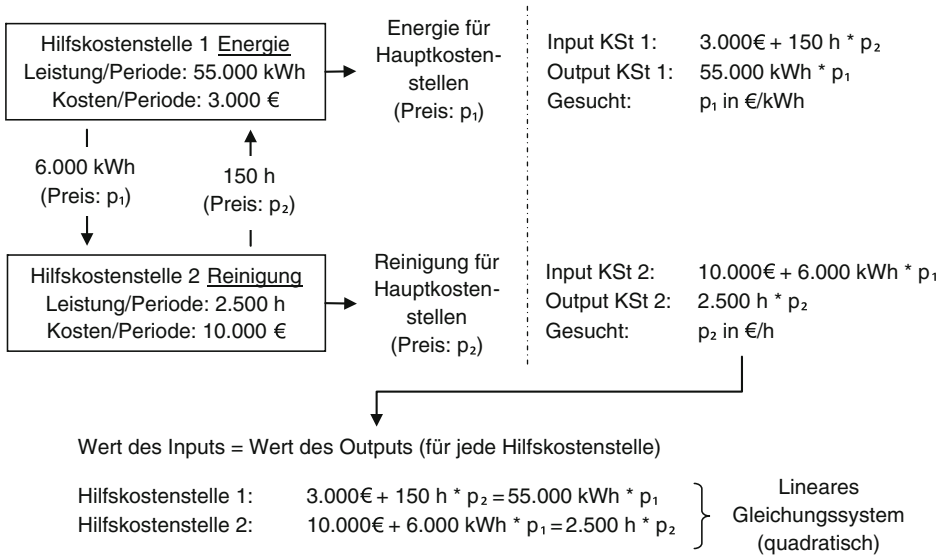


Abb. 2.19 Vorgehen bei der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung (Beispiel)

kalkuliert werden kann. Der Output setzt sich multiplikativ aus dem Preis einer kWh p_1 und der gesamten abgegebenen Energiemenge zusammen.

Ähnlich sieht die Situation bei der Reinigungsstelle aus. Die primären Gemeinkosten (10.000 €) plus die noch unbekannten sekundären Gemeinkosten von der Energiestelle (6000 kWh * p_1) machen den Input aus. Der Output ist die erbrachte Reinigungsleistung multipliziert mit dem Stundenpreis p_2.

Es ergibt sich nun für jede der beiden Hilfskostenstellen eine Gleichung mit zwei Unbekannten. Es handelt sich um ein quadratisches lineares Gleichungssystem.

Durch Lösung der Gleichungen ergibt sich für eine kWh Energie ein Preis von p_1 = 0,0659 € und für eine Reinigungsstunde ein Preis von p_2 = 4,16 €. Die Hilfskostenstelle 1 erzeugt damit Energie im Wert von insgesamt 3624 €. Davon sind 3000 € primäre Gemeinkosten und 624 € sekundäre Gemeinkosten von der Reinigungsstelle (150 h * 4,16 €). Die Hilfskostenstelle 2 stellt Reinigungsdienstleistungen im Wert von insgesamt 10.400 € her. Der Wert setzt sich aus 10.000 € primären und rund 400 € sekundären Gemeinkosten (6000 kWh * 0,0659 €) zusammen.

Den allgemeingültigen Ablauf der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung bei beliebig vielen Hilfskostenstellen zeigt Abb. 2.20. Im ersten Schritt wird eine lineare Gleichung für jede Hilfskostenstelle aufgestellt. Dabei wird der Input gleich dem Output gesetzt. D. h. die gesamten von der Hilfskostenstelle verursachten Kosten (Input) stehen auf der einen Seite der Gleichung und die weiter zu verrechnenden Kosten (Output) auf der anderen Seite. Die verursachten Kosten setzen sich dabei aus den primären Gemeinkosten (aus der Kostenartenrechnung) und den sekundären Gemeinkosten (von den

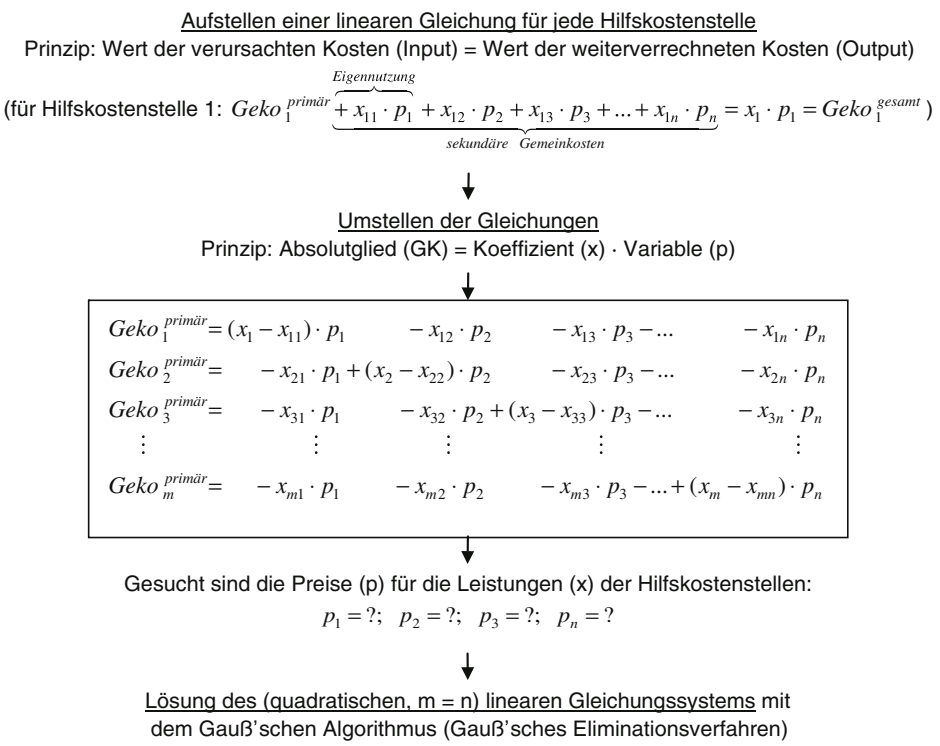


Abb. 2.20 Vorgehen bei der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung (allgemein)

anderen Hilfskostenstellen) zusammen. Das ist deshalb so, weil die Hilfskostenstellen selbst Ressourcen verbrauchen und zudem Leistungen anderer Hilfskostenstellen beanspruchen. Bei den sekundären Gemeinkosten ist zu beachten, dass auch die eigene Leistung beansprucht werden kann (Eigennutzung). Dies tritt beispielsweise dann auf, wenn die Reinigungsstelle selbst gereinigt wird oder die Energieerzeugung selbst Energie verbraucht.

Auf der Outputseite der Gleichung stehen dann die gesamten Gemeinkosten der Hilfskostenstelle, angegeben als Produkt aus Leistungsmenge mal Abgabepreis. Unter Leistungsmenge wird die gesamte Menge der von der betreffenden Hilfskostenstelle erbrachten Leistung verstanden. Zum Abgabepreis wird diese Leistung an die anderen Haupt- und Hilfskostenstellen abgegeben.

Als zweiter Schritt werden die linearen Gleichungen umgestellt. Die Absolutglieder werden auf die eine Seite gebracht und die Produkte aus Koeffizient (Leistungsmenge) und Variable (Abgabepreis) auf die andere Seite. Das ist zweckmäßig, um als dritten Schritt den Gauß'schen Algorithmus zur Lösung des linearen Gleichungssystems übersichtlich anwenden zu können. Gesucht sind dabei die Abgabepreise für die Leistungen der Hilfskostenstellen.

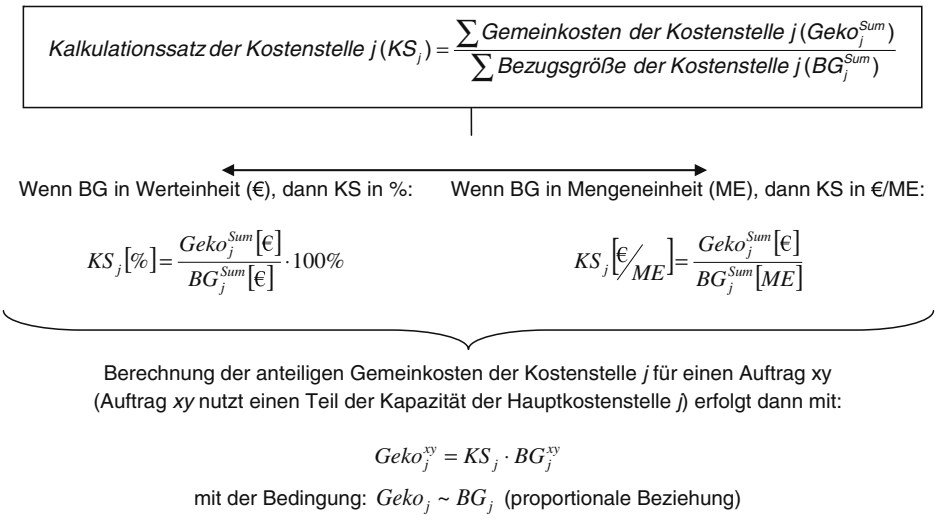


Abb. 2.21 Bildung und Anwendung von Kalkulationssätzen

Bildung von Kalkulationssätzen Nachdem die innerbetriebliche Leistungsverrechnung abgeschlossen worden ist, liegen die gesamten Gemeinkosten des Unternehmens nach Hauptkostenstellen gegliedert vor, d. h. alle Gemeinkosten sind verursachungsgerecht auf die Hauptkostenstellen verteilt worden. Als letzter Schritt der Kostenstellenrechnung müssen nun noch die Kalkulationssätze gebildet werden, mit deren Hilfe die Gemeinkosten auf die Produkte verteilt werden können. Kalkulationssätze werden für jede Hauptkostenstelle einzeln berechnet. Sie sind Quotienten aus den gesamten Gemeinkosten der Hauptkostenstelle und der Bezugsgröße (siehe Abb. 2.21, oben), wobei die Bezugsgröße ein Maß für die Inanspruchnahme der Kostenstelle durch die Produkte sein soll.

Häufig wird als Bezugsgröße ein Kostenbetrag verwendet, beispielsweise die Materialeinzelkosten für die Materialkostenstelle. Das bedeutet dann, dass die Materialeinzelkosten als Maßgröße für die Verrechnung der Materialgemeinkosten herangezogen werden. Je höher die Materialeinzelkosten eines Produktes, desto höher sind dann auch die Materialgemeinkosten. Gleiches kann auch für den Fertigungsbereich gelten. Je höher die Fertigungseinzelkosten eines Produktes (z. B. die Akkordlöhne), desto höher auch die Belastung mit den Fertigungsgemeinkosten. Der Kalkulationssatz wird in diesen Fällen in % angegeben. Er ergibt sich aus den gesamten Gemeinkosten der Kostenstellen in € dividiert durch den gesamten Wert der Bezugsgröße (z. B. gesamte Akkordlöhne der Fertigungsstelle), ebenfalls in €, mal 100 % (siehe Abb. 2.21, links). Der Kalkulationssatz bringt auf diese Weise zum Ausdruck, welcher prozentuale Anteil an Gemeinkosten den Einzelkosten aufzuschlagen ist.

Die Einzelkosten als Bezugsgröße zu verwenden, muss jedoch nicht immer zweckmäßig sein, da es nicht unbedingt einen linearen Zusammenhang zwischen der Inanspruchnahme der Kostenstelle durch das Produkt und der Höhe der Produkteinzelkosten

geben muss. Genau das wird aber damit unterstellt. Besteht diese Abhängigkeit nicht, oder zumindest nicht in proportionaler Weise, so kommt es zwangsläufig zu einer fehlerhaften Gemeinkostenverteilung.

Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung einer in Mengeneinheiten angegebenen Bezugsgröße, um die Beanspruchung der Kostenstelle zu repräsentieren. Das könnten beispielsweise die Fertigungszeit in Minuten einer Dreherei, die Anzahl von Stanzteilen in Stück oder das Teilegewicht in Kilogramm einer Gießerei sein. Der Kalkulationssatz ist dann der Quotient aus den gesamten Gemeinkosten der Kostenstelle und der gesamten Bezugsgrößenmenge. Er wird in Euro pro Mengeneinheit angegeben und drückt aus, wie viel Gemeinkosten durch eine Mengeneinheit verrechnet werden. Es wird dabei wieder eine proportionale Beziehung zwischen der Bezugsgrößenmenge und dem Grad der Inanspruchnahme der Kostenstelle unterstellt.

Sollen nun für einen Auftrag *xy* die Gemeinkosten der Kostenstelle *j* berechnet werden, so wird die durch den Auftrag anteilig in Anspruch genommene Bezugsgrößenmenge BG_j^{xy} mit dem Kalkulationssatz KS_j der Kostenstelle multipliziert. Das Ergebnis sind die anteiligen Gemeinkosten Geko_j^{xy}, die auf den Auftrag *xy* entfallen.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.37: Was ist eine Kostenstelle? Geben Sie einige Beispiele für Kostenstellen an. Aus welchem Grund muss in Unternehmen eine Kostenstellenrechnung durchgeführt werden?

Frage 2.38: Was verstehen Sie unter Haupt- und was unter Hilfskostenstellen? Nennen Sie jeweils typische Beispiele. Warum müssen sie unterschieden werden?

Frage 2.39: Nach welchem Kriterium werden Gemeinkosten in der Kostenartenrechnung, in der Kostenstellenrechnung und in der Kostenträgerrechnung gegliedert?

Frage 2.40: Erklären Sie den in drei Schritten aufgebauten Ablauf der Gemeinkostenverrechnung in Unternehmen mit Hilfe des Betriebsabrechnungsbogens (BAB). Wie und warum werden primäre Gemeinkosten von sekundären Gemeinkosten unterschieden?

Frage 2.41: Erklären Sie, warum bei der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung ein lineares Gleichungssystem zum Einsatz kommt. Weshalb ist das Gleichungssystem quadratisch?

Frage 2.42: Was verstehen Sie unter einer Bezugsgröße? Welche Anforderungen werden an Bezugsgrößen gestellt?

Frage 2.43: Wie entsteht ein Kalkulationssatz? Warum gibt es zwei prinzipiell zu unterscheidende Einheiten für Kalkulationssätze?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.17: Gemeinkostenumlage auf Hilfs- und Hauptkostenstellen

In einem Unternehmen sind drei Hauptkostenstellen eingerichtet worden, die Materialstelle, die Fertigungsstelle sowie die Verwaltungs- und Vertriebsstelle. Zusätzlich gibt es zwei Hilfskostenstellen: die Reparaturwerkstatt und die Reinigung. In einer

Tab. 2.13 Schlüsselgrößen zur Gemeinkostenumlage

	Reparatur	Reinigung	Material	Fertigung	Vertr. u. Verw.
Mietflächen (m^2)	100	50	600	300	100
Kapitalbildung (€)	95.000	40.000	180.000	800.000	250.000
Energieverbrauch (kWh)	50.000	30.000	60.000	80.000	50.000

Abrechnungsperiode sind Mieten in Höhe von 75.000 €, Zinsen in Höhe von 100.000 € sowie Energiekosten in Höhe von 35.000 € angefallen.

1. Auf welche Kostenstellen (Haupt- oder Hilfskostenstellen) müssen die Gemeinkosten aus der Kostenartenrechnung umgelegt werden? Begründen Sie Ihre Aussagen!
2. Legen Sie die Gemeinkostenarten auf die Kostenstellen um, wenn die Schlüsselgrößen aus Tab. 2.13 zur Anwendung kommen sollen.
3. Berechnen Sie die primären Gemeinkosten für jede Kostenstelle.

Aufgabe 2.18: Gleichungen für die innerbetriebliche Leistungsverrechnung

Ein Unternehmen hat vier Hilfskostenstellen (1, 2, 3 und 4) eingerichtet. Jede Hilfskostenstelle bezieht Leistungen der anderen drei Kostenstellen und nutzt zudem auch Leistungen der eigenen Stelle (Eigennutzung).

1. Stellen Sie das lineare Gleichungssystem für die innerbetriebliche Leistungsverrechnung auf.
2. Kennzeichnen Sie die Glieder für die Eigennutzung jeder Kostenstelle.
3. Kennzeichnen Sie die Glieder für die Leistungen der Stelle 2 an die drei anderen Hilfskostenstellen 1, 3 und 4.
4. Welches sind die gesuchten Größen des Gleichungssystems und mit welchem Verfahren kann das Gleichungssystem gelöst werden?

Aufgabe 2.19: Durchführung der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung

Es gelten die Ausgangsdaten aus Aufgabe 2.17 und Tab. 2.14. Die Reparaturwerkstatt erbringt insgesamt 250 Reparaturstunden und wird 40 h pro Periode von der Reinigungsstelle gesäubert. Die Reinigungsstelle hingegen leistet 300 Servicestunden und die Reinigungsgeräte werden mit einem Umfang von 10 h pro Periode von der Reparaturstelle in Ordnung gebracht.

Tab. 2.14 Nutzung der Reparatur- und Reinigungskostenstellen

Nutzung der Reparatur/Reinigung durch die Hauptkostenstellen			
	Material (h)	Fertigung (h)	Vertrieb und Verwaltung (h)
Reparatur	55	155	25
Reinigung	75	120	95

Ferner repariert die Werkstatt in geringem Umfang von 15 h auch ihre eigenen Maschinen. Gleiches gilt für die Reinigung, die sich für 10 h pro Periode selbst reinigt.

1. Führen Sie eine innerbetriebliche Leistungsverrechnung durch.
2. Berechnen Sie die gesamten Gemeinkosten je Hauptkostenstelle.

Aufgabe 2.20: Ermittlung der Kalkulationssätze

Es gelten die Daten der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung aus Aufgabe 2.19.

Im Unternehmen fallen Materialeinzelkosten in Höhe von 525.000 € und Fertigungseinzelkosten in Höhe von 350.000 € an. Daraus ergeben sich 1.050.218,82 € Herstellkosten. Als Bezugsgröße für die Verteilung der Material- und Fertigungsgemeinkosten sollen jeweils die Einzelkosten herangezogen werden. Zu Weiterverrechnung der Verwaltungs- und Vertriebskosten werden die Herstellkosten als Bezugsgröße verwendet.

1. Unter welchen Voraussetzungen können Einzelkosten als Bezugsgröße genommen werden?
2. Berechnen Sie die Kalkulationssätze der Hauptkostenstellen. Achten Sie dabei auf die richtige Angabe der Einheiten.
3. Was sagen die ermittelten Kalkulationssätze aus?

2.2.3 Kostenträgerrechnung (Kalkulation)

Die Kostenträgerrechnung ist die abschließende Phase der Kostenrechnung in Unternehmen. Als Kostenträger werden die Produkte oder auch einzelne Bauteile verstanden, die in der betreffenden Periode hergestellt werden. Die Kostenträgerrechnung ist eine Berechnung der Produktkosten auf Basis der Ergebnisse der Kostenarten- und Kostenstellenrechnung.

Aus der Kostenartenrechnung werden die Einzelkosten bezogen und direkt auf die Produkte verrechnet, weil sie auf eine Produkteinheit zurechenbar sind. Die Gemeinkosten hingegen werden aus der Kostenstellenrechnung auf die Produkte verteilt. Dazu stehen die Kalkulationssätze zur Verfügung.

Zeitrechnung und Stückrechnung Bei der Kostenträgerrechnung wird zwischen einer Zeitrechnung und einer Stückrechnung unterschieden.[28] Ziel der Zeitrechnung ist es, die Kosten einer Produktart für die gesamte Abrechnungsperiode zu ermitteln, d. h. für alle produzierten Einheiten dieser Art in der Periode. Diese Kosteninformation ist für die Ergebnisbeurteilung von großer Bedeutung. Werden den Periodenkosten die Periodenerlöse gegenübergestellt, so lässt sich aus der Differenz der Periodengewinn der Produktart

[28]Zur Unterscheidung der Zeit- von der Stückrechnung siehe auch VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 22 f.).

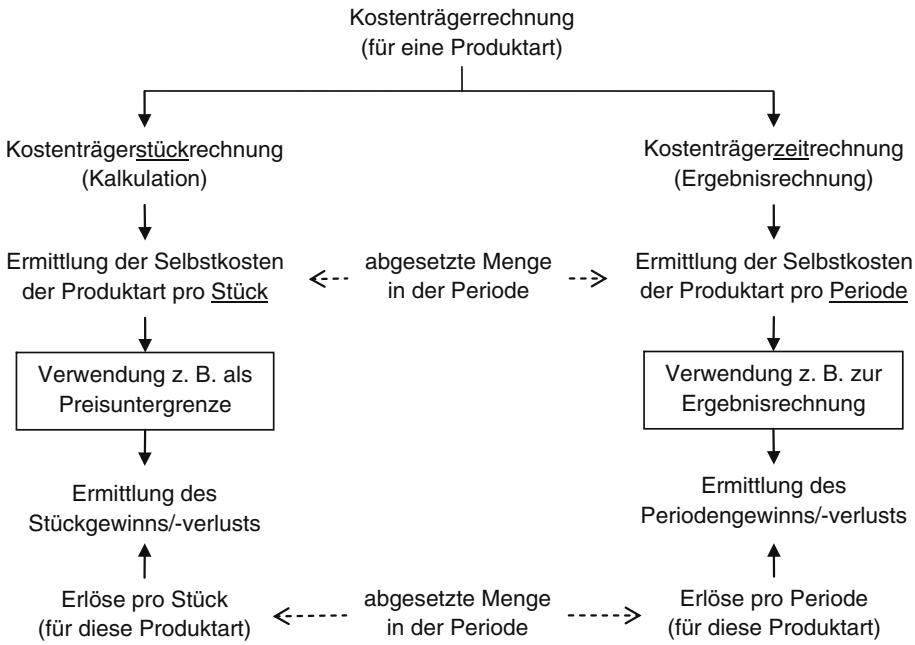


Abb. 2.22 Arten der Kostenträgerrechnung

errechnen (siehe Abb. 2.22, rechts).[29] Dieser Gewinn ist ein wichtiger Parameter zur Unterstützung unternehmerischer Entscheidungen über die Zukunft der Produktart.

Die Stückrechnung wird auch Kalkulation genannt (siehe Abb. 2.22, links).[30] Ziel ist es, die Produktkosten für ein hergestelltes Stück zu berechnen. Diese Kosteninformation ist für die Preisgestaltung von entscheidender Bedeutung. Der Verkaufspreis für eine Produktart wird in der Regel pro Stück ausgewiesen, zumindest dann, wenn sie auch einzeln verkauft werden. Die Stückkosten haben bei der Preisfindung die Funktion einer Untergrenze. Um Gewinne zu erzielen, darf der Verkaufspreis auf keinen Fall geringer ausfallen als die Stückkosten. Der Preis kann oberhalb der Stückkosten frei gewählt werden, bis das Gewinnmaximum der Periode erreicht ist.[31]

Sowohl für die Zeitrechnung als auch für die Stückrechnung muss bekannt sein, welche Menge der Produktart in der Periode hergestellt wird. Das hängt damit zusammen, dass bei der Stückrechnung die fixen Kosten auf die Produktionsmenge verteilt werden

[29]Werden von den Erlösen nicht alle Kosten abgezogen, sondern nur die variablen und ein Teil der fixen Kosten, so ergibt sich der Periodendeckungsbeitrag der Produktart.

[30]Das Thema Kalkulation wird in vielen Lehrbüchern behandelt, z. B. in Friedl et al. (2010, S. 73 ff.); Däumler und Grabe (2008, S. 255 ff.) oder Haberstock (2008, S. 145 ff.).

[31]Das Gewinnmaximum ergibt sich aus der Optimierung von Verkaufspreis und Absatzmenge. Beide Parameter verhalten sich gegenläufig. Wird ein höherer Verkaufspreis gewählt, verringert sich in der Regel die Absatzmenge.

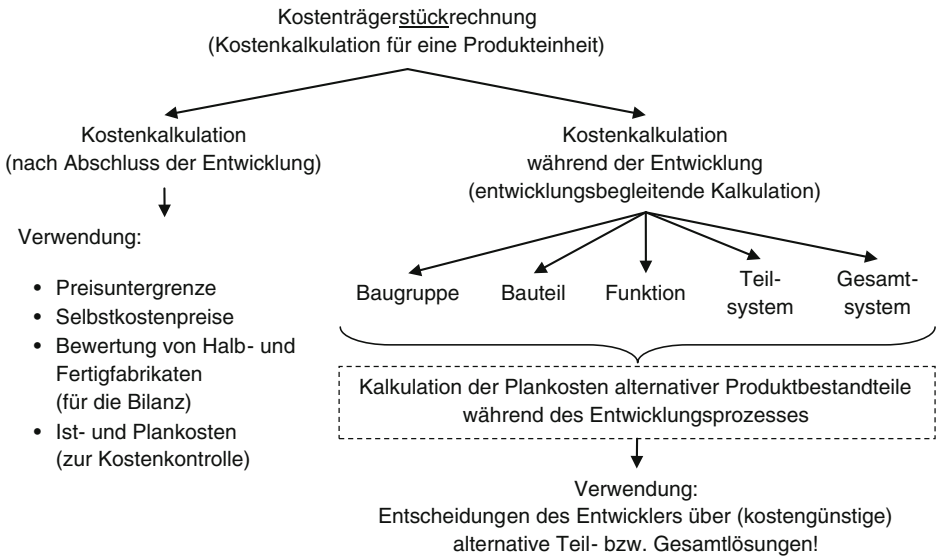


Abb. 2.23 Aufgaben der Kostenkalkulation

müssen. Umgekehrt sieht es bei der Zeitrechnung aus. Die fixen Kosten sind zwar konstant für die Periode, aber die variablen Kosten schwanken mit der Produktionsmenge.

Kalkulation nach und während der Entwicklung Die Kostenträgerstückrechnung hat große Bedeutung nicht nur nach Abschluss, sondern auch während der Produktentwicklung. Nachdem das Entwicklungsprojekt abgeschlossen worden ist, liegt das Produkt vollständig beschrieben vor. Die konstruktive Gestalt steht nicht mehr zur Disposition und sie kann auch nur durch den Start eines Änderungsprojektes nachträglich modifiziert werden. Für die Produktkalkulation ist diese Situation sehr klar und einfach, da die abgeschlossenen Konstruktions- und Fertigungsunterlagen herangezogen werden können. Ziel der Kalkulation nach Abschluss der Entwicklung ist die Unterstützung unternehmerischer Entscheidungen in Bezug auf Produktion und Vermarktung der Produktart. Hierzu gehören nicht nur die Preisgestaltung, sondern auch die Kostenkontrolle oder die Bewertung von Beständen (siehe Abb. 2.23, links).

Während der Entwicklung sieht die Situation völlig anders aus. Die Gestalt des Produktes sowie die Verfahren und der Ort der Produktion sind disponibel.[32] Die Entwicklungsingenieure und die Unternehmensleitung entscheiden fortlaufend über die Gestaltung des Produktes und der Produktion. Aus diesem Grund hat die Kostenträgerstückrechnung

[32]Wie durch konstruktive Maßnahmen die Produktkosten beeinflusst werden können, wird beispielsweise in der VDI-Richtlinie (2235) beschrieben. Siehe hierzu VDI-Richtlinie 2235 (Oktober 1987, S. 10 ff.). Ausführlich beschrieben werden die Einflussmöglichkeiten auch in Ehrlenspiel et al. (2003, S. 159 ff.).

(Kalkulation) während der Entwicklung andere Aufgaben. In unterschiedlichen Phasen des Entwicklungsprojektes und auf verschiedenen Ebenen der Produktstruktur können Kostenkalkulationen durchgeführt werden. So können beispielsweise die Stückkosten von Bauteilen, von Baugruppen oder von Funktionen errechnet werden. Ebenso besteht die Möglichkeit, andere übergreifende Teilsysteme zu definieren (siehe Abb. 2.23, rechts). Kalkulationen sind in frühen Phasen der Entwicklung, aber auch kurz vor Abschluss des Projektes denkbar.

Grundsätzlich besteht die Aufgabe der Kalkulation während der Entwicklung in der Bewertung von Alternativen. Es sollten stets mehrere alternative Lösungen erdacht, bewertet und zur Entscheidung geführt werden. Nur so findet eine kostenorientierte Entwicklung tatsächlich statt.

Besonders zu beachten ist, dass es sich bei der entwicklungsbegleitenden Kalkulation immer um die Berechnung von Plankosten handelt. Die Stückkosten werden während der Entwicklung stets für eine zukünftige Periode ermittelt, in der das Produkt voraussichtlich vermarktet wird. Es müssen also immer Veränderungen berücksichtigt werden, zum einen in der Zeit bis zur Markteinführung, aber auch während des Marktlebenszyklus.

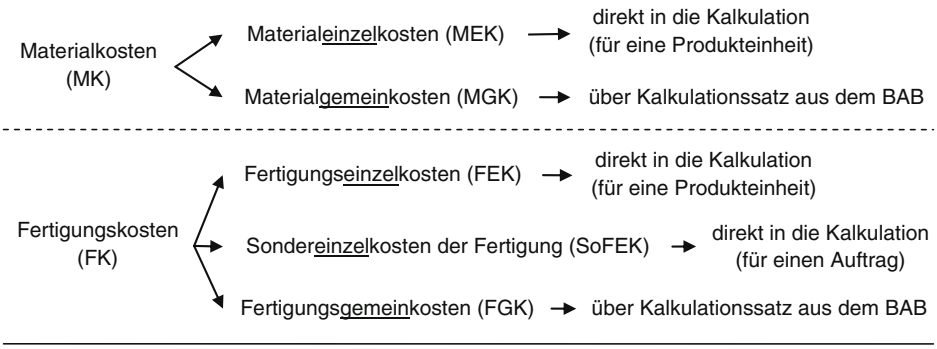
Auch bei der entwicklungsbegleitenden Kalkulation muss die zukünftige Absatzmenge vorhergesagt werden, um die fixen Kosten korrekt für ein Stück kalkulieren zu können.

Herstellkosten und Selbstkosten Bei der Kalkulation wird normalerweise zwischen den Herstellkosten und den Selbstkosten unterschieden. Zu den Herstellkosten gehören die Material- und die Fertigungskosten. Für die Berechnung der Selbstkosten werden zusätzlich die Kosten für Forschung und Entwicklung, Verwaltung und Vertrieb hinzugefügt. Die Herstellkosten sind somit ein Teil der Selbstkosten.

Im Folgenden soll die Zusammensetzung der Herstellkosten näher betrachtet werden (siehe Abb. 2.24). Die beiden zentralen Bestandteile der Herstellkosten sind die Material- und die Fertigungskosten. Beide Kategorien setzen sich aus Einzelkosten und aus Gemeinkosten zusammen. Den Materialeinzelkosten wird das in der Fertigung für ein Stück verbrauchte Material zugrunde gelegt. Bei den Fertigungseinzelkosten handelt es sich meistens um Lohnkosten (Akkordlöhne). Alle Einzelkosten werden direkt in die Kalkulation für ein Stück übernommen. Die Gemeinkosten werden sodann mit den Kalkulationssätzen aus dem Betriebsabrechnungsbogen (BAB) anteilig einem Stück zugeschlagen.

Eine Besonderheit bei den Herstellkosten sind die Sondereinzelkosten der Fertigung. Sie fallen für einen bestimmten Auftrag an und sind deshalb streng genommen gar keine Einzelkosten, werden aber wie Einzelkosten behandelt, wenn ein Auftrag kalkuliert werden soll. Sie werden bei der Kalkulation direkt in die Herstellkosten des Auftrags übernommen.

Die Herstellkosten können als Gesamtbetrag (HK) oder auch getrennt nach Herstelleinzelkosten (HEK) und Herstellgemeinkosten (HGK) ausgewiesen werden. Es stellt sich in diesem Zusammengang die Frage, ob die Sondereinzelkosten (SoFEK) den Einzelkosten oder den Gemeinkosten zugerechnet werden sollten. Dies hängt davon ab, ob die Einzelkosten wirklich streng für eine Produkteinheit, oder aber für einen zu



Herstellkosten (HK) = HEK + HGK = MK + FK = MEK + MGK + FEK +SoFEK + FGK

Herstelleinzelkosten (HEK) = MEK + FEK (für eine Produkteinheit)

Herstelleinzelkosten (HEK) = MEK + FEK + SoFEK (für einen Auftrag)

Herstellgemeinkosten (HGK) = MGK + FGK (+ SoFEK, wenn HEK für eine Produkteinheit)

Abb. 2.24 Bestimmung der Herstellkosten

kalkulierenden Auftrag angegeben werden sollen. Je nachdem werden sie den Einzel- oder den Gemeinkosten zugewiesen.

Die Herstellkosten bieten die Grundlage für viele unternehmerische Entscheidungen. Wie schon im Abschn. 2.1.5 dargelegt, ist es bei Entscheidungen immer wichtig, den zeitlichen Horizont zu berücksichtigen. Die Frage, in welcher Höhe die Kosten durch die Entscheidung tatsächlich beeinflusst werden, ist grundsätzlich von großer Bedeutung. Davon hängt ab, in welchem Umfang Herstellkosten entscheidungsrelevant sind.

Die Herstelleinzelkosten (HEK) sind vollständig variabel. Für Entscheidungen, bei denen die variablen Kosten relevant sind, können sie als Grundlage verwendet werden. Das trifft in der Regel bei einem kurzfristigen Zeithorizont zu, innerhalb dessen keine Kapazitätsveränderungen vorgesehen sind, wenn beispielsweise kurzfristig, nach Eingang eines Auftrags, über eine kostengünstige Möglichkeit zur Fertigung von Produkten oder Bauteilen von Produkten entschieden wird (siehe Abb. 2.25).

Die vollständigen Herstellkosten (HK) enthalten auch die Gemeinkosten, die größtenteils als fixe Kosten angenommen werden können. Sie sind für langfristige Entscheidungen anwendbar, bei denen der Aufbau von Produktionskapazitäten eine Rolle spielt. Dies ist beispielsweise meistens während der Entwicklung der Fall. Sollen also Entscheidungen über die Anforderungen und Eigenschaften der Produkte sowie über die Verfahren und Orte der Produktion getroffen werden, sind die vollständigen Herstellkosten heranzuziehen. An den favorisierten Orten können dann auf Basis der Entscheidung die entsprechenden Produktionskapazitäten eingerichtet werden. Die Gemeinkosten des Materials und der Fertigung sind in diesen Fällen durchaus entscheidungsrelevant.

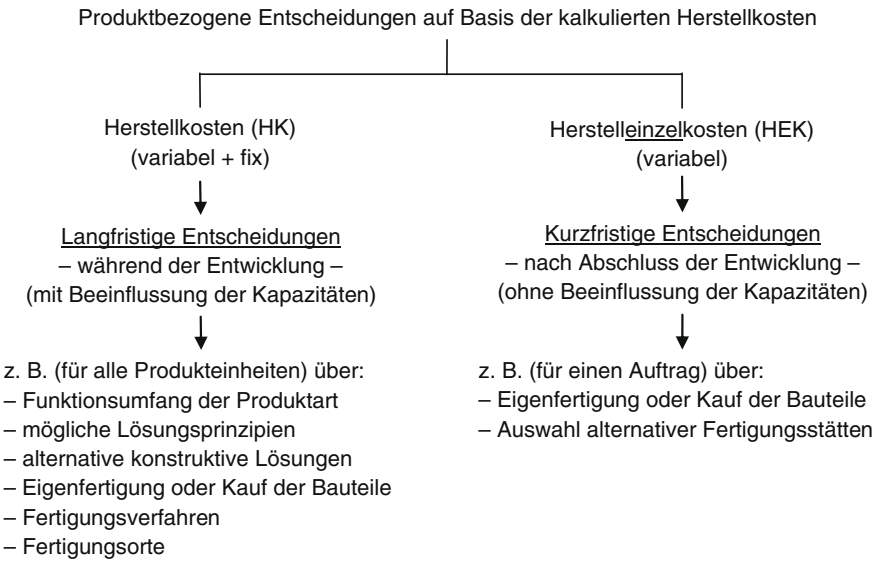


Abb. 2.25 Entscheidungen auf Basis der Herstellkosten

Für die Berechnung der Selbstkosten werden die Herstellkosten ergänzt, und zwar um die Kosten der Forschung und Entwicklung, der Verwaltung und des Vertriebs (siehe Abb. 2.26). Die Selbstkosten (SK) enthalten somit alle Kosten, die im Unternehmen in Gänze angefallen sind.

Die Kosten für Forschung und Entwicklung setzen sich aus Gemeinkosten und Sondereinzelkosten zusammen.[33] Die Gemeinkosten entstehen für Ausstattung und Personal in der Entwicklungsabteilung. Es sind Gemeinkosten, solange die Abteilung in Gänze nicht nur für eine Produkteinheit, sondern für mehrere Produktarten und für mehrere Produkteinheiten entwickelt. Die Kosten entstehen dann gemeinsam für diese Produkte. Sie werden, wie bei Gemeinkosten üblich, mit Hilfe von Kalkulationssätzen aus dem Betriebsabrechnungsbogen (BAB) anteilig auf die Produkte verteilt. Sondereinzelkosten werden in der Entwicklung für einen Auftrag verursacht. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Funktionsmuster, Modelle oder Prüfmittel speziell für einen Kundenauftrag erworben oder erstellt werden. Die Kosten dafür können dem Auftrag wie Einzelkosten direkt zugeordnet werden.

Verwaltungskosten sind praktisch immer Gemeinkosten. Sie werden deshalb üblicherweise auch als Verwaltungsgemeinkosten bezeichnet und über einen Kalkulationssatz auf die Produkte weiterverrechnet. Einzelkosten bzw. Sondereinzelkosten sind in der Verwaltung nur bei außerordentlich großen Aufträgen vorstellbar.

[33]Die Kosten für Forschung und Entwicklung werden in vielen Unternehmen als Bestandteil der Verwaltungsgemeinkosten angesehen. Hier sollen sie, aufgrund der großen Bedeutung für den Entwicklungsingenieur, separat und gleichberechtigt ausgewiesen werden.

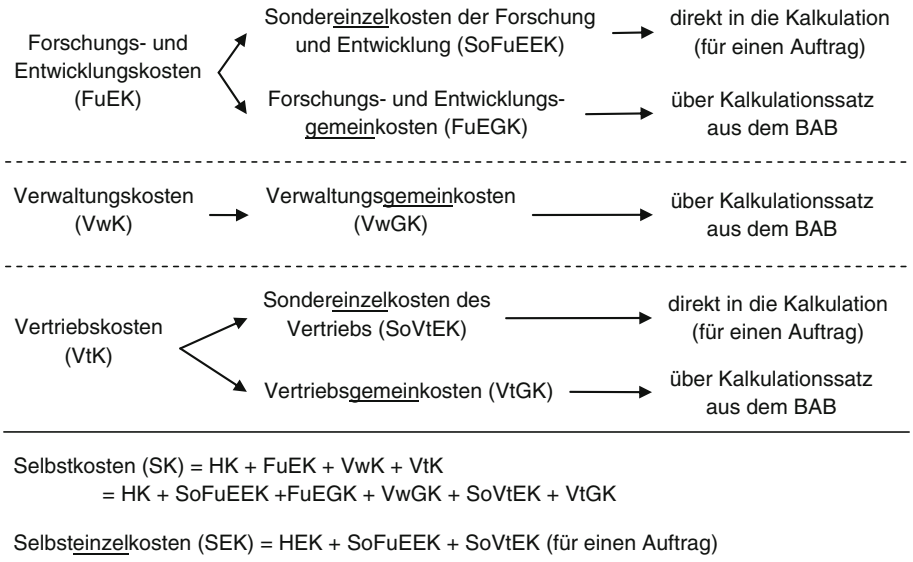


Abb. 2.26 Bestimmung der Selbstkosten

Im Vertrieb fallen zunächst Gemeinkosten an, und zwar für Ausstattung und Personal. Das sind Gemeinkosten, da die Abteilung viele Produkte verkauft und die Kosten deshalb gemeinsam verursacht werden. Zusätzlich können aber auch Kosten für bestimmte Aufträge herbeigeführt werden (Sondereinzelkosten). Dazu zählen Mitarbeiterprovisionen für eingeworbene Aufträge, aber auch auftragsspezifische Verpackungen und der entsprechende Transport.

Die Selbsteinzelkosten (SEK) setzen sich allein aus den Einzelkosten und den Sondereinzelkosten der verschiedenen Kategorien zusammen. Die Gemeinkosten werden hierbei nicht berücksichtigt. Die Herstelleinzelkosten (für einen Auftrag) werden mit den Sondereinzelkosten der Forschung und Entwicklung sowie mit den Sondereinzelkosten des Vertriebs vervollständigt. Selbsteinzelkosten (SEK) sind deshalb immer nur Einzelkosten in Bezug auf einen Auftrag, da sie auch Sondereinzelkosten enthalten.

Selbstkosten haben die Funktion einer Preisuntergrenze für den Verkauf der Produkte. Das bedeutet, dass die vom Unternehmen hergestellten Produkte niemals zu einem Preis niedriger als die Selbstkosten verkauft werden sollten. Auch bei der Preisgestaltung kann zwischen langfristigen und kurzfristigen Entscheidungen unterschieden werden. Langfristig, d. h. über die gesamte Abrechnungsperiode hinweg, müssen alle Kosten des Unternehmens gedeckt werden, um Gewinne zu erzielen. Deshalb fungieren die vollständigen Selbstkosten (SK) als langfristige Preisuntergrenze.

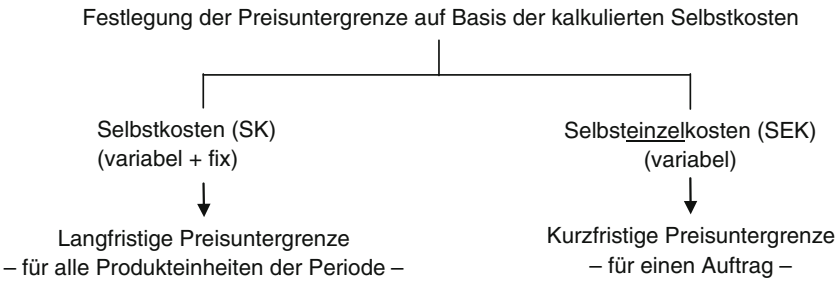


Abb. 2.27 Entscheidungen auf Basis der Selbstkosten

Wird innerhalb der Periode kurzfristig über die Annahme eines (zusätzlichen) Auftrags entschieden, sieht die Situation anders aus. Auch wenn der (zusätzliche) Auftrag nur ein Teil der Gemeinkosten deckt, kann das für die Gewinnsituation am Ende der Periode vorteilhaft sein. Deshalb verstehen sich die Selbsteinzelkosten (SEK) als kurzfristige Preisuntergrenze. Sie finden für zusätzliche oder dringend benötige Aufträge Anwendung (Abb. 2.27).[34]

Differenzierende Zuschlagskalkulation Aus der oben beschriebenen Zusammensetzung der Herstell- und Selbstkosten lässt sich das Kalkulationsschema der differenzierenden Zuschlagskalkulation ableiten (siehe Tab. 2.15). Dargestellt ist ein beispielhaftes Schema mit zwei Fertigungskostenstellen, für die unterschiedliche Kalkulationssätze festgelegt worden sind. Diese Art der Kalkulation heißt „differenzierend", weil zwischen den vom Produkt in Anspruch genommenen Kostenstellen unterschieden wird, d. h. jede Kostenstelle hat einen abweichenden Kalkulationssatz. Der Begriff „Zuschlagskalkulation" bedeutet, dass die Gemeinkosten mit Hilfe der Kalkulationssätze „zugeschlagen" werden.

Die differenzierende Zuschlagskalkulation findet insbesondere bei Einzel- und Serienfertigung Anwendung. Bei diesen Fertigungstypen werden die Kostenstellen von verschiedenen Produktarten auch unterschiedlich stark beansprucht, je nachdem, um welche Produktart es sich handelt und welche Fertigungsverfahren jeweils angewendet werden müssen. Diese heterogene Kostenverursachung zwischen den Produktarten und Fertigungsstellen lässt sich mit der differenzierenden Zuschlagskalkulation gut abbilden.[35]

[34]Bei diesen Überlegungen wird davon ausgegangen, dass die Gemeinkosten vollständig fixe Kosten sind. Nur dann wären die Gemeinkosten für kurzfristige Entscheidungen auch vollständig irrelevant. Dies muss aber nicht unbedingt der Fall sein. Zur exakten Berechnung der entscheidungsrelevanten Kosten müsste eine Unterscheidung in variable und fixe Gemeinkosten vorgenommen werden.

[35]Für eine Beschreibung der differenzierenden Zuschlagskalkulation siehe auch VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990, S. 25 ff.).

Tab. 2.15 Schema der differenzierenden Zuschlagskalkulation mit zwei Fertigungsstellen (für einen Auftrag)

	Materialeinzelkosten (MEK)	
+	Materialgemeinkostenzuschlag (MGK) [z. B. 15 % von MEK]	
=		Materialkosten (MK)
	Fertigungseinzelkosten in Fertigungsstelle I (FEK I)	
+	Fertigungsgemeinkostenzuschlag für Fertigungsstelle I (FGK I) [z. B. 40 % von FEK I]	
+	Fertigungseinzelkosten in Fertigungsstelle II (FEK II)	
+	Fertigungsgemeinkostenzuschlag für Fertigungsstelle II (FGK II) [z. B. 250 % von FEK II]	
+	Sondereinzelkosten der Fertigung (SoFEK)	
=		+ Fertigungskosten (FK)
		= *Herstellkosten (HK)*
+	Forschungs- und Entwicklungsgemeinkostenzuschlag (FuEGK) [z. B. 5 % von HK]	
+	Sondereinzelkosten der Forschung und Entwicklung (SoFuEEK)	
+	Verwaltungsgemeinkostenzuschlag (VwGK) [z. B. 3 % von HK]	
+	Vertriebsgemeinkostenzuschlag (VtGK) [z. B. 2,5 % von HK]	
+	Sondereinzelkosten des Vertriebs (SoVtEK)	
=		*Selbstkosten (SK)*

Im Schema aus Tab. 2.15 werden der Einfachheit halber als Bezugsgrößen im Materialbereich die Materialeinzelkosten, im Fertigungsbereich der Fertigungseinzelkosten und im Verwaltungs- und Vertriebsbereich die Herstellkosten verwendet. Dies ist in der Praxis durchaus üblich.

Das Schema zur Kalkulation der Herstell- und Selbsteinzelkosten ist in Tab. 2.16 dargestellt. Es muss hierbei nicht zwischen den Fertigungsstellen unterschieden werden, da alle Einzelkosten direkt dem Auftrag zugeordnet werden können. Zu beachten ist, dass der Begriff „Einzelkosten“ bei den Herstell- und Selbsteinzelkosten nicht ganz korrekt angewendet ist. Diese Einzelkosten beziehen sich auf einen Auftrag und nicht auf eine Produkteinheit. Der Grund dafür sind die enthaltenen Sondereinzelkosten, die sich nur Aufträgen eindeutig zuordnen lassen.

Tab. 2.16 Schema zur Kalkulation der Herstell- und Selbsteinzelkosten (für einen Auftrag)

	Materialeinzelkosten (MEK)	
+	Fertigungseinzelkosten (FEK)	
+	Sondereinzelkosten der Fertigung (SoFEK)	
=		*Herstelleinzelkosten (HEK)*
+	Sondereinzelkosten der Forschung und Entwicklung (SoFuEEK)	
+	Sondereinzelkosten des Vertriebs (SoVtEK)	
=		*Selbsteinzelkosten (SEK)*

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.44: Erklären Sie den Begriff „Kostenträgerrechnung". Was ist ein Kostenträger und was wird bei der Kostenträgerrechnung berechnet?

Frage 2.45: Wie unterscheidet sich die Kostenträgerstückrechnung von der Kostenträgerzeitrechnung? Aus welchem Grund wird zwischen beiden Rechnungen unterschieden?

Frage 2.46: Was verstehen Sie unter einer entwicklungsbegleitenden Kalkulation? Was wird dabei kalkuliert? Welche Aufgabe hat die entwicklungsbegleitende Kalkulation?

Frage 2.47: Wie unterscheiden sich die Herstellkosten von den Selbstkosten? Aus welchem Grund werden sie unterschieden?

Frage 2.48: Wie unterscheiden sich die Selbstkosten von den Selbsteinzelkosten? Welche unterschiedlichen Aufgaben haben sie?

Frage 2.49: Was ist eine differenzierende Zuschlagskalkulation? Bei welchen Gegebenheiten im Unternehmen kann sie sinnvoll angewendet werden?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.21: Herstell- und Selbstkosten der Abrechnungsperiode

In einem Unternehmen werden Laptops hergestellt. Der Fertigungsbereich ist in zwei Kostenstellen unterteilt worden: eine Vormontage (Fertigung I) und eine Endmontage mit Verpackung (Fertigung II).

In der betreffenden Abrechnungsperiode 01 hat das Unternehmen drei Aufträge gewonnen. Die auftragsspezifischen Kosten (Sondereinzelkosten) sind in der Tab. 2.17 aufgeführt.

Des Weiteren liegen zur Betrachtung die in Tab. 2.18 aufbereiteten Informationen zu den Kosten des Unternehmens in der Periode 01 vor.

1. Berechnen Sie im Rahmen der Kostenträgerzeitrechnung die Herstellkosten und die Selbstkosten des Unternehmens für die Abrechnungsperiode 01.

Tab. 2.17 Auftragsspezifische Kosten (Sondereinzelkosten) der Periode 01

	Auftrag 1	Auftrag 2	Auftrag 3
Anzahl Laptops in Stk	400	600	500
Vertreterprovision in €	4000	6000	5000
Auftragsspezifische Entwicklung in €	7500	5000	3500
Fertigungsmuster in €	2500	2000	1500

Tab. 2.18 Einzel- und Gemeinkosten des Unternehmens in Periode 01 nach Hauptkostenstellen

Kostenstelle	Material	Fertigung I	Fertigung II	Entwicklung	Verwaltung	Vertrieb
Gemeinkosten in €	30.000	250.000	350.000	150.000	50.000	30.000
Bezugsgröße	Material-einzelkosten	Fertigungs-einzelkosten	Fertigungs-einzelkosten	Herstell-kosten	Herstell-kosten	Herstell-kosten
Bezugsgrößen-menge in €	500.000	350.000	450.000	?	?	?

2. Berechnen Sie die Kalkulationssätze zur Weiterverrechnung der Gemeinkosten für alle Hauptkostenstellen.

Aufgabe 2.22: Differenzierende Zuschlagskalkulation

Es gelten die gleichen Ausgangsdaten wie in Aufgabe 2.21. Gehen Sie ferner davon aus, dass jeder Laptop in gleicher Höhe Einzelkosten verursacht.

1. Berechnen Sie mit Hilfe der differenzierenden Zuschlagskalkulation die Herstellkosten und die Selbstkosten für jeden der drei Aufträge.
2. Kalkulieren Sie ferner die Herstelleinzelkosten und die Selbsteinzelkosten für jeden Auftrag.

2.3 Target Costing für die Produktentwicklung

2.3.1 Vorgehensweise beim Target Costing

Das Target Costing ist ein interessantes Konzept des Kostenmanagements für Unternehmen, die komplexe technische Produkte entwickeln und herstellen. Es wurde ursprünglich in Japan entwickelt und zielt nicht nur auf die Produktentwicklung, sondern auch auf die Gestaltung der Kostenstruktur im gesamten Unternehmen ab. Das Besondere am Target Costing ist die marktorientierte Beeinflussung der Produktentwicklung durch

vom Markt abgeleitete Zielgrößen. Zu den Zielgrößen gehören zum einen die Selbst- und Herstellkosten und zum anderen die Nutzenvorstellungen der zukünftigen Kunden. Beides fließt direkt in die Gestaltung der Produkte ein. Das Target Costing ist deshalb für Entwicklungsingenieure ein wichtiges Instrument.[36]

Das Vorgehen beim Target Costing beginnt mit der Erforschung des Marktes, genau genommen mit der eines Marktsegments für eine ausgewählte Produktart. Unter einem Marktsegment wird eine zuvor definierte Käufergruppe verstanden, die potenziell am Kauf der Produktart interessiert ist. Durch Marktforschung kann aus dieser Käufergruppe ein durchschnittlicher Zielstückpreis und eine Zielstückzahl abgeleitet werden, zu denen das Produkt gewinnmaximal verkauft werden kann. Beide Werte beziehen sich immer auf eine Abrechnungsperiode, z. B. ein Quartal oder ein Jahr.

Der Zusammenhang zwischen dem Absatzpreis (p) und der Absatzmenge (x) kann für eine Periode mit einer sogenannten Preis-Absatz-Funktion beschrieben werden. Sie gibt den Preis als Funktion der Menge an ($p = f(x)$) und spiegelt die Marktgegebenheiten wider. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass der Preis (p) die absetzbare Menge (x) bestimmt, d. h. wird ein niedrigerer Preis angesetzt, steigt entsprechend der Funktion die absetzbare Menge. Die Preis-Absatz-Funktion zeigt dementsprechend, welche Mengen auf einem Markt zu alternativen Preisen abgesetzt werden können. Es gibt zu einer Preisalternative immer nur genau eine Absatzmenge. Ziel ist es, jene Mengen-Preis-Kombination zu ermitteln, bei der die höchsten Erlöse mit der betreffenden Produktart erzielt werden können. Das kann durch Maximierung der Erlösfunktion (siehe Gl. 2.17) erreicht werden. Die erste Ableitung der Erlösfunktion heißt Grenzerlösfunktion (Gl. 2.18). Diese wird zur Lösung der Extremwertaufgabe gleich null gesetzt und nach der Absatzmenge (x) aufgelöst.[37]

$$E(x) = p \cdot x \rightarrow \max! \tag{2.17}$$

$$\frac{dE(x)}{dx} = E'(x) = 0 \tag{2.18}$$

Wird nun vom Zielstückpreis ein durchschnittlicher Zielstückgewinn abgezogen, so ergeben sich die vom Markt erlaubten Kosten. Diese Kosten werden im Konzept des Target Costings auch „Allowable Costs“ genannt (siehe Abb. 2.28). In den Allowable Costs finden die Marktgegebenheiten und die Zielstellung des Unternehmens in Form einer Zielerlösrentabilität Berücksichtigung (siehe Gl. 2.19).

[36]Eine Einführung in das Konzept und die Vorgehensweise des Target Costings ist z. B. in Coenenberg et al. (2009, S. 541 ff.) oder in Friedl et al. (2010, S. 487 ff.) zu finden.

[37]Die Beschreibung der Preis-Absatz-Funktion (PAF) erfolgt im Rahmen der klassischen Preistheorie. Für eine einfache Darstellung siehe Wöhe und Döring (2010, S. 447 ff.).

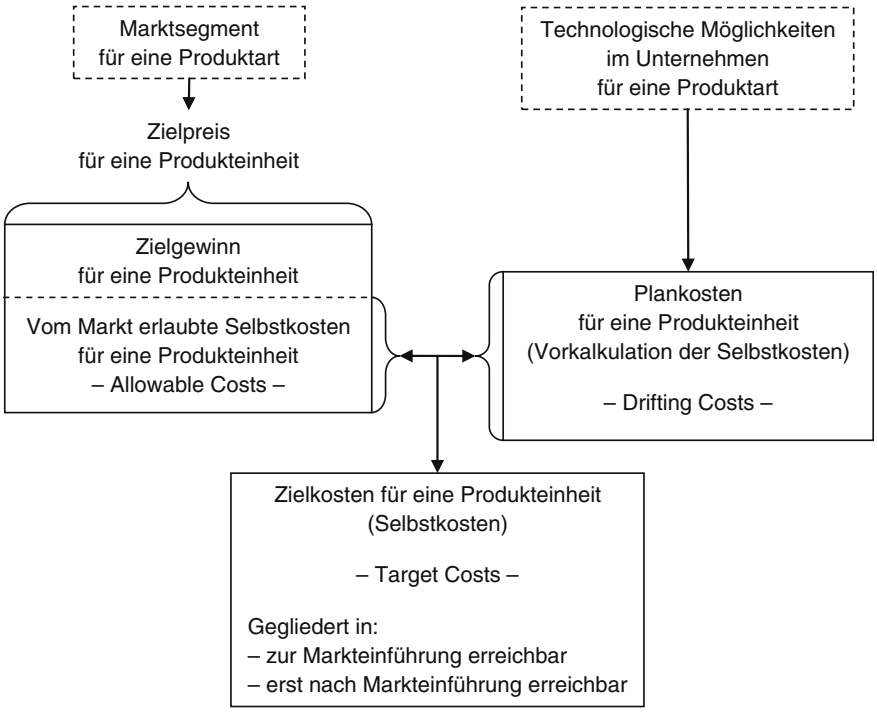


Abb. 2.28 Vorgehensweise bei der Herleitung der Target Costs

$$
\begin{aligned}
\text{Erlösrentabilität}\,[\%] &= \frac{\text{Gewinn}}{\text{Erlöse}} \cdot 100\% \\
\text{Erlösrentabilität}\,[\%] &= \frac{\varnothing\,\text{Stückgewinn}\,[€] \cdot \text{Stückzahl}\,[\text{Stk}]}{\varnothing\,\text{Stückpreis}\,[€] \cdot \text{Stückzahl}\,[\text{Stk}]} \cdot 100\% \\
\varnothing\,\text{Stückgewinn}\,[€] &= \frac{\text{Erlösrentabilität}\,[\%]}{100\,\%} \cdot \varnothing\,\text{Stückpreis}\,[€] \\
\text{Allowable Costs}\,[€] &= \varnothing\,\text{Stückpreis}\,[€] - \varnothing\,\text{Stückgewinn}\,[€]
\end{aligned}
\tag{2.19}
$$

Für die Kostenrechnung im Unternehmen entsprechen die vom Markt erlaubten Kosten den gewünschten Selbstkosten pro Stück. Sie beziehen sich auf eine Einheit der Produktart und müssen die gesamten Kosten des Unternehmens umfassen, da langfristig auch alle Kosten durch den Zielpreis gedeckt werden müssen, um die geplanten Gewinne tatsächlich zu erzielen.

Ob die Allowable Costs mit Hilfe der technologischen Möglichkeiten des Unternehmens überhaupt realisierbar sind, ist zunächst unklar und bedarf der Überprüfung. Dies geschieht mit einer Vorkalkulation der Selbstkosten. Nach einer Untersuchung der potenziellen Produktionsmöglichkeiten wird eine Vorkalkulation mit geplanten Einkaufspreisen und Ressourcenmengen für die zuvor definierte Abrechnungsperiode erstellt.

Diese vorkalkulierten Selbstkosten heißen im Target Costing „Drifting Costs“. Sie haben immer den Charakter von Plankosten einer zukünftigen Periode oder von Istkosten einer vergangenen Periode. Die Drifting Costs spiegeln somit immer die tatsächlichen (geplanten oder vorhandenen) Fähigkeiten und Möglichkeiten des Unternehmens wider.

Üblicherweise sind die Drifting Costs in der ersten Betrachtung weitaus höher als die Allowable Costs. Die Differenz zeigt den grundsätzlichen Handlungsbedarf, um im Markt erfolgreich bestehen zu können. Aus dem Vergleich der Allowable Costs mit den Drifting Costs wird auch klar, ob der Eintritt in das Marktsegment überhaupt realistisch ist oder mit diesem Plan prinzipiell die Möglichkeiten des Unternehmens überschätzt werden.

Wird die Bearbeitung des Marktsegments als Erfolg versprechend angesehen, ist von den Ingenieuren ein Produktkonzept zu ersinnen, das die Lücke zwischen Allowable Costs und Drifting Costs weitestgehend schließt und dabei die Produktanforderungen erfüllt. Die sich daraus ergebenden (erreichbaren) Kosten werden „Target Costs“ (Zielkosten) genannt. Sie liegen in ihrer Höhe üblicherweise zwischen den vom Markt erlaubten Kosten und der ursprünglichen Vorkalkulation und haben den Charakter von Sollkosten (siehe Gl. 2.20). Da es sich immer um Selbstkosten handelt, ist zu beachten, dass die Kostenlücke nicht nur von der Produktentwicklung zu schließen ist, sondern auch durch Maßnahmen zur Reduzierung der Verwaltungs- oder der Vertriebskosten.

$$\frac{\text{Allowable Costs}}{\text{Target Costs (Sollkosten)}} \geq 1 \tag{2.20}$$

Die Maßnahmen zur Reduzierung der Kostenlücke können eingeteilt werden in solche, die bis zur Markteinführung umgesetzt werden können, und in solche, die erst nach Verkaufsstart in Angriff genommen werden sollen. Entsprechend werden in der Praxis die Target Costs normalerweise zeitlich gegliedert (siehe Abb. 2.28, unten).

Eine der größten Herausforderungen im Target Costing ist die Zielkostenspaltung und Zielkostenkontrolle. Unter Spaltung wird eine Unterteilung der Zielkosten verstanden. Diese ist notwendig, da die Gesamtproduktkosten viel zu allgemein und generisch sind, um daraus konkrete Vorgaben für die Gestaltung der Produkte oder des Unternehmens abzuleiten.

Die Zielkostenspaltung hat zwei grundsätzliche Stoßrichtungen: 1) Spaltung der Zielkosten in die Kostenstruktur des Unternehmens und 2) Spaltung der Zielkosten in die Funktions- und Baustruktur des Produkts (siehe Abb. 2.29). Durch die Unterteilung der Zielkosten in die Kostenstruktur des Unternehmens wird eine langfristige und marktorientierte Beeinflussung aller Abteilungen möglich. Das Unternehmen in Gänze muss die Zielkosten erreichen. Dazu gehören neben der Herstellung auch die Verwaltung und der Vertrieb.

Die Betrachtung der Funktions- und Baustruktur des Produkts ist eine Aufgabe der Entwicklung. Hier wird die bestehende Produktstruktur analysiert bzw. eine geänderte oder neue Struktur synthetisiert. Durch die Unterteilung der Zielkosten auf einzelne Produktbestandteile, wie Produktfunktionen und Baukomponenten, wird eine

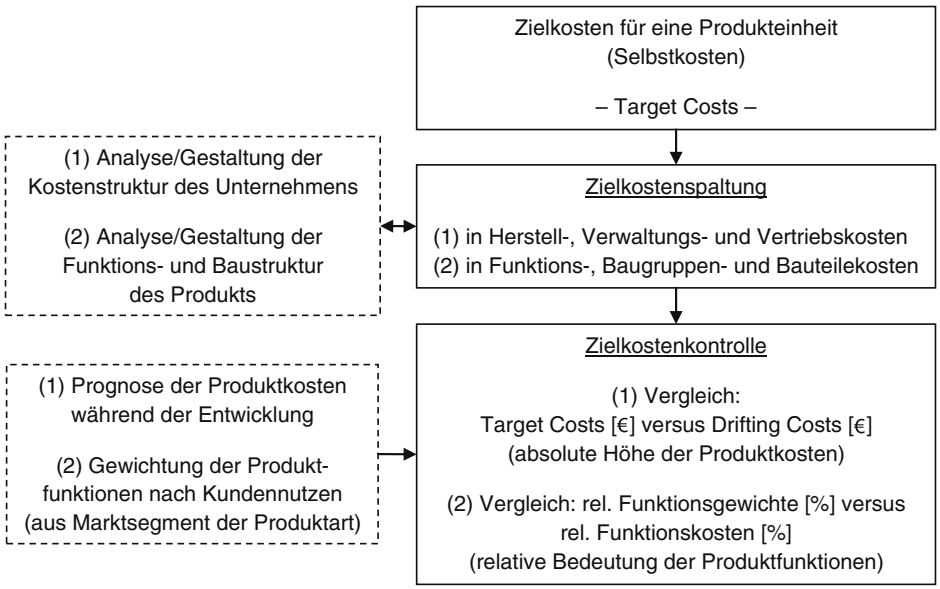


Abb. 2.29 Zielkostenspaltung und Zielkostenkontrolle

marktorientierte Beeinflussung der Produktzusammensetzung durch Entwicklungsingenieure möglich.

Mit Hilfe der Zielkostenspaltung wird ermöglicht, auf konkreter Ebene Handlungsbedarf sowohl in der Unternehmensstruktur als auch an der Produktstruktur zu erkennen, um daraus Maßnahmen zur langfristigen Gestaltung abzuleiten.

Neben der Zielkostenspaltung ist auch die Kontrolle der Zielkosten eine notwendige Aufgabe im Target Costing. Kontrolliert werden die Selbstkosten des Gesamtprodukts (absolute Höhe der Produktkosten) sowie die relative kostenmäßige Bedeutung der einzelnen Produktfunktionen.

Zur Überprüfung der Selbstkosten werden die Target Costs mit den Drifting Costs verglichen (siehe Gl. 2.21). Das Ergebnis zeigt an, zu welchem Grad die geplante Erlösrentabilität tatsächlich erzielt werden kann. Ist der Quotient gleich eins, so werden die Zielkosten in vollem Umfang erreicht. Der Quotient sollte aber auch darüber hinaus stets maximiert werden, um oberhalb eines niedrig gesetzten Ziels weiterhin Wirtschaftlichkeit zu gewinnen.

$$\frac{\text{Target Costs (Sollkosten)}}{\text{Drifting Costs (Plan/Istkosten)} \rightarrow \text{min!}} \leq 1 \tag{2.21}$$

Die Kontrolle der Selbstkosten sollte in jeder Phase des Entwicklungsprojektes und auch nach Markteinführung regelmäßig überprüft werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Produktkosten (Drifting Costs) im Rahmen von Vorkalkulationen prognostiziert werden

können. Dies ist insbesondere in den frühen Phasen der Entwicklung problematisch, wenn die Baustruktur nur teilweise entwickelt ist.

Als zweiter Schritt bei der Zielkostenkontrolle wird die relative Bedeutung einzelner Produktfunktionen überprüft. Als Maßstab wird die Bedeutung herangezogen, die aus Sicht des Marktes (des Marktsegments der Produktart) den Funktionen beigemessen wird. Um diese Bedeutungen zu ermitteln, werden durch Befragungen die Nutzenanteile bestimmt, die die potenziellen Kunden den Funktionen zuschreiben.

Die relativen Nutzenanteile werden dann mit den relativen Kostenanteilen verglichen. Durch diesen Vergleich werden die Marktsicht und die Unternehmenssicht miteinander verknüpft. Es kann so nachgeprüft werden, ob die relative Bedeutung der Produktbestandteile marktorientiert gelöst worden ist. Die Ermittlung der Nutzenanteile kann allerdings nur für Produktfunktionen, nicht aber für Baukomponenten erfolgen. Aus diesem Grund wird ein solcher Vergleich immer auf der Ebene der Funktionen entstehen.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.50: Welche prinzipiellen Aufgaben hat das Target Costing bei der Entwicklung technischer Produkte? Warum hat es für den Entwicklungsingenieur eine so große Bedeutung?

Frage 2.51: Beschreiben Sie möglichst kurz und als Überblick den gesamten Ablauf des Target Costings.

Frage 2.52: Wie werden die Allowable Costs ermittelt und welche Bedeutung haben sie für das Entwicklungsprojekt?

Frage 2.53: Wie werden die Drifting Costs berechnet und was sagen sie über das Unternehmen aus?

Frage 2.54: Warum sind Target Costs immer Selbstkosten? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus hinsichtlich der Verantwortlichkeit für die Einhaltung der Target Costs?

Frage 2.55: Warum müssen Zielkosten gespalten werden? Welche prinzipiellen Möglichkeiten der Zielkostenspaltung kennen Sie?

Frage 2.56: Wie ist eine Zielkostenkontrolle aufgebaut? Welche zwei grundsätzlichen Aspekte werden im Laufe der Produktentwicklung immer wieder abgefragt?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.23: Bestimmung der Allowable Costs aus Absatzzahlen

Ein Unternehmen plant im Jahr 01 einen neuen Laptop auf den Markt zu bringen. Das Gerät soll in erster Linie einigen Großkunden angeboten werden und eine Erlösrentabilität von 10 % erreichen. Der Vertrieb geht nach eingehender Untersuchung von den folgenden Stückzahlen und Absatzpreisen für das Jahr 01 aus (Tab. 2.19).

1. Berechnen Sie die Allowable Costs pro Stück für jedes einzelne Quartal des Jahres und für das Gesamtjahr.

Tab. 2.19 Absatzzahlen für Großkunden im Jahr 01

Kunde	Zeitraum	Stückzahl	Absatzpreis in €/Stk
Großkunde 1	1. Quartal	350	1800
	2. Quartal	450	1700
	3. Quartal	500	1500
	4. Quartal	200	1100
Großkunde 2	1. Quartal	75	2100
	2. Quartal	150	1900
	3. Quartal	200	1800
	4. Quartal	50	1500
Großkunde 3	1. Quartal	500	1700
	2. Quartal	750	1600
	3. Quartal	1100	1400
	4. Quartal	950	1100

2. Wie hoch (in €) wären die zu erwartenden Quartalserlöse, Quartalskosten und Quartalsgewinne, wenn die Allowable Costs tatsächlich realisiert werden könnten?
3. Welche Konsequenzen ergeben sich für das Unternehmen aus den sinkenden Allowable Costs im Laufe der vier Quartale?

Aufgabe 2.24: Preis-Absatz-Funktion

Ein Unternehmer hält für eine Produktart (Grafikkarte) einen Marktanteil von 10 %. Für diese Produktart liegt der Marktpreis gegenwärtig bei p = 60 €/Stück. Für den Unternehmer gelten folgende Preis-Absatz-Funktion und Kostenfunktion:

$$p(x) = 100€ - 0,01 \frac{€}{\text{Stück}} \cdot x$$
$$K(x) = 10.000€ + 50 \frac{€}{\text{Stück}} \cdot x$$

1. Zeichnen Sie die Preis-Absatz-Funktion in ein Koordinatensystem ein. Wo liegen die Schnittpunkte mit der p-Achse und mit der x-Achse?
2. Wie hoch ist bei dem gegenwärtigen Marktpreis die für den Unternehmer erzielbare Erlösrentabilität?

Aufgabe 2.25: Bestimmung der Allowable Costs aus einer Preis-Absatz-Funktion

Ein Unternehmen plant im Jahr 01 einen neuen Laptop auf den Markt zu bringen. Das Gerät soll in erster Linie für den privaten Gebrauch bestimmt sein und in

großer Serie gebaut werden. Eine Erlösrentabilität von 8 % ist geplant. Die Marktforschung geht nach eingehender Untersuchung von einer Preis-Absatz-Funktion $p(x) = 1000\,€ - 1\frac{€}{Stk} \cdot x$ aus.

1. Berechnen Sie unter Berücksichtigung der Marktgegebenheiten den erlösmaximalen Absatzpreis und die zugehörige Absatzmenge.
2. Bestimmen Sie die Allowable Costs pro Stück.
3. Wie hoch ist die realisierbare Erlösrentabilität, wenn die Target Costs mit 470 €/Stk festgelegt werden.

2.3.2 Zielkostenspaltung in Selbst- und Herstellkosten (die Unternehmensstruktur)

Bei den Zielkosten für eine Produkteinheit (Target Costs) handelt es sich um eine sehr stark aggregierte Größe. Das liegt daran, dass sie Selbstkosten sind und deshalb alle Kostenarten des Unternehmens beinhalten müssen. Die Höhe der Target Costs in Gänze ist deshalb für die Steuerung einzelner Unternehmensbereiche, insbesondere der Produktentwicklung, zunächst wenig aussagekräftig. Es ist zwingend notwendig, die Target Costs weiter zu differenzieren.

In Unternehmen, in denen technische Produkte in Serie hergestellt werden, bietet sich eine Untergliederung ähnlich der bei der differenzierenden Zuschlagskalkulation an. Dies hat zur Folge, dass die Kalkulation der Erzeugnisse (Drifting Costs) und die differenzierten Zielkosten eine ähnliche Struktur aufweisen und damit leicht im Detail verglichen werden können. Die Zielkosten werden demgemäß in die Unternehmensfunktionen Herstellung, Entwicklung, Verwaltung und Vertrieb gegliedert (siehe Abb. 2.30).

Es stellt sich hierbei generell die Frage, wie die einzelnen Kostenbudgets (Zielkostenvorgaben) an die Unternehmensbereiche vergeben werden sollen. Unter einem Kostenbudget wird die quantitative Verteilung (Spaltung) der Zielkosten für einen bestimmten zukünftigen Zeitraum verstanden. Das Kostenbudget umfasst sowohl die finanziellen Größen (angegeben in €) als auch die sachbezogenen Aspekte (Ressourcenmengen und Beschaffungspreise). Es dient als Richtungsweiser für die Gestaltung der Kostenstruktur im Unternehmen.

Die Planung des Kostenbudgets ist eine strategische Aufgabe und muss mit den Zielen des Unternehmens, die der Produktentwicklung übergeordnet sind, in Einklang stehen. Es werden in der Regel mehrere Perioden in Folge betrachtet und alle Hierarchieebenen des Unternehmens mit einbezogen. Häufig werden ein Jahr und die Quartale des Jahres als Planungsperioden gewählt. Es kann zwischen einer lang- und einer kurzfristigen Kostenplanung unterschieden werden.

Die Planung kann hierarchisch von oben (Geschäftsführung) nach unten oder auch von unten (Abteilung) nach oben erfolgen. Der Top-Down-Ansatz wird auch retrograde Kostenbudgetierung genannt. Die einzelnen Pläne der Abteilungen werden dabei aus

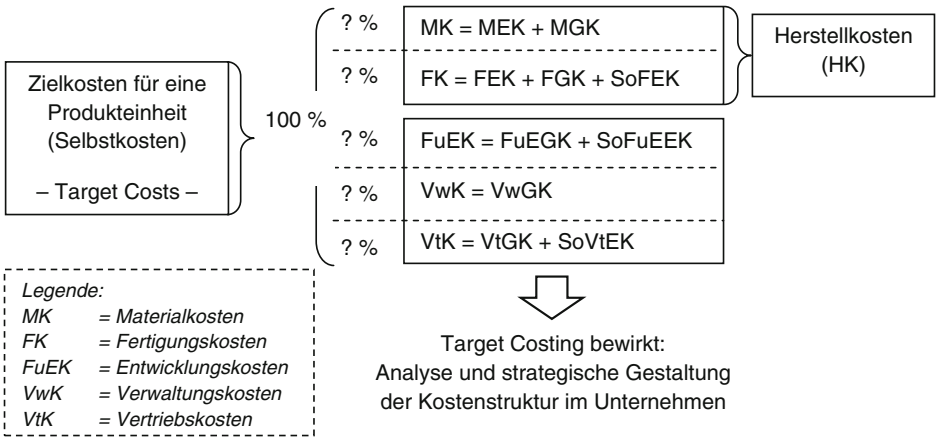


Abb. 2.30 Spaltung der Zielkosten in Kostenkategorien des Unternehmens

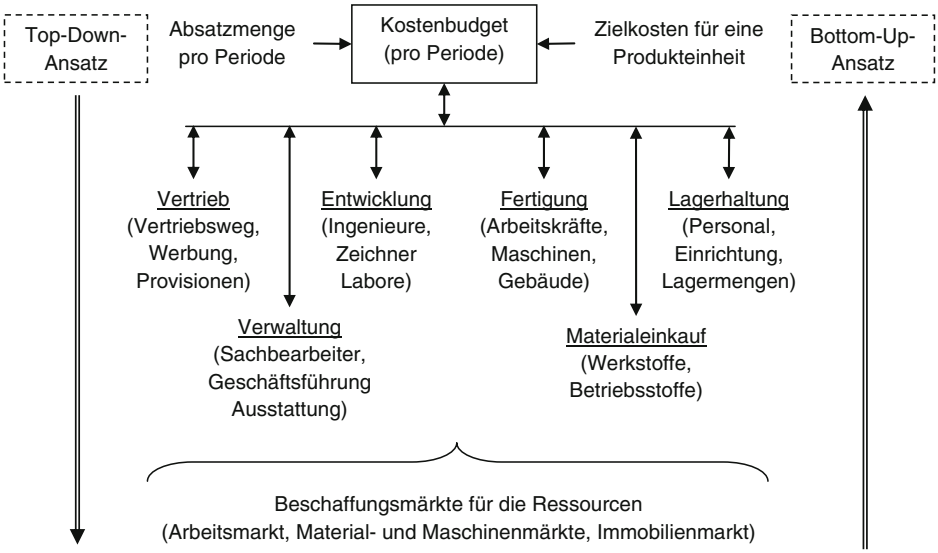


Abb. 2.31 Planung der Kostenbudgets zur Erreichung der Zielkosten

einem vorgegebenen Gesamtbudget von der Unternehmensleitung abgeleitet. Bei der progressiven Kostenbudgetierung (Bottom-Up-Ansatz) ist es umgekehrt. Das Gesamtkostenbudget ergibt sich aus den Plänen der Abteilungen (siehe Abb. 2.31).[38]

[38]Zu verschiedenen Verfahren und dem Vorgehen bei der Budgetierung siehe Friedl et al. (2010, S. 530 ff.).

Die definierten Kostenbudgets müssen einen verbindlichen Charakter haben. Sinnvoll könnte es sein, starre Ober- und Untergrenzen für jeden Unternehmensbereich festzulegen. Von großer Bedeutung ist hierbei, dass alle Abteilungsleiter den Kostenbudgets ausdrücklich zustimmen und an deren Einhaltung aktiv mitwirken. Normalerweise werden die eher formalen Kostenbudgets in den Abteilungen mit den zugrunde liegenden Sachen (z. B. Materialmengen, Fertigungsstunden) und Beschaffungspreisen verknüpft, damit die Kostenplanung mit einer konkreten Mengen- und Preisplanung untermauert wird.

Beim Target Costing ist der Ausgangspunkt der Budgetplanungen die mengenmäßige Absatzprognose, die zur Ableitung der Zielkosten vom Markt geführt hat (Schritt 1). Die Absatzmenge und die Zielkosten (pro Stück) sind die Grundlage für die Berechnung des Gesamtkostenbudgets einer Abrechnungsperiode (siehe Gl. 2.22).

$$\text{Gesamtkostenbudget } [€] = \text{Absatzmenge } [\text{Stk}] \cdot \text{Zielkosten } \left[\frac{€}{\text{Stk}}\right] \tag{2.22}$$

Liegt der Absatzplan vor, kann daraus der Produktionsplan abgeleitet werden (Schritt 2). Er hängt von den geplanten Absatzmengen, aber auch von den erwarteten Lagerbestandsveränderungen der Produktart ab (siehe Gl. 2.23).

$$\begin{aligned}\text{Produktionsmenge } [\text{Stk}] = {} & \text{Absatzmenge } [\text{Stk}] + \text{Endbestand } [\text{Stk}] \\ & - \text{Anfangsbestand } [\text{Stk}]\end{aligned} \tag{2.23}$$

Der Lagerbestand ist immer dann notwendig, wenn der Absatz der Periode nicht gleichmäßig verläuft, es aber zu einer gleichmäßigen Auslastung der Produktion kommen soll.

Die Mengenprognose der Produktion kann als Grundlage für die Festlegung der Materialeinzelkosten herangezogen werden (Schritt 3). Hierfür werden zunächst die Materialverbräuche pro Materialart ermittelt (siehe Gl. 2.24) und die Beschaffungspreise der Materialien ergänzt (Gl. 2.25). Es kann so das Materialeinkaufsbudget (ohne Materiallagerbestandsveränderungen) ermittelt werden.

$$\text{Materialverbrauch } [\text{ME}] = \text{Materialeinsatz } \left[\frac{\text{ME}}{\text{Stk}}\right] \cdot \text{Produktionsmenge } [\text{ME}] \tag{2.24}$$

$$\text{Materialeinzelkosten } [€] = \text{Materialverbrauch } [\text{ME}] \cdot \text{Materialpreis } \left[\frac{€}{\text{ME}}\right] \tag{2.25}$$

Zu beachten ist, dass mit Gl. 2.24 bzw. Gl. 2.25 die Materialverbrauchsmengen bzw. Materialeinzelkosten immer nur für eine bestimmte Materialart und pro Periode ermittelt werden. Die gesamten Materialeinzelkosten der Periode ergeben sich aus der Summe aller für die Produktart verbrauchten Materialien.

Aus der Analyse des Fertigungsprozesses und der notwendigen Zeitbedarfe kann auf die Fertigungseinzelkosten, die zumeist Lohnkosten sind, geschlossen werden (Schritt 4).

$$\text{Arbeitszeit } [h] = \text{Produktionsmenge } [\text{Stk}] \cdot \text{Arbeitseinsatz } \left[\frac{h}{\text{Stk}}\right] \tag{2.26}$$

$$\text{Lohnkosten } [€] = \text{Arbeitszeit } [h] \cdot \text{Lohn } \left[\frac{€}{h}\right] \tag{2.27}$$

Grundlage für die Bestimmung der Fertigungseinzelkosten ist die Produktionsmenge der Periode. Aus der Analyse der einzelnen Fertigungsschritte (z. B. mit Hilfe der Arbeitspläne) kann der Ingenieur den Arbeitseinsatz pro gefertigter Produkteinheit ermitteln. Daraus ergibt sich die verbrauchte Arbeitszeit für die gesamte Periode (siehe Gl. 2.26). Die Lohnkosten der Periode, die häufig den Fertigungseinzelkosten entsprechen, können sodann aus der Arbeitszeit und dem Stundenlohn berechnet werden (siehe Gl. 2.27).

Die Fertigungsgemeinkosten können sowohl aus variablen Kosten als auch aus fixen Kosten bestehen. Zu den variablen Fertigungsgemeinkosten gehören beispielsweise Hilfs- und Betriebsstoffe, Hilfslöhne, Energie oder Wartung und Instandhaltung. Sie können auf Basis der Produktionsmenge abgeschätzt werden (Schritt 5). Fixe Fertigungsgemeinkosten sind z. B. Abschreibungen für Produktionsmittel, Versicherungen oder die Werksleitung. Die Höhe dieser Kosten ist nicht von der Produktionsmenge abhängig, sie ergibt sich aus dem Zeitablauf durch die Länge der Periode.

Die Materialgemeinkosten (MGK) werden in der Regel über den Wert des Materials bestimmt, das für die reibungslose Versorgung der Produktion vorgehalten werden muss (Schritt 6). Der Lagerwert ergibt sich aus der durchschnittlichen Menge des Materials im Lager und dem durchschnittlichen Beschaffungspreis (siehe Gl. 2.28). Der Lagerwert wird für die Bestimmung der Materialgemeinkosten mit dem Lagerkostensatz multipliziert (siehe Gl. 2.29). Der Lagerkostensatz verkörpert den Aufwand der Lagerhaltung bezogen auf den Materialwert sowie den innerbetrieblichen Transport zur Produktion.

$$\text{Lagerwert der Materialart } [€] = \text{Beschaffungspreis } \left[\frac{€}{\text{ME}}\right] \cdot \text{Lagermenge } [\text{ME}] \tag{2.28}$$

$$\text{MGK } [€] = \text{Lagerwert der Materialart } [€] \cdot \text{Lagerkostensatz } \left[\frac{€}{€}\right] \tag{2.29}$$

Zu beachten ist, dass der Lagerwert und die Materialgemeinkosten (MGK), wie sie mit Gl. 2.28 bzw. Gl. 2.29 ermittelt werden, immer nur für eine Materialart gelten. Die gesamten Materialgemeinkosten der Periode ergeben sich aus der Summe über alle Materialien der Produktart.

Aus den zusammengetragenen Daten können als nächstes die Herstellkosten berechnet werden. Die Herstellkosten der betreffenden Periode beziehen sich immer auf die tatsächlich verkauften Stückzahlen der Produktart. Es werden im Konzept des Target Costings die sogenannten „Herstellkosten (HK) des Erlöses“ herangezogen. Diese können von den Herstellkosten der Periode abweichen, wenn es zu Lagerbestandsveränderungen an Fertigprodukten gekommen ist. Die Herstellkosten des Erlöses berechnen sich mit Gl. 2.30 aus den Herstellkosten der Periode und der Lagerveränderung. Für das Target

Costing sind stets die Herstellkosten des Erlöses relevant, weil die Zielkosten in Verbindung mit den Absatzmengen der Periode bestimmt werden.

$$\text{HK des Erlöses } [€] = \text{Anfangsbestand } [€] + \text{HK der Periode } [€] - \text{Endbestand } [€] \quad (2.30)$$

Die Kostenbudgets für Vertrieb, Verwaltung sowie Forschung und Entwicklung können auf Basis der beabsichtigten Aktivitäten und Aufgaben geplant werden (Schritte 7 und 8). Für die Kostenplanung dieser Gemeinkostenbereiche spielen die Unternehmensgröße und die Branchenzugehörigkeit eine wichtige Rolle. Es bietet sich an, die Sondereinzelkosten des Vertriebs (z. B. Provisionen, Fracht) und der Forschung und Entwicklung (z. B. Prototypen) getrennt von den fixen Gemeinkosten (z. B. Finanzbuchhaltung) zu planen. In vielen Fällen können die Kosten der Verwaltung der Einfachheit halber nur pauschal, d. h. ohne weitere Differenzierung, angenommen werden (Abb. 2.32).

Prinzipiell sinnvoll erscheint die Vorgehensweise, sowohl die Unternehmensleitung als auch die Abteilungen Vorschläge zu den Kostenbudgets unterbreiten zu lassen, d. h. die retrograde und die progressive Kostenbudgetierung miteinander zu verknüpfen. Hierzu wird auch Gegenstromverfahren gesagt. Dies führt dazu, dass die Erfahrungen der einzelnen Bereiche wie auch die steuernde Wirkung der Geschäftsführung zum Tragen kommen. Maßgeblich wird die Zielkostenspaltung dann erfolgreich sein, wenn es gelingt, die Kostenbudgets der Gemeinkostenbereiche wettbewerbsfähig und entsprechend der strategischen Ziele des Unternehmens festzulegen. Das bedeutet, die Effizienz und die Effektivität der Tätigkeiten in den entsprechenden Bereichen zu hinterfragen und die Tätigkeiten ggf. zu streichen oder zumindest zu modifizieren.

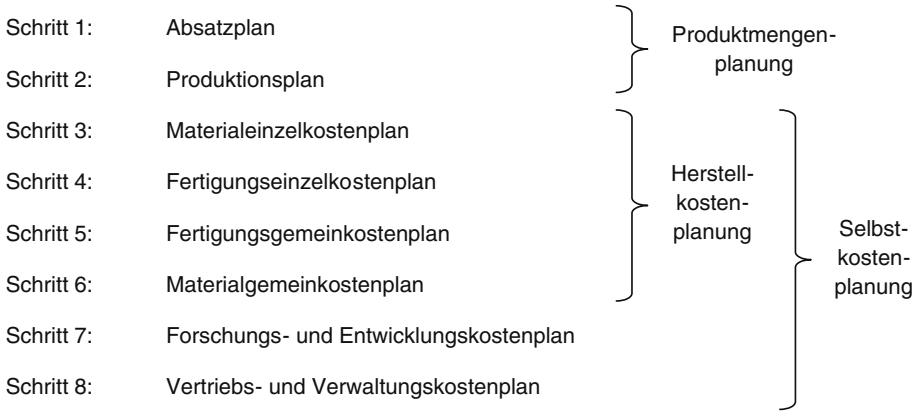


Abb. 2.32 Schritte bei der Aufstellung des Kostenbudgets

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.57: In welche Kostenkategorien des Unternehmens werden die Zielkosten differenziert, d. h. gespalten? Warum werden ausgerechnet diese Kategorien gewählt?

Frage 2.58: Welchen zeitlichen Horizont hat die Planung der Ziel-Kostenbudgets in Unternehmen? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus?

Frage 2.59: Wie unterscheidet sich die Kostenbudgetierung von der Sachbudgetierung? Wie hängen beide miteinander zusammen?

Frage 2.60: Welche zwei prinzipiellen Vorgehensweisen bei der Kostenbudgetierung kennen Sie? Können diese beiden sinnvoll miteinander verknüpft werden?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.26: Produktionsplan und Gesamtkostenbudget

Ein Unternehmen plant im Geschäftsjahr 02 einen neuen Laptop auf den Markt zu bringen. Im aktuellen Jahr 01 sollen noch 1500 Laptops vorproduziert werden, damit zum Verkaufsstart genügend Geräte vorrätig sind. Des Weiteren sollen als Sicherheitsbestand immer mindestens 250 Geräte vorrätig sein, um unvorhersehbare Absatzschwankungen ausgleichen zu können. Die Target Costs pro Laptop betragen 850 € bei 5000 Stück pro Jahr.

1. Wie hoch sind die Absatzmenge, die Produktionsmenge und das Gesamtkostenbudget für das erste Verkaufsjahr?
2. Welche Produktmenge muss für die Berechnung des Gesamtkostenbudgets herangezogen werden? Begründen Sie Ihre Aussage.

Aufgabe 2.27: Planung der Herstellkosten des Erlöses

Es gelten die Ausgangsdaten aus Aufgabe 2.26.

Folgende Materialmengen sollen pro Gerät planmäßig verraucht werden (siehe Tab. 2.20). Die Bevorratung des Materials für die Versorgung der Produktion orientiert sich am Jahresverbrauch der Materialart.

Eine Analyse der Fertigung ergab, dass vier Fertigungsschritte geplant worden sind, für die jeweils der folgende Arbeitseinsatz pro Gerät benötigt wird (siehe Tab. 2.21). Die Kosten für Energie, Hilfslöhne und Hilfsstoffe wurden pauschal pro 100 gefertigter Laptops geschätzt.

Die Miete für das Fertigungsgebäude beträgt 12.000 €/Monat und die Versicherung für die Ausstattung kostet 1500 €/Monat. Der zuständige Fertigungsmanager bekommt

Tab. 2.20 Planmäßiger Verbrauch an Material pro Gerät

Materialart	Edelstahlblech	Magnesium	Kupferdraht
Einsatz	0,5 m^2/Stk	0,7 kg/Stk	2,3 m/Stk
Preis	20 €/m^2	55 €/kg	3,5 €/m
Lagervorrat in % des Jahresverbrauchs	20 %	25 %	10 %

Tab. 2.21 Arbeitseinsatz pro Gerät

Fertigungsschritt	1	2	3	4
Arbeitseinsatz	3,6 h	1,5 h	0,5 h	0,75 h
Energie	3500 kWh pro 100 Geräte			
Hilfslöhne	50 h pro 100 Geräte			
Hilfsstoffe	1250 € pro 100 Geräte			
Wartung	2500 € pro 100 Geräte			

Tab. 2.22 Geschätzte Kosten verschiedener Unternehmensbereiche

Kostenart	Höhe
Fixe Forschungs- und Entwicklungskosten	5 % der Herstellkosten
Sondereinzelkosten der Entwicklung	Herstellkosten für 20 Funktionsmuster
Fixe Vertriebskosten	2,5 % der Herstellkosten
Sondereinzelkosten des Vertriebs	1 % der Herstellkosten für Vertreterprovisionen
Verwaltungskosten	4 % der Herstellkosten

ein Bruttojahresgehalt inklusive aller Nebenkosten von 78.000 €. Die Fertigungsanlage wird mit 40.000 €/Monat und die Verpackungsmaschine mit 25.000 €/Monat abgeschrieben.

Der Lagerkostensatz für Material beträgt 0,04 €/€. Die Lohnkosten werden mit 80 €/h, Hilfslöhne mit 50 €/h und die Energiekosten mit 0,16 €/kWh angesetzt. Die Herstellkosten für einen Laptop im Jahr 01 werden mit durchschnittlich 755 €/Stück geplant.

1. Bestimmen Sie durch eine progressive Planung die Herstellkosten des Erlöses für die Periode 02.
2. Vergleichen Sie die progressiv geplanten Herstellkosten des Erlöses mit dem Ziel-Gesamtkostenbudget. Welche Schlussfolgerungen können Sie ziehen?

Aufgabe 2.28: Planung der Selbstkosten des Erlöses

Es gelten die Ausgangsdaten der Aufgabe 2.26 und der Aufgabe 2.27.

Für die Unternehmensbereiche Forschung und Entwicklung, Vertrieb und Verwaltung sind die folgenden Gemeinkosten und Sondereinzelkosten aus Tab. 2.22 geschätzt worden.

1. Berechnen Sie die Selbstkosten des Erlöses für die Periode 02.
2. Bestimmen Sie die prozentualen Anteile der Kostenkategorien entsprechend der differenzierenden Zuschlagskalkulation.
3. Um wie viel Prozent müssen die Selbstkosten im weiteren Verlauf der Planungen noch geschmälert werden, um das Gesamtkostenbudget einzuhalten?

2.3.3 Zielkostenspaltung in Funktionen und Baukomponenten (die Produktstruktur)

Bei den Zielkosten eines Produkts handelt es sich grundsätzlich immer um dessen Gesamtkosten, die in der Kostenrechnung üblicherweise Selbstkosten genannt werden. Im Abschn. 2.3.2 wurden die Zielkosten in die Kostenkategorien des Unternehmens aufgespalten. Dadurch ist es gelungen, in der Unternehmensplanung die Herstellkosten aus den Selbstkosten herauszuschälen. Als Ergebnis können die Ziel-Herstellkosten angegeben werden.

Als Vorgabe für die Produktentwicklung sind die Herstellkosten viel besser geeignet als die Selbstkosten. Dies liegt daran, dass die Kostenhöhe in der Verwaltung, der Forschung und Entwicklung oder im Vertrieb kaum durch die Gestaltung des Produkts (Konstruktion) beeinflusst wird. Die Kosten dieser Bereiche sind deshalb für Entscheidungen innerhalb der Entwicklung nicht relevant. Anders sieht die Situation bei den Material- und Fertigungskosten aus. Diese Kostenarten werden maßgeblich durch Entwicklungsentscheidungen beeinflusst und festgelegt. Die Herstellkosten sind deshalb für Ingenieure in der Produktentwicklung die entscheidungsrelevanten Kosten.

Für den Entwicklungsprozess sind die Herstellkosten des Gesamtprodukts meistens zu abstrakt und wenig aussagekräftig. Entwicklungsingenieure wenden sich nämlich nicht immer dem gesamten technischen Produkt zu, sondern konzentrieren sich abwechselnd auch auf Teilbereiche, wie z. B. Baukomponenten oder Funktionen. Wichtig bei der Entwicklung ist außerdem, dass nicht nur das Gesamtprodukt die Ziel-Herstellkosten erreicht, sondern auch die relative Bedeutung einzelner Produktbestandteile marktgerecht gestaltet ist.

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Kostenvorgabe für das Gesamtprodukt auf die Produktbestandteile zu spalten. Üblicherweise wird hierfür die Funktions- und Baustruktur als Grundlage herangezogen (siehe Abb. 2.33).

Die Zielkostenspaltung beginnt mit der Aufteilung der Gesamtproduktkosten auf die einzelnen Produktfunktionen. Funktionen können in der Regel frühzeitig aus den Produktanforderungen abgeleitet werden, ohne dass die Baustruktur zuvor festgelegt sein muss. Die Funktionskosten werden im weiteren Verlauf des Entwicklungsprozesses auf die entstandene Baustruktur, d. h. auf einzelne Baukomponenten, verteilt.

Zu beachten ist hierbei, dass zwischen den Produktfunktionen und den Baukomponenten keine Eins-zu-eins-Beziehung vorliegen muss. Vielmehr handelt es sich allgemein um eine sogenannte m:n-Beziehung, die zuvor im Detail analysiert werden muss. Jede Funktion kann dabei mit mehreren Komponenten und jede Komponente kann mit mehreren Funktionen in Beziehung stehen.

In umgekehrter Richtung müssen im Rahmen einer Produktkalkulation die Funktionskosten aus den Baukomponentenkosten berechnet werden. Ist dies geschehen, können die gewünschten Target-Funktionskosten mit den tatsächlich realisierbaren Drifting-Funktionskosten verglichen werden.

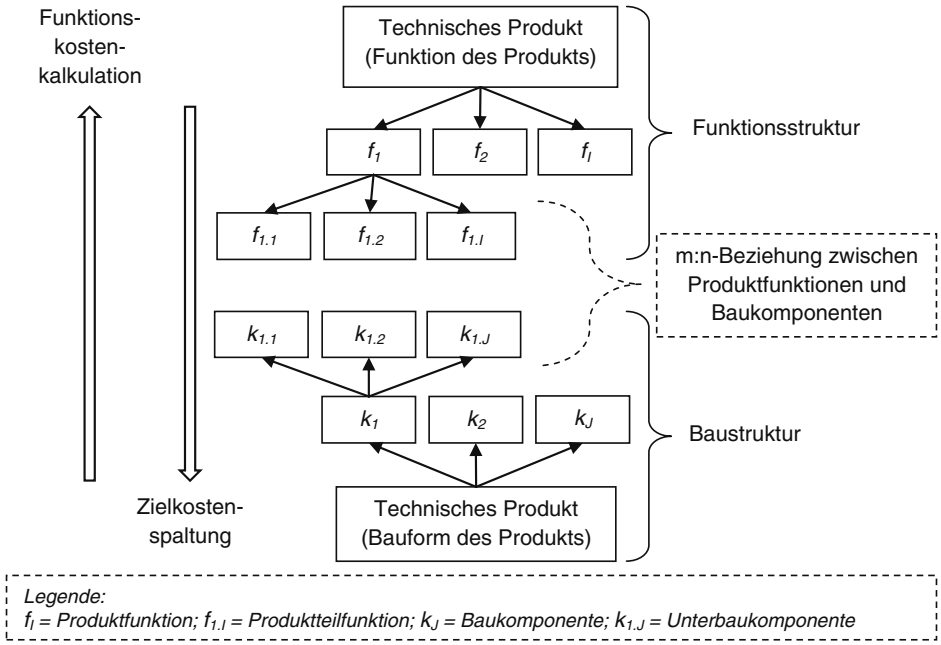


Abb. 2.33 Baustruktur versus Funktionsstruktur bei technischen Produkten

Im Folgenden werden nun die beiden in Abb. 2.33 dargestellten Möglichkeiten, nämlich die Zielkostenspaltung auf die Funktionen sowie die Funktionskostenkalkulation aus den Kosten der Baukomponenten, näher erläutert.

Zielkostenspaltung vom Gesamtprodukt auf die Funktionen Zu Beginn einer Zielkostenspaltung werden die Herstellkosten als Zielkostenvorgaben für das Gesamtprodukt Z auf die einzelnen Produktfunktionen f_i heruntergebrochen. Hierzu werden die Nutzenanteile der Produktfunktionen in Form der Funktionsgewichte g_{ni} mit $i = 1 \ldots I$ verwendet. Die Produktfunktionen können mit einer Matrix[39] der Form $F_{(I,1)}$ und die Funktionsgewichte in der Form $G_{N(I,1)}$ dargestellt werden, wobei I immer für die Anzahl der Funktionen steht. Die Matrizen heißen Spaltenvektor der Produktfunktionen bzw. Spaltenvektor der Funktionsgewichte (siehe Abb. 2.34).

[39]Matrizen selbst werden mit Großbuchstaben und deren Elemente mit den entsprechenden Kleinbuchstaben bezeichnet. Die Schreibweise entspricht der Form $X_{(m,n)}$, wobei m die Anzahl der Zeilen und n die der Spalten angibt.

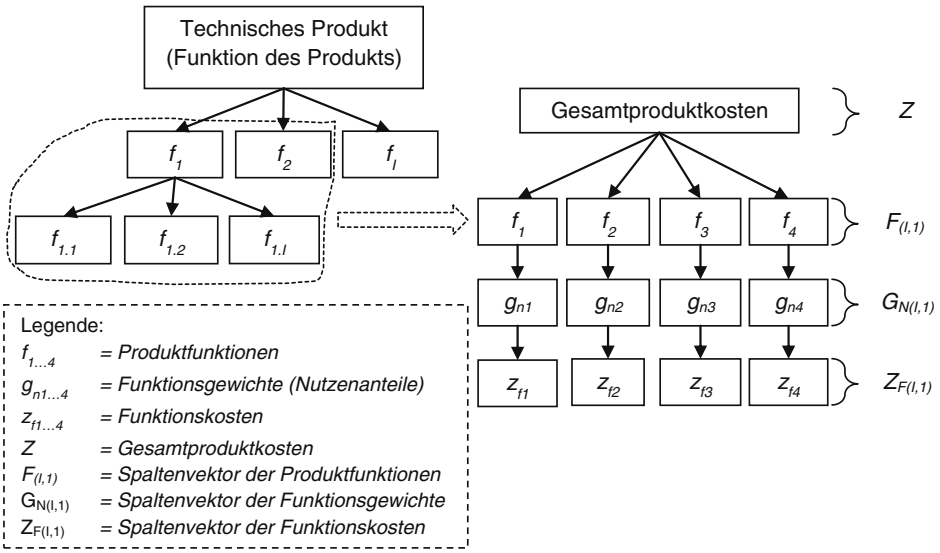


Abb. 2.34 Zielkostenspaltung auf die Produktfunktionen

Den Spaltenvektor der Funktionskosten $Z_{F(I,1)}$ erhält man, indem der Spaltenvektor der Funktionsgewichte $G_{N(I,1)}$ mit den Gesamtproduktkosten Z multipliziert[40] wird (siehe Gl. 2.31).

$$Z_{F(I,1)} = Z \cdot G_{N(I,1)} \tag{2.31}$$

$$\begin{bmatrix} z_{f1} \\ z_{f2} \\ z_{fI} \end{bmatrix} = Z \cdot \begin{bmatrix} g_{n1} \\ g_{n2} \\ g_{nI} \end{bmatrix} \tag{2.32}$$

$$\sum_{i=1}^{I} g_{ni} = 1 \tag{2.33}$$

In Gl. 2.32 sind die Elemente der Matrizen ausgeschrieben. Hier steht z_{fi} für die Kosten der Funktion f_i. Da die Kosten des Gesamtproduktes Z auf die Funktionen verrechnet werden sollen, muss die Summe der Elemente des Spaltenvektors der Funktionsgewichte $G_{N(I,1)}$ gleich 1 sein (siehe Gl. 2.33).

[40]Eine Matrix X wird mit einer reellen Zahl multipliziert, indem jedes Element von X mit der Zahl multipliziert wird. Das bedeutet auch, dass ein konstanter Faktor, der in allen Elementen von X enthalten ist, ausgeklammert werden kann.

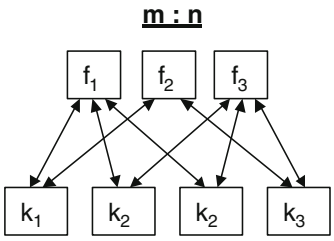


Abb. 2.35 Pfeildiagramm zur Darstellung der m:n-Beziehung zwischen Funktionen und Baukomponenten

Tab. 2.23 Tabellarische Relationsmatrix zur Darstellung einer m:n-Beziehung zwischen Funktionen und Komponenten am Beispiel der Beziehungen aus Abb. 2.35

		Funktionen f_i		
		1	2	3
Komponenten k_j	1	1	1	0
	2	1	0	1
	2	1	0	1
	3	0	1	1

Zielkostenspaltung/Funktionskostenkalkulation zwischen Funktionen und Baukomponenten Zwischen den Funktionen und den Komponenten eines technischen Produktes in Baustruktur besteht i. d. R. eine konstruktiv determinierte m:n-Beziehung[41]. Das bedeutet, dass sowohl eine Funktion durch mehrere Komponenten realisiert werden kann als auch eine Komponente an der Erfüllung mehrerer Funktionen beteiligt sein kann. Von dieser Situation, für die in Abb. 2.35 ein abstraktes Beispiel angegeben ist, wird bei den weiteren Betrachtungen ausgegangen.[42]

Bei den Beziehungen zwischen Funktionen und Baukomponenten handelt es sich um zweistellige (binäre) Relationen, da die Relation zwischen einer bestimmten Funktion und einer bestimmten Komponente nur zwei Werte annehmen kann, und zwar „1“ für Relation vorhanden oder „0“ für Relation nicht vorhanden. Die Menge der Funktionen kann in die Menge der Baukomponenten mit einer tabellarischen Relationsmatrix als Zuordnungsvorschrift abgebildet werden (siehe Tab. 2.23). Sollen die vorhandenen Relationen für die Funktionen ermittelt werden, wie es für die Berechnung der Funktionskosten auf der Basis der Komponentenkosten (Funktionskostenkalkulation) notwendig ist, wird die Tab. 2.23

[41]Mathematisch gesehen handelt es sich hierbei um eine Relation, da die Beziehungen zwischen den Elementen einer oder wie in diesem Fall zweier verschiedener Mengen, nämlich der Menge der Funktionen und die der Baukomponenten, beschrieben werden.

[42]Weitere Beziehungsmöglichkeiten sind eine 1:1-, 1:n- sowie m:1-Relation.

von oben nach unten gelesen. Werden die Komponentenkosten auf Basis der Funktionskosten bestimmt (Zielkostenspaltung), werden die Beziehungen von links nach rechts ausgelesen.

Da der Fall auftreten kann, dass Funktionen oder Komponenten doppelt vorkommen, wie es beispielsweise bei der Komponente 2 aus Abb. 2.35 bzw. Tab. 2.23 der Fall ist, müssten diese Elemente dann auch in der Matrix doppelt aufgeführt werden. Um dies zu vermeiden, wird für die Funktionskostenkalkulation ein Faktor c_{ij} eingeführt, der angibt, mit wie vielen identischen Komponenten k_j eine bestimmte Funktion f_i in Relation steht. Die Zuordnungsvorschrift zwischen dem Spaltenvektor der Produktfunktionen $F_{(I,1)}$ und dem Spaltenvektor der Produktkomponenten $K_{(J,1)}$ entspricht der Multiplikation von $C_{(I,J)}$ mit $K_{(J,1)}$ und ist in Gl. 2.34 angegeben.

$$F_{(I,1)} \rightarrow C_{(I,J)} \cdot K_{(J,1)} \tag{2.34}$$

In Gl. 2.35 sind die Elemente der Matrizen ausgeschrieben, und Gl. 2.36 enthält die Zahlen der quadratischen Matrix $C_{(I,J)}$ für die Beziehungen aus Abb. 2.35.

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_I \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{1J} \\ c_{21} & c_{22} & c_{2J} \\ c_{I1} & c_{I2} & c_{IJ} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_J \end{bmatrix} \tag{2.35}$$

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix} \tag{2.36}$$

Sollen in umgekehrter Richtung die Kosten der Komponenten aus den Kosten der Funktionen berechnet werden (Zielkostenspaltung), so stellt sich die Situation in ähnlicher Weise dar. Die Zuordnungsvorschrift zwischen dem Spaltenvektor der Komponenten und dem Spaltenvektor der Funktionen ergibt sich, wie in Gl. 2.37 angegeben, aus der Multiplikation von $H_{(J,I)}$ mit $F_{(I,1)}$, wobei der Faktor h_{ji} angibt, mit wie vielen identischen Funktionen f_i eine bestimmte Komponente k_j in Relation steht. Gl. 2.38 veranschaulicht die Berechnungsvorschrift allgemein und Gl. 2.39 die Situation des Beispiels aus Abb. 2.35.

$$K_{(J,1)} \rightarrow H_{(J,I)} \cdot F_{(I,1)} \tag{2.37}$$

$$\begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_J \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{1I} \\ h_{21} & h_{22} & h_{2I} \\ h_{J1} & h_{J2} & h_{JI} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_I \end{bmatrix} \tag{2.38}$$

$$\begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} \tag{2.39}$$

Für die Verrechnung der Kosten (Funktionskostenkalkulation/Zielkostenspaltung) muss nun für jede Relation ein Kostenanteilsfaktor a_{ij}/b_{ji} gefunden werden, der angibt, welcher Anteil der Kosten der jeweiligen mit der Funktion bzw. Komponente in Beziehung stehenden Komponente bzw. Funktion zugeordnet werden soll. Die Kostenanteilsfaktoren werden den jeweiligen Relationen zugeordnet.

Der Spaltenvektor der Funktionskosten $Z_{F(I,1)}$ ist das Produkt[43] aus der Matrix $CA_{(I,J)}$ und dem Spaltenvektor der Komponentenkosten $Z_{K(J,1)}$ (siehe Gl. 2.40).

$$Z_{F(I,1)} = CA_{(I,J)} \cdot Z_{K(J,1)} \tag{2.40}$$

Die Matrix $CA_{(I,J)}$ besteht aus den Faktoren c_{ij} und den zugeordneten Kostenanteilsfaktoren a_{ij}. Mit Gl. 2.41 wird die Berechnungsvorschrift allgemein ausgeschrieben und mit Gl. 2.42 auf die abstrakte Situation der Abb. 2.35 angewendet.

$$\begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} \cdot a_{11} & c_{12} \cdot a_{12} & c_{1J} \cdot a_{1J} \\ c_{21} \cdot a_{21} & c_{22} \cdot a_{22} & c_{2J} \cdot a_{2J} \\ c_{I1} \cdot a_{I1} & c_{I2} \cdot a_{I2} & c_{IJ} \cdot a_{IJ} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_J} \end{bmatrix} \tag{2.41}$$

$$\begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot a_{11} & 2 \cdot a_{12} & 0 \cdot 0 \\ 1 \cdot a_{21} & 0 \cdot 0 & 1 \cdot a_{23} \\ 0 \cdot 0 & 2 \cdot a_{32} & 1 \cdot a_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_3} \end{bmatrix} \tag{2.42}$$

Für den umgekehrten Fall, der Berechnung von Komponentenkosten auf der Basis von Funktionskosten, kann die Gl. 2.43 verwendet werden. Der Spaltenvektor der Komponentenkosten $Z_{K(J,1)}$ ergibt sich aus dem Produkt der Matrix $HB_{(J,I)}$ mit dem Spaltenvektor der Funktionskosten $Z_{F(I,1)}$. Die Matrix $HB_{(J,I)}$ enthält den Faktor h_{ji} sowie die Kostenanteilsfaktoren b_{ji}. Der Anteilsfaktor gibt an, welcher Teil der Kosten einer Funktion auf die betreffende Komponente verrechnet werden soll.

$$Z_{K(J,1)} = HB_{(J,I)} \cdot Z_{F(I,1)} \tag{2.43}$$

Gl. 2.44 und 2.45 geben wieder jeweils die ausgeschriebene Matrix und die Anwendung für das Beispiel der Abb. 2.35 an.

[43] Man beachte, dass bei der Multiplikation zweier Matrizen das Kommutativgesetz im Allgemeinen nicht gilt, d. h. falls die beiden Produkte XY und YX gebildet werden können, ist im Allgemeinen XY ungleich YX.

$$\begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_J} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} \cdot b_{11} & h_{12} \cdot b_{12} & h_{1I} \cdot b_{1I} \\ h_{21} \cdot b_{21} & h_{22} \cdot b_{22} & h_{2I} \cdot b_{2I} \\ h_{J1} \cdot b_{J1} & h_{J2} \cdot b_{J2} & h_{JI} \cdot b_{JI} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_I} \end{bmatrix} \tag{2.44}$$

$$\begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot b_{11} & 1 \cdot b_{12} & 0 \cdot 0 \\ \frac{1}{2} \cdot b_{21} & 0 \cdot 0 & \frac{1}{2} \cdot b_{23} \\ 0 \cdot 0 & 1 \cdot b_{32} & 1 \cdot b_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_3} \end{bmatrix} \tag{2.45}$$

Mit Hilfe der Abb. 2.36 wird die Verrechnung der Kosten zwischen den Funktionen und Komponenten noch einmal grafisch aufbereitet und veranschaulicht.

Die bisher betrachtete m:n-Beziehung stellt den allgemeinen Fall dar, in der eine Funktion mit verschiedenen Komponenten und eine Komponente mit verschiedenen Funktionen in Beziehung stehen kann. Im Folgenden sollen nun die drei Spezialfälle einer 1:1-, 1:n- sowie einer m:1-Beziehung betrachtet werden, die in Abb. 2.37 in ihrer prinzipiellen Erscheinungsform zu sehen sind.

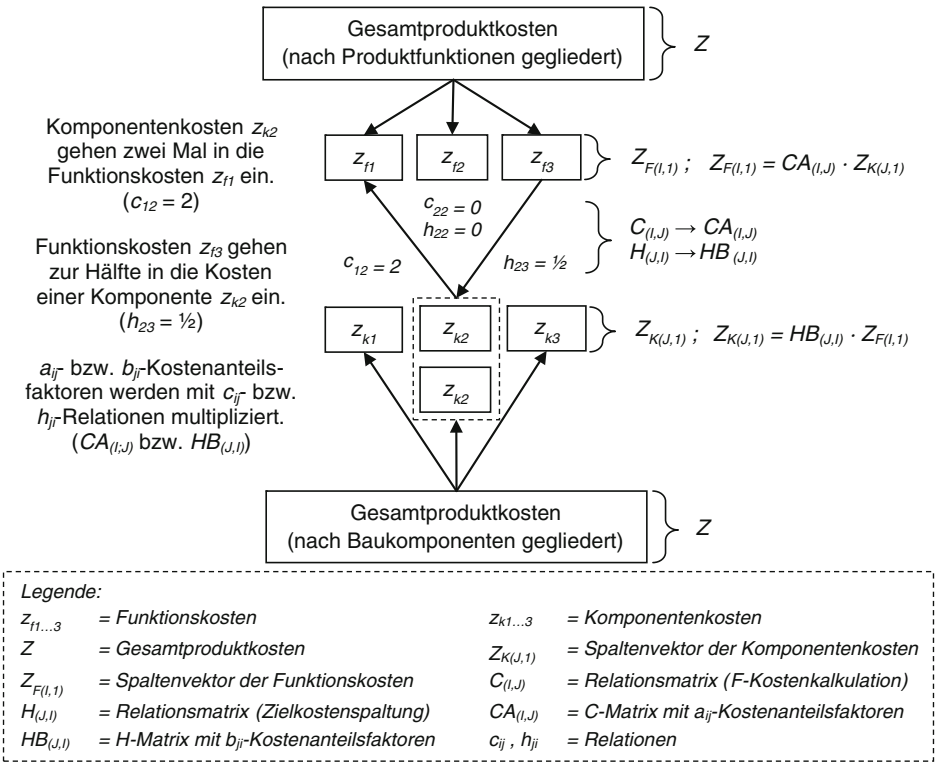


Abb. 2.36 Zielkostenspaltung/Funktionskostenkalkulation zwischen Funktionen und Komponenten

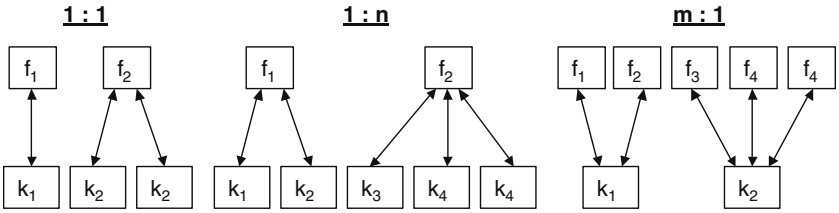


Abb. 2.37 Spezielle Ausprägungen der Beziehung zwischen Funktionen und Baukomponenten

Tab. 2.24 Tabellarische Relationsmatrix einer 1:1-Beziehung zwischen Funktionen und Komponenten am Beispiel der Beziehung aus Abb. 2.37

		Funktion f_i	
		1	2
Komp. k_j	1	1	0
	2	0	1
	2	0	1

Die 1:1-Beziehung ist der aus dem Blickwinkel der Kostenverrechnung einfachste Fall einer Relation zwischen den Funktionen und Baukomponenten eines technischen Produktes. Liest man die tabellarische Relationsmatrix von oben nach unten aus, so ist zu erkennen, dass jede Funktion mit nur einer oder mehreren identischen Komponenten in Beziehung steht. Das Gleiche gilt für diese Beziehungsart auch für das Auslesen der Tab. 2.24 von links nach rechts. Jede Komponente steht nur mit einer oder mehreren identischen Funktionen in Relation.

Wird die tabellarische Relationsmatrix in mathematischer Matrixschreibweise ausgedrückt, so ist die 1:1-Beziehung daran zu erkennen, dass in jeder Zeile und jeder Spalte von $C_{(I,J)}$ und $H_{(J,I)}$ nur ein Feld ungleich null ist, d. h. auf eine Relation hinweist. Diese Gegebenheit ist am Beispiel aus Abb. 2.37 in Gl. 2.46 und 2.47 zu erkennen.

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} \tag{2.46}$$

$$\begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \tag{2.47}$$

Aus den Eigenschaften der 1:1-Beziehung ergibt sich, dass die Kosten der Komponenten nicht auf zwei oder mehr verschiedene Funktionen und die der Funktionen nicht auf zwei oder mehr verschiedene Komponenten aufgespaltet werden müssen. Die Kostenanteils-

Tab. 2.25 Tabellarische Relationsmatrix einer 1:n-Beziehung zwischen Funktionen und Komponenten am Beispiel der Beziehung aus Abb. 2.37

		Funktion f_i	
		1	2
Komp. k_j	1	1	0
	2	1	0
	3	0	1
	4	0	1
	4	0	1

faktoren a_{ij} und b_{ji} können deshalb nur die zwei Werte „0“ (keine Relation vorhanden) oder „1“ (Relation vorhanden) annehmen, was an Gl. 2.48 und 2.49 zu sehen ist.

$$\begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot 1 & 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 & 2 \cdot 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \end{bmatrix} \tag{2.48}$$

$$\begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot 1 & 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 & \frac{1}{2} \cdot 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \end{bmatrix} \tag{2.49}$$

Liegt eine 1:n-Beziehung vor, kann eine Funktion mit mehreren verschiedenen Komponenten in Relation stehen. Diese Situation ist in Tab. 2.25 zu sehen, wenn die tabellarische Relationsmatrix von oben, d. h. vom Blickwinkel der Funktionen aus gelesen wird. In umgekehrter Richtung steht jede Komponente nur mit einer oder mehreren identischen Funktionen in Beziehung.

In der mathematischen Matrixschreibweise lässt sich die 1:n-Beziehung dadurch erkennen, dass in $C_{(I,J)}$ jede Zeile und in $H_{(J,I)}$ jede Spalte mindestens zwei Felder enthält, die ungleich null sind. Die Situation einer 1:n-Beziehung ist in Gl. 2.50 und 2.51 für das Beispiel aus Abb. 2.37 verwirklicht.

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \end{bmatrix} \tag{2.50}$$

$$\begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \tag{2.51}$$

Eine weitere Besonderheit dieser Beziehungsart ist, dass die a_{ij}-Kostenanteilsfaktoren, genau wie bei der 1:1-Beziehung, nur die Werte „1“ oder „0“ annehmen können (siehe die Gl. 2.52), da jede Komponente nur mit einer oder mehreren identischen Funktionen in

Tab. 2.26 Tabellarische Relationsmatrix einer m:1-Beziehung zwischen Funktionen und Komponenten am Beispiel der Beziehung aus Abbildung 2.37

		Funktion f_i				
		1	2	3	4	4
Komp. k_j	1	1	1	0	0	0
	2	0	0	1	1	1

Relation steht. Hingegen kann der b_{ji}-Anteilsfaktor beliebige Werte zwischen „0“ und „1“ annehmen und ist in Gl. 2.53 als Formelzeichen eingetragen.

$$\begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot 1 & 1 \cdot 1 & 0 \cdot 0 & 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 & 0 \cdot 0 & 1 \cdot 1 & 2 \cdot 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_3} \\ z_{k_4} \end{bmatrix} \tag{2.52}$$

$$\begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_3} \\ z_{k_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot b_{11} & 0 \cdot 0 \\ 1 \cdot b_{21} & 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 & 1 \cdot b_{32} \\ 0 \cdot 0 & \frac{1}{2} \cdot b_{42} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \end{bmatrix} \tag{2.53}$$

Handelt es sich um eine m:1-Beziehung, kann eine Komponente mit mehreren verschiedenen Funktionen in Relation stehen. Auf der anderen Seite befindet sich eine Funktion immer nur mit einer oder mehreren identischen Komponenten in Beziehung (siehe Tab. 2.26).

Aus Gl. 2.54 und 2.55 lässt sich die m:1-Beziehung insofern erkennen, als dass in jeder Spalte von $C_{(I,J)}$ und jeder Zeile von $H_{(J,I)}$ mindesten zwei Felder ungleich null sind.

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} \tag{2.54}$$

$$\begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \tag{2.55}$$

In diesem Fall einer m:1-Beziehung nehmen die b_{ji}-Kostenanteilsfaktoren nur die Werte „1“ oder „0“ an (siehe Gl. 2.56), hingegen stehen die a_{ij}-Anteilsfaktoren für beliebige Werte zwischen „0“ und „1“ (siehe Gl. 2.57).

$$\begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_3} \\ z_{f_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot a_{11} & 0 \cdot 0 \\ 1 \cdot a_{21} & 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 & 1 \cdot a_{32} \\ 0 \cdot 0 & \frac{1}{2} \cdot a_{42} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \end{bmatrix} \tag{2.56}$$

$$\begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot 1 & 1 \cdot 1 & 0 \cdot 0 & 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 & 0 \cdot 0 & 1 \cdot 1 & 2 \cdot 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_3} \\ z_{f_4} \end{bmatrix} \tag{2.57}$$

Schätzung der Kostenanteilsfaktoren für die Zielkostenspaltung/Funktionskostenkalkulation Die Schätzung der Kostenanteilsfaktoren a_{ij} und b_{ji} kann eine sehr komplexe Aufgabe sein. Die direkte unstrukturierte Schätzung würde den Schätzer bei weitem überfordern, so dass eine Strukturierung zur Vereinfachung der Schätzaufgabe unerlässlich ist.

Für die Strukturierung der Schätzaufgabe ist zunächst zu klären, was konkret geschätzt werden soll, d. h. welche Kriterien die Basis der Schätzung sein können. Da es sich um Kostenanteilsfaktoren handelt, mit denen Kosten zwischen Komponenten und Funktionen verrechnet werden sollen, kommen als Kriterien die Kostenarten in Frage, die über den jeweiligen Anteilsfaktor verrechnet werden sollen. Diese können, um nicht in jedem Fall alle Kostenarten einbeziehen zu müssen, nach ihrer Bedeutung (Höhe der Kosten) geordnet und ausgewählt werden.

Kosten sind ihrem Wesen nach der bewertete Verzehr von Ressourcen. Sie können also in eine Wert- und eine Mengenkomponente zerlegt werden. Geschätzt werden muss nur die Menge der Ressource, konkret die Mengenänderung.

Wir betrachten zunächst den Fall der Funktionskostenkalkulation auf Basis der Komponentenkosten, also die Bestimmung des Kostenanteilsfaktors a_{ij}. In Abb. 2.38 ist ein Ausschnitt einer m:n-Beziehung zu sehen, in der die zu schätzenden Kostenanteilsfaktoren eingetragen sind.

Die Struktur der Schätzaufgabe ist in drei Ebenen und drei strukturell identische Zweige gegliedert. Jeder Zweig gibt die Struktur der Ressourcen an, die für die Reali-

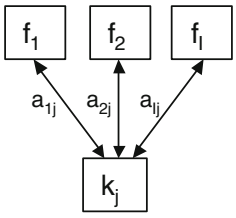


Abb. 2.38 Pfeildiagramm zur Veranschaulichung der zu schätzenden Kostenanteilsfaktoren a_{ij}

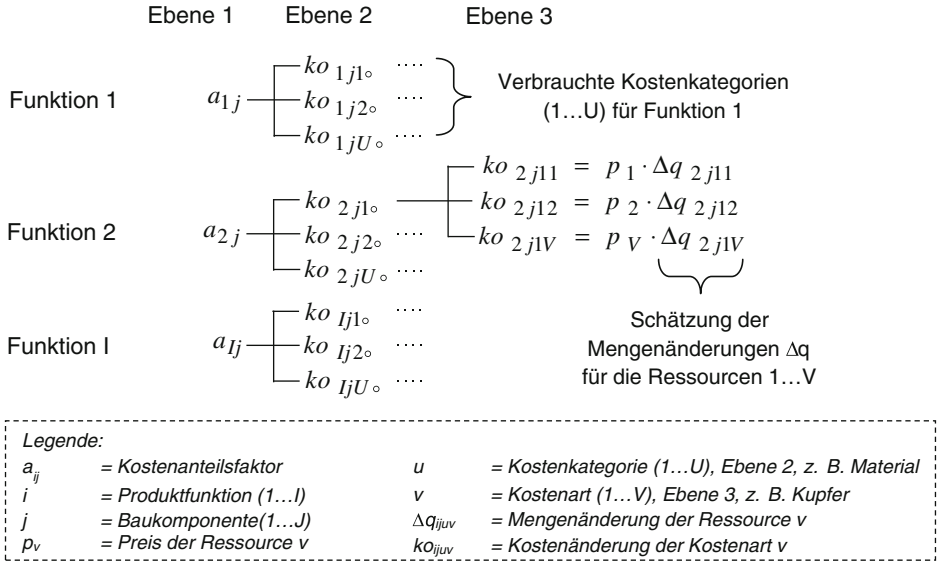


Abb. 2.39 Struktur der Schätzaufgabe für die Bestimmung der Kostenanteilsfaktoren a_{ij} einer Komponente j

sierung der Komponente j verbraucht werden, und bezieht sich jeweils auf eine Funktion i, die mit der Komponente in Beziehung steht (siehe Abb. 2.39).

Ebene eins enthält die Kostenanteilsfaktoren a_{ij} für alle Funktionen *1..I*, die mit der Komponente j in Verbindung stehen. Da 100 % der Kosten der Komponente j auf die Funktionen verrechnet werden sollen, muss die Summe der Anteilsfaktoren eins ergeben (siehe Gl. 2.58).

$$\sum_{i=1}^{I} a_{ij} = 1 \tag{2.58}$$

Auf der Ebene zwei sind die Kostenarten, die für die Realisierung der Komponente j verursacht werden, in Kategorien differenziert (beispielsweise $u = 1$: Materialkosten, $u = 2$: Fertigungskosten). Aus den absoluten Kostenbeträgen ko_{ij} dieser Ebene (siehe Gl. 2.59) können die relativen Kostenanteilsfaktoren mit Gl. 2.60 bis 2.62 so berechnet werden, dass die Anteilsfaktoren wie gefordert in der Summe eins ergeben. Die zentrale Schlüsselgröße zur Berechnung der Kostenanteilsfaktoren sind die gesamten, direkt einer

Funktion i zurechenbaren Kosten der Komponente j. Diese Kosten werden mit dem Formelzeichen ko_{ij} bezeichnet (siehe Gl. 2.59).[44]

$$ko_{ij} = \sum_{u=1}^{U} ko_{iju} \tag{2.59}$$

$$a_{1j} = \frac{ko_{1j}}{\sum_{i=1}^{I} ko_{ij}} \tag{2.60}$$

$$a_{2j} = \frac{ko_{2j}}{\sum_{i=1}^{I} ko_{ij}} \tag{2.61}$$

$$a_{Ij} = \frac{ko_{ij}}{\sum_{i=1}^{I} ko_{ij}} \tag{2.62}$$

Da auch diese Struktur der Kosten für viele Anwendungen noch zu komplex sein dürfte, sollen die Kostenkategorien in der dritten Ebene weiter differenziert werden. Auf der Ebene drei werden die Kostenkategorien (u = 1: Materialkosten) weiter in einzelne Kostenarten (z. B. v = 1: Kosten für Kupfer) aufgespalten (siehe Gl. 2.63).

$$ko_{iju\circ} = \sum_{v=1}^{V} ko_{ijuv} \tag{2.63}$$

Auf dieser Ebene wird jede Kostenart in ihre Wert- und Mengenkomponenten zerlegt. Die Schätzaufgabe entpuppt sich somit als eine Schätzung der Mengenänderung Δq einer Ressource (z. B. für v = 1: Kupfer) bei Wegfall einer mit der Komponente j in Relation stehenden Funktion i. Diese Mengenänderung muss von den Entwicklungsingenieuren eingeschätzt werden.

Die in Abb. 2.40 beschriebenen drei Fragen, die die innere Logik der Schätzung zum Ausdruck bringen, sind bei der Durchführung einer Schätzung zu beantworten.

[44]Die Zähler dieser Gleichungen entsprechen den direkt einer Funktion zurechenbaren Kosten der Komponente ko_{ij}. Diese Kosten können für jede Komponente j in Bezug auf jede mit dieser in Beziehung stehenden Funktion i angegeben werden. Im Nenner steht immer die Summe über alle mit der Komponente j in Beziehung stehenden Funktionen (siehe auch Abb. 2.38). Der Anteilsfaktor drückt somit die relative kostenmäßige Bedeutung einer Funktion i im Vergleich zu allen Funktionen 1...I aus.

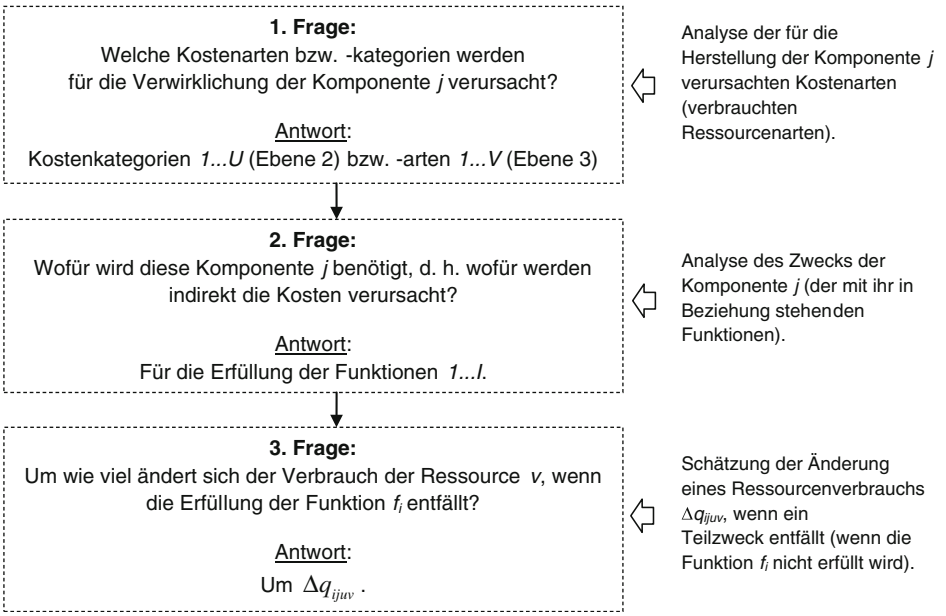


Abb. 2.40 Innere Logik für die Schätzung der direkt einer Funktion zurechenbaren Kosten

Sollen die Schätzergebnisse für eine bestimmte Komponente ($j = 1$) in Bezug auf alle mit dieser in Beziehung stehenden Funktionen sinnvollerweise in einer Matrix dargestellt werden, so kann dies entsprechend der Gl. 2.64 geschehen.

$$KO_{(I,1)} = \begin{pmatrix} ko_{11} \\ ko_{21} \\ ko_{I1} \end{pmatrix} \tag{2.64}$$

Alternativ dazu könnten die Schätzergebnisse auch für eine bestimmte Funktion ($i = 1$) in Verbindung mit den in Beziehung stehenden Komponenten in einer Matrix präsentiert werden (siehe Gl. 2.65). Im Allgemeinen gilt als Zusammenfassung der Schätzergebnisse die Matrix aus Gl. 2.66 für alle Komponenten und alle Funktionen des technischen Produkts.

$$KO_{(1,J)} = \begin{pmatrix} ko_{11} & ko_{12} & ko_{1J} \end{pmatrix} \tag{2.65}$$

$$KO_{(I,J)} = \begin{pmatrix} ko_{11} & ko_{12} & ko_{1J} \\ ko_{21} & ko_{22} & ko_{2J} \\ ko_{I1} & ko_{I2} & ko_{IJ} \end{pmatrix} \tag{2.66}$$

Als nächstes wollen wir den Fall der Zielkostenspaltung auf Basis der Funktionskosten, also die Schätzung der Kostenanteilsfaktoren b_{ji} untersuchen. Es stellt sich wieder die.

1. Frage: Welche Ressourcen werden für die Verwirklichung der Funktion i verbraucht?

Antwort: I. d. R. nicht bekannt.

Da die Funktionskosten mit Bedeutungsgewichten vom Markt abgeleitet worden sind, sind sie an keine konkrete (Produktions-)Technologie gebunden. Somit ist auch die Angabe von Ressourcen, die für die Realisierung der Funktion verbraucht werden (müssen), i. d. R. nicht möglich. Eine direkte Schätzung dieser Anteilsfaktoren ist damit ausgeschlossen.

Die Kostenanteilsfaktoren b_{ji} können jedoch, nachdem die Anteilsfaktoren a_{ij} geschätzt und die Funktionskosten z_{fi} berechnet worden sind, indirekt bestimmt werden. In Abb. 2.41 sind ein Ausschnitt aus dem Beziehungsgeflecht und die zwei korrespondierenden Anteilsfaktoren a_{21} und b_{12} dargestellt. Es gilt Gl. 2.67. Sind sowohl die Komponentenkosten (wovon grundsätzlich ausgegangen wird) als auch die Funktionskosten bekannt, lässt sich der Anteilsfaktor b_{12} mit Gl. 2.68 aus dem Anteilsfaktor a_{ij} berechnen.

$$z_{k_1} \cdot a_{21} = z_{f_2} \cdot b_{12} \tag{2.67}$$

$$b_{12} = \frac{z_{k_1}}{z_{f_2}} \cdot a_{21} \tag{2.68}$$

Sowohl der Anteilsfaktor a_{ij} als auch der Anteilsfaktor b_{ji} fußt somit auf der bestehenden Produktionstechnologie im Unternehmen. Im Allgemeinen, d. h. unter Berücksichtigung mehrfach vorkommender identischer Komponenten, gelten die Gl. 2.69 und die Gl. 2.70 für die Berechnung der b_{ji}-Anteilsfaktoren auf Basis der kalkulierten Funktionskosten.

$$z_{k_j} \cdot a_{ij} \cdot c_{ij} = z_{f_i} \cdot b_{ji} \tag{2.69}$$

$$b_{ji} = \frac{z_{k_j} \cdot c_{ij}}{z_{f_i}} \cdot a_{ij} \tag{2.70}$$

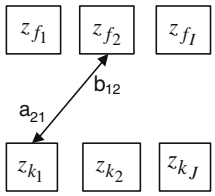


Abb. 2.41 Pfeildiagramm zur Veranschaulichung der indirekten Bestimmung der Kostenanteilsfaktoren b_{ji} über die Funktionskosten

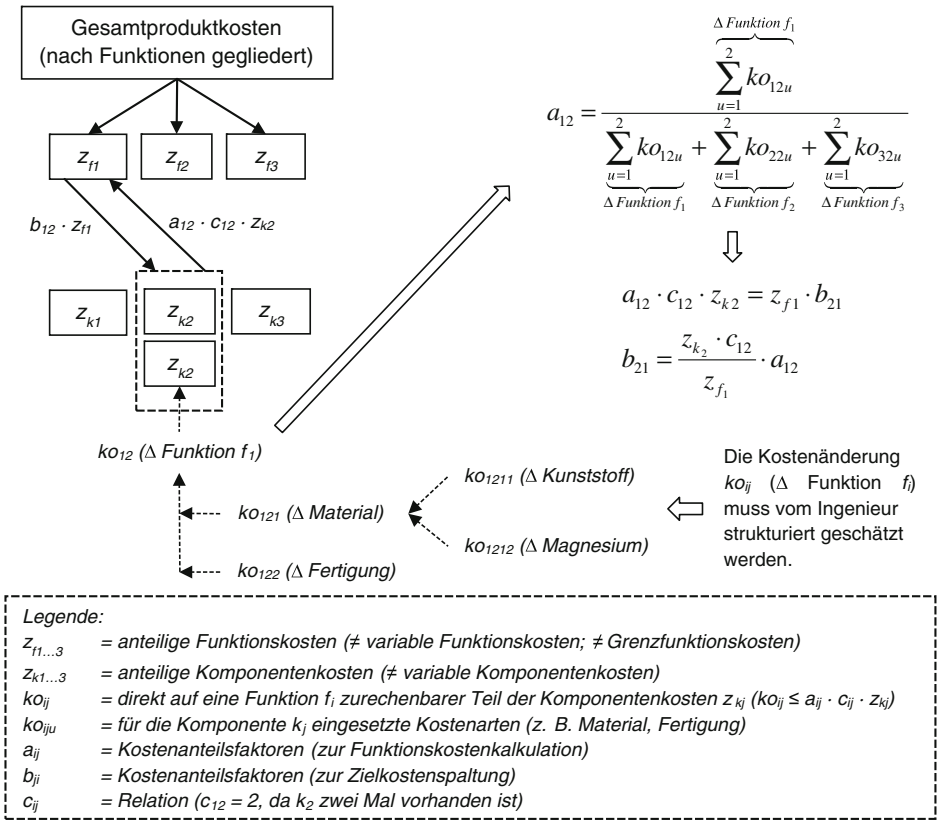


Abb. 2.42 Berechnung der *a*- bzw. *b*-Kostenanteilsfaktoren auf Basis strukturierter Schätzungen

In Abb. 2.42 wird noch einmal grafisch und im Zusammenhang verdeutlicht, wie die Schätzung strukturiert ist und wie aus den Ergebnissen beide Anteilsfaktoren a_{ij} und b_{ji} berechnet werden können. Hierbei ist die Reihenfolge zu beachten. Als erstes werden aus den direkt zurechenbaren Kosten ko_{ij} nur die a_{ij}-Anteilsfaktoren ermittelt. Aus diesen können anschließend die b_{ji}-Anteilsfaktoren berechnet werden.

Voraussetzung für die Schätzung ist, dass die Komponentenkosten zk_j bekannt sind und die Kostenänderungen vom Ingenieur durchdacht werden können.

Die mit Hilfe der a_{ij}-Anteilsfaktoren kalkulierten Funktionskosten werden auch als anteilige Funktionskosten bezeichnet. Die gesamten Kosten des Produkts werden von der Baustruktur anteilig auf die Funktionen verteilt. Nicht für jede Entscheidung sind aber die gesamten Kosten relevant. Aus diesem Grund können von den anteiligen Funktionskosten die variablen Funktionskosten und die Grenzfunktionskosten unterschieden werden.

Funktionskosten in Abhängigkeit der Entscheidung Während des Entwicklungsprozesses oder auch noch nach der Markteinführung müssen Entscheidungen über den Funktionsumfang des Produkts getroffen werden. In Abhängigkeit davon, wann entschieden wird und was an der Funktionskonfiguration geändert werden soll, sind Kosten in unterschiedlicher Höhe relevant.

Die anteiligen Funktionskosten werden während der Entwicklung herangezogen, wenn über die Konfiguration des Produkts entschieden wird (siehe Abb. 2.43, links). Die Konfiguration wird in der Regel auf Basis der Kundenanforderungen, die den gewünschten Funktionsumfang beschreiben, festgelegt. In dieser Phase ist das gesamte Produkt mit allen Bestandteilen disponibel. Entsprechend sind auch die gesamten Kosten, anteilig den Funktionen zugeordnet, entscheidungsrelevant.

Nach Abschluss der Entwicklung stehen häufig Produktänderungen an, die auch den Funktionsumfang betreffen können (siehe Abb. 2.43, rechts). Besteht der Wunsch, eine Funktion nachträglich zu ergänzen oder zu streichen, so ändern sich die Produktkosten in geringerem Umfang als die anteiligen Kosten der Funktion ausweisen, da der Rest des Produkts unverändert fortbesteht. Entscheidungsrelevant sind nur die sogenannten variablen Funktionskosten. Um diesen Betrag verändern sich die Produktkosten, wenn die Funktion im Nachhinein ergänzt oder gestrichen wird.

Ist nur noch eine Funktion des Produkts interessant und sollen alle anderen Funktionen gestrichen werden, so müssen die Grenzfunktionskosten verwendet werden. Eine solche Situation kann beispielsweise entstehen, wenn eine fertige Konstruktion für nur einen bestimmten Zweck in der Entwicklung weiterverwendet werden soll.

$$z_{f_{i,\,\text{variabel}}} \leq z_{f_i} \leq z_{f_{i,\,\text{Grenz}}} \tag{2.71}$$

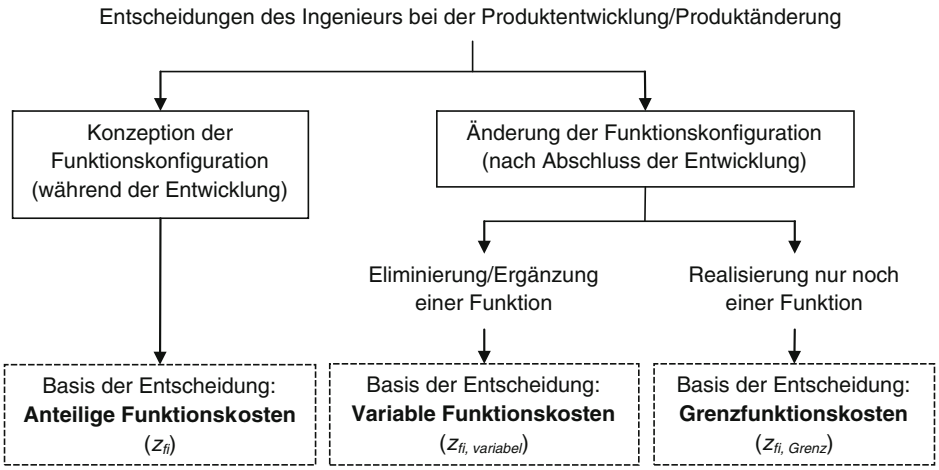


Abb. 2.43 Funktionskosten in Abhängigkeit von der Entscheidung

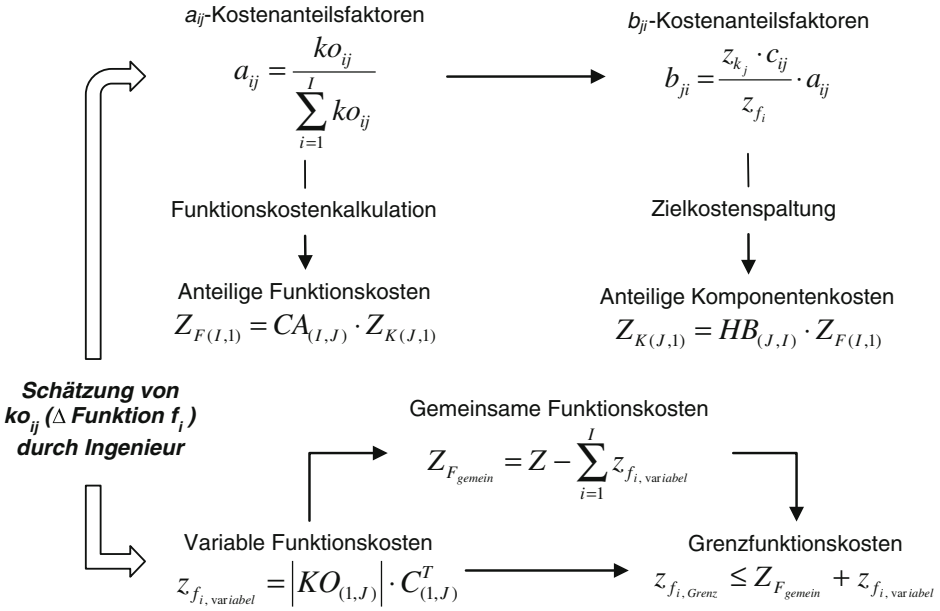


Abb. 2.44 Schätzung von ko_{ij} als Basis zur Berechnung verschiedener Funktionskostenkategorien

Die variablen Funktionskosten sind immer kleiner oder gleich der anteiligen Funktionskosten. Diese wiederum sind stets kleiner oder gleich der Grenzfunktionskosten (siehe Gl. 2.71). Im Sonderfall, wenn jede Funktion von einer eigenen unabhängigen Baustruktur realisiert wird, sind alle drei Funktionskostenkategorien gleich.

Die direkt zurechenbaren Komponentenkosten ko_{ij} bilden den Ausgangspunkt zur Berechnung der Funktionskosten aller drei Kategorien (siehe Abb. 2.44). Diese Werte sind vollständig in der $KO_{(I,J)}$-Matrix zusammengefasst. Die Gesamtmatrix kann aber auch auszugsweise als Spaltenmatrix $KO_{(I,1)}$ für die Funktionen oder als Zeilenmatrix $KO_{(1,J)}$ für die Komponenten geschrieben werden.

Die *a*-Anteilsfaktoren bilden die Grundlage zur Kalkulation der anteiligen Funktionskosten aus den anteiligen Komponentenkosten, mit Hilfe der *b*-Anteilsfaktoren werden die anteiligen Funktionskosten in die anteiligen Komponentenkosten gespalten.

Die variablen Kosten einer Funktion *i* errechnen sich aus der Multiplikation (des Betrages)[45] der $KO_{(1,J)}$-Matrix mit der transponierten $C_{(1,J)}$-Matrix. Sie werden jeweils durch einzelne Funktionen *i* verursacht. Ein Teil der Produktkosten könnte aber auch für mehrere oder gar für alle Funktionen gemeinsam verursacht werden (= gemeinsame Funktionskosten des Produkts). Die Grenzfunktionskosten einer bestimmten Funktion *i* sind auf jeden Fall keiner oder gleich der Summe aus den gemeinsamen Funktionskosten

[45]Die zu schätzenden Kostenänderungen (ko_{ij}-Werte) sind immer negative Zahlen, da es sich um eine Kostenreduktion handelt. Damit das negative Vorzeichen nicht grundsätzlich für die variablen Funktionskosten verwendet werden muss, wird der Betrag genommen.

des Produkts und den variablen Funktionskosten der betreffenden Funktion i. Genau fassbar sind sie auf Basis der ko_{ij}-Werte nicht.

Kalkulation der variablen Funktionskosten (Eliminierung/Ergänzung einer Funktion) Die variablen Funktionskosten werden wie folgt berechnet. Wie aus der Struktur der Schätzaufgabe zu erkennen ist (siehe Abb. 2.39), werden auf der untersten Ebene (siehe Ebene 3) Mengenänderungen geschätzt. Diese werden mit dem zur jeweiligen Ressource gehörenden Preis multipliziert, woraus sich die mit dem Formelzeichen ko_{ijuv} bezeichneten Kostenänderungen ergeben. Werden diese Kostenänderungen für jede Ressource u summiert, die bei der Erzeugung der Komponente j verbraucht worden ist (siehe Ebene 2), so erhält man die direkt zurechenbaren Kosten der betreffenden Komponente j in Bezug auf eine bestimmte Funktion i, die als ko_{ij} geschrieben werden kann (siehe Gl. 2.72).[46]

$$ko_{ij} = \sum_{u=1}^{U} ko_{iju\circ} \tag{2.72}$$

Die variablen Funktionskosten lassen sich direkt aus den ko_{ij}-Werten bestimmen (siehe Gl. 2.73 bis 2.76). Kostenanteilsfaktoren sind dafür nicht notwendig. Diese Funktionskosten sind im Prinzip die Summe aller direkt der Funktion zurechenbaren Kosten. Da Komponenten mehrfach und identisch für die Funktion i vorkommen können, muss deren Anzahl durch die c_{ij}-Faktoren berücksichtigt werden. Um die Multiplikation der Matrizen zu ermöglichen[47], wird die $C_{(1,J)}$-Matrix transponiert, was mit dem Index „T“ gekennzeichnet ist.[48]

$$z_{fi,\,\text{variabel}} = \left|KO_{(1,J)}\right| \cdot C^{T}_{(1,J)} \tag{2.73}$$

$$z_{fi,\,\text{variabel}} = \left[\ |ko_{i1}| \quad |ko_{i2}| \quad |ko_{iJ}|\ \right] \cdot \begin{bmatrix} c_{1i} \\ c_{2i} \\ c_{Ji} \end{bmatrix} \tag{2.74}$$

$$Z_{F(I,1),\text{variabel}} = \left|KO_{(I,J)}\right| \cdot C^{T}_{(I,J)} \tag{2.75}$$

[46]Dieser Anteil der Komponentenkosten kann direkt der Funktion zugeordnet werden. Es handelt sich hierbei quasi um Einzelkosten, wenn die betreffende Funktion als Kostenträger angesehen wird.

[47]Das Matrizenprodukt A·B ist nur möglich, wenn die Spaltenzahl von A mit der Zeilenzahl von B übereinstimmt.

[48]Die Transponierte einer Matrix ist dadurch gekennzeichnet, dass die Zeilen und Spalten miteinander vertauscht sind.

$$\begin{bmatrix} z_{f_{1,\text{variabel}}} \\ z_{f_{2,\text{variabel}}} \\ z_{f_{I,\text{variabel}}} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} |ko_{11}| & |ko_{12}| & |ko_{1J}| \\ |ko_{21}| & |ko_{22}| & |ko_{2J}| \\ |ko_{I1}| & |ko_{I2}| & |ko_{IJ}| \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{1I} \\ c_{21} & c_{22} & c_{2I} \\ c_{J1} & c_{J2} & c_{JI} \end{bmatrix} \tag{2.76}$$

Die variablen Kosten einer Funktion sind eine Kostenänderung, die dadurch entsteht, dass die betrachtete Funktion vom Produkt eliminiert oder diesem hinzugefügt wird.[49] Die Summe der variablen Funktionskosten über alle Funktionen $1 \ldots I$ ist im Allgemeinen immer kleiner oder gleich der gesamten Produktkosten (siehe Gl. 2.77).

$$\sum_{i=1}^{I} z_{f_{i,\text{ variabel}}} \leq Z \tag{2.77}$$

Dies bedeutet, dass die Summe der variablen Kosten aller Funktionen nicht automatisch die gesamten Produktkosten ergeben muss. Es können auch Produktkosten entstehen, die gemeinsam für mehrere Funktionen, im Extremfall auch gemeinsam für alle Funktionen verursacht werden. Diese sind in den variablen Kosten der einzelnen Funktionen nicht enthalten. Diese gemeinsam für mehrere oder für alle Funktionen verursachten Produktkosten lassen sich mit Gl. 2.78 berechnen.

$$Z_{F_{\text{gemein}}} = Z - \sum_{i=1}^{I} z_{f_{i,\text{ variabel}}} \tag{2.78}$$

Unter den fixen Kosten einer Funktion werden jene Kosten des Produktes verstanden, die sich bei Wegfall der betreffenden Funktion i nicht ändern. Die gesamten Produktkosten Z sind also stets die Summe aus dem variablen und dem fixen Anteil einer Funktion i (siehe Gl. 2.79).

$$z_{f_{i,\text{ fix}}} = Z - z_{f_{i,\text{ variabel}}} \tag{2.79}$$

Wird darüber entschieden, ob eine Funktion aus der Konfiguration eines bestehenden Produktes eliminiert werden soll, sind die variablen Funktionskosten entscheidungsrelevant, da genau sie entfallen, wenn die betreffende Funktion nicht mehr erfüllt zu werden braucht (siehe Abb. 2.45). Diese Funktionskostenkategorie hat somit besondere Bedeutung für das Reengineering von Produkten, z. B. im Rahmen einer Wertanalyse oder einer Anpassungskonstruktion.

Kalkulation der Grenzfunktionskosten (Realisierung nur noch einer Funktion) Auf Basis der variablen Kosten der Funktion und der gemeinsamen Funktionskosten des Produkts können die Grenzfunktionskosten bewertet werden (Gl. 2.80). Die Grenzfunktionskosten einer bestimmten Funktion i sind auf jeden Fall kleiner oder gleich der

[49] Der Begriff „variable Funktionskosten“ lässt sich so erklären, dass die Produktkosten in Bezug auf die Kosteneinflussgröße „Funktion“ variabel sind.

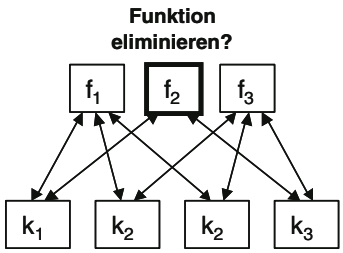


Abb. 2.45 Bedeutung der variablen Funktionskosten für das Reengineering eines Produktes

Summe aus den gemeinsamen Funktionskosten des Produkts und den variablen Funktionskosten der betreffenden Funktion i.

Genau fassbar sind die Grenzfunktionskosten auf Basis der ko_{ij}-Werte nicht. Es könnte beispielsweise eintreten, dass ein Teil der Produktkosten zusätzlich entfällt, wenn die Funktionen ($i = 1$) und ($i = 3$) gemeinsam gestrichen werden (siehe Abb. 2.46). Die Schätzung der direkt zurechenbaren Kosten ko_{ij} berücksichtigt aber nur eine einzelne Streichung. Aus diesem Grund ist Gl. 2.80 eine Ungleichung mit „≤“.

$$z_{fi,\,\text{Grenz}} \leq Z_{F_{\text{gemein}}} + z_{fi,\,\text{variabel}} \tag{2.80}$$

Die Grenzfunktionskosten sind die Kosten einer Minimalkonfiguration, d. h. die Konfiguration des Produktes mit nur einer, nämlich der betreffenden Funktion. Betriebswirtschaftlich könnten sie als Grenzkosten gegenüber der „Nullsituation“, in der das Produkt noch nicht funktioniert, interpretiert werden (siehe Abb. 2.46).[50]

Grenzfunktionskosten beziehen sich immer auf die Nullsituation, d. h. jene Situation, in der noch keine Funktion vom Produkt erfüllt wird. Verlangt ein Marktsegment oder ein individueller Nachfrager nach nur einer Funktion, so fallen Kosten für diese Funktion in Höhe der Grenzfunktionskosten an (siehe Abb. 2.46).

Kalkulation der anteiligen Funktionskosten (Entwicklung der Funktionskonfiguration) Für die Kalkulation der anteiligen Funktionskosten z_{fi} müssen zunächst die a-Kostenanteilsfaktoren berechnet werden, was mit Gl. 2.81 zu bewältigen ist. Für die Berechnung der Kostenanteilsfaktoren werden die direkt zurechenbaren Komponentenkosten ko_{ij}, die aus den Schätzungen gewonnen worden sind, gebraucht.

[50] In der Kostenrechnung werden unter Grenzkosten normalerweise jene Kosten verstanden, die entstehen, wenn eine zusätzliche Produkteinheit hergestellt wird. Der Begriff „Grenzfunktionskosten“ ist deshalb nur im übertragenen Sinne zu verstehen.

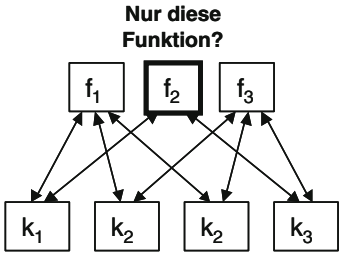


Abb. 2.46 Bedeutung von Grenzfunktionskosten für das Reengineering eines Produktes

$$a_{ij} = \frac{ko_{ij}}{\sum_{i=1}^{I} ko_{ij}} \tag{2.81}$$

Auf Basis der a-Kostenanteilsfaktoren werden die anteiligen Funktionskosten z_{fi} schließlich mit Hilfe der in Gl. 2.82 und in Gl. 2.83 dargestellten Matrix bestimmt.

$$Z_{F(I,1)} = CA_{(I,J)} \cdot Z_{K(J,1)} \tag{2.82}$$

$$\begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} \cdot a_{11} & c_{12} \cdot a_{12} & c_{1J} \cdot a_{1J} \\ c_{21} \cdot a_{21} & c_{22} \cdot a_{22} & c_{2J} \cdot a_{2J} \\ c_{I1} \cdot a_{I1} & c_{I2} \cdot a_{I2} & c_{IJ} \cdot a_{IJ} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_J} \end{bmatrix} \tag{2.83}$$

Diese Funktionskosten haben ihre Bedeutung in der Konzeptphase der Produktentwicklung, in der die Produktkonfiguration festgelegt wird (siehe Abb. 2.47). Sie geben den Anteil der Funktion i an den Produktkosten Z an und können den Funktionszielkosten gegenübergestellt werden. Diese Funktionskosten setzen sich aus den variablen Funktionskosten plus einem Sockelbetrag zusammen, der nicht für eine einzelne Funktion, jedoch für das Gesamtprodukt verursacht wird. Es sind die Kosten, die die Funktion im Kontext dieser Funktionskonfiguration verursacht. Beim Target Costing wird i. d. R. mit den anteiligen Funktionskosten gearbeitet, da Produktkonzeption und Produktkosten mittelfristig den Anforderungen des Marktsegments gerecht werden sollen.

Die Spaltung der anteiligen Funktionskosten geschieht mit Hilfe der b-Kostenanteilsfaktoren. Sie werden nach Gl. 2.84 berechnet, wobei die Kosten der betreffenden Komponente $z_{kj} \cdot c_{ij}$ und die anteiligen Funktionskosten z_{fi} zugrunde gelegt werden.

$$b_{ji} = \frac{z_{k_j} \cdot c_{ij}}{z_{f_i}} \cdot a_{ij} \tag{2.84}$$

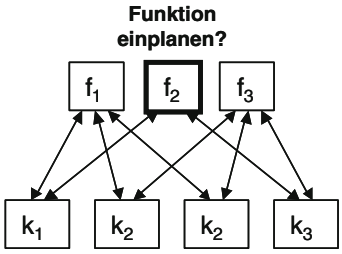


Abb. 2.47 Bedeutung von anteiligen Funktionskosten für die Konzeption eines Produktes

Mit Hilfe der *b*-Anteilsfaktoren können nun die Funktionszielkosten mit Gl. 2.85 bzw. Gl. 2.86 auf die Komponenten weiterverrechnet werden.

$$Z_{K(J,1)} = HB_{(J,I)} \cdot Z_{F(I,1)} \tag{2.85}$$

$$\begin{bmatrix} z_{k_1} \\ z_{k_2} \\ z_{k_J} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} \cdot b_{11} & h_{12} \cdot b_{12} & h_{1I} \cdot b_{1I} \\ h_{21} \cdot b_{21} & h_{22} \cdot b_{22} & h_{2I} \cdot b_{2I} \\ h_{J1} \cdot b_{J1} & h_{J2} \cdot b_{J2} & h_{JI} \cdot b_{JI} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_{f_1} \\ z_{f_2} \\ z_{f_I} \end{bmatrix} \tag{2.86}$$

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.61: Was verstehen Sie unter einer Baustruktur und was unter einer Funktionsstruktur eines technischen Produkts? Warum besteht zwischen den Funktionen und Komponenten eine m:n-Beziehung?

Frage 2.62: Welche Vorteile ergeben sich für Entwicklungsingenieure aus der Spaltung der Zielkosten auf Produktbestandteile? Warum werden nur Herstellkosten des Produkts auf die Funktionen und auf die Baukomponenten gespalten?

Frage 2.63: Wie unterscheidet sich die Zielkostenspaltung auf Produktfunktionen von der Kalkulation der Funktionskosten? Gehen Sie besonders auf die Vorgehensweisen bei der Berechnung und auf den unterschiedlichen Aussagegehalt der Funktionskosten ein.

Frage 2.64: Welche inhaltliche Bedeutung haben die Koeffizienten c_{ij} und h_{ji}?

Frage 2.65: Welche Kriterien werden für die Schätzung der Kostenanteilsfaktoren herangezogen? Wie kann die Schätzaufgabe entsprechend strukturiert werden?

Frage 2.66: Welche entscheidende Frage muss auf der untersten Ebene der Schätzung beantwortet werden? Welche Überlegungen muss der Entwicklungsingenieur dafür anstellen?

Frage 2.67: Welche inhaltliche Bedeutung haben die Kostenanteilsfaktoren a_{ij} und b_{ji}? Warum können die b_{ji}-Anteilsfaktoren nur indirekt bestimmt werden?

Frage 2.68: Was verstehen Sie unter anteiligen Funktionskosten und unter anteiligen Komponentenkosten? Für welche Art von Entscheidungen sind sie relevant?

Frage 2.69: Was sind variable Funktionskosten? Wann sind sie entscheidungsrelevant?

Frage 2.70: Was verstehen sie unter Grenzfunktionskosten? Für welche Entscheidungen werden sie benötigt? Warum können die Grenzfunktionskosten aus den Schätzergebnissen nicht genau ermittelt werden?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.29: Zielkostenspaltung auf Funktionen

Die Gesamtfunktion eines technischen Produkts bestehe aus fünf Teilfunktionen. Die vom Kunden wahrgenommenen Nutzenanteile der Teilfunktionen zur Erfüllung der Gesamtfunktion werden durch Marktforschung mit $g_{n1} = 0{,}020$; $g_{n2} = 0{,}300$; $g_{n3} = 0{,}300$; $g_{n4} = 0{,}125$ und $g_{n5} = 0{,}255$ ermittelt. Die Ziel-Herstellkosten des Produkts betragen 3.000,00 €.

1. Stellen Sie den Spaltenvektor der Produktfunktionen und den Spaltenvektor der Funktionsgewichte auf.
2. Berechnen Sie die Ziel-Funktionskosten und geben Sie diese als Spaltenvektor der Funktionskosten an.

Aufgabe 2.30: Struktur der Funktionskostenkalkulation auf Basis der Komponentenkosten

Gegeben sei das technische Produkt aus Aufgabe 2.29. Es besteht aus sechs verschiedenen Baukomponenten. Die Produktfunktionen und die Baukomponenten stehen miteinander in Beziehung (siehe Abb. 2.48).

1. Stellen Sie die tabellarische Relationsmatrix zur Darstellung der m:n-Beziehung aus Abb. 2.48 auf.
2. Geben Sie für dieses Beispielprodukt die Zuordnungsvorschrift zwischen den Funktionen und den Komponenten in Matrixschreibweise und mit den Matrixelementen an. Zur Vorbereitung der *Funktionskostenkalkulation* soll hierbei der Spaltenvektor der Produktfunktionen $F_{(I,1)}$ aus dem Spaltenvektor der Baukomponenten $K_{(J,1)}$ beschrieben werden ($F_{(I,1)} \rightarrow C_{(I,J)} \cdot K_{(J,1)}$).

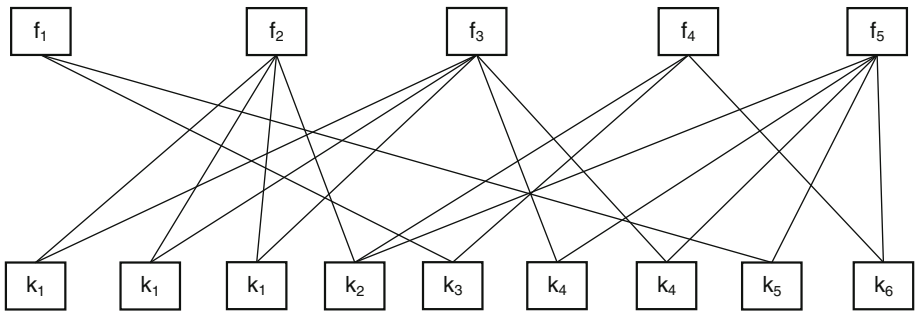


Abb. 2.48 Pfeildiagramm zur Darstellung der m:n-Beziehung des Beispielprodukts

3. Leiten Sie aus dieser Zuordnungsvorschrift die Gleichung zur Berechnung des Spaltenvektors der Funktionskosten $Z_{F(I,1)}$ ab. Geben Sie die Formel in Matrixschreibweise, mit den Matrixelementen und mit den Zahlenwerten dieser Aufgabe an.

Aufgabe 2.31: Struktur der Zielkostenspaltung von Produktfunktionen auf Baukomponenten

Es gelten die Informationen von Aufgabe 2.29 und 2.30.

1. Geben Sie für dieses Beispielprodukt die Zuordnungsvorschrift zwischen den Funktionen und den Komponenten in Matrixschreibweise und mit den Matrixelementen an. Zur Vorbereitung der *Zielkostenspaltung* soll hierbei der Spaltenvektor der Baukomponenten $K_{(J,1)}$ aus dem Spaltenvektor der Produktfunktionen $F_{(I,1)}$ beschrieben werden ($K_{(J,1)} \rightarrow H_{(J,I)} \cdots F_{(I,1)}$).
2. Leiten Sie aus dieser Zuordnungsvorschrift die Gleichung zur Berechnung des Spaltenvektors der Komponentenkosten $Z_{K(J,1)}$ ab. Geben Sie die Formel in Matrixschreibweise, mit den Matrixelementen und mit den Zahlenwerten dieser Aufgabe an.

Aufgabe 2.32: Schätzung der a_{ij}-Kostenanteilsfaktoren

Es gelten die Informationen von Aufgabe 2.29 bis 2.31.

Für die Herstellung der Baukomponenten 1 und 2 werden unter anderem die Ressourcenkategorien Arbeit und Material verbraucht (siehe Tab. 2.27). Der Umfang des Materialverbrauchs sowie der Umfang der notwendigen Arbeitszeit hängen davon ab, welche der Teilfunktionen erfüllt werden. Um den Zusammenhang zwischen der Erfüllung der Teilfunktionen auf der einen Seite und des daraus resultierenden Ressourcenverbrauchs andererseits genauer darstellen zu können, sind die Kategorien für diese beiden Komponenten weiter in Ressourcenarten untergliedert worden.

Geschätzt worden ist die Mengenänderung einer Ressourcenart bei Wegfall einer mit der Komponente in Beziehung stehenden Funktion (siehe Tab. 2.27).

Für die bei der Herstellung der Komponenten 1 und 2 verbrauchten Ressourcenarten liegen Beschaffungspreise vor. Diese sind in Tab. 2.28 zusammengefasst.

Die Baukomponenten 3 bis 6 sind einfach aufgebaut. Die Kostenänderungen bei Wegfall einer Funktion können relativ leicht und direkt eingeschätzt werden. Aus diesem Grund ist die Schätzaufgabe für diese Komponenten nicht weiter untergliedert worden. Die Ergebnisse sind in Tab. 2.29 angegeben.

1. Berechnen Sie die Kostenänderungen (ko_{ij}-Werte) für die Komponenten 1 und 2. Fassen Sie die Ergebnisse aller Komponenten in einer $KO_{(I,J)}$-Matrix zusammen.
2. Ermitteln Sie die a_{ij}-Kostenanteilsfaktoren und stellen Sie diese in Form einer $A_{(I,J)}$-Matrix dar. Vervollständigen Sie die Gleichung zur Berechnung des Spaltenvektors der Funktionskosten aus Aufgabe 2.30.

Tab. 2.27 Schätzung der Änderung des Ressourcenverbrauchs für die Komponenten 1 und 2

Funktion i	Ressourcenkategorie u	Ressourcenart v	Mengenänderung Δq (geschätzt)
Baukomponente $j = 1$			
Funktion f_2	Arbeit u_1 (10,5 h)	Hilfsarbeiten v_1 (3,5 h)	$\Delta q_1 = -0{,}75$ h
		Facharbeiten v_2 (7 h)	$\Delta q_2 = -2$ h
	Material u_2 (18 kg)	Magnesium v_1 (10,5 kg)	$\Delta q_1 = -3{,}5$ kg
		Kunststoff v_2 (5,5 kg)	$\Delta q_2 = -0{,}5$ kg
		Kupfer v_3 (2 kg)	$\Delta q_3 = -0{,}25$ kg
Funktion f_3	Arbeit u_1 (10,5 h)	Hilfsarbeiten v_1 (3,5 h)	$\Delta q_1 = -1{,}5$ h
		Facharbeiten v_2 (7 h)	$\Delta q_2 = -3$ h
	Material u_2 (18 kg)	Magnesium v_1 (10,5 kg)	$\Delta q_1 = -4$ kg
		Kunststoff v_2 (5,5 kg)	$\Delta q_2 = -1{,}5$ kg
		Kupfer v_3 (2 kg)	$\Delta q_3 = -0{,}75$ kg
Baukomponente $j = 2$			
Funktion f_2	Arbeit u_1 (15 h)	Hilfsarbeiten v_1 (10 h)	$\Delta q_1 = -3{,}5$ h
		Facharbeiten v_2 (15 h)	$\Delta q_2 = -4{,}5$ h
	Material u_2 (26 kg)	Guss v_1 (15 kg)	$\Delta q_1 = -2{,}5$ kg
		Stahl v_2 (9,5 kg)	$\Delta q_2 = -0{,}5$ kg
		Gummi v_3 (1,5 kg)	$\Delta q_3 = -0{,}5$ kg
Funktion f_4	Arbeit u_1 (15 h)	Hilfsarbeiten v_1 (10 h)	$\Delta q_1 = -4$ h
		Facharbeiten v_2 (15 h)	$\Delta q_2 = -5$ h
	Material u_2 (26 kg)	Guss v_1 (15 kg)	$\Delta q_1 = -3{,}5$ kg
		Stahl v_2 (9,5 kg)	$\Delta q_2 = -1{,}5$ kg
		Gummi v_3 (1,5 kg)	$\Delta q_3 = -0{,}2$ kg
Funktion f_5	Arbeit u_1 (25 h)	Hilfsarbeiten v_1 (10 h)	$\Delta q_1 = -5$ h
		Facharbeiten v_2 (15 h)	$\Delta q_2 = -10$ h
	Material u_2 (26 kg)	Guss v_1 (15 kg)	$\Delta q_1 = -3$ kg
		Stahl v_2 (9,5 kg)	$\Delta q_2 = -3$ kg
		Gummi v_3 (1,5 kg)	$\Delta q_3 = -1$ kg

Tab. 2.28 Preise der Ressourcenarten für Komponenten 1 und 2

Hilfsarbeiten	13,00 €/h	Gummi	45,00 €/kg
Facharbeiten	35,00 €/h	Magnesium	25,00 €/kg
Guss	8,00 €/kg	Kunststoff	35,00 €/kg
Stahl	10,00 €/kg	Kupfer	20,00 €/kg

Tab. 2.29 Geschätzte Kostenänderungen (ko_{ij}-Werte) der Komponenten 3 bis 6

Baukomponente 3		Baukomponente 5	
ko_{13} = –8,50 €	ko_{43} = –3,30 €	ko_{15} = –12,80 €	ko_{55} = –17,10 €
Baukomponente 4		Baukomponente 6	
ko_{34} = –13,20 €	ko_{54} = –25,60 €	ko_{46} = –55,70 €	ko_{56} = –5,50 €

Tab. 2.30 Vorkalkulierte Herstellkosten der Baukomponenten auf Basis der geplanten Produktionstechnologie

z_{k1} = 626,30 €	z_{k4} = 50,40 €
z_{k2} = 1.356,50 €	z_{k5} = 38,90 €
z_{k3} = 15,30 €	z_{k6} = 79,60 €

Aufgabe 2.33: Kalkulation verschiedener Funktionskostenkategorien

Es gelten die Informationen von Aufgabe 2.29 bis Aufgabe 2.32.

In der Konstruktionsabteilung des Unternehmens sind für alle sechs Baukomponenten des technischen Produkts die Herstellkosten kalkuliert worden (siehe Tab. 2.30). Dies geschah auf Basis der geplanten Produktionstechnologie (Vorkalkulation).

1. Berechnen Sie die Herstellkosten des Gesamtprodukts.
2. Kalkulieren Sie die anteiligen und die variablen Herstellkosten der fünf Teilfunktionen des Produkts. Überprüfen Sie, ob die Gesamtproduktkosten mit der Summe der anteiligen Funktionskosten übereinstimmen.
3. Kalkulieren Sie die gemeinsamen Funktionskosten des Produkts und die Grenzfunktionskosten.

Aufgabe 2.34: Spaltung von Zielfunktionskosten auf Baukomponenten

1. Berechnen Sie die b_{ji}-Kostenanteilsfaktoren und vervollständigen Sie die Gleichung zur Bestimmung des Spaltenvektors der Komponentenkosten aus Aufgabe 2.31. Überprüfen Sie, ob die Summe der kalkulierten Funktionskosten mit der Summe der kalkulierten Komponentenkosten übereinstimmt.
2. Spalten Sie die Ziel-Funktionskosten aus Aufgabe 2.29 auf die sechs Baukomponenten auf. Überprüfen Sie, ob die Summe der Ziel-Komponentenkosten mit den Zielkosten des Gesamtprodukts übereinstimmt.

2.3.4 Zielkostenkontrolle

Ausgangspunkt der Zielkostenkontrolle ist die Definition von Soll-Größen, die als Maßstab der Kontrolle dienen können. Als Soll-Größen werden im Konzept des Target Costings die Zielkosten (Target Costs) angesehen. Sie können als Soll-Herstellkosten oder

Soll-Selbstkosten definiert werden (siehe Abb. 2.49). Zur weiteren Detaillierung werden die Herstellkosten und die Selbstkosten in ihre Unterkategorien gegliedert.

Die Kontrolle an sich geschieht über die Bildung von Quotienten. Die jeweiligen Sollkosten (Target Costs) werden mit den zur gleichen Kategorie gehörenden Ist- bzw. Plankosten (Drifting Costs) ins Verhältnis gesetzt. Es wird angestrebt, dass die Drifting Costs immer kleiner oder gleich den Target Costs sind. Der Quotient sollte entsprechend kleiner oder gleich eins sein. Ist dieses Ziel noch nicht erreicht, so werden durch Maßnahmen der Produktgestaltung oder durch Rationalisierung die Drifting Costs reduziert. Ansatzpunkte zur Kostenreduzierung sind hierbei nicht nur die Herstellkosten (Material und Fertigung), sondern auch die Forschung und Entwicklung sowie der Vertrieb und die Verwaltung.

Bei den Drifting Costs (Nenner der Quotienten) kann sowohl von Plankosten als auch von Istkosten die Rede sein. Bei einer Vorkalkulation (Plankostenrechnung) für die zukünftige Produktion wird von Plankosten gesprochen. Plankosten finden immer dann Anwendung, wenn die Fertigung der technischen Produkte geplant wird, also noch in der Zukunft liegt. Istkosten hingegen sind Werte aus der Vergangenheit. Die Zielkosten werden in diesem Fall rückwirkend überprüft.

Es kann die Situation auftreten, dass der Quotient aus Sollkosten und Istkosten größer als eins ist und keine geeigneten Maßnahmen im Unternehmen bekannt sind, die Drifting Costs im notwendigen Umfang zu reduzieren. Das geplante oder bereits existierende Produkt erscheint damit unwirtschaftlich. Das kann zum einen daran liegen, dass das Unternehmen im Vergleich zum Wettbewerb ineffizient arbeitet. Andere mögliche Gründe liegen beim Marketing. So können die Auswahl des Marktsegments, die Marktbearbeitung und die Produktidee nicht zusammenpassen (siehe Abb. 2.49). In diesem Zusammenhang wäre zu klären, ob das Marktsegment überhaupt genügend Absatzpotenzial aufweist, ob der Preis, die Werbung oder der Vertriebsweg (Distribution) richtig gewählt sind oder ob die Produkteigenschaften die Kundenwünsche erfüllen.

Sind die Maßnahmen des Marketings nicht optimal gewählt und aufeinander abgestimmt, so werden der Zielpreis und damit die Allowable Costs zu niedrig sein. Die sich daraus ergebenden Soll-Größen können vom Unternehmen nicht erfüllt werden, auch wenn es effizient produziert.

Grundsätzlich legen Unternehmen den Zielpreis gewinnmaximal fest. Einflussgrößen sind die sich aus dem Preis ergebende Absatzmenge und die dann zur Produktionsmenge gehörenden Selbstkosten. Die Differenz aus Gesamterlös und Gesamtkosten einer Periode wird maximiert und in Form der Erlösrentabilität beschrieben (siehe Gl. 2.19).

Der Quotient aus Allowable Costs und Target Costs ist ein Maß dafür, inwieweit die Umsetzung der Produktstrategie im Unternehmen Erfolg versprechend ist (Abb. 2.49). In den Allowable Costs (Zähler des Quotienten) finden die Marktgegebenheiten und die Zielstellung des Unternehmens in Form einer Zielerlösrentabilität Berücksichtigung (siehe Gl. 2.19). Die Target Costs (Nenner des Quotienten) werden als Soll-Größe in jedem Fall realistisch, d. h. im Unternehmen tatsächlich umsetzbar festgesetzt. Ist der Quotient größer oder gleich eins, befindet sich das Unternehmen mit der eingeschlagenen

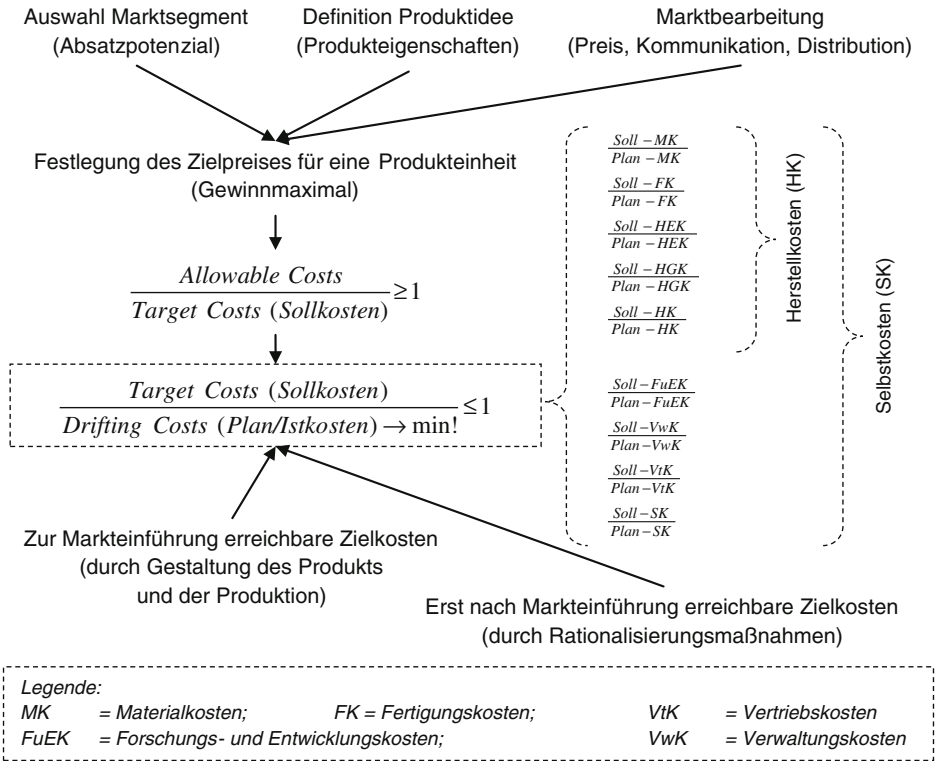


Abb. 2.49 Zielkostenkontrolle der Selbst- und Herstellkosten

Produktstrategie in einer wirklichkeitsnahen Situation. Nimmt er einen Wert kleiner, aber immer noch nahe eins an, so muss mit einer geringeren Erlösrentabilität als geplant gerechnet werden. Das Produkt könnte aber nach wie vor erfolgreich sein. Bei Werten deutlich unter eins droht ein unwirtschaftliches Szenario. Die Produktstrategie ist nicht markt- und unternehmensgerecht.

Aufgabe der Produktentwicklung ist es aber nicht nur, die Gesamtkosten des Produkts zu kontrollieren, sondern auch darauf zu achten, dass die Kosten innerhalb des Produkts marktgerecht aufgeteilt sind. Die relative kostenmäßige Bedeutung einzelner Produktbestandteile wird über das Zielkostenkontrolldiagramm überprüft (siehe Abb. 2.50 und 2.51).

Zentraler Parameter im Zielkostenkontrolldiagramm sind die Zielkostenindizes der Produktfunktionen, die im Spaltenvektor $EX_{(I,1)}$ zusammengefasst sind. Die Elemente des Spaltenvektors sind Quotienten aus den relativen Nutzenanteilen g_{ni} und den relativen Kostenanteilen g_{ki} der Funktionen (siehe Gl. 2.90).

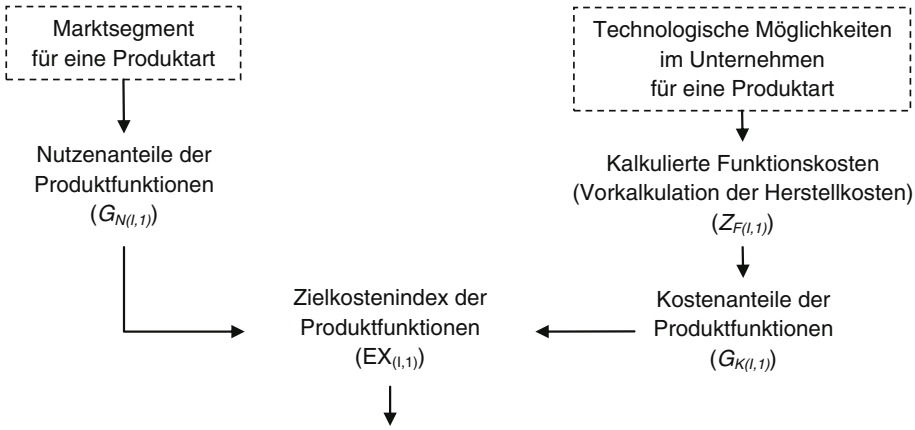


Abb. 2.50 Entstehung eines Zielkostenkontrolldiagramms für Produktfunktionen

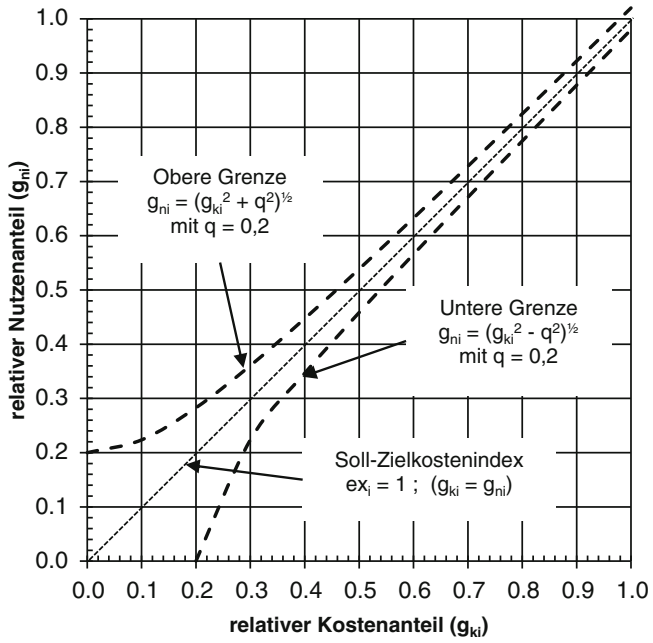


Abb. 2.51 Aufbau eines Zielkostenkontrolldiagramms

$$G_{N(I,1)} = \begin{bmatrix} g_{n1} \\ g_{n2} \\ g_{ni} \end{bmatrix}; \; mit \; \sum_{i=1}^{I} g_{ni} = 1 \tag{2.87}$$

Die relativen Nutzenanteile der Produktfunktionen werden durch Marktforschung ermittelt und reflektieren die Marktsicht auf das Produkt. Sie geben an, welche relative Bedeutung potenzielle Käufer den einzelnen Teilfunktionen beimessen. Die Werte werden im Spaltenvektor der Nutzengewichte $G_{N(I,1)}$ aufgeführt (siehe Gl. 2.87).

$$Z_{F(I,1)} = \begin{bmatrix} z_{f1} \\ z_{f2} \\ z_{fi} \end{bmatrix}; \; mit \; \sum_{i=1}^{I} z_{fi} = Z \tag{2.88}$$

Die relativen Kostenanteile müssen aus den kalkulierten Herstellkosten des Produkts errechnet werden. Sie spiegeln im Rahmen einer Vorkalkulation die (zukünftigen) technologischen Möglichkeiten im Unternehmen wider. Es werden die kalkulierten Funktionskosten (siehe Gl. 2.88) mit den gesamten Herstellkosten Z ins Verhältnis gesetzt. Die Ergebnisse für alle Teilfunktionen sind im Spaltenvektor der Kostengewichte $GK_{(I,1)}$ zusammengefasst (siehe Gl. 2.89).

$$G_{K(I,1)} = \begin{bmatrix} g_{k1} = \frac{z_{f1}}{Z} \\ g_{k2} = \frac{z_{f2}}{Z} \\ g_{ki} = \frac{z_{fi}}{Z} \end{bmatrix}; \; mit \; \sum_{i=1}^{I} g_{ki} = 1 \tag{2.89}$$

Zu beachten ist, dass die relativen Kostengewichte und auch die relativen Nutzengewichte in der Summe über alle Funktionen immer gleich eins ergeben. Es werden somit der gesamte Produktnutzen und die gesamten Herstellkosten des Produkts in ihrer relativen Bedeutung dargestellt.

$$EX_{(I,1)} = \begin{bmatrix} ex_1 = \frac{g_{n_1}}{g_{k_1}} \\ ex_2 = \frac{g_{n_2}}{g_{k_2}} \\ ex_i = \frac{g_{n_i}}{g_{k_i}} \end{bmatrix} \tag{2.90}$$

Der Zielkostenindex für eine bestimmte Funktion ex_i gibt an, inwiefern das Nutzengewicht mit dem Kostengewicht übereinstimmt. Gewünscht ist ein Wert von eins, da dann beide Gewichte gleich sind, d. h. $g_{ki} = g_{ni}$ ist. Wird einer bestimmten Teilfunktion i vom Markt eine große Nutzenstiftung zugeschrieben (g_{ni} ist relativ hoch), so kann diese Teilfunktion i folglich auch zu höheren Herstellkosten konstruiert werden (g_{ki} kann relativ hoch gestaltet werden). Ist der Zielkostenindex größer als eins, so misst der Markt dieser Teilfunktion eine größere Bedeutung bei, als durch die Funktionskosten ausgedrückt wird.

Ist hingegen der Index kleiner als eins, so wird eine unbedeutende Funktion mit unverhältnismäßig hohen Funktionskosten realisiert.

Um diese verschiedenen Situationen grafisch anschaulich darstellen zu können, ist das Zielkostenkontrolldiagramm entwickelt worden (Abb. 2.51). Bei einem Zielkostenindex von eins (Soll-Zielkostenindex) liegt das Wertepaar (g_{ki}; g_{ni}) direkt auf der Winkelhalbierenden. In welcher Größenordnung Abweichungen vom Soll-Index gerade noch akzeptiert werden, wird durch die obere und untere Grenze festgelegt. Beide Grenzen werden jeweils durch eine Funktion der Form $g_{ni} = f(g_{ki})$ beschrieben (siehe Gl. 2.91 und 2.92). Mit zunehmender Bedeutung einer Funktion (höhere (g_{ki}; g_{ni})-Werte) wird der Toleranzbereich stetig enger. Dies führt dazu, dass mit Funktionen, die nur einen geringen Beitrag zum Gesamtnutzen beisteuern, toleranter umgegangen wird. Durch diese Vorgehensweise wird der Aufwand in der Entwicklung auf wesentliche Produktbestandteile fokussiert.

$$g_{ni} = (g_{ki}^2 + q^2)^{\frac{1}{2}} \tag{2.91}$$

$$g_{ni} = (g_{ki}^2 - q^2)^{\frac{1}{2}} \tag{2.92}$$

Mit Hilfe des Parameters q wird der Schnittpunkt der Funktion mit der Ordinate bzw. mit der Abszisse festgelegt. Das Unternehmen kann damit den tolerierbaren Abstand zur Winkelhalbierenden wählen. Bei Märkten, die durch große Stückzahlen und starken Preiswettbewerb charakterisiert sind, sollte q niedrig gewählt werden. Abweichungen vom Idealzustand werden von stark umkämpften Märkten nur schwer akzeptiert. Bei großen Produktionsmengen rechnet sich aber der damit verbundene hohe Entwicklungsaufwand.

$$(g_{ni}^2 - q^2)^{\frac{1}{2}} \leq g_{ki} \leq (g_{ni}^2 + q^2)^{\frac{1}{2}} \tag{2.93}$$

Der Toleranzbereich einer Funktion i wird durch eine horizontale Linie zwischen der oberen und der unteren Grenze bestimmt (siehe Gl. 2.93). Dabei wird g_{ni} als konstant und g_{ki} als variabel angesehen. Das Gewicht der Herstellkosten der Funktion i darf innerhalb des Toleranzbereichs vom fest vorgegebenen Nutzengewicht abweichen. Befinden sich Funktionen außerhalb des Toleranzbereichs, so muss überprüft werden, ob Kostensenkungspotenziale vorhanden sind bzw. ob Qualitätsverbesserungen bei der Funktionserfüllung vorstellbar sind.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.71: Wie kann im Rahmen des Target Costings überprüft werden, ob die vorgesehene Produktstrategie für das Unternehmen umsetzbar ist?

Frage 2.72: An welcher Soll-Größe orientiert sich die Kontrolle der Gesamtproduktkosten? Was beinhaltet diese Soll-Größe und wie kann sie sinnvoll gegliedert werden?

Frage 2.73: Mit welchem Parameter kann überprüft werden, ob die relative kostenmäßige Bedeutung einzelner Produktfunktionen marktgerecht ist? Was genau wird mit diesem Parameter ausgedrückt und welchen Wert nimmt er idealerweise an?

Frage 2.74: Was verstehen Sie im Zielkostenkontrolldiagramm unter einem Toleranzbereich? Sind die Grenzen für eine bestimmte Funktion (mit fest vorgegebenem Nutzenanteil) symmetrisch um den Soll-Zielkostenindex angeordnet?

Frage 2.75: Wie legen Unternehmen die Größe des Toleranzbereichs fest? Warum ist der Toleranzbereich für Funktionen mit großer Bedeutung klein, hingegen für Funktionen mit geringer Bedeutung groß?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.35: Berechnung von Zielkostenindizes für Produktfunktionen

Es gelten die Ausgangsdaten aus Aufgabe 2.29 bis Aufgabe 2.34.

1. Berechnen Sie die relativen Kostenanteile g_{ki} der fünf Produktfunktionen. Geben Sie die Ergebnisse als Spaltenvektor $G_{K(I,1)}$ an.
2. Bestimmen Sie die Zielkostenindizes ex_i der fünf Teilfunktionen und geben Sie diese ebenfalls als Spaltenvektor $EX_{(I,1)}$ an.

Aufgabe 2.36: Darstellung eines Zielkostenkontrolldiagramms

Es gelten die Ausgangsdaten der Aufgabe 2.35.

1. Zeichnen Sie ein leeres Zielkostenkontrolldiagramm mit dem Soll-Zielkostenindex sowie der oberen und unteren Toleranzgrenze, wenn das Unternehmen q mit 0,10 festgelegt hat.
2. Tragen Sie die Zielkostenindizes der fünf Produktfunktionen in das Diagramm ein.
3. Berechnen Sie den Toleranzbereich für jede der fünf Funktionen. Geben Sie als Ergebnis die relativen Kostengewichte und die absoluten Beträge in € an.
4. Welche Maßnahmen zur Produktgestaltung schlagen Sie vor?

2.4 Methoden zur Vorkalkulation für die Produktentwicklung

2.4.1 Prinzipien und Genauigkeit kausaler Vorkalkulationsverfahren

Während der Produktentwicklung müssen zahlreiche wirtschaftlich orientierte Entscheidungen getroffen werden. Zur Untermauerung solcher Entscheidungen können Informationen zur Höhe der Herstellkosten von großer Hilfe sein. Der Zeitpunkt der Entscheidung (während der Entwicklung) und der Zeitpunkt der Herstellkostenentstehung (während der Produktion) können weit auseinander liegen. Aus diesem Grund sind Verfahren zur Vorkalkulation notwendig, mit denen die voraussichtlich zukünftig anfallenden Herstellkosten prognostiziert werden können.

Kausale Verfahren zur Vorkalkulation Vorkalkulationen können auf ganz unterschiedliche Art und Weise ausgearbeitet werden, beispielsweise auf Basis von Schätzungen mit einem oder mehreren Experten. Die Höhe der Kosten ist bei dieser Vorgehensweise auf die Expertise einzelner Personen zurückzuführen und nicht personenunabhängig erklärbar. Eine andere Möglichkeit der Vorkalkulation ist die Identifikation relevanter Kosteneinflussgrößen und die Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen und den zu schätzenden Herstellkosten. In diesem Fall sind Ursache-Wirkungsbeziehungen ableitbar. Die Höhe der Herstellkosten kann über die Ausprägung einer oder mehrerer Einflussgrößen erklärt werden. Es besteht bei diesen Verfahren immer eine Ursächlichkeit (Kausalität), mit der die Höhe der Herstellkosten begründet werden kann. Sind die ausgearbeiteten Kostenprognosen mit erkannten Ursache-Wirkungsbeziehungen erstellt worden und auch entsprechend rückwirkend erklärbar, so spricht man von der Anwendung kausaler Vorkalkulationsverfahren.[51]

Kausale Verfahren können zur Vorkalkulation von Produkten während und nach der Entwicklung eingesetzt werden. Unterschieden werden muss hierbei zwischen Vorkalkulationen, die auf Basis einer Plankostenrechnung erstellt werden, und solchen, die auf Ähnlichkeiten zu in der Vergangenheit hergestellten Produkten beruhen (siehe Abb. 2.52).

Eine Plankostenrechnung (siehe Abb. 2.52, links) kann nur aufgestellt werden für eine unmittelbar bevorstehende Abrechnungsperiode. Das Produkt (Zeichnungen und Stücklisten) und die Fertigungsprozesse (Arbeitspläne) mit dem konkreten Einsatz an Maschinen und Anlagen müssen fertig ausgearbeitet sein. Auf Basis der geplanten Mengen und Preise kann eine Plankalkulation für den Unternehmensbereich und daraus eine Vorkalkulation der Einzelteile (Detailkalkulation) und des gesamten Produkts erstellt werden. Eine Detailkalkulation der Produktkosten kann somit nur nach Abschluss der Entwicklung bzw. in den späten Entwicklungsphasen eingesetzt werden. Die Kosteneinflussgrößen umfassen bei der Plankostenrechnung alle Mengen der Ressourcen und alle zugehörigen Beschaffungspreise. Die Höhe der Herstellkosten des Produkts kann somit über den geplanten Ressourcenverbrauch bzw. über die geplanten Einkaufspreise erklärt und beeinflusst werden.

Anders sieht die Situation aus, wenn die Vorkalkulation nicht auf einer Plankostenrechnung beruht, sondern auf Ähnlichkeiten zu in der Vergangenheit hergestellten Produkten (siehe Abb. 2.52, rechts). In diesem Fall muss die Baustruktur des Produktes nicht (vollständig) vorliegen, stattdessen sind für die Kalkulation Erfahrungen notwendig, die in irgendeiner Form mit ähnlichen Produkten gemacht worden sind. Eine solche Vorkalkulation kann, im Gegensatz zur Plankostenrechnung, auch für mehrere Perioden im Voraus erstellt werden, insbesondere immer dann, wenn der zeitliche Einfluss auf die Höhe der Kosten abgeschätzt werden kann. Diese Kalkulationsverfahren, die auf Ähnlichkeiten beruhen, werden Kostennäherungsverfahren, Kostenschätzverfahren oder Kostenprognoseverfahren genannt. Sie können in frühen Phasen der Entwicklung

[51]Zur Systematisierung verschiedener Verfahren der Kostenschätzung siehe Coenenberg et al. (2009, S. 509 ff.) sowie Günther und Schuh (1998, S. 381 ff.).

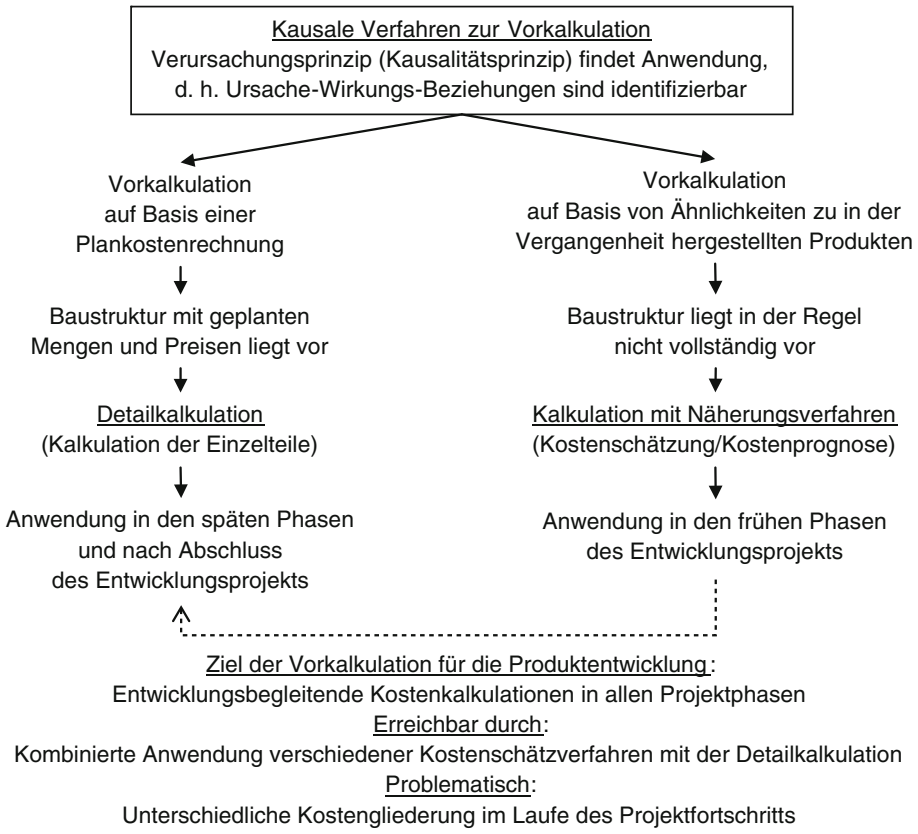


Abb. 2.52 Kostenschätzung und Detailkalkulation für eine entwicklungsbegleitende Vorkalkulation

eingesetzt werden. Es kann bei diesen Verfahren nur eine oder auch mehrere aus der Erfahrung identifizierte Kosteneinflussgrößen geben, über die die Höhe der Herstellkosten geschätzt wird.

Entwicklungsbegleitende Vorkalkulationen Ziel einer entwicklungsbegleitenden Vorkalkulation für die Produktentwicklung ist es, möglichst in jeder Projektphase die voraussichtlichen Herstellkosten des Produkts angeben zu können (siehe Abb. 2.52, unten). Kosteninformationen sind in jeder Entwicklungsphase notwendig, um konstruktive Entscheidungen wirtschaftlich zu treffen und um die Sinnhaftigkeit des gesamten Entwicklungsvorhabens regelmäßig zu bestätigen. Abweichungen zur Zielsetzung können somit in jeder Projektphase erkannt werden.[52]

[52]Zum Aufbau einer entwicklungsbegleitenden Kalkulation siehe Ehrlenspiel et al. (2003, S. 451).

Dieses Ziel der entwicklungsbegleitenden Vorkalkulation kann erreicht werden, indem verschiedene Kostenschätzverfahren und die Detailkalkulation kombiniert eingesetzt werden. Idealerweise werden die Kosteninformationen von einer Entwicklungsphase an die nächste übergeben und jeweils mit dem Projektfortschritt ergänzt, bis schließlich kurz vor Abschluss der Entwicklung eine Detailkalkulation mit allen Einzelteilen erstellt werden kann.

Grundsätzlich problematisch ist hierbei jedoch, dass die Herstellkosten im Laufe des Projektfortschritts unterschiedlich gegliedert werden. In den späten Phasen und nach Abschluss der Entwicklung ist in der Regel die Baustruktur die Basis der Kostengliederung. In den frühen Phasen bietet die Funktions- bzw. die Anforderungsstruktur eine Grundlage zur Gliederung der Kosten, zumindest dann, wenn wesentliche Kosteneinflussgrößen aus den Anforderungen und/oder aus den Produktfunktionen abgeleitet werden können.

Prinzipien kausaler Kostenprognoseverfahren Für die kausale Schätzung der Herstellkosten (Kalkulation mit Näherungsverfahren/Schätzverfahren) werden verschiedene Prinzipien herangezogen (siehe Abb. 2.53). Einige Prinzipien arbeiten mit einer einzigen Kosteneinflussgröße. Der Zusammenhang zwischen der Höhe der Herstellkosten und der Einflussgröße wird mit einer einfachen Regressionsfunktion beschrieben, die linear oder auch nichtlinear sein kann. Die Kosteneinflussgröße kann beispielsweise das zukünftige

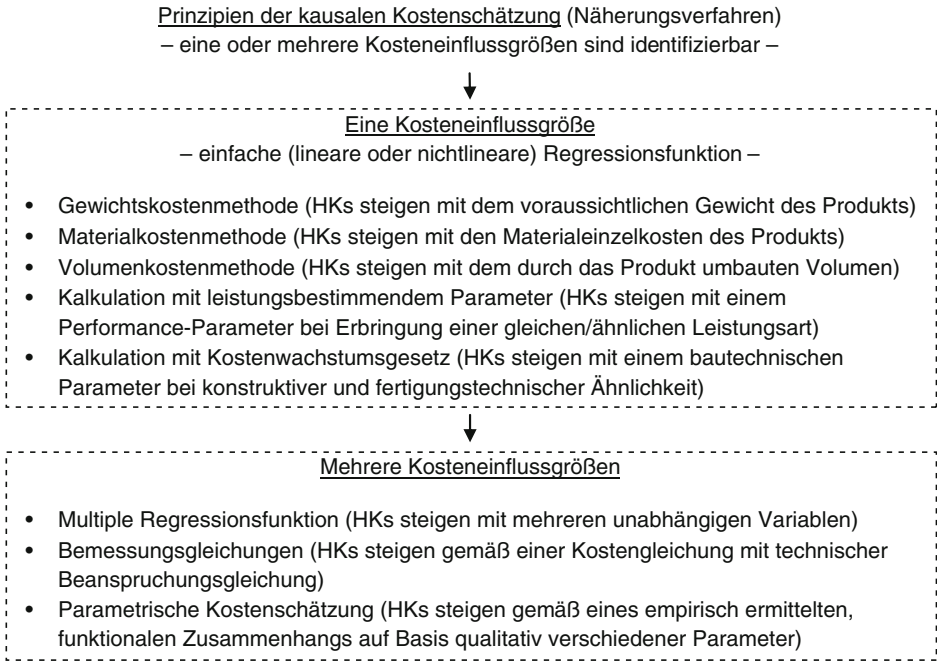


Abb. 2.53 Prinzipien der kausalen Kostenschätzung

Gewicht (Gewichtskostenmethode/Kilokostenmethode), die zukünftigen Materialeinzelkosten (Materialkostenmethode) oder das zukünftig umbaute Volumen (Volumenkostenmethode) sein. Entscheidend für die Anwendbarkeit ist, dass die Ausprägung der Einflussgröße (z. B. Höhe der Materialeinzelkosten) für den Zeitpunkt nach Abschluss der Entwicklung geschätzt werden muss. Ebenfalls von Bedeutung ist, dass genügend Erfahrungen vorliegen, um den Zusammenhang zu den Herstellkosten funktional abbilden zu können.

Die Kosteneinflussgröße kann auch ein Parameter sein, der etwas über die Leistungserbringung des Produkts oder eines Teils des Produkts aussagt (z. B. Drehzahl eines Motors, Ansaugdruck einer Pumpe). In diesem Fall wird von einer Kalkulation mit leistungsbestimmendem Parameter gesprochen. Die Regressionsfunktion bildet dabei den Zusammenhang zwischen der Höhe der Herstellkosten und dieses Performance-Parameters ab. Die Regressionsfunktion ist aber nur aufstellbar, wenn eine Vielzahl von Produkten aus der Vergangenheit existiert, die Leistungen der gleichen Art abgeben.

Die Kosteneinflussgröße kann auch ein Parameter sein, der die Gestalt der Baustruktur beschreibt (z. B. Länge eines Teils, Durchmesser einer Welle). In diesem Fall wird von Kalkulation mit Kostenwachstumsgesetzen gesprochen. Voraussetzung für die Anwendung von Kostenwachstumsgesetzen ist eine konstruktive und fertigungstechnische Ähnlichkeit von Produkten aus der Vergangenheit. Aus diesen ähnlichen Produkten kann dann eine Regressionsfunktion zwischen dem bautechnischen Parameter und der Höhe der zukünftigen Herstellkosten abgeleitet werden. Diese Voraussetzungen sind meistens nur bei Baureihen erfüllt.[53]

Komplexe Modelle zur Kostenprognose berücksichtigen mehrere Kosteneinflussgrößen (siehe Abb. 2.53, unten). Zu diesen Modellen gehört die multiple Regressionsfunktion, in die mehrere unabhängige Variablen einfließen. Es werden hierfür mehrere Variablen statistisch ausgewertet und zu einer Regressionsfunktion verdichtet.

Eine weitere Möglichkeit, in die auch konkrete technische Parameter, Losgrößen und Preiserhöhungen einfließen können, sind sogenannte Bemessungsgleichungen. Sie sind faktisch eine Kombination verschiedener Kostenwachstumsgesetze in einer Kostengleichung.[54]

Bei der parametrischen Kostenschätzung wird untersucht, welche Parameter Einfluss auf die Höhe der Herstellkosten haben. Diese werden in einen mathematischen Zusammenhang gebracht.[55]

---

[53]Die verschiedenen Verfahren zur kausalen Kostenschätzung mit einer Einflussgröße werden beschrieben in Ehrlenspiel et al. (2003, S. 453 ff.); VDI-Richtlinie 2235 (Oktober 1987, S. 31 ff.) oder auch in Bronner (2008, S. 21 ff.).

[54]Die Methode der sogenannten Bemessungslehre wird mit Anwendungsbeispielen ausführlich beschrieben in der VDI-Richtlinie 2225-4 (November 1997).

[55]Eine Darstellung der parametrischen Kostenschätzung ist z. B. in Shermon (2009) oder in Foussier (2006) zu finden.

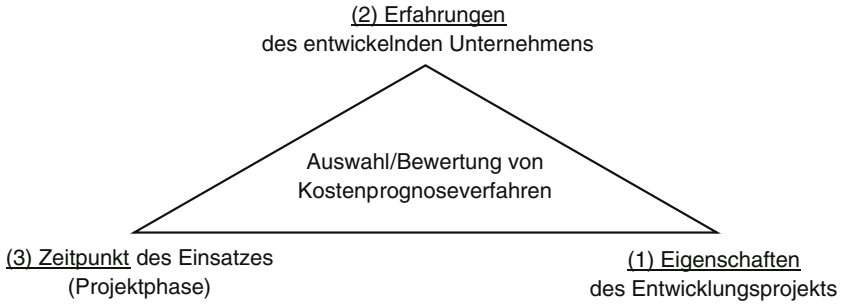


Abb. 2.54 Kriterien-Dreieck zur Auswahl und Bewertung von Kostenprognoseverfahren

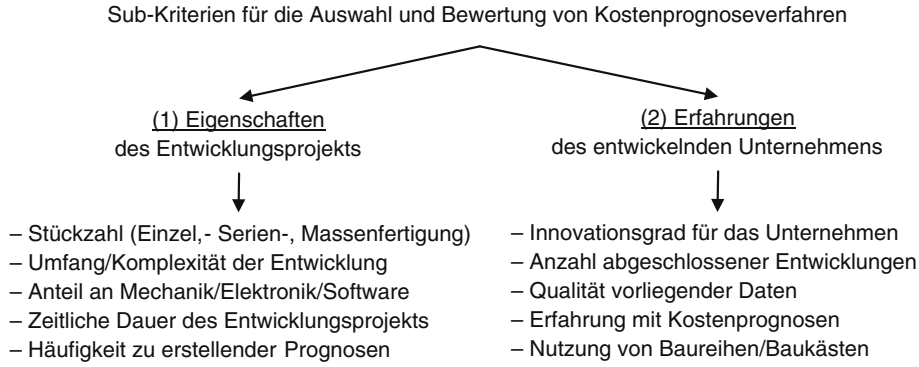


Abb. 2.55 Projekt- und unternehmensbezogene Kriterien zur Auswahl und Bewertung von Prognoseverfahren

Auswahl von Kostenprognoseverfahren In Anbetracht der vielen Prinzipien zur Kostenprognose stellt sich die Frage, welches Verfahren im konkreten Einzelfall angewendet werden sollte und mit welcher Genauigkeit dabei zu rechnen ist. Als Kriterien für die Auswahl und zur Bewertung der Kostenprognoseverfahren können herangezogen werden (siehe Abb. 2.54): 1) die Eigenschaften des Entwicklungsprojekts, 2) die Erfahrungen des entwickelnden Unternehmens und 3) der Zeitpunkt, d. h. die Projektphase, in der die Prognose eingesetzt werden soll. Erst die Analyse und Charakterisierung aller drei Kriterien ermöglicht eine systematische Auswahl bzw. Bewertung.

Die Nummerierung der Kriterien kann auch als Reihenfolge verstanden werden. Als erstes wird das geplante Entwicklungsprojekt genau analysiert und beschrieben (siehe Abb. 2.55, links). Hierzu können die folgenden Subkriterien verwendet werden: Häufigkeit zu erstellender Kostenprognosen (z. B. zur Angebotskalkulation), Stückzahl zu fertigender Produkte, zeitliche Entwicklungsdauer, Projektkomplexität oder auch der

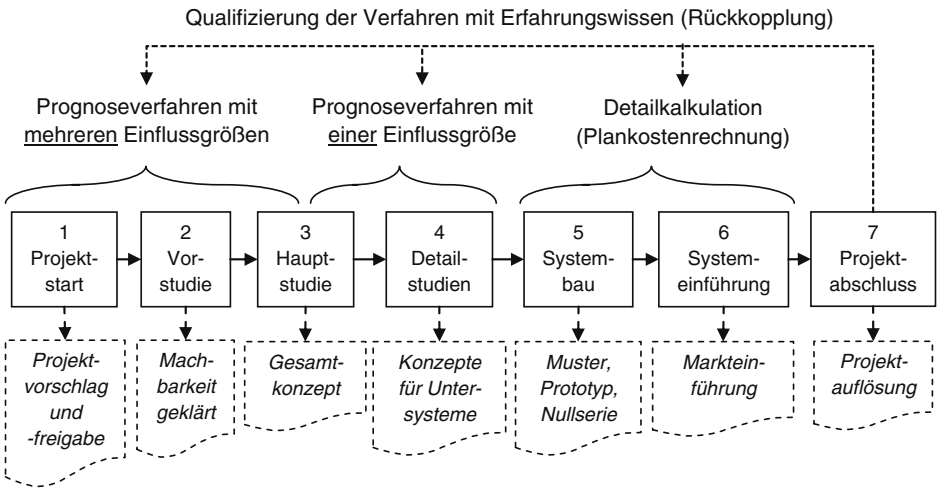


Abb. 2.56 Auswahl und Qualifizierung von Kostenprognoseverfahren für verschiedene Projektphasen

Anteil an mechanischen, elektronischen oder Softwarekomponenten. Mit Hilfe dieser Informationen kann das Entwicklungsprojekt unternehmensunabhängig charakterisiert werden.

Als zweites spielt die Erfahrung des Unternehmens eine große Rolle (siehe Abb. 2.55, rechts). Hat das Unternehmen bereits Erfahrungen mit der Prognose von Herstellkosten gesammelt? In welcher Qualität liegen die Daten vergangener Projekte vor? Kann auf Baureihen, Baukästen oder ähnliche Bauteile zurückgegriffen werden? Wie viele ähnliche Projekte wurden bisher durchgeführt? Die Analyse der Erfahrungen gibt Auskunft darüber, wie schwer sich das Unternehmen mit der Kostenprognose für genau dieses Projekt tun wird und in welchem Umfang Informationen von außen zugeführt werden müssen, um die Genauigkeitsziele zu erreichen.

Das dritte Kriterium bei der Auswahl und Bewertung von Kostenprognoseverfahren ist der Zeitpunkt des Einsatzes. Soll die Kostenschätzung in frühen oder eher in späteren Projektphasen angewendet werden (siehe Abb. 2.56)? Zum Projektstart sowie bei der Vor- und der Hauptstudie liegen wenige Informationen zur konzeptionellen Lösung und zur Baustruktur des Produkts vor. Die Herstellkosten müssen auf Basis der Anforderungen, der geplanten Produktfunktionen und einiger weniger Baukomponenten geschätzt werden. Es kommen deshalb in diesen Phasen nur die Näherungsverfahren (Kostenschätzverfahren) in Frage. Da die Höhe der Herstellkosten in der Regel nicht von einer einzigen Einflussgröße abhängt, haben hier in den frühen Phasen die Prognoseverfahren mit *mehreren* Einflussgrößen eine sehr große Bedeutung.

Existiert das Gesamtkonzept und sind Untersysteme erkennbar (Projektphasen 3 und 4), gewinnen Prognoseverfahren mit *einer* Einflussgröße an Bedeutung. Das liegt daran, dass Untersysteme weniger komplex sind und auf der Detailebene leichter ähnliche

Lösungen aus der Vergangenheit identifiziert werden können. So können in späteren Phasen auf der Detailebene Verfahren mit wenigen oder auch nur einer einzigen Einflussgröße sinnvoll eingesetzt werden.

Ist die Baustruktur bekannt (Projektphasen 5 und 6), kann die Detailkalkulation auf Basis einer Plankostenrechnung erstellt werden. Sie hat die höchste Genauigkeit, weil sie auf vollständige Konstruktions- und Fertigungsunterlagen des Produkts zurückgreifen kann.

Von großer Bedeutung für zukünftige Entwicklungsprojekte ist die Qualifizierung von Kostenprognoseverfahren mit dem Erfahrungswissen aus der Vergangenheit. Wie bereits aus Abb. 2.54 erkennbar, spielt die Erfahrung des Unternehmens für die Genauigkeit der Prognosen eine große Rolle. Um die Prognosegenauigkeit tatsächlich erhöhen zu können, muss das Erfahrungswissen dokumentiert und ausgewertet werden und als Information in die Verfahren einfließen. Es ist also eine Rückkopplung zwischen dem Projektabschluss (Phase 7) und den zukünftig einzusetzenden Kostenprognoseverfahren notwendig (siehe Abb. 2.56).

Genauigkeit von Kostenprognosen Die Kalkulation der Herstellkosten technischer Produkte unterliegt normalerweise vielen störenden Einflüssen, die in der Regel unkontrollierbar sind. Der zu kalkulierende Kostenwert für ein einzelnes Stück der Produktart kann deshalb als eine zufällige und stetige Variable aufgefasst werden. Die Streuung der Herstellkosten einzelner Stücke ist auf Schwankungen bei den Fertigungsverfahren und bei den Materialeigenschaften zurückzuführen. Hierzu gehören beispielsweise zufällig auftretende Ereignisse in der Fertigung, die zu anderen Zeiten oder verändertem Materialverbrauch führen können. Praktisch jede Kalkulation einzelner Produkteinheiten unterliegt diesen zufälligen Einflüssen.

Üblicherweise werden in der Kostenrechnung die Durchschnittskosten (Stückkosten) für die Produktionsmenge einer Abrechnungsperiode angegeben, die dem arithmetischen Mittelwert der Herstellkosten über alle in der Zeitspanne gefertigten Stücke entspricht. Alle Kostenprognoseverfahren, die Detailkalkulation wie auch die Nachkalkulation bestimmen diesen Mittelwert der Herstellkosten bezogen auf die Stückzahl einer Periode.

Soll nun die Frage nach der Genauigkeit des Mittelwertes beantwortet werden, muss eine sogenannte Kalkulationsreihe aufgestellt werden, die aus den Kostenwerten einzelner Stücke einer Produktart besteht. Die Kalkulationsreihe ist eine Stichprobe möglicher Kostenwerte der betrachteten Periode. Die zugehörige Grundgesamtheit setzt sich aus den einzelnen Kostenwerten aller Produkteinheiten der Periode zusammen. Mit Hilfe der Kalkulationsreihe können der Mittelwert und die Genauigkeit (Fehler) des Mittelwertes berechnet werden. Liegen diese Informationen vor, wird als nächstes die Fehlerfortpflanzung untersucht (siehe Abb. 2.57).

Der Mittelwert und die Genauigkeit des Mittelwertes können theoretisch sowohl für die Vor- als auch für die Nachkalkulation berechnet werden. Basis ist jeweils die Grundgesamtheit, d. h. alle einzelnen Stücke einer Produktart in der Periode. Der Aufwand für die

1. Auswertung und Beurteilung einer Kalkulationsreihe
   - Mittelwertsbildung
   - Angabe eines Genauigkeitsmaßes
2. Untersuchung der Fehlerfortpflanzung

Abb. 2.57 Vorgehen bei der Auswertung von Kalkulationsreihen

Ermittlung aller Kostenwerte ist jedoch immens hoch, insbesondere dann, wenn es sich um mittlere oder große Serien handelt. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, immer eine angemessen große Stichprobe (Kalkulationsreihe) für die Auswertung und Beurteilung zu verwenden. Dabei gilt immer die Leitlinie: Je größer die Stichprobe, desto genauer der Mittelwert.

Bei der Nachkalkulation von Serienprodukten können hypothetisch die Kostenwerte für die gesamte Grundgesamtheit einzeln ermittelt werden, da jedes Stück tatsächlich hergestellt worden ist. Liegen alle einzelnen Kostenwerte vor, ist es theoretisch möglich, deren Häufigkeitsverteilung exakt zu beschreiben. Sind die Fehler der Kostenwerte, d. h. deren Abweichungen vom Mittelwert, zufälliger Art und sind die Kostenwerte alle gleich genau, auf gleiche Art und Weise und unabhängig voneinander ermittelt worden, dann soll im Folgenden immer von einer Normalverteilungsdichtefunktion ausgegangen werden, die ihrer äußeren Form wegen auch als Gauß'sche Glockenkurve bezeichnet wird. Das bedeutet, die einzelnen Kostenwerte sind symmetrisch um den Mittelwert verteilt. Betragsmäßig gleich große positive und negative Fehler treten mit gleicher Häufigkeit auf. Je größer der Fehler des Kostenwertes, umso geringer ist seine Häufigkeit. Die Dichtefunktion ist vom Maximum (Mittelwert) nach beiden Seiten hin monoton fallend.

Bei der Vorkalkulation sieht die Situation anders aus. Kostenwerte auf Basis einer tatsächlich stattgefundenen Produktion liegen nicht vor, sondern werden lediglich antizipiert. Es herrschen jedoch bei der Plankostenrechnung (Detailkalkulation) und bei den Prognoseverfahren gleiche prinzipielle Bedingungen wie bei der Nachkalkulation, so dass als Häufigkeitsverteilung der Kostenwerte ebenfalls eine Normalverteilungsdichtefunktion angenommen werden kann. Die Fehler sind zufällig, die Kostenwerte sind alle gleich genau und unabhängig voneinander bestimmt worden. Im Folgenden soll die Auswertung und Beurteilung von Kalkulationsreihen bei Anwendung von Kostenprognoseverfahren näher beschrieben werden.

Bei Prognoseverfahren werden einzelne Kostenwerte auf Basis von Ähnlichkeiten zu in der Vergangenheit hergestellten Produkten geschätzt und dann hinsichtlich des Mittelwertes und der Genauigkeit ausgewertet. Die Kostenwerte werden deshalb im Weiteren als Schätzwerte bezeichnet und mit dem Formelzeichen z_i versehen, wobei der Index i die Werte 1 ... n annehmen kann. Der Buchstabe n drückt die Größe der Stichprobe, d. h. die Anzahl der Schätzungen aus (siehe Abb. 2.58). Werden die Herstellstückkosten mit Hilfe des Prognoseverfahrens nur einmal geschätzt, enthält die Stichprobe nur einen Kostenwert ($n = 1$). In diesem Fall spricht man von einer Einzelschätzung. Eine Angabe der

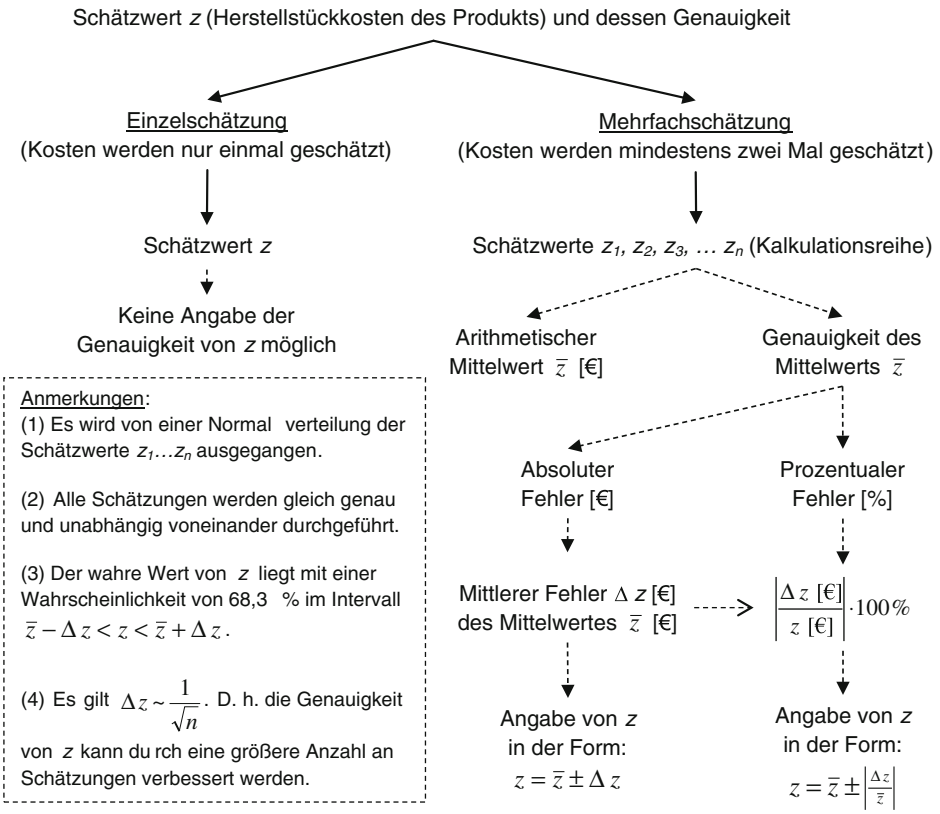


Abb. 2.58 Angabe des Schätzwertes und dessen Genauigkeit

Genauigkeit für die prognostizierten Kosten ist dann nicht möglich. Idealerweise sollte die Kalkulationsreihe aus mindestens sechs Schätzwerten bestehen (n = 6), damit eine sinnvolle Fehlerberechnung gewährleistet ist.

Als erstes wird aus den Schätzwerten mit Gl. 2.94 der arithmetische Mittelwert $\bar{z}$ berechnet. Dieser Mittelwert kommt der unbekannten wahren Höhe der Herstellstückkosten z am Nächsten. Die streuenden Schätzwerte $z_1 \ldots z_n$ werden zu einem Ausgleich gebracht.

$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2 + \cdots + z_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} z_i}{n} \tag{2.94}$$

Als nächstes soll die Frage nach den Genauigkeiten geklärt werden. Hierbei muss zwischen dem Fehler einzelner Schätzungen z_i und dem Fehler des Mittelwertes $\bar{z}$

unterschieden werden. Der mittlere Fehler einzelner Schätzungen m_z wird mit Gl. 2.95 beschrieben.[56]

$$m_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (z_i - \bar{z})^2}{n-1}} \tag{2.95}$$

Bei unseren Überlegungen sind wir immer von einer Normalverteilung der Schätzwerte $z_1 \ldots z_n$ ausgegangen. Die Normalverteilungsdichtefunktion ist allgemein mit Gl. 2.96 definiert, wobei μ als Erwartungswert der Grundgesamtheit und σ als Standardabweichung der Grundgesamtheit angesehen wird.

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\mu - x}{\sigma}\right)^2} \tag{2.96}$$

Der soeben definierte arithmetische Mittelwert $\bar{z}$ der Kalkulationsreihe kann als Näherungswert des Erwartungswertes und der mittlere Fehler einzelner Schätzungen m_z als Näherungswert der Standardabweichung angesehen werden (siehe Gl. 2.97).

$$x = z, \mu \approx \bar{z}, \ \sigma \approx m_z \tag{2.97}$$

Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Verteilungsdichtefunktion, wie sie in Gl. 2.98 beschrieben ist. Sie gibt die Häufigkeitsverteilung der Grundgesamtheit, d. h. aller möglichen Schätzwerte für die Herstellstückkosten z an. Der Schätzwert in Höhe von $\bar{z}$ tritt mit der größten Häufigkeit auf. Folglich handelt es sich hierbei um die wahrscheinlichste Höhe der Herstellstückkosten.

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot m_z} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\bar{z} - z}{m_z}\right)^2} \tag{2.98}$$

Der Flächeninhalt unter der gesamten Verteilungsdichtefunktion besitzt immer genau den Wert eins. Auf Basis dieser Normierung lassen sich Aussagen darüber ableiten, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Schätzwert z_i in einem bestimmten symmetrischen Intervall um den Mittelwert liegt. Beispielsweise gilt für das Intervall $\bar{z} - m_z \leq z \leq \bar{z} + m_z$ die Wahrscheinlichkeit von 68,3 % (siehe Gl. 2.99). Dies bedeutet, dass 68,3 % aller Schätzwerte von z in diesem Intervall liegen. Für das Intervall $\bar{z} - 2 \cdot m_z \leq z \leq \bar{z} + 2 \cdot m_z$ kann bereits die Wahrscheinlichkeit von 95,5 % und für $\bar{z} - 3 \cdot m_z \leq z \leq \bar{z} + 3 \cdot m_z$ von 99,7 % angegeben werden. Der mittlere Fehler einzelner Schätzungen m_z ist ein geeignetes Maß für die Streuung der Schätzwerte z_i um den Mittelwert $\bar{z}$.

[56] Bei der Berechnung des mittleren Fehlers einzelner Schätzungen nach Gl. 2.95 ist zu beachten, dass die Summe der Abweichungsquadrate nicht durch n, sondern durch n-1 dividiert wird.

$$P\left(\bar{z}-m_z \le z \le \bar{z}+m_z\right) = \int_{\bar{z}-m_z}^{\bar{z}+m_z} \frac{1}{\sqrt{2\cdot\pi}\cdot m_z}\cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\bar{z}-z}{m_z}\right)^2} dz = 0{,}683 \tag{2.99}$$

Als Genauigkeitsmaß für den Mittelwert $\bar{z}$ fungiert der mittlere Fehler Δz des Mittelwertes $\bar{z}$, der durch die Gl. 2.101 definiert ist. Das Ergebnis einer Kalkulationsreihe $z_1 \ldots z_n$ kann dann in der Form $z = \bar{z} \pm \Delta z$ angegeben werden (siehe Abb. 2.58), wobei $\bar{z}$ der arithmetische Mittelwert und Δz der mittlere Fehler des Mittelwertes sind. Zwischen dem mittleren Fehler Δz des Mittelwertes $\bar{z}$ und dem mittleren Fehler m_z einzelner Schätzungen z_i besteht der Zusammenhang aus Gl. 2.100. Die Größe der Stichprobe, d. h. die Anzahl der Schätzungen für die Herstellstückkosten z wird wieder mit n bezeichnet.

$$\Delta z = \frac{m_z}{\sqrt{n}} \tag{2.100}$$

$$\Delta z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(z_i-\bar{z}\right)^2}{n\left(n-1\right)}} \tag{2.101}$$

Wegen des Zusammengangs aus Gl. 2.102 lässt sich die Genauigkeit der Kostenschätzung durch eine größere Anzahl von Schätzungen noch verbessern. Die wahre Höhe der Herstellstückkosten z liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,3 % im Intervall $\bar{z} - \Delta z < z < \bar{z} + \Delta z$. Grundsätzlich werden Fehlerangaben immer nach oben aufgerundet und höchstens mit zwei Ziffern ausgewiesen, dabei werden Nullen vor und nach dem Komma nicht mitgerechnet

$$\Delta z \sim \frac{1}{\sqrt{n}}. \tag{2.102}$$

Bei der Angabe von Fehlern wird zwischen absoluten Fehlern und prozentualen Fehlern unterschieden (siehe Abb. 2.58). Absolute Fehler stimmen immer in der Einheit mit dem Schätzwert überein. Sie werden entsprechend in Euro [€] angegeben. Prozentuale Fehler sind dagegen dimensionslose Größen. Sie berechnen sich aus dem absoluten Fehler und dem Mittelwert nach Gl. 2.103 und werden in Prozenten ausgewiesen. Zu den absoluten Fehlern gehören der mittlere Fehler einzelner Schätzungen m_z und der mittlere Fehler des Mittelwertes Δz. Der mittlere Fehler des Mittelwertes kann auch als prozentualer Fehler $\left|\frac{\Delta z}{\bar{z}}\right|$. angegeben werden.

$$\text{Prozentualer Fehler} = \left|\frac{\Delta z\ [€]}{z\ [€]}\right| \cdot 100\,\% \tag{2.103}$$

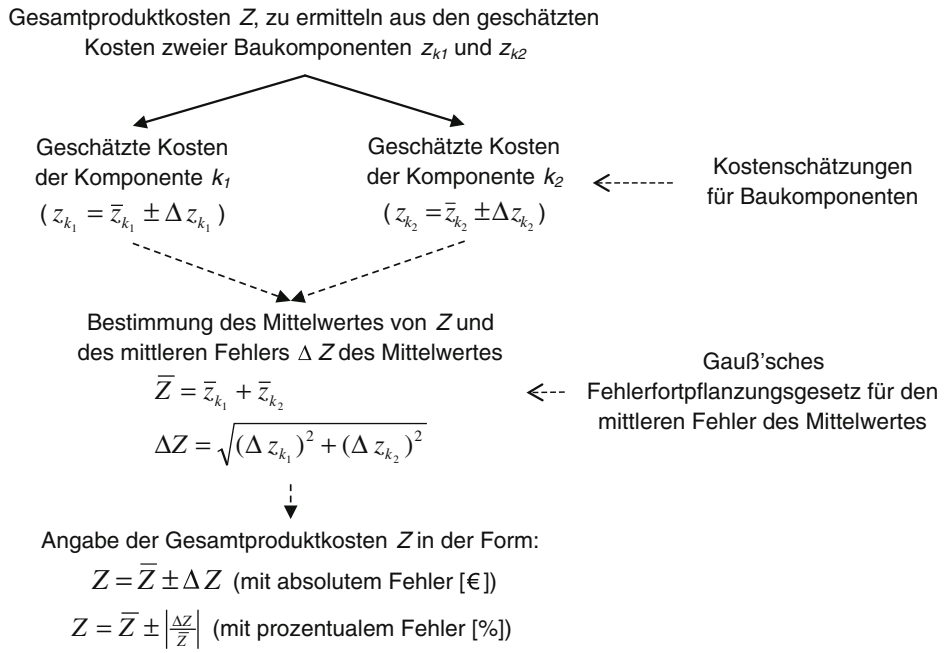


Abb. 2.59 Zusammenfassung von Schätzergebnissen (Fehlerfortpflanzung)

Die Herstellstückkosten werden häufig nicht gleich für das Gesamtprodukt prognostiziert, sondern zunächst für einzelne Untergliederungen, wie z. B. Baukomponenten oder Funktionen. Dies ist mit dem Vorteil einer geringeren Komplexität bei der Schätzung verbunden. Die Schätzergebnisse für die zum Produkt gehörenden Funktionen oder Komponenten müssen dann zu den Gesamtproduktkosten aufsummiert werden. Die Fehlerangaben der einzelnen Schätzungen pflanzen sich bei der Summenbildung fort. Es stellt sich die Frage, wie der Fehler der Produktkosten aus den Fehlern der Komponenten- bzw. Funktionskosten berechnet werden muss. Hierzu gibt das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz Antwort (siehe Abb. 2.59).

Vereinfacht soll zunächst angenommen werden, ein Produkt setze sich aus zwei Baukomponenten k1 und k2 zusammen, wobei sich die Herstellstückkosten des Produktes Z aus der Summe beider Komponentenkosten ergeben (siehe Gl. 2.104). Die Herstellstückkosten der Komponenten sind durch Mehrfachschätzung bestimmt worden und die Ergebnisse liegen in der Form $z_{k_1} = \bar{z}_{k_1} \pm \Delta z_{k_1}$ bzw. $z_{k_2} = \bar{z}_{k_2} \pm \Delta z_{k_2}$ vor. Der Mittelwert der Produktkosten $\bar{Z}$ wird aus den Mittelwerten der beiden Komponentenkosten $\bar{z}_{k_1}$ und $\bar{z}_{k_2}$ durch Einsetzen in die Funktionsgleichung berechnet (siehe Gl. 2.104). Allgemein, d. h. für Produkte, die sich aus vielen Baukomponenten zusammensetzen, gilt Gl. 2.105.

$$\begin{aligned} Z &= z_{k_1} + z_{k_2} \\ \bar{Z} &= \bar{z}_{k_1} + \bar{z}_{k_2} \end{aligned} \tag{2.104}$$

$$\bar{Z} = \sum_{j=1}^{J} \bar{z}_{k_j} \tag{2.105}$$

Die beschriebenen Zusammenhänge zur Berechnung des Mittelwertes $\bar{Z}$ gelten äquivalent für den Fall, dass die Kostenschätzung nicht für Baukomponenten, sondern für zwei Produktfunktionen durchgeführt wurde (siehe Gl. 2.106).

$$\begin{aligned} Z &= z_{f_1} + z_{f_2} \\ \bar{Z} &= \bar{z}_{f_1} + \bar{z}_{f_2} \end{aligned} \tag{2.106}$$

Ist das Produkt zur Unterstützung der Kostenschätzung in viele Teilfunktionen untergliedert worden, so kann allgemein Gl. 2.107 angewendet werden.

$$\bar{Z} = \sum_{i=1}^{I} \bar{z}_{f_i} \tag{2.107}$$

Als nächstes muss die Fehlerfortpflanzung geklärt werden. Die Fragestellung hierbei lautet: Wie wirken sich die mittleren Fehler der beiden Komponenten Δz_{k_1} und Δz_{k_2} auf den mittleren Fehler der Gesamtproduktkosten ΔZ aus? Die Antwort liefert das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz für den mittleren Fehler des Mittelwertes (siehe Gl. 2.108).

$$\begin{aligned} \Delta Z &= \sqrt{(\Delta z_{k_1})^2 + (\Delta z_{k_2})^2}\,;\ bzw. \\ \Delta Z &= \sqrt{(\Delta z_{f_1})^2 + (\Delta z_{f_2})^2} \end{aligned} \tag{2.108}$$

Das Fehlerfortpflanzungsgesetz lässt sich auch auf Produkte ausdehnen, die aus vielen Baukomponenten bzw. aus vielen Teilfunktionen bestehen (siehe Gl. 2.109).

$$\begin{aligned} \Delta Z &= \sqrt{\sum_{j=1}^{J} (\Delta z_{k_j})^2}\,;\ bzw. \\ \Delta Z &= \sqrt{\sum_{i=1}^{I} (\Delta z_{f_i})^2} \end{aligned} \tag{2.109}$$

Das Ergebnis, d. h. die Herstellstückkosten für das Gesamtprodukt Z, wird dann in der üblichen Form, entweder mit absolutem Fehler (siehe Gl. 2.110) oder mit prozentualem Fehler (siehe Gl. 2.111) angegeben.

$$Z = \bar{Z} \pm \Delta Z \tag{2.110}$$

$$Z = \bar{Z} \pm \left| \frac{\Delta Z}{\bar{Z}} \right| \tag{2.111}$$

Analyse von Kostenabweichungen Im Folgenden soll die Frage untersucht werden, wie Abweichungen zwischen den prognostizierten Herstellstückkosten z und dem wahren Wert z^w interpretiert werden können. Unter dem wahren Wert sollen jene Herstellstückkosten verstanden werden, die nach Abschluss der Entwicklung durch Detailkalkulation bestimmt werden. Die Detailkalkulation des Produktes oder einer Baukomponente wird auf Basis einer Plankostenrechnung und mit Hilfe der vollständigen Baustruktur angefertigt. Sie bietet damit eine solide Grundlage zur Überprüfung von Kostenschätzungen (siehe Abb. 2.60).

$$k(x) = \frac{K_f}{x} + \frac{K_v(x)}{x} = k_f(x) + k_v(x) \tag{2.112}$$

Herstellstückkosten $k(x)$ bestehen immer aus variablen $k_v(x)$ und fixen $k_f(x)$ Kostenanteilen (siehe Gl. 2.112). Sie sind auch grundsätzlich von der Produktionsmenge x abhängig, d. h. von jener Menge, die in einer Planperiode gefertigt werden soll. Das ist immer so, weil neben vielen anderen Ressourcen stets Betriebsmittel (fixe Kosten) und Fertigungsmaterial (variable Kosten) eingesetzt werden müssen. Um Abweichungen zwischen dem Schätzwert $z(x)$ und dem wahren Wert $z^w(x)$ aussagekräftig interpretieren zu können, muss zunächst der Einfluss der Produktionsmenge x ausgeschaltet werden. Die im Zusammenhang mit der Kostenschätzung prognostizierte Produktionsmenge x^p muss stets mit der später tatsächlich für die Produktion geplanten Menge x^g übereinstimmen ($x^p = x^g$). Ist dies der Fall, kann die Abweichung zwischen z und z^w berechnet und für viele Kostenschätzungen heuristisch ausgewertet werden. Aus der heuristischen Auswertung ergeben sich mögliche Rückkopplungen zu den Prognoseverfahren (siehe Abb. 2.60).

Zu beachten ist hierbei, dass die Detailkalkulation in der Regel für jede Abrechnungsperiode, in der die Produktart produziert werden soll, neu erstellt oder zumindest aktualisiert wird. Sie wird von Periode zu Periode an die sich verändernden Produktionsbedingungen im Unternehmen angepasst. Auch die geplante Produktionsmenge x^g wird gemäß des zu erwartenden Absatzes zwischen den Perioden unterschiedlich ausfallen. Dass die geplante x^g und die prognostizierte x^p Produktionsmenge für eine bestimmte Periode übereinstimmen, wird deshalb in der Praxis eher die Ausnahme sein.

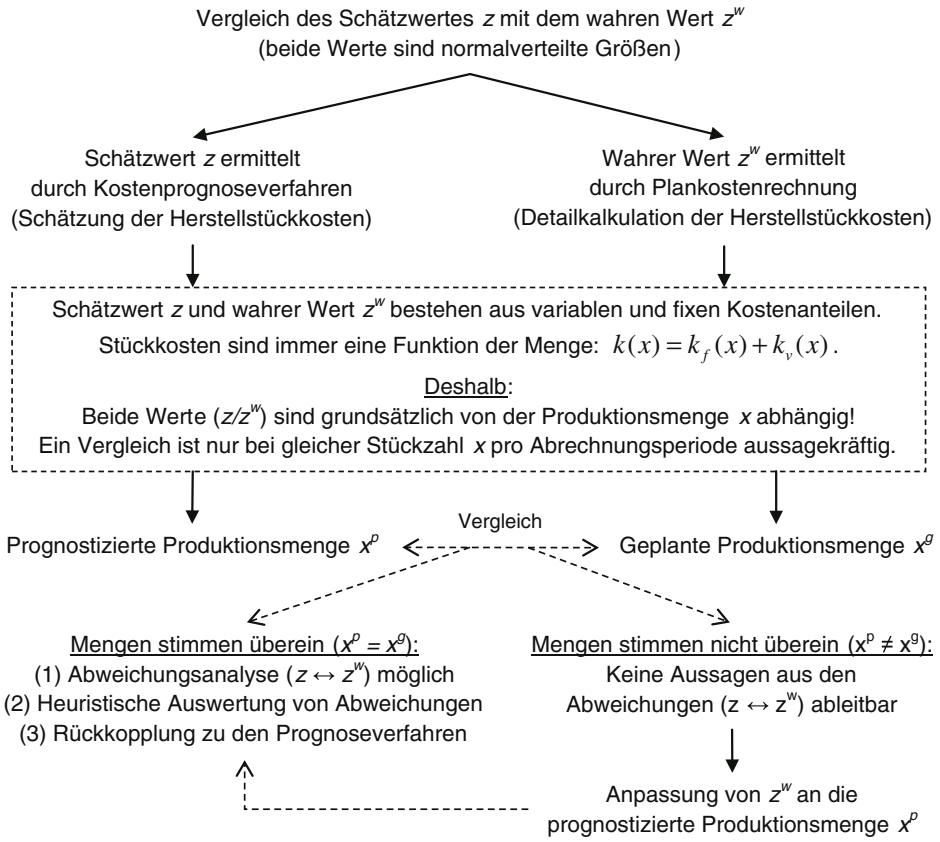


Abb. 2.60 Abhängigkeit des Schätzwertes und des wahren Wertes von der Produktionsmenge

Stimmen die Produktionsmengen wie erwartet nicht genau überein ($x^p \neq x^g$), so ist zunächst auch keine Aussage über die Qualität der Kostenschätzung möglich. Die Abweichung könnte genauso gut nur durch die Mengenabweichung hervorgerufen worden sein. Zur Lösung des Problems muss für jede Abrechnungsperiode der wahre Wert z^w (aus der Plankostenrechnung) an die ursprünglich prognostizierte Menge x^p angepasst werden. Eine solche Anpassung der Produktionsmenge ist nur mit Hilfe einer flexiblen Plankostenrechnung, d. h. durch eine separate Planung von fixen und variablen Kosten zu bewerkstelligen. Die mengenmäßig angepasste Detailkalkulation ist dann die Basis für die Analyse von Kostenabweichungen.

Alle Kalkulationen, so auch die Kostenschätzung und die Detailkalkulation, unterliegen zufälligen Fehlern und führen deshalb zu normal verteilten Größen. Bei der Abweichungsanalyse geht es also darum, normal verteilte Größen miteinander zu vergleichen, die in der Form $z = \bar{z} \pm \Delta z$ geschrieben sind (siehe Abb. 2.61). Unterschieden werden soll die absolute Abweichung *absA* von der relativen Abweichung *relA*. Die

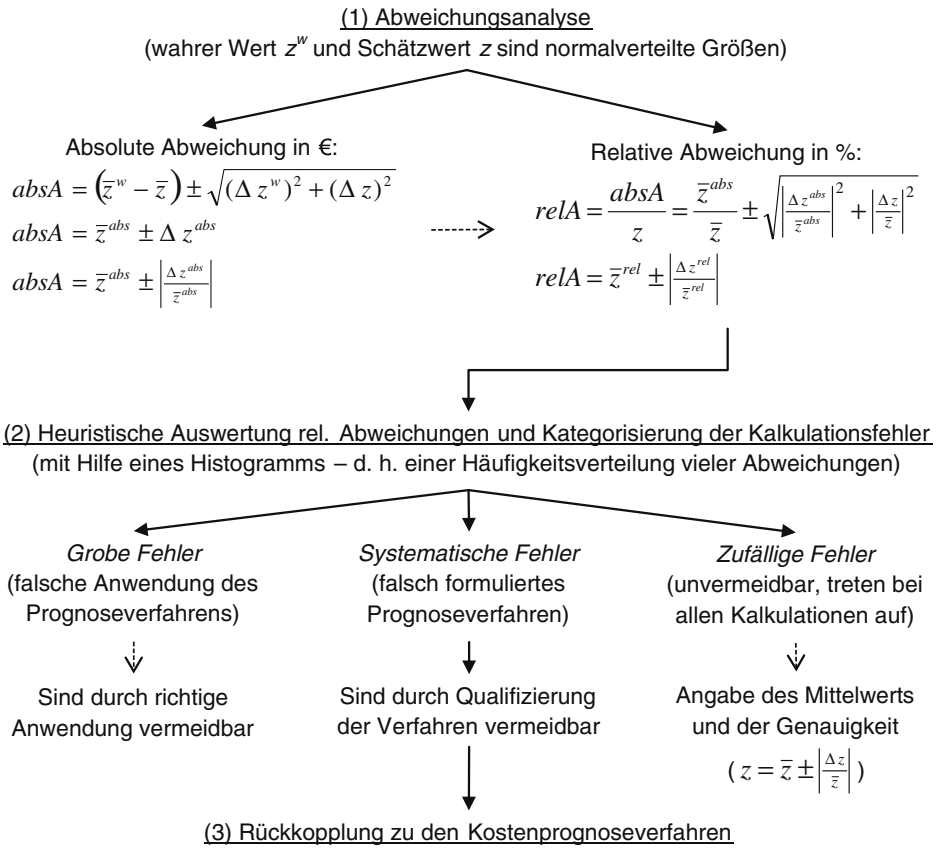


Abb. 2.61 Abweichungsanalyse und Rückkopplung

absolute Abweichung gibt das Ergebnis in Euro [€] an, hingegen ist die relative Abweichung dimensionslos und wird in Prozenten [%] ausgewiesen.

Als erstes muss immer die absolute Abweichung *absA* berechnet werden. Sie ist die Differenz aus dem wahren Wert der Detailkalkulation z^w und dem Schätzwert z der Kostenprognose. Es wird die Differenz der Mittelwerte gebildet, wobei sich die Fehlerangaben nach dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz addieren (siehe Gl. 2.113).

$$\begin{aligned} \bar{z}^{\text{abs}} &= \bar{z}^w - \bar{z} \\ \Delta z^{\text{abs}} &= \sqrt{(\Delta z^w)^2 + (\Delta z)^2} \end{aligned} \tag{2.113}$$

Als Ergebnis wird die absolute Abweichung *absA* entweder mit absolutem Fehler oder mit prozentualem Fehler geschrieben (siehe Gl. 2.114).

$$\begin{aligned} \text{absA} &= \bar{z}^{\text{abs}} \pm \Delta z^{\text{abs}} \\ \text{absA} &= \bar{z}^{\text{abs}} \pm \left| \frac{\Delta z^{\text{abs}}}{\bar{z}^{\text{abs}}} \right| \end{aligned} \tag{2.114}$$

Die relative Abweichung *relA* ist der Quotient aus der absoluten Abweichung *absA* und dem Schätzwert z. Es wird der Quotient der Mittelwerte $\bar{z}^{\text{abs}}$ und $\bar{z}$ gebildet, die Fehlerangaben addieren sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz für einen Quotienten (siehe Gl. 2.115).

$$\begin{aligned} \text{relA} &= \frac{\text{absA}}{z} \\ \bar{z}^{\text{rel}} &= \frac{\bar{z}^{\text{abs}}}{\bar{z}} \\ \left| \frac{\Delta z^{\text{rel}}}{\bar{z}^{\text{rel}}} \right| &= \sqrt{\left| \frac{\Delta z^{\text{abs}}}{\bar{z}^{\text{abs}}} \right|^2 + \left| \frac{\Delta z}{\bar{z}} \right|^2} \end{aligned} \tag{2.115}$$

Da die relative Abweichung *relA* dimensionslos ist, kann auch der Fehler der relativen Abweichung nur als prozentualer Fehler angegeben werden (siehe Gl. 2.116).

$$\text{relA} = \bar{z}^{\text{rel}} \pm \left| \frac{\Delta z^{\text{rel}}}{\bar{z}^{\text{rel}}} \right| \tag{2.116}$$

Abweichungen aus verschiedenen Kostenschätzungen können heuristisch ausgewertet werden, um Informationen über die Qualität der Schätzung zu gewinnen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn viele Schätzungen mit dem gleichen Prognoseverfahren vorgenommen wurden. Die Häufigkeitsverteilung vieler Abweichungen kann Aufschluss darüber geben, ob grobe, systematische oder zufällige Fehler verantwortlich sind (siehe Abb. 2.61).

Grobe Fehler entstehen durch falsche Anwendung des Prognoseverfahrens. Hierzu gehören beispielsweise Rechenfehler, fehlerhafter Umgang mit dem Formelwerk oder auch die fehlerhafte Eingabe von Daten. In der Häufigkeitsverteilung können sie mit sehr unwahrscheinlich großen Abweichungen als „Ausreißer“ erkannt werden. Grobe Fehler sind grundsätzlich durch richtige und sorgfältige Anwendung der Prognoseverfahren vermeidbar.

Anders liegt die Situation bei den systematischen Fehlern. Sie entstehen durch die Anwendung ungenauer Verfahren oder Werkzeuge und weisen auf einen Methodendefekt hin. Systematische Fehler tauchen auf, wenn wichtige Kosteneinflussgrößen gar nicht oder nur ungenau in der Kostenschätzmethode berücksichtigt werden. Solche Fehler sind in einer Häufigkeitsverteilung der Abweichungen zu erkennen, weil sie einseitig sind. Die Abweichungen entstehen bei verschiedenen Kostenschätzungen immer in gleicher Art und Weise. Systematische Fehler können durch Qualifizierung der Prognoseverfahren vermieden werden. Erfahrungswissen vergangener ähnlicher Kostenschätzungen muss

dafür in die Weiterentwicklung der Methoden einfließen. Ziel der Qualifizierung ist es, die in der Häufigkeitsverteilung erkannten einseitigen Abweichungen zu eliminieren.

Zufällige Fehler treten durch Einwirkung einer Vielzahl von unkontrollierbaren Einflüssen auf und sind immer regellos verteilt. Sie verfälschen die Kostenschätzung in unkontrollierbarer Weise und werden deshalb auch als statistische Fehler bezeichnet. Die Abweichungen sind in der Häufigkeitsverteilung symmetrisch um den Erwartungswert null (wo $\bar{z}^w = \bar{z}$ ist) verteilt. Zufällige Fehler treten bei allen Kalkulationen auf, sind unvermeidbar und lassen sich niemals völlig ausschalten.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.76: Was verstehen Sie unter einer Vorkalkulation? Welche zwei Prinzipien zur Vorkalkulation können unterschieden werden? Wie unterscheidet sich die Detailkalkulation von einer Kostenschätzung oder von einer Kostenprognose?

Frage 2.77: Welche Prinzipien zur Kostenschätzung mit nur einer Kosteneinflussgröße sind Ihnen bekannt? Wie heißen die daraus abgeleiteten Schätzverfahren üblicherweise?

Frage 2.78: Mit Hilfe welcher Kriterien können Kostenschätzverfahren für den praktischen Einsatz ausgewählt werden? Welche Schätzverfahren werden eher in den frühen und welche eher in den späten Projektphasen angewendet?

Frage 2.79: Was ist der Unterschied zwischen den Herstellstückkosten einer Produktart und dem Kostenwert für das einzelne Stück? Warum können die Herstellkosten, kalkuliert als Kostenwerte für das einzelne Stück, als zufällige Variable aufgefasst werden?

Frage 2.80: Was verstehen Sie unter einer Kalkulationsreihe? Wie wird eine Kalkulationsreihe für eine Vor- und wie für eine Nachkalkulation aufgestellt? Warum muss eine Kalkulationsreihe immer aus einer Mindestanzahl an Kostenwerten bestehen?

Frage 2.81: Warum muss die Produktionsmenge genau betrachtet werden, um Abweichungen zwischen Kostenschätzung und Detailkalkulation untersuchen zu können?

Frage 2.82: Wie können Abweichungen zwischen Kostenschätzung und Detailkalkulation aussagekräftig ausgewertet werden? Was können Sie aus systematischen Fehlern schließen?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.37: Auswertung einer Kalkulationsreihe

Ein Unternehmen der Elektronikbranche plant innerhalb der nächsten drei Jahre ein neues mobiles Speichermedium zu entwickeln. Zu Beginn des Entwicklungsprojektes sollen die voraussichtlichen Herstellstückkosten des Produkts geschätzt werden. Hierzu werden acht fachlich gut ausgebildete Ingenieure gebeten, unabhängig voneinander

Tab. 2.31 Kalkulationsreihe mit den Ergebnissen der Kostenschätzungen

Ingenieur i	Schätzwert z_i in [€]
1	105,25
2	102,25
3	110,10
4	98,70
5	97,50
6	104,20
7	95,60
8	103,50

und mit Hilfe einer softwarebasierten Schätzmethode die Kosten zu ermitteln. Tab. 2.31 zeigt die Ergebnisse der acht Ingenieure.

1. Bestimmen Sie den wahrscheinlichsten Wert für die Herstellstückkosten.
2. Wie hoch ist der mittlere Fehler einzelner Schätzungen? Welche Bedeutung hat diese Fehlerangabe?
3. Wie genau ist der wahrscheinlichste Wert? Berechnen Sie den mittleren Fehler und geben Sie ihn absolut und prozentual an. Was genau sagt diese Fehlerangabe aus?
4. Scheiben Sie das Schätzergebnis in den Formen $z = \bar{z} \pm \Delta z$ und $z = \bar{z} \pm \left|\frac{\Delta z}{\bar{z}}\right|$.

Aufgabe 2.38: Zusammenfassung von Schätzergebnissen

Die Unternehmung aus Aufgabe 2.37 hat das Produkt zur Reduzierung der Komplexität in zwei Funktionen untergliedert: f_1-Dateien schreiben/lesen und f_2-Dateien suchen/anzeigen.

Für beide Funktionen sind die Herstellstückkosten mit einer Kalkulationsreihe geschätzt worden. Die Ergebnisse liegen wie folgt vor: $z_{f_1} = (23,56 \pm 1,53)\,€$ und $z_{f_2} = (75,23 \pm 5,25)\,€$

1. Bestimmen Sie den wahrscheinlichsten Wert für die Herstellstückkosten Z des Gesamtprodukts.
2. Wie genau ist die Kostenschätzung für das Gesamtprodukt? Berechnen Sie den Fehler (absolut und prozentual) und interpretieren Sie diesen.
3. Scheiben Sie das Schätzergebnis für das Gesamtprodukt in den Formen $z = \bar{z} \pm \Delta z$ und $z = \bar{z} \pm \left|\frac{\Delta z}{\bar{z}}\right|$.

Aufgabe 2.39: Anpassung der Produktionsmengen

Es gelten die Angaben aus Aufgabe 2.37. Die Ingenieure sollten die Schätzung unter der Prämisse ausführen, dass 10.000 Stück jährlich hergestellt und die aufgebauten Produktionskapazitäten zu mindestens $^2/_3$ ausgelastet werden.

Parallel zum Entwicklungsprozess ist die Produktion aufgebaut und getestet worden. Für das erste Produktionsjahr ist mit zwei Kapazitätsgrenzen geplant worden, und zwar für die Herstellung von maximal 9000 Stück fixe Kosten in Höhe von $K_f^p = (145.000 \pm 1450)\,€$ und für maximal 11.000 Stück fixe Kosten von $K_f^p = (165.000 \pm 1650)\,€$. Bei Bedarf sollte die Kapazität kurzfristig mit einem zusätzlichen Werkzeug von 9000 Stück auf 11.000 Stück aufgestockt werden können. Die variablen Kosten wurden mit $K_v^p(9000) = (810.000 \pm 16.200)\,€$ bzw. $K_v^p(11.000) = (990.000 \pm 19.800)\,€$ geplant.

Für das zweite Produktionsjahr wurde nur noch die Produktionskapazität von 11.000 Stück berücksichtigt und dafür einige Prozesse teilautomatisiert. Es ergaben sich daraus geplante fixe Kosten von $K_f^p = (200.000 \pm 2.000)\,€$ und geplante variable Kosten in Höhe von $K_v^p(11.000) = (880.000 \pm 17.600)\,€$. Im dritten Jahr blieben die Produktionsbedingungen vom zweiten Jahr unverändert. Danach wurde die Produktion eingestellt.

Zu Beginn der jeweiligen Periode wurden folgende Auslastungen der Produktion geplant: Im ersten Produktionsjahr 6500 Stück (72 %), im zweiten Jahr 9000 Stück (81 %) und im dritten Jahr 7500 Stück (68 %).

1. Stellen Sie die Plankostenfunktionen als $K^p = f(x)$ mit Fehlerangaben für jedes der drei Produktionsjahre auf. Beachten Sie, dass für das erste Jahr zwei Funktionen existieren.
2. Stellen Sie die Plankostenfunktionen (ohne Fehlergrenzen) in einem gemeinsamen Koordinatensystem grafisch dar. Tragen Sie die Kapazitätsgrenzen sowie die geplanten und prognostizierten Produktionsmengen ein.
3. Wie hoch sind die geplanten Herstellstückkosten des Produktes für jedes Jahr auf Basis der geplanten und auf Grundlage der ursprünglich (zu Beginn der Entwicklung) prognostizierten Produktionsmenge? Berechnen Sie jeweils den Erwartungswert und die Genauigkeit. Beachten Sie dabei die Gauß'sche Fehlerfortpflanzung.

Aufgabe 2.40: Abweichungsanalyse

Es gelten die Angaben aus Aufgabe 2.37 und aus Aufgabe 2.39.

1. Berechnen Sie die absoluten Abweichungen in [€] zwischen den wahren Werten der Detailkalkulation z^w und dem ursprünglichen Schätzwert z für jedes der drei Produktionsjahre. Geben Sie als Ergebnis immer den Mittelwert und die Genauigkeit an. Welche Frage kann mit der absoluten Abweichung beantwortet werden?
2. Bestimmen Sie die relativen Abweichungen in [%] für jedes Produktionsjahr. Weisen Sie die Ergebnisse wieder mit Mittelwert und Genauigkeit aus. Welche Frage kann mit der relativen Abweichung beantwortet werden?
3. Was können Sie auf Basis der Ergebnisse über die Genauigkeit der Kostenschätzung sagen?

2.4.2 Kostenprognoseverfahren mit einer Einflussgröße

Bei der Prognose der Herstellstückkosten für ein zukünftig herzustellendes Produkt stellt sich häufig die Frage, ob es eine Abhängigkeit zwischen der Höhe der zukünftigen Kosten und einer zum Prognosezeitpunkt ermittelbaren Kosteneinflussgröße gibt. Mit Hilfe dieser Einflussgröße könnte dann auf die zukünftigen Kosten geschlossen werden. Aufgabe bei der Entwicklung von Kostenprognosewerkzeugen ist es, solche Einflussgrößen zu identifizieren und auf empirischem Wege einen funktionalen Zusammenhang herzuleiten.

Normalerweise werden dafür Erfahrungsdaten des Unternehmens oder recherchierte Informationen aus der Literatur verwendet. Erfahrungsdaten liegen vor, wenn bereits ähnliche Produkte hergestellt worden sind. Die kalkulierten Herstellstückkosten z für eine Planperiode und die Einflussgröße q können in Form von Wertpaaren $(q; z)$ in Beziehung gebracht werden (siehe Abb. 2.62). Zu beachten ist dabei, dass alle Wertepaare, aus denen der funktionale Zusammenhang hergeleitet werden soll, auf der gleichen Produktionsmenge beruhen. Andernfalls könnte die Abhängigkeit durch Produktionsmengenabweichungen zwischen den verschiedenen Wertepaaren verfälscht sein. Erreicht werden könnte dies, indem die Herstellstückkosten eigens zur Unterstützung der Kostenprognose für eine standardisierte Produktionsmenge berechnet werden.

In einem zweiten Schritt werden die sich aus den Wertepaaren ergebenden Punkte $P = (q; z)$ in ein Koordinatensystem eingetragen und damit bildlich dargestellt. Schließlich wird eine Funktion $z = f(q)$ hergeleitet, die sich möglichst gut an die Punkte anpasst (siehe Abb. 2.62).

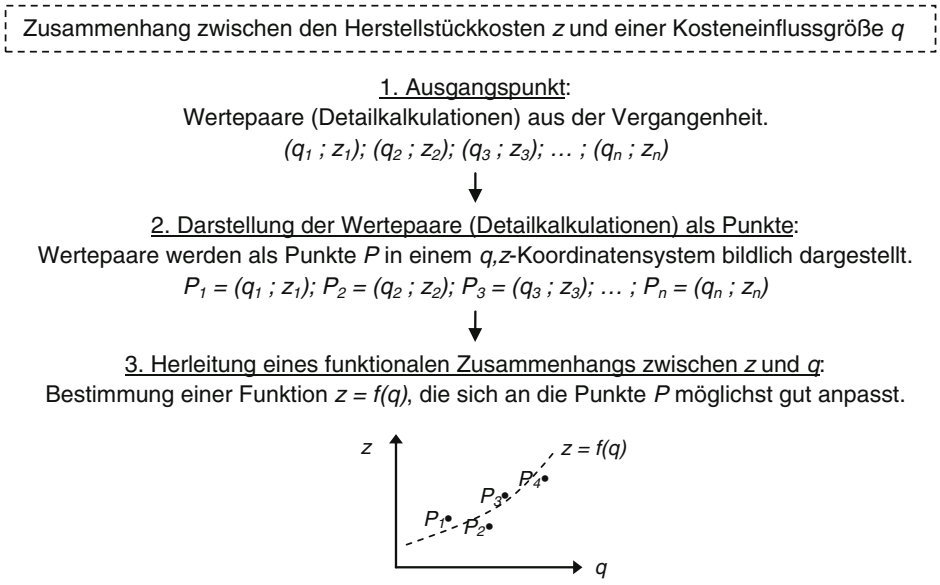


Abb. 2.62 Vorgehen bei der Ermittlung einer Regressionsfunktion

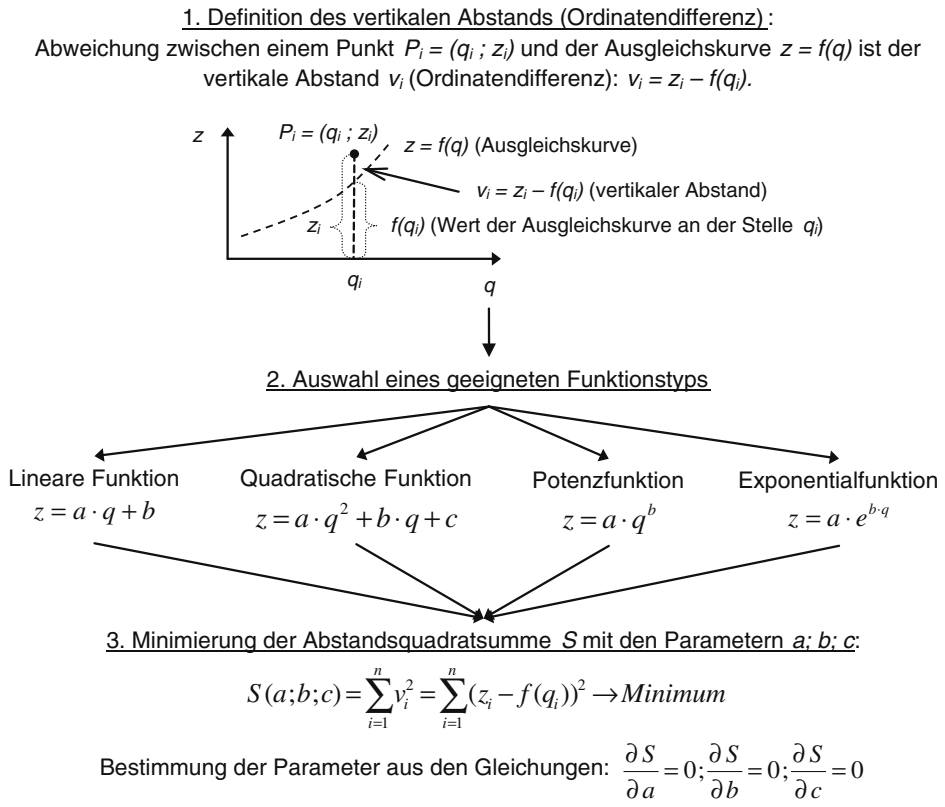


Abb. 2.63 Herleitung einer Ausgleichsfunktion $z = f(q)$ aus den Punkten P_1 ... P_n

Die Ausgleichskurve $z = f(q)$ eines bestimmten Funktionstyps kann häufig ohne Schwierigkeiten frei nach Augenmaß zwischen den Punkten eingezeichnet werden. Die Ausgleichsfunktion wird dabei so gelegt, dass sie die Streuung der Punkte nach beiden Seiten möglichst gut ausgleicht. Dieses Vorgehen ist allerdings sehr subjektiv. Verschiedene Personen werden zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen und daher verschiedene Kurven als besonders gut angepasst betrachten. Die von Gauß stammende Methode der kleinsten Quadrate schafft Abhilfe. Sie liefert ein objektives Hilfsmittel zur Anpassung von Ausgleichskurven.

Zunächst wird der vertikale Abstand definiert (siehe Abb. 2.63). Hierbei handelt es sich um die Ordinatendifferenz zwischen einem Punkt $P_i = (q_i; z_i)$ und der Ausgleichskurve $z = f(q)$. Der vertikale Abstand wird entsprechend Gl. 2.117 berechnet.

$$v_i = z_i - f(q_i) \tag{2.117}$$

Nach der Methode der kleinsten Quadrate passt sich diejenige Kurve den Punkten P_1 ... P_n am besten an, für die die Summe der vertikalen Abstandsquadrate ein Minimum annimmt (siehe Gl. 2.118).

$$S = \sum_{i=1}^{n} v_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (z_i - f(q_i))^2 \rightarrow \text{Minimum} \tag{2.118}$$

Bevor jedoch die Anpassung der Kurve $z = f(q)$ an die Punkte P nach dieser Methode vorgenommen werden kann, muss ein geeigneter Funktionstyp ausgewählt werden. Es stellt sich dabei die Frage, welcher Typ von Funktion mit den Punkten in Einklang gebracht werden könnte. Üblicherweise stehen lineare und quadratische, aber auch Potenz- oder Exponentialfunktionen zur Auswahl. Ist der Funktionstyp ausgewählt, können die funktionsbeschreibenden Parameter *(a, b, c)* so justiert werden, dass die Summe der vertikalen Abstandsquadrate minimal wird (siehe Abb. 2.63).

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0\,; \frac{\partial S}{\partial b} = 0\,; \frac{\partial S}{\partial c} = 0 \tag{2.119}$$

Dies kann erreicht werden, indem die partiellen Ableitungen von S nach den Parametern *(a, b, c)* null gesetzt werden (siehe Gl. 2.119). Aus dem sich ergebenden Gleichungssystem lassen sich die Parameter und damit auch die Ausgleichskurve festlegen.

Der einfachste Fall tritt ein, wenn eine lineare Ausgleichskurve gewählt wird (siehe Gl. 2.120). Ein linearer Zusammenhang zwischen den Herstellstückkosten und einer Einflussgröße kommt in der Praxis der Kostenprognose relativ oft vor und lässt sich sehr leicht beschreiben (siehe Abb. 2.64).

$$z = a \cdot q + b \tag{2.120}$$

Für eine lineare Kurve kann der vertikale Abstand zwischen einem Punkt P_i und der Ausgleichskurve mit Gl. 2.121 dargestellt werden.

$$v_i = z_i - f(q_i) = z_i - a \cdot q_i - b \tag{2.121}$$

Die Parameter der Funktion a und b werden nun so bestimmt, dass die Summe der vertikalen Abstandsquadrate ihr Minimum einnimmt (siehe Gl. 2.122).

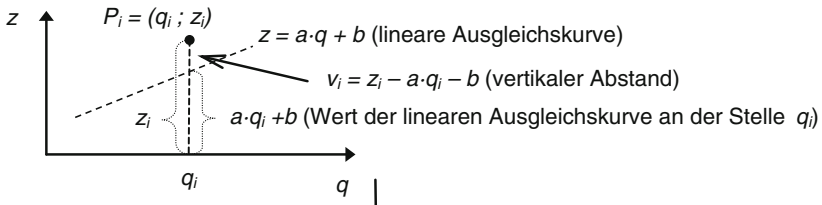
$$S(a\,;b) = \sum_{i=1}^{n} (z_i - a \cdot q_i - b)^2 \rightarrow \text{Minimum} \tag{2.122}$$

Aus den partiellen Ableitungen dieser Summenformel ergibt sich ein lineares Gleichungssystem, bestehend aus zwei Gleichungen und zwei Unbekannten. Als Lösung für

Gewählter Funktionstyp: Lineare Funktion der Form $z = a \cdot q + b$

↓

Abweichung zwischen einem Punkt $P_i = (q_i ; z_i)$ und der Ausgleichskurve $z = f(q) = a \cdot q + b$ ist der vertikale Abstand $v_i = z_i - f(q_i) = z_i - a \cdot q_i - b$.



↓

Minimierung der Abstandsquadratsumme S mit den Parametern a und b:

$$S(a;b) = \sum_{i=1}^{n} (z_i - a \cdot q_i - b)^2 \rightarrow Minimum$$

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^{n} q_i\right) \cdot \left(\sum_{n=1}^{n} z_i\right)}{n \cdot \sum_{n=1}^{n} q_i^2 - \left(\sum_{n=1}^{n} q_i\right)^2} \; ; \qquad b = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} q_i^2\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} z_i\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} q_i\right) \cdot \left(\sum_{n=1}^{n} q_i \cdot z_i\right)}{n \cdot \sum_{n=1}^{n} q_i^2 - \left(\sum_{n=1}^{n} q_i\right)^2}$$

Abb. 2.64 Herleitung einer linearen Regressionsfunktion aus den Punkten P_1 ... P_n

den Parameter a (Steigung) lässt sich die Gl. 2.123 und für den Parameter b (Achsenabschnitt) die Gl. 2.124 angeben.[57]

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot z_i - \left(\sum_{i=1}^{n} q_i\right) \cdot \left(\sum_{n=1}^{n} z_i\right)}{n \cdot \sum_{n=1}^{n} q_i^2 - \left(\sum_{n=1}^{n} q_i\right)^2} \tag{2.123}$$

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} q_i^2\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} z_i\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} q_i\right) \cdot \left(\sum_{n=1}^{n} q_i \cdot z_i\right)}{n \cdot \sum_{n=1}^{n} q_i^2 - \left(\sum_{n=1}^{n} q_i\right)^2} \tag{2.124}$$

[57] Vgl. Papula (1991, S. 489).

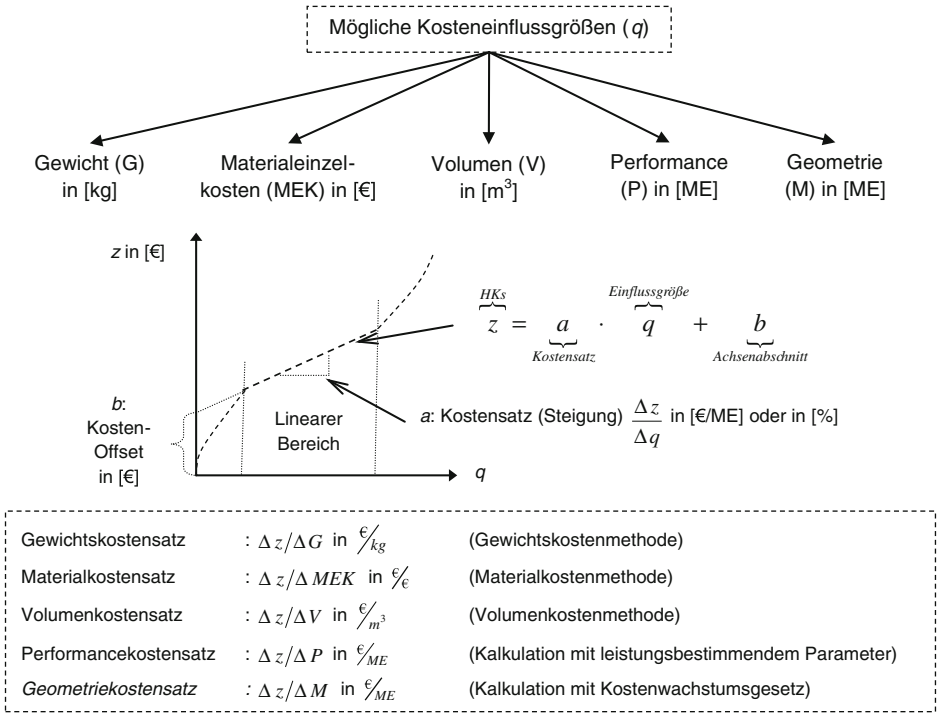


Abb. 2.65 Lineare Einflussgrößen bei verschiedenen Kostenschätzmethoden

Mit Hilfe dieser beiden Formeln kann eine optimale lineare Ausgleichskurve – mit Achsenabschnitt und Steigung – aus verschiedenen Detailkalkulationen ermittelt werden. Voraussetzung ist, dass die Wertepaare *(Einflussgröße q; Herstellstückkosten z)* auf der gleichen Produktionsmenge beruhen und es für den linearen Zusammenhang einen verständlichen Grund gibt.

Bei der Kosteneinflussgröße q kann es sich um verschiedene Dinge handeln, die im Zusammenhang mit den Herstellstückkosten betrachtet werden können (siehe Abb. 2.65). Von zentraler Bedeutung ist das Gewicht G. Die Kostenprognosemethode, bei der das zukünftige Produktgewicht als Einflussgröße fungiert, wird entsprechend auch Gewichtskostenmethode oder Kilokostenmethode genannt.[58] Der Gewichtskostensatz [€/kg] gibt dabei die Zunahme der Herstellstückkosten [€] mit steigendem Produktgewicht [kg] an. Theoretisch denkbar, wenn auch in der Praxis eher selten, ist eine negative Steigung der Funktion. Die Herstellstückkosten würden dann mit abnehmendem Gewicht steigen. Normalerweise wird für jede Produktart (z. B. Gussteile, Schweißteile) eine eigene Gewichtskostenfunktion aus den Detailkalkulationen der Vergangenheit hergeleitet.

[58]Zur Gewichtskostenmethode siehe auch Ehrlenspiel et al. (2003, S. 457 f.) oder Bronner (2008, S. 90 f.).

Gültig ist die Funktion immer nur für den als linear angenommenen Bereich und ohne nennenswerte Extrapolation.

Im Baugewerbe ist es üblich, das umbaute Volumen V als Kosteneinflussgröße zu verwenden. Je größer das Gebäude [m^3], desto höher auch die Herstellkosten [€]. Für verschiedene Gebäudetypen (z. B. Wohnhaus, Gewerbe) sind spezifische Volumenkostenfunktionen aufzustellen. Der Volumenkostensatz, der bei Gebäuden immer positiv sein dürfte, wird in [€/m^3] angegeben.

Ein weiteres weit verbreitetes Verfahren ist die Materialkostenmethode.[59] Einflussgröße sind die Materialeinzelkosten MEK. Es wird davon ausgegangen, dass die Herstellstückkosten [€] und die Materialeinzelkosten [€] ein festes Verhältnis zueinander haben. Der Materialkostensatz wird entsprechend in [€/€] angegeben. Um diese Methode einsetzen zu können, müssen für das zukünftige Produkt die voraussichtlichen Materialmengen und Materialeinkaufspreise geschätzt werden. Gültig ist die Prognosefunktion nur für den Bereich, in dem das Verhältnis tatsächlich konstant ist (linearer Bereich). Auch bei dieser Methode ist anzunehmen, dass für jede Produktart eine eigene Funktion hergeleitet werden muss.

Bei technischen Produkten ist es durchaus möglich, leistungsbestimmende Parameter als Einflussgröße zu nutzen. Solche Parameter beschreiben die Leistungserbringung des Produktes bzw. einen Teil davon. Dahinter steht die Auffassung, dass das Produkt, wenn es mehr leistet, auch höhere Herstellkosten verursacht. Entscheidend ist, den richtigen Leistungsparameter zu identifizieren, der mit der Höhe der Herstellstückkosten im Zusammenhang steht. Beispiele sind Drehzahl bzw. Drehmoment eines Motors oder auch der Ansaugdruck einer Pumpe. Diese Art der Kostenprognose ist besonders vorteilhaft für vollständige Produkte oder einzelne Produktfunktionen. Im Gegensatz zu Bauteilen und Baugruppen lassen sich für Produktfunktionen einfacher leistungsbestimmende Parameter auffinden.[60]

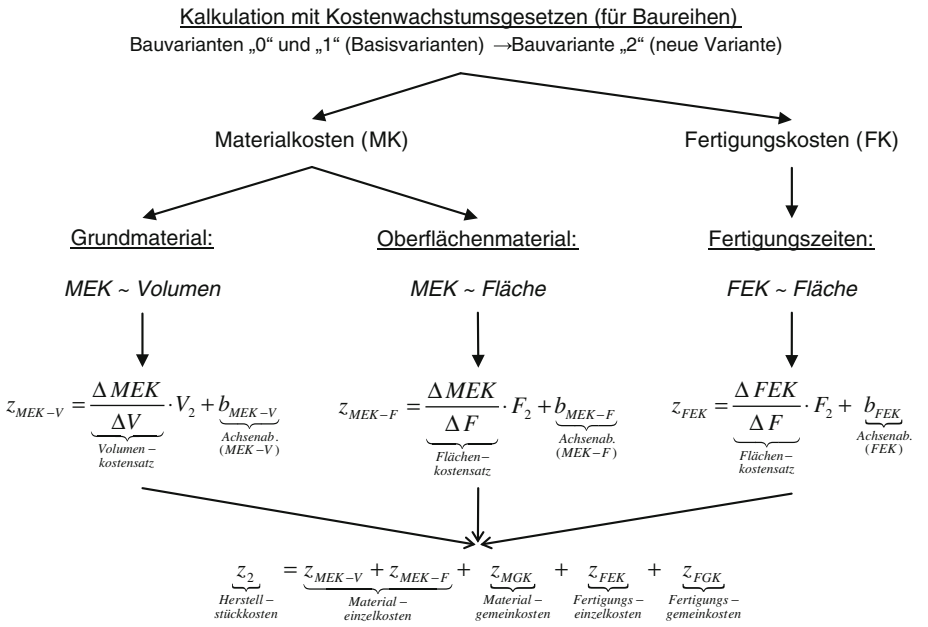
Um ein Kostenwachstumsgesetz anwenden zu können, müssen technische Produkte einander ähnlich sein, wie es z. B. bei Baureihen der Fall ist. Bei Baureihen bezieht sich die Ähnlichkeit der einzelnen Varianten in der Regel auf konstruktive Merkmale, wie Formen, Materialien oder Fertigungsverfahren. Sind zwei Varianten der Baureihe konstruiert (Basisvarianten) und die Herstellstückkosten kalkuliert worden, so können die Herstellstückkosten der Folgekonstruktionen (neue Varianten) mit Hilfe von Kostenwachstumsgesetzen abgeleitet werden (siehe Abb. 2.66).[61]

---

[59] Zur Materialkostenmethode siehe VDI-Richtlinie 2225-1 (November 1997, S. 5 ff.).

[60] Zur Kalkulation mit leistungsbestimmendem Parameter siehe Ehrlenspiel et al. (2003, S. 459 f.).

[61] Zur Kalkulation mit Kostenwachstumsgesetzen siehe Bronner (2008, S. 28 ff.) oder Ehrlenspiel et al. (2003, S. 468 ff.).



MEK	: Materialeinzelkosten	$\Delta F = F_1 - F_0$
FEK	: Fertigungseinzelkosten	$\Delta FEK = FEK_1 - FEK_0$
z_{MEK-V}	: Prognostizierte Materialeinzelkosten für Grundmaterial	$\Delta MEK = MEK_1 - MEK_0$
z_{MEK-F}	: Prognostizierte Materialeinzelkosten für Oberflächenmaterial	$\Delta V = V_1 - V_0$
z_{FEK}	: Prognostizierte Fertigungseinzelkosten	$MK = MEK + MGK$
z_{MGK}	: Prognostizierter Materialgemeinkostenzuschlag	$FK = FEK + FGK$
z_{FGK}	: Prognostizierter Fertigungsgemeinkostenzuschlag	
z_2	: Prognostizierte Herstellstückkosten für Bauvariante „2“ (neue Variante)	

Abb. 2.66 Kalkulation mit Kostenwachstumsgesetzen

Die Kalkulation mit Kostenwachstumsgesetzten unterscheidet, wie bei Kostenkalkulationen im Allgemeinen üblich, zwischen Materialkosten und Fertigungskosten. Bei den Materialkosten muss ferner zwischen Oberflächenmaterial und Grundmaterial differenziert werden. Dies liegt daran, dass der Verbrauch an Oberflächenmaterial proportional zur Oberfläche *(F)* und der des Grundmaterials proportional zum Volumen *(V)* ansteigt. Oberflächenmaterialien sind beispielsweise Beschichtungen, Farben oder Lacke. Aus Grundmaterial ist ein konstruierter Körper im Wesentlichen aufgebaut. Hierzu gehören Stahl, Kupfer, Kunststoff oder auch Holz.

Es ist zu beachten, dass die Proportionalität des Volumens oder der Fläche immer zu den Material*einzel*kosten *(MEK)* besteht. Der mengenmäßige Verbrauch des Materials steigt entsprechend dieses Zusammenhangs. Die Material*gemein*kosten müssen separat betrachtet werden. Häufig – aber keineswegs immer – verhalten sich Gemeinkosten proportional zu den Einzelkosten. In diesem Fall kann eine Proportionalität zwischen den

Materialverbrauchmengen und den gesamten Materialkosten (Einzel- und Gemeinkosten) angenommen werden.

Zur Ableitung einer Kostenwachstumsfunktion werden aus den Kalkulationen zweier Basisvarianten („0“ und „1“) die Steigung (Volumen- oder Flächenkostensatz) sowie der Achsenabschnitt berechnet (siehe Gl. 2.125). Mit Hilfe dieser Wachstumsfunktion können dann aus dem Volumen bzw. aus der Fläche die Materialeinzelkosten einer neuen Bauvariante („2“) ermittelt werden. Zur weiteren Qualifizierung einer Kostenwachstumsfunktion werden die Kalkulationen aller in der Vergangenheit hergestellten Bauvarianten verwendet. Sie fließen in eine lineare Ausgleichskurve ein, die dann genauer sein dürfte als eine Funktion auf der Grundlage von nur zwei Varianten.

$$z_{MEK-V} = \underbrace{\frac{\Delta MEK}{\Delta V}}_{\substack{\text{Volumen}\\ \text{kostensatz}}} \cdot V_2 + \underbrace{b_{MEK-V}}_{\substack{\text{Achsenab.}\\ \text{(MEK}-\text{V)}}} \tag{2.125}$$

Ähnlich wie bei der Prognose der Materialkosten verhält es sich auch bei den Fertigungskosten. Es wird angenommen, dass sich die Fertigungs*einzel*kosten *(FEK)* proportional zur Oberfläche des Werkstücks verhalten (siehe Abb. 2.66). Aus den Kalkulationen der Basisvarianten („0“ und „1“) wird eine Kostenwachstumsfunktion abgeleitet, die dann zur Prognose der Fertigungskosten einer neuen Bauvariante („2“) verwendet werden kann.

$$\underbrace{z_2}_{\substack{\text{Herstell}\\ \text{stückkosten}}} = \underbrace{z_{MEK-V} + z_{MEK-F}}_{\substack{\text{Material}\\ \text{einzelkosten}}} + \underbrace{z_{MGK}}_{\substack{\text{Material}\\ \text{gemeinkosten}}} + \underbrace{z_{FEK}}_{\substack{\text{Fertigungs}\\ \text{einzelkosten}}} + \underbrace{z_{FGK}}_{\substack{\text{Fertigungs}\\ \text{gemeinkosten}}} \tag{2.126}$$

Die Herstellstückkosten (z_2) einer neuen Bauvariante setzen sich dann aus den Material- und den Fertigungskosten zusammen, wobei beide Kostenarten aus Einzel- und Gemeinkosten bestehen (siehe Gl. 2.126). Generell kann mit Hilfe von Kostenwachstumsgesetzen auf Grundlage von Basisvarianten einfach und schnell auf die Kosten für Folgeentwürfe geschlossen werden. Die Folgeentwürfe müssen dafür nicht vollständig konstruiert werden. Voraussetzung ist aber immer, dass zwischen den Bauvarianten konstruktive Ähnlichkeit besteht.

Fragen zur Wiederholung und Vertiefung

Frage 2.83: Zwischen welchen beiden Größen muss ein funktionaler Zusammenhang hergeleitet werden, um Produktkosten prognostizieren zu können? Welche unterschiedlichen Zeitpunkte der Kostenermittlung spielen dabei eine wichtige Rolle?

Frage 2.84: Was ist eine Kostenprognosefunktion? Wie muss prinzipiell vorgegangen werden, um aus den Detailkalkulationen hergestellter Produkte einen funktionalen Zusammenhang zu einer Kosteneinflussgröße abzuleiten?

Frage 2.85: Beschreiben Sie die von Gauß stammende Methode der kleinsten Quadrate in ihrem Vorgehen. Definieren Sie dabei, was ein vertikaler Abstand ist und wie der Funktionstyp ausgewählt wird.

Tab. 2.32 Gewichtskostenmethode

Produkt *i*	Gewicht in *[kg]*	Herstellstückkosten in *[€]*
1	11,5	160,50
2	15,6	215,30
3	20,0	255,60
4	25,5	305,50
5	29,8	340,20
6	36,5	398,70
7	40,0	450,90
8	62,4	950,30

Tab. 2.33 Kostenwachstumsgesetz für Guss-Teile

Kostenart	Kostensatz	Achsenabschnitt
Grundmaterial	132,50 €/m^3	5,40 €
Oberflächenmaterial	75,50 €/m^2	15,50 €
Fertigung	103,20 €/m^2	54,00 €

Frage 2.86: Was beschreibt der Kostensatz bei einer linearen Kostenprognosefunktion? Wie setzt sich die Einheit des Kostensatzes zusammen? Geben Sie ein Beispiel an.

Frage 2.87: Welchen Zusammenhang bilden Kostenwachstumsgesetze ab? Was ist unter einem Geometriekostensatz zu verstehen? Wofür können Kostenwachstumsgesetze sinnvoll angewendet werden?

Übungsaufgaben

Aufgabe 2.41: Gewichtskostenmethode

In einem Unternehmen wurden für verschiedene, einander ähnliche Produkte Detailkalkulationen erstellt. Alle acht Kalkulationen basieren auf der gleichen, unternehmensintern standardisierten Produktionsmenge von 100 Stück. Des Weiteren ist für die technischen Produkte rechnerisch das Gewicht ermittelt worden. Es liegen somit für jedes Produkt die Herstellstückkosten in Euro und das Gewicht in Kilogramm vor (siehe Tab. 2.32).

1. Berechnen Sie aus den Wertepaaren $P_i = (q_i; z_i)$ die Ausgleichsgerade (lineare Regressionsfunktion) mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate.
2. Bestimmen sie für jeden Punkt P_i den vertikalen Abstand und berechnen Sie die Abstandsquadratsumme.
3. Zeichnen Sie die Punkte P_i und die Ausgleichskurve in ein Koordinatensystem. In welchem Bereich ist die Ausgleichsgerade als Prognosefunktion anwendbar?

Aufgabe 2.42: Kalkulation mit Kostenwachstumsgesetzen

In einem Unternehmen werden komplexe Guss-Teile für den Sondermaschinenbau hergestellt. Jedes Guss-Teil ist eine Einzelfertigung, obwohl sich die zu einer Baureihe gehörenden Teile konstruktiv sehr ähnlich sind. Sie werden mit verlorenen Formen gegossen und mit einem Kunststoff beschichtet.

Auf Basis der bisher hergestellten Teile sind lineare Kostenwachstumsgesetze für das Gusseisen, für den Kunststoff und für die Fertigung – wie in Tab. 2.33 ausgewiesen – abgeleitet worden.

Kalkulieren Sie für ein neues zur Baureihe gehörendes Guss-Teil die Herstellstückkosten, wenn das Volumen 0,7 m^3 und die Oberfläche 1,3 m^2 betragen. Der Materialgemeinkostenzuschlagsatz wird mit 15 % angegeben und der Fertigungsgemeinkostensatz mit 150 %. Bezugsgröße sind jeweils die Einzelkosten.

Literatur

Bronner A (2008) Angebots- und Projektkalkulation. Leitfaden für Praktiker, 3., aktualisierte Aufl. Springer (VDI), Berlin

Coenenberg AG, Fischer TM, Günther T (2009) Kostenrechnung und Kostenanalyse, 7., überarb. und erw. Aufl. Schäffer-Poeschel, Stuttgart

Däumler K-D, Grabe J (2008) Kostenrechnung 1. Grundlagen, 10., vollst. überarb. Aufl. NWB (NWB Studium Betriebswirtschaft), Herne

Ehrlenspiel K, Kiewert A, Lindemann U (2003) Kostengünstig entwickeln und konstruieren. Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung, 4., bearb. Aufl. Springer, Berlin

Foussier P (2006) From product description to cost. A practical approach. Springer (Decision engineering), London

Friedl G, Hofmann C, Pedell B (2010) Kostenrechnung. Eine entscheidungsorientierte Einführung. Vahlen, München

Günther T, Schuh H (1998) Näherungsverfahren für die frühzeitige Kalkulation von Produkt- und Auftragskosten. krp-Kostenrechnungspraxis *42*(6): S. 381–389

Haberstock L (2008) Kostenrechnung I. Einführung, 13., neu bearb. Aufl. Schmidt (ESV basics), Berlin

Papula L (1991) Mathematik für Ingenieure. Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium, 6., verb. Aufl. Viewegs Fachbücher der Technik), Braunschweig

Shermon D (2009) Systems cost engineering. Program affordability management and cost control. Gower, Farnham

VDI-Richtlinie 2225-4 (November 1997) Konstruktionsmethodik, Technisch-wirtschaftliches Konstruieren, Bemessungslehre

VDI-Richtlinie 2225-1 (November 1997) Konstruktionsmethodik, Technisch-wirtschaftliches Konstruieren, Vereinfachte Kostenermittlung

VDI-Richtlinie 2234 (Januar 1990) Wirtschaftliche Grundlagen für den Konstrukteur

VDI-Richtlinie 2235 (Oktober 1987) Wirtschaftliche Entscheidungen beim Konstruieren, Methoden und Hilfen