

# Grundlagen der Betriebswirtschaft

*Wir wollen in unsrem Wissen vom Gebrauch der Sprache eine Ordnung herstellen:  
eine Ordnung zu einem bestimmten Zweck  
(z.B. Verständnis der betriebswirtschaftlichen Grundlagen);  
eine von vielen möglichen Ordnungen, nicht die Ordnung.*  
Ludwig Wittgenstein [Philosophische Untersuchungen § 132]

**Walter S.A. Schwaiger**

Institut für Managementwissenschaften (IMW)  
Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften  
TUWien

Wien, Dezember 2010

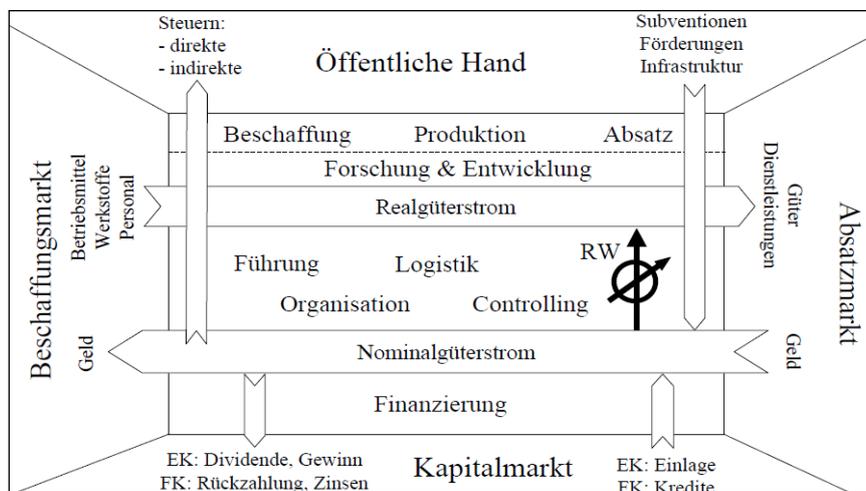
# Inhaltsverzeichnis

<b>GRUNDLAGEN DER BETRIEBSWIRTSCHAFT.....</b>	<b>4</b>
BILANZTHEORIE: DOPPIK – DOPPELTE ERFASSUNG VON RESSOURCEN-FLÜSSEN .....	7
<i>Stichtagsbezogene Erfolgsrechnung: Vermögensvergleich .....</i>	9
<i>Periodenbezogene Erfolgsrechnung: Gewinn- und Verlustrechnung.....</i>	10
<i>Buchungsmatrix: Grundlage des Rechnungswesens.....</i>	13
<i>REA-basiertes Rechnungswesen: REA-Modellierung von Geschäftsfällen .....</i>	20
FINANZTHEORIE: BEWERTUNG VON INVESTITIONEN UND FINANZINSTRUMENTEN.....	27
<i>Prospektive Investitionsrechnung: Bewertung und Beurteilung von Real-Investitionen.....</i>	28
<i>CF-Fixierte Finanz-Investitionen: Erstbewertung am Interbanken-Markt.....</i>	32
<i>CF-Fixierte Finanz-Investitionen: Folgebewertung am Interbanken-Markt.....</i>	44
<i>Finanzinstrumente: Bewertung und Verbuchung – IFRS .....</i>	50
<i>CF-Fixierte Finanzinstrumente: Fest und variabel verzinsten endfällige Kredite .....</i>	57
<i>Fest verzinsten Finanzinstrumente: Erst- und Folgebewertung mit Buchungen .....</i>	70
KOSTENTHEORIE: BEWERTUNG VON SACH- UND DIENSTLEISTUNGEN .....	80
<i>Leontief-Produktionsfunktion: Linear-limitationales I/O-Modell .....</i>	81
<i>Prozessorientierte Produktionsfunktion: Prozessorientiertes linear-limitationales I/O-Modell.....</i>	102
<i>Prozessorientierte Kostenrechnung: Konstruktion und Kalibrierung von Kostenmodellen.....</i>	120
<i>Kostenträgerstückrechnung (Kalkulation): Was kostet ein Produkt?.....</i>	143
<i>Kostenträgerzeitrechnung (Erfolgsrechnung): Woher kommt der GUV-Betriebserfolg? .....</i>	148
<i>Erweiterung der gesetzlichen Kostenrechnung: Einbeziehung kalkulatorischer Kosten.....</i>	155
KONTROLLTHEORIE: PLANUNG-, KONTROLLE- UND LENKUNG-AKTIVITÄTEN .....	157
<i>Kybernetisches Management-Modell: Integriertes PDCA-Rahmenwerk .....</i>	157
<i>X-Controlling-Modell: Modellierung als stereotypisiertes Aktivitätsdiagramm .....</i>	160
<i>Absatz-Controlling: Design und Ausgestaltung des Controlling-Modells.....</i>	163
<i>Absatz-Controlling: Vom Feedback- zum Feedforward-Regelungsmodell.....</i>	168
<i>Stochastische Kontrolltheorie: Stochastisch optimale Steuerung (SOS).....</i>	170
<i>Theorie stochastischer Prozesse: Rationale Planung unter Unsicherheit.....</i>	176
MANAGEMENT-INFORMATION-SYSTEM: DESIGN UND IMPLEMENTIERUNG .....	184
<i>Ingredients: REA Model, Business Process Management, .....</i>	185
<i>Integrated ERP: REA based Management Information Systems .....</i>	186
<i>Integrated ERP: Business Model Driven Enterprise Architecture .....</i>	187
<i>ERP-Control: Integrated ERP – JBossSeam Implementation .....</i>	188
VERZEICHNISSE UND ANHÄNGE.....	190
<i>Literaturverzeichnis.....</i>	190
<i>Anhang: Die blinden Menschen und der Elefant.....</i>	193
<i>Anhang: Programmierung in ERP-Control.....</i>	194
<i>Übungsbeispiele.....</i>	196
<i>Theorie-Fragen.....</i>	196
<i>Rechenbeispiele .....</i>	198

<i>Aufgaben-/Problemstellungen</i> .....	200
<i>Master Theses/Diplomarbeiten – Beispiele</i> .....	202

# Grundlagen der Betriebswirtschaft

In der Betriebswirtschaft geht es um das Wirtschaften in Betrieben bzw. Unternehmen. Im Mittelpunkt stehen dabei die *Ressourcen* und deren Flüsse im Zeitablauf. Die Ressourcenflüsse gilt es einerseits zu gestalten und andererseits im Rahmen eines integrierten Führungssystems zu planen, zu kontrollieren und zu lenken sowie im operativen Ausführungssystem durchzuführen. In Abbildung 1 wird der Ressourcenfluss in zweifacher Weise dargestellt, u.z. über den Realgüterstrom und den Nominalgüterstrom. Beim Realgüterstrom fließen die Ressourcen in Form von Betriebsmittel (TECH-Ressource), Werkstoffe (MAT-Ressource) und Personal (PERS-Ressource) dem Unternehmen zu. Über die Produktionstätigkeit werden diese Ressourcen in Güter und Dienstleistungen transformiert. Im Mittelpunkt der betrieblichen Tätigkeit steht somit ein *Transformationsprozess*<sup>1</sup> (*Conversion Process*), wobei Input-Größen in Output-Größen umgewandelt werden.



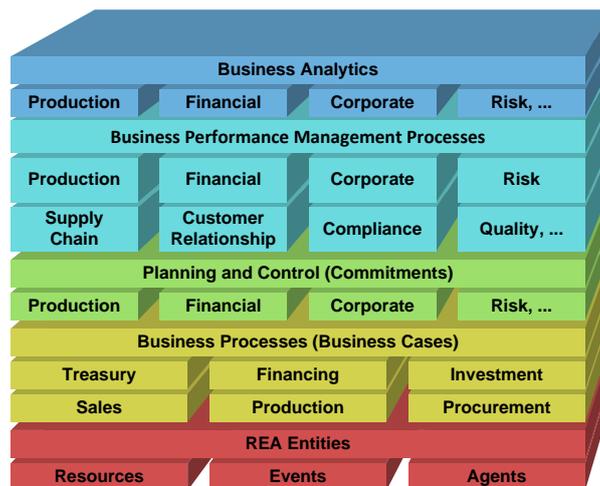
**Abbildung 1:** Funktionsweise eines Unternehmens

Dem Realgüterstrom steht der in die entgegen gesetzte Richtung verlaufende Nominalgüterstrom gegenüber. Die Gegenläufigkeit drückt den Kern aller ökonomischen Tätigkeiten, welcher als *Doppik* bezeichnet wird, aus. Bei der *Doppik* handelt es sich um eine zweiseitige Betrachtung von Transaktionen. Sie fordert, dass knappe Ressourcen einen positiven Preis haben,

<sup>1</sup> Im Rahmen der Produktions- und Kostentheorie wird diese Input/Output-Transformation in abstrakter Form als *Input/Output-Modell* dargestellt.

welcher beim Erwerb der Ressource vom Käufer an den Verkäufer zu bezahlen ist. Konzeptionell deckt sich diese ökonomische Forderung, welche als *Wertrestriktion (Value Restriction)* bezeichnet wird, mit einer Waage, welche sich im Gleichgewicht befindet. Die beiden im Tauschprozess beteiligten Parteien werden als *Agenten* bezeichnet. Der Agent, aus dessen Sicht die Transaktion betrachtet wird, ist der interne Agent und der andere ist der externe Agent. Im Ressourcen/Ereignis/Agenten-, d.h. *REA-Modell* lässt sich die Doppik sprachlich präzise beschreiben: Bei einem Tauschprozess gibt es zwei *Ereignisse*, einerseits fließt die Ressource Ware vom Verkäufer zum Käufer und andererseits fließt die Ressource Geld vom Käufer zum Verkäufer. Sind die Wertigkeiten der beiden Ressourcenflüsse gleich, dann ist die Wertrestriktion der Doppik erfüllt.

Die REA-Entitäten sind die zentralen Denkkategorien in der Betriebswirtschaft. Sie liegen dem betrieblichen Managementmodell zugrunde. Dieses Modell ist in Abbildung 2 zu sehen, wobei die REA-Entitäten das Fundament bilden. In den *Geschäftsprozessen (Business Processes)* finden die verschiedenen Transformations- und Tauschprozesse statt, welche Doppik-konform ablaufen.



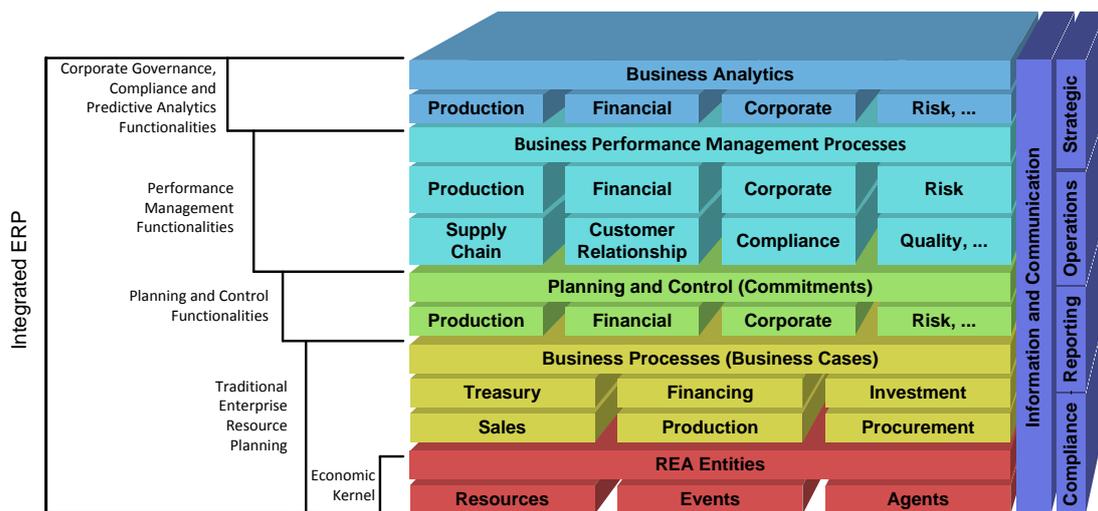
**Abbildung 2:** Business Management-Modell (Betriebswirtschaft)

In der Betriebswirtschaft gilt es die Geschäftsprozesse zu gestalten. Der Gestaltungsaspekt erfolgt im Rahmen der Unternehmensführung. Für die konkrete Ausgestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation aller Geschäftsprozesse ist die Geschäftsführung verantwortlich.

Die operativ ausgeführten Geschäftsprozesse werden im Führungssystem geplant, kontrolliert und gelenkt. Die Geschäftsprozesse sind somit in einem *kybernetischen Managementmodell* eingebettet. Im Führungssystem werden verschiedene technische, ökonomische und sonstige Zielgrößen verwendet. Diese Zielgrößen, welche im Rahmen der Planung festgelegt werden, werden am Periodenbeginn den Geschäftsprozessen vorgegeben. Im *Performance Management* wird während der Periode bzw. am Ende der Periode kontrolliert, ob die vorgegebenen Ziele

auch erreicht werden. Zeigen sich signifikante Abweichungen, dann werden korrektive bzw. adaptive Lenkungsmaßnahmen ergriffen.

Bei der Messung der Zielgrößen, deren Planung, Kontrolle und Lenkung werden ökonomische Konzepte (*Business Analytics*) verwendet. Zur Standardausrüstung gehören kosten- und produktions- sowie finanztheoretische Modelle. In der Produktions- und Kostentheorie werden Produktions- und Kostenfunktionen adressiert. Diese produktionswirtschaftlichen Bewertungskonzepte werden in der Betriebswirtschaft verwendet, um die im Unternehmen erstellten Sach- und Dienstleistungen verursachungsgerecht zu bewerten. In der Finanztheorie werden künftige Zahlungsströme adressiert. Die damit einher gehenden finanzwirtschaftlichen Bewertungskonzepte werden in der Betriebswirtschaft verwendet, um die im Unternehmen eingesetzten Finanzinstrumente marktkonform zu bewerten. In der Kontrolltheorie geht es um die Bestimmung optimaler Geschäftsstrategien. Diese Optimierungsansätze werden in der Betriebswirtschaft verwendet, um optimale Entscheidungen im Zeitablauf ausfindig zu machen.



**Abbildung 3:** REA-basiertes Management-Informationssystem (REA-MIS)

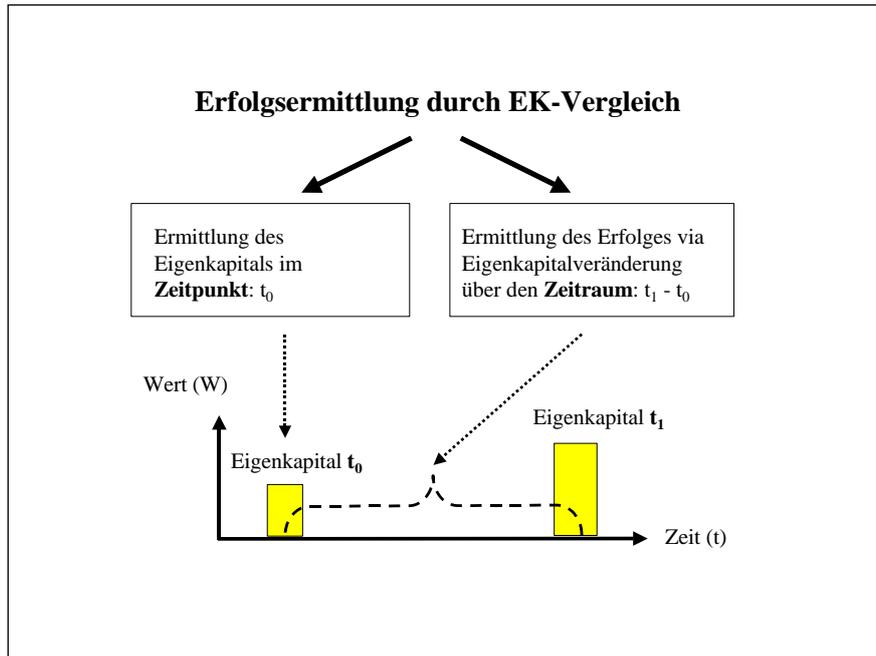
In Abbildung 3 wird der informationale Aspekt der Betriebswirtschaft explizit einbezogen, indem auf der rechten Seite das nach dem COSO II-Standard [COSOII04] definierte Informations- und Kommunikationssystem eingefügt wird. Die linke Seite der Grafik zeigt die einzelnen Komponenten des integrierten Management-Informationssystems. Dabei werden ERP- und BPM-Funktionalitäten zusammen gefasst und als *integriertes ERP Informationssystem* bezeichnet. Am Institut für Managementwissenschaften der TUWien wird ein solches Informationssystem unter der Bezeichnung *ERP-Control* konzipiert und mit der Web2.0-Technologie im JBossSeam-Framework prototypisch implementiert. Wenn Sie dieses Thema oder ein konkretes Teilgebiet der Betriebswirtschaft besonders interessiert, dann würden wir gerne mit Ihnen eingehender darüber sprechen. Melden Sie sich bitte einfach bei uns.

## Bilanztheorie: Doppik – Doppelte Erfassung von Ressourcen-Flüssen

Die Zielsetzung der (externen) Rechnungslegung liegt darin, bestimmten Zielgruppen wie Anteilseignern, Kreditgebern oder der Steuerbehörde Informationen darüber zu liefern, wie reich und erfolgreich ein Unternehmen ist. Wie reich ein Unternehmen ist, ergibt sich aus der Höhe des Eigenkapitals. Oft ist damit aber nicht die absolute Höhe des Eigenkapitals, sondern die relative Höhe in Bezug auf die Schulden gemeint. Ob ein Unternehmen erfolgreich ist, wird meist anhand der Rentabilität festgestellt. Diese wird dadurch ermittelt, indem der Gewinn einer gewissen Periode zum (Eigen-)Kapital in Beziehung gesetzt wird, das zur Erzielung dieses Gewinns eingesetzt werden muss.

Um den Erfolg eines Geschäfts bzw. Unternehmens zu ermitteln, müssen wie bei einer Investition von der Summe aller relevanten *Einzahlungen* die anfallenden *Auszahlungen* abgezogen werden. Leider ist dies aber oft nicht so einfach: Während manche Einzahlungen wie die Einbringung von zusätzlichem Kapital nichts mit einem Gewinn zu tun haben, sind manche erhaltene Einzahlungen oder bezahlte Auszahlungen mit Leistungen in der Zukunft bzw. in späteren Perioden verbunden. Komplementär dazu entstehen in einer Periode oft Verpflichtungen oder auch Guthaben, die erst später zu Aus- bzw. Einzahlungen führen. Um eine korrekte, *periodengerechte*, Interpretation bzw. Beurteilung des Geschäftserfolges zu ermöglichen, muss von dieser Cash-Flow-Betrachtungsweise teilweise abgerückt und ein bestimmtes „Rechenverfahren“ - die doppelte Buchführung – eingeführt werden.

Die grundlegende Systematik der doppelten Buchführung beruht auf der Bestimmung des Eigenkapitals. Statisch betrachtet, dient sie der Ermittlung der Höhe des Eigenkapitals eines Unternehmens zu einem bestimmten *Zeitpunkt*. Aus der dynamischen Perspektive betrachtet, dient sie der Bestimmung des Geschäfts- oder Unternehmenserfolges, indem die Veränderung des Eigenkapitals innerhalb eines bestimmten *Zeitraumes* betrachtet wird. Abbildung 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang:



**Abbildung 4:** Systematik der Doppelten Buchführung

Als Eigenkapital wird dabei jener Betrag verstanden, der den Eigentümern des Unternehmens übrig bleibt, wenn von der Summe aller Vermögenswerte die Schulden und Verbindlichkeiten subtrahiert werden. Als Vermögen sind alle (Wert-)Gegenstände und Rechte zu verstehen, die dem Unternehmen gehören. Mit anderen Worten könnte das Eigenkapital auch als Residualgröße aus der Differenz des Vermögens und der Schulden betrachtet werden und mit Hilfe der fundamentalen Bilanzgleichung aus Formel (1) bzw. Formel (2) berechnet werden:

(1)  $V = S + EK$

(2)  $V - S = EK$

wobei

- EK      Eigenkapital
- S        Schulden (Fremdkapital)
- V        Vermögen

Die Veränderung des Eigenkapitals, d.h. der Geschäftserfolg, kann mit Hilfe der doppelten Buchführung auf zwei Arten ermittelt werden:

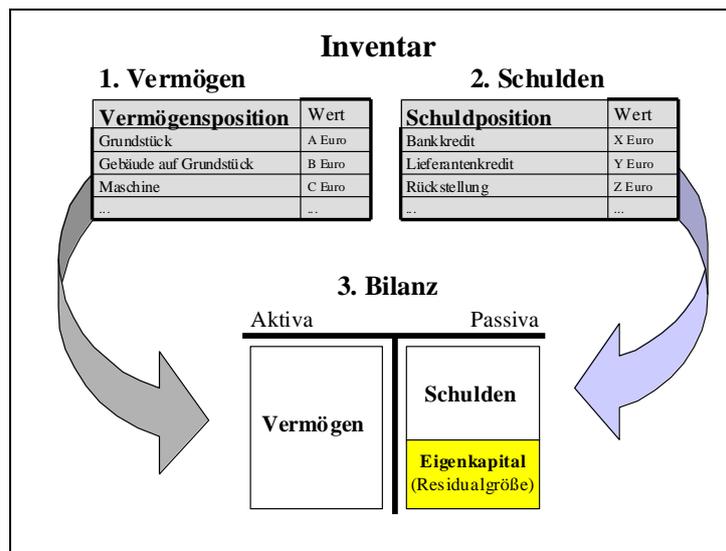
- Vermögensvergleich mit Hilfe von zwei Bilanzen
- Gewinn- und Verlustrechnung mit Hilfe von Ertrags- und Aufwandskonten

In den folgenden Ausführungen wird zuerst der Vermögensvergleich mit der Hilfe von Bilanzen, der als stichtagsbezogene Erfolgsrechnung definiert wird, erläutert. Anschließend wird das Konzept der Gewinn- und Verlustrechnung, bei dem alle Erträge und Aufwände einer Periode gesammelt werden, als periodenbezogene Erfolgsrechnung präsentiert. Im Zusammenhang mit der Gewinn- und Verlustrechnung muss auf die Unterscheidung der Begriffspaare Einzahl-

lung/Auszahlungen, Einnahmen/Ausgaben und Erträge/Aufwände bezug genommen werden. Abschließend wird die Systematik der Buchführung anhand der neun verschiedene Buchungsfälle umfassenden Buchungsmatrix zusammengefasst.

### Stichtagsbezogene Erfolgsrechnung: Vermögensvergleich

Bei der stichtagsbezogenen Erfolgsrechnung wird jeweils am Beginn und am Ende einer Periode die Höhe des Eigenkapitals ermittelt, indem die Differenz aus Vermögen und Schulden errechnet wird. Der Erfolg entspricht nach diesem Verfahren der Differenz aus Eigenkapital am Ende minus Eigenkapital am Beginn der Periode. Ist die Differenz positiv (negativ) wurde ein Gewinn (Verlust) erzielt. Die Methode der Erfolgsermittlung basiert auf der Erstellung von Bilanzen, anhand derer dem Vermögen die Schulden bzw. Verbindlichkeiten eines Unternehmens gegenübergestellt werden.



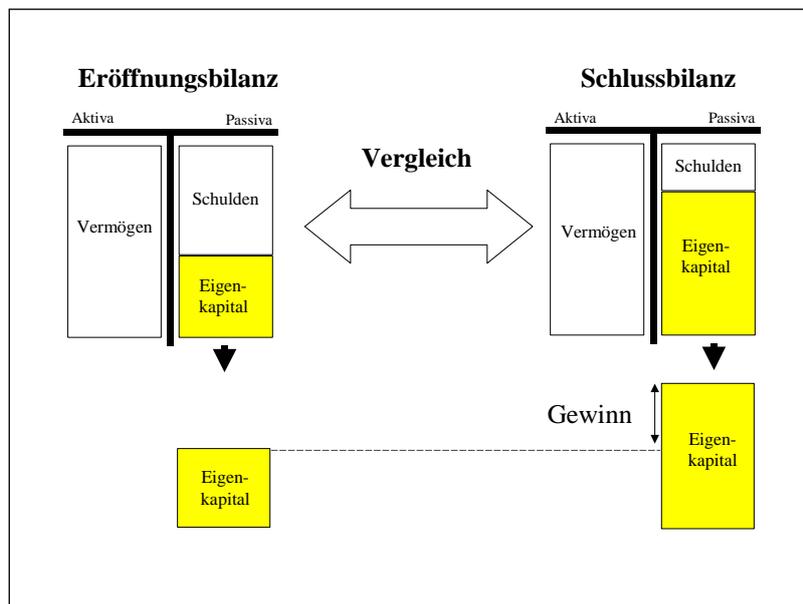
**Abbildung 5:** Erstellung einer Bilanz

Wie in Abbildung 5 dargestellt, beginnt die Erstellung einer Bilanz mit der Inventur. Dabei werden alle Gegenstände und Rechte der Unternehmung sowie alle Schulden und sonstigen Verpflichtungen an einem gewissen Stichtag erfasst. Jede einzelne Position wird einzeln bewertet und entsprechend der Zugehörigkeit zum Vermögen oder zu den Schulden in die Bilanz aufgenommen werden. Die Vermögenspositionen werden als *Aktiva* bezeichnet und stehen auf der linken Seite der Bilanz. Auf der rechten Seite der Bilanz werden alle Schulden und das Eigenkapital aufgeführt, die zusammen als *Passiva* oder Kapital bezeichnet werden. Neben der Bilanzseite (links oder rechts), wo Aktiva und Passiva verbucht werden, kommt durch Abbildung 5 auch deutlich zum Ausdruck, dass das Eigenkapital jenem Betrag entspricht, um den das Vermögen die Schulden übersteigt.

Um schließlich den Erfolg einer Periode zu berechnen, muss einfach an zwei verschiedenen Stichtagen eine Bilanz erstellt werden. Der Erfolg ergibt sich dadurch, dass das Eigenkapital zu Beginn der Periode mit jenem am Schluss der Periode verglichen wird. Ist das Eigenkapital am Ende der Periode höher (niedriger), als zu Beginn, wurde wie bereits erwähnt ein Gewinn (Verlust) erwirtschaftet. Allerdings müssen bei dieser Art von Erfolgsermittlung unbedingt folgende zwei Aspekte beachtet werden:

- Erstens müssen Zugänge (Abgänge) zum Eigenkapital in Form von Einlagen (Entnahmen) der Eigentümer bzw. Eigenkapitalgeber berücksichtigt werden. Dies erfordert, dass vom Eigenkapital am Ende der Periode Einlagen (Entnahmen) subtrahiert (addiert) werden.
- Zweitens müssen bei der Erstellung beider Bilanzen die selben Bewertungsgrundsätze bzw. Bilanzierungsgrundsätze angewendet werden.

Die Ermittlung des Periodenerfolges mittels Vermögensvergleich lässt sich grafisch wie in Abbildung 6 darstellen:



**Abbildung 6:** Periodenerfolgsrechnung mittels Vermögensvergleich

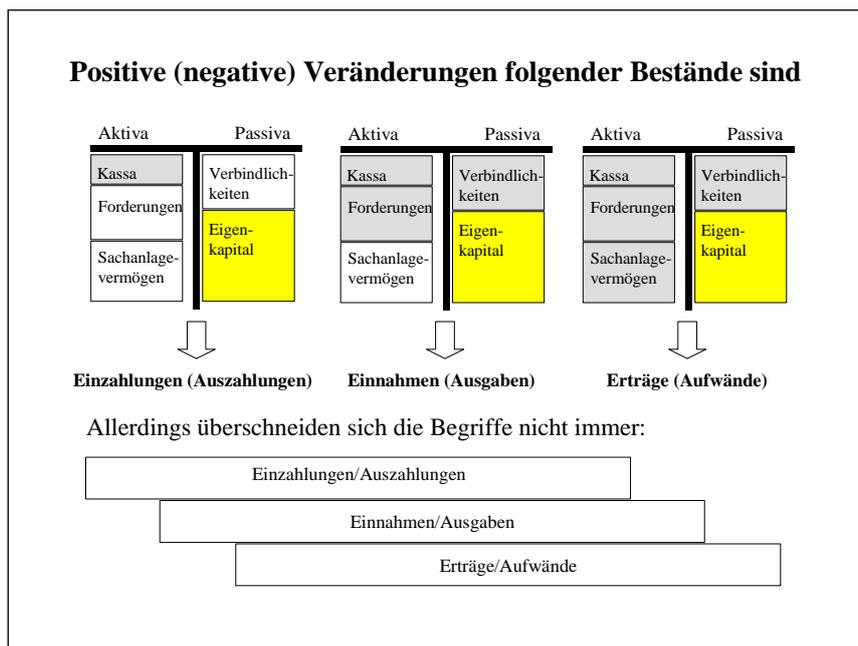
### Periodenbezogene Erfolgsrechnung: Gewinn- und Verlustrechnung

Die zweite Methode zur Ermittlung des Geschäftserfolges ist die Gewinn- und Verlustrechnung: Hier wird der Periodenerfolg ermittelt, indem von der Summe der Erträge alle Aufwände

abgezogen werden. Ist die Differenz positiv (negativ), handelt es sich wiederum um einen Gewinn (Verlust).

Bevor die Technik der Gewinn- und Verlustrechnung näher erläutert werden kann, muss aber das Begriffspaar Erträge/Aufwände von den Begriffspaaren Ein-/Auszahlungen und Einnahmen/Ausgaben abgegrenzt werden:<sup>2</sup>

- Einzahlungen (Auszahlungen) beziehen sich auf die Erhöhung (Verringerung) des Zahlungsmittelbestandes. Dieser setzt sich aus Barmittel und Bankguthaben zusammen.
- Einnahmen (Ausgaben) bezeichnen die Zunahme (Abnahme) des Geldvermögens. Dieses wird errechnet, indem zu dem bereits erwähnten Zahlungsmittelbestand alle Forderungen hinzugezählt und alle Verbindlichkeiten abgezogen werden.
- Erträge (Aufwände) beziehen sich schließlich auf die Erhöhung (Verringerung) des Netto- bzw. Reinvermögens. Dieses umfasst neben dem Geldvermögen auch das gesamte Sachanlagevermögen und bezieht sich deshalb auf das Eigenkapital. Erträge bzw. Aufwände beziehen sich sozusagen auf eine Veränderung des Eigenkapitals.



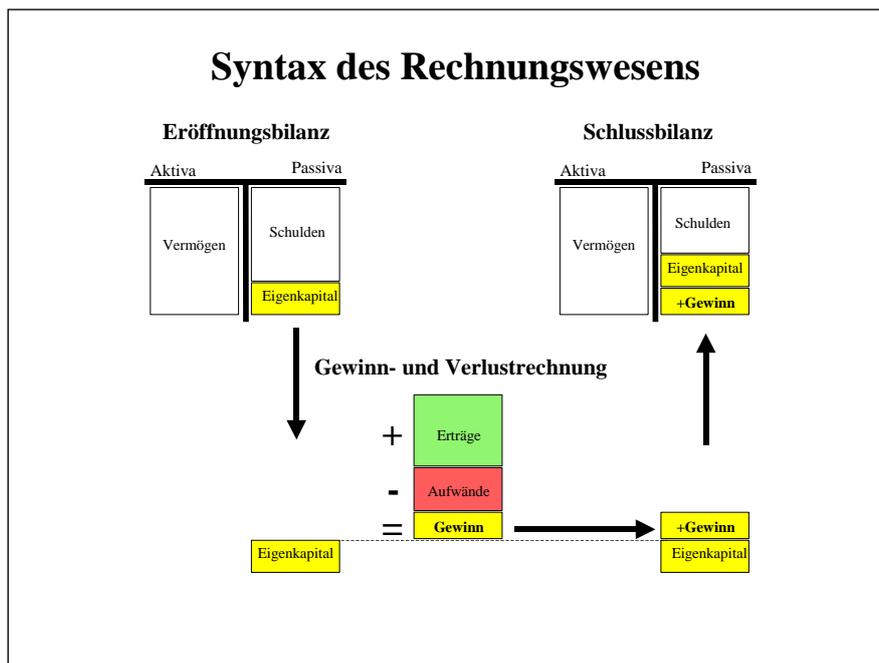
**Abbildung 7:** Bezugsgrößen und Abgrenzung von Einzahlung, Einnahmen und Erträgen

Die Unterschiede dieser drei Begriffe kommen im oberen Teil von Abbildung 7 dadurch zum Ausdruck, dass sich die jeweiligen Begriffe nur auf die mit grauer Farbe gekennzeichneten Teile der Bilanz beziehen. Wie bereits angedeutet, decken sich die Begriffspaare nicht in allen Fällen vollständig. Beispielsweise ist die Bezahlung einer Forderung zwar eine Einzahlung,

<sup>2</sup> Auf die Unterscheidung von Erträgen (Aufwänden) und Leistungen (Kosten) wird an dieser Stelle verzichtet.

jedoch keine Einnahme und auch kein Ertrag, weil die Veränderung dieser Größen bereits bei der Entstehung der Forderung berücksichtigt wurde. Bei Geschäftsfällen, in denen es lediglich zu einer Umbuchung zwischen Beständen kommt, die bereits durch den jeweiligen Begriff gedeckt sind, handelt es sich deshalb um neutrale Bewegungen. Das heißt, es handelt sich dabei um keine Einzahlung/Auszahlung, Einnahme/Ausgabe oder um keinen Ertrag/Aufwand.<sup>3</sup>

Ähnlich wie in der Bilanz werden in der Gewinn- und Verlustrechnung (GUV) die Erträge den Aufwänden gegenübergestellt. Im Gegensatz zur Bilanz kann die GUV jedoch nicht ohne „Vorarbeit“ einfach zu einem bestimmten Stichtag erstellt werden. Damit sie für eine gewisse Periode durchgeführt werden kann, bedarf es der Erfassung aller Geschäftsfälle in Form von Bewegungen der Vermögens- und Kapitalpositionen innerhalb der gewünschten Periode. Dies wird bewerkstelligt, indem mittels der anschließend erläuterten Buchungstechnik alle Erträge und Aufwände, die innerhalb der Periode angefallen sind, auf sogenannten Erfolgskonten „gesammelt“ werden. Am Schluss der Periode wird zuerst die Summe aus allen Erträgen und Aufwänden innerhalb der Periode gebildet. Der Erfolg ergibt sich dann anschließend durch Subtraktion der Aufwände von den Erträgen.



**Abbildung 8:** Syntax des Rechnungswesens

<sup>3</sup> In Bezug die finanzwirtschaftliche Betrachtungsweise gilt anzumerken, dass ein Unternehmen als komplexe Investition betrachtet werden kann, bei der zu verschiedenen Zeitpunkten Ein- und Auszahlungen stattfinden. Der Erfolg kann erst dann festgestellt werden, wenn allen Geld-Einzahlungen alle Geld-Auszahlungen gegenübergestellt werden. Neben den (bar) ausgeschütteten Gewinnen gehört der Verkaufs- bzw. Liquidationserlös des Unternehmens am Ende der Periode zu den Auszahlungen. In diesem Sinne müssten am Schluss alle Vermögensgegenstände, die nicht Bargeld sind, durch einen Verkauf in Bargeld umgewandelt werden.

Abbildung 8 zeigt den Aufbau der GUV und dessen Verknüpfung mit dem Eigenkapitalkonto: Anstatt zwei Bilanzen von jeweils verschiedenen Stichtagen zu vergleichen, werden alle Geschäftsvorfälle während der Periode mit Hilfe der Erfolgskonten erfasst. Der Gewinn (Verlust) ergibt sich dann, indem von den Erträgen der Periode die Aufwände der Periode abgezogen werden.

### Buchungsmatrix: Grundlage des Rechnungswesens

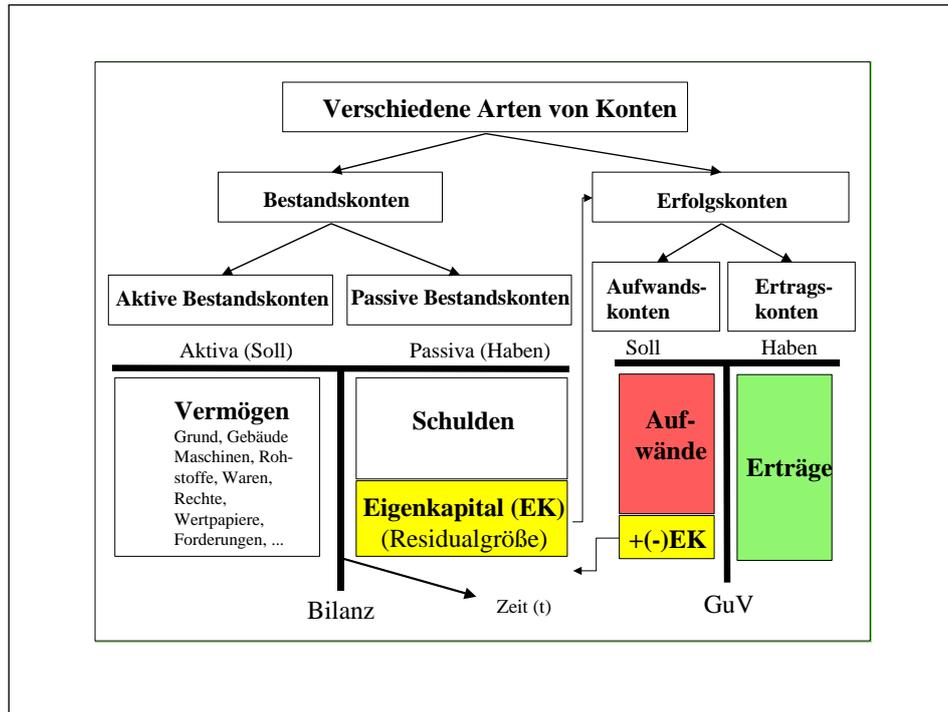
Eine präzise Ermittlung des Periodenerfolges erfordert die Erfassung bzw. Verbuchung aller Geschäftsfälle. Zentraler Bestandteil der Aufzeichnung von Geschäftsfällen sind die sogenannten Konten. Diese dienen der systematischen Sammlung gleichartiger Beträge. Dabei erhält jedes Konto einen Konto-Namen und eine Kontonummer, anhand derer eine systematische (thematische) Einordnung erst möglich wird.<sup>4</sup> Ein Konto enthält meist jene Informationen, die auch in Abbildung 9 dargestellt sind.

Datum	Gegenkonto	Text	Soll	Haben

**Abbildung 9:** Schema eines Kontos

Die Spalte „Datum“ gibt an, wann der Geschäftsfall vorgefallen ist. In der Spalte „Gegenkonto“ wird angegeben, auf welchen Konten der selbe Betrag im Soll (Haben) steht, der in der Buchungszeile dieses Kontos im Haben (Soll) steht. In der „Text“-Spalte können neben dem jeweiligen Buchungsbeleg auch weitere Bemerkungen eingefügt werden. Die beiden Spalten „Soll“ und „Haben“ sind schließlich das zentrale Merkmal der Systematik doppelten Buchführung.

<sup>4</sup> Zu der Bedeutung der Kontonummer wird im Rahmen der Klassifikation der Konten nochmals Bezug genommen.



**Abbildung 10:** Kontenarten und deren Herleitung

Um die Bedeutung der beiden Spalten „Soll“ und „Haben“ möglichst einfach zu verdeutlichen, müssen die einzelnen Konten in die in Abbildung 10 dargestellten vier verschiedenen Kontenarten eingeteilt werden. Aus der Grafik ist sehr schön ersichtlich, dass die aktiven und passiven Bestandskonten zur Bilanz und die Erfolgskonten zur Gewinn- und Verlustrechnung gehören. Weil aktive Bestandskonten, bzw. das Vermögen, auf der linken Seite der Bilanz aufgeführt werden, werden alle Beträge, die zu einer Erhöhung (Verringerung) des Bestandes auf dem jeweiligen Konto führen, ebenfalls links (rechts) d.h. im Soll (Haben) verbucht. Das Gegenteil ist bei passiven Bestandskonten - Schulden, Verbindlichkeiten und dem Eigenkapital - der Fall: Erhöhungen (Verringerungen) der Bestände werden im Haben (Soll) verbucht. Bei Erfolgskonten ist bezüglich der Verbuchung zwischen Erträgen und Aufwänden zu unterscheiden. Die Erträge werden wie in Abbildung 10 dargestellt im Haben und die Aufwände im Soll verbucht. Dies muss deshalb so sein, weil bei der Abrechnung in der Gewinn- und Verlustrechnung der Gewinn (als Differenz aus Erträge minus Aufwänden) im Soll stehen muss, damit die Gegenbuchung eine eigenkapitalerhöhende Haben-Buchung sein kann.<sup>5</sup> Die Begründung, wieso auf den vier verschiedenen Kontoarten so wie beschrieben gebucht wird, lässt sich am besten mit Hilfe der in Abbildung 11 dargestellten Buchungsmatrix erläutern.

<sup>5</sup> Das Gegenteil ist bei einem Verlust der Fall: Weil die Ausgaben höher als die Erträge sind, würde er in Abbildung 10 auf der Ertragsseite und somit im Haben stehen. Eine Gegenbuchung müsste daher im Soll des Eigenkapitals erfolgen, wodurch dessen Bestand verringert würde.

(3)  $\Delta V = \Delta S + \Delta EK$

Buchungs- Matrix		Haben		
		V-	S+	EK+
Soll	V+	1	2	7
	S-	4	3	8
	EK-	5	6	9

V = Vermögen, S = Schulden/Verbindlichkeiten, EK = Eigenkapital

**Abbildung 11:** Buchungsmatrix (9-Felder-Buchungsschema)

Die Buchungsmatrix ergibt sich, indem alle Möglichkeiten berücksichtigt werden, die mittels Buchungen im Soll und/oder Haben auf den aktiven und passiven Bestandskonten sowie auf den Ertrags- und Aufwandskonten möglich sind. In Abbildung 11 werden positive (negative) Bestandsveränderungen von aktiven Bestandskonten mit „V+“ („V-“) abgekürzt. Eine Erhöhung (Verringerung) einer Schulddposition/Verbindlichkeit wird mit „S+“ („S-“) abgekürzt. Bei den passiven Bestandskonten wird die Bestandsveränderung des Eigenkapitals (EK) deshalb getrennt von jenen der Schulddpositionen behandelt, weil sich so die Bestandsveränderungen der Ertrags- und Aufwandskonten aus der GUV problemlos in die Matrix integrieren lassen: Eine Erhöhung (Verringerung) der aktiven Bestandskonten ohne eine Erhöhung (Verringerung) der Schulden muss immer zu einer Erhöhung (Verringerung) des Eigenkapitals führen, was als Ertrag (Aufwand) bezeichnet wird.<sup>6</sup> Der Zusammenhang zwischen Eigenkapital und Erträgen/Aufwänden kommt zusätzlich dadurch zum Ausdruck, dass diese beiden Arten von Erfolgskonten auch als *Vorkonten des Eigenkapitals* bezeichnet werden: Anstatt die Geschäftsfälle wie in Abbildung 8 zuerst auf die Erfolgskonten zu verbuchen und erst am Schluss einer Periode den *Saldo*<sup>7</sup> aus Erträgen und Aufwänden in Form eines Gewinnes (Verlustes) auf das

<sup>6</sup> Analog dazu führt eine Erhöhung (Verringerung) der Schulden ohne eine Erhöhung (Verringerung) der aktiven Bestandskonten zu einem Aufwand (Ertrag).

<sup>7</sup> Im Jargon des Rechnungswesens bedeutet das Wort *Saldo*, dass aus zwei Zahlen die Differenz gebildet wird. Meist kommt dieser Begriff im Zuge des Abschlusses von Konten vor. Dabei werden von der Soll- und der Haben-Spalte jeweils die Summen gebildet. Anschließend wird die Differenz aus der höheren minus der niedrigeren Summe als Saldo bezeichnet. Wenn die Soll-Seite geringer ist, dann ist der Saldo jener Betrag, um den die Soll-Seite erhöht werden muss, damit Soll und Haben gleich hohe Summen aufweisen. Das heißt in diesem Fall, dass der Saldo im Soll steht.

Eigenkapital-Konto zu verbuchen, könnte nämlich jeder Ertrag (Aufwand) in Form einer Eigenkapitalerhöhung (-verringern) auch direkt mit dem Eigenkapital verrechnet werden. Aufgrund der Buchungsmatrix ergeben sich neun verschiedene Buchungsfälle, mit denen alle Geschäftsfälle verbucht werden können. Die in Abbildung 11 verwendeten Farben zeigen bei den jeweiligen Buchungsfällen an, ob sie nur Umschichtungen in der Bilanz sind, oder ob sie in Form eines Aufwandes (Ertrages) das Eigenkapital verringern (erhöhen). Erträge sind grün, Aufwände rot und Bilanzbewegungen gelb gekennzeichnet. Auch die Nummerierung der Fälle, die in Abbildung 12 erläutert werden, folgt dieser Systematik.

Buchungs-Matrix-Nr.	Art der Buchung	Beispiel
1	Aktivtausch	Bezahlung einer Forderung: V+/V-
2	Bilanzverlängerung	Kreditaufnahme: V+/S+
3	Passivtausch	Umschuldung auf Fremdwährung: S-/S+
4	Bilanzverkürzung	Kredittilgung in bar: S-/V-
5	Aufwand (bilanzverkürzend)	Forderungsabschreibung: EK-/V-
6	Aufwand (schulderhöhend)	Rückstellung-Bildung: EK-/S+
7	Ertrag (bilanzverlängernd)	Erhaltene Zinsen: V+/EK+
8	Ertrag (schuldverringernd)	Schuldnachlass: S-/EK+
9	Eigenkapitaltausch	Rücklagen-Bildung: EK+/EK-

**Abbildung 12:** Erläuterung der 9 Buchungsfälle

Anstatt jeden einzelnen Buchungsfall separat zu behandeln, können diese neuen Buchungsfälle wie in Abbildung 12 auch in fünf verschiedene Typen von Buchungssätzen eingeteilt werden:

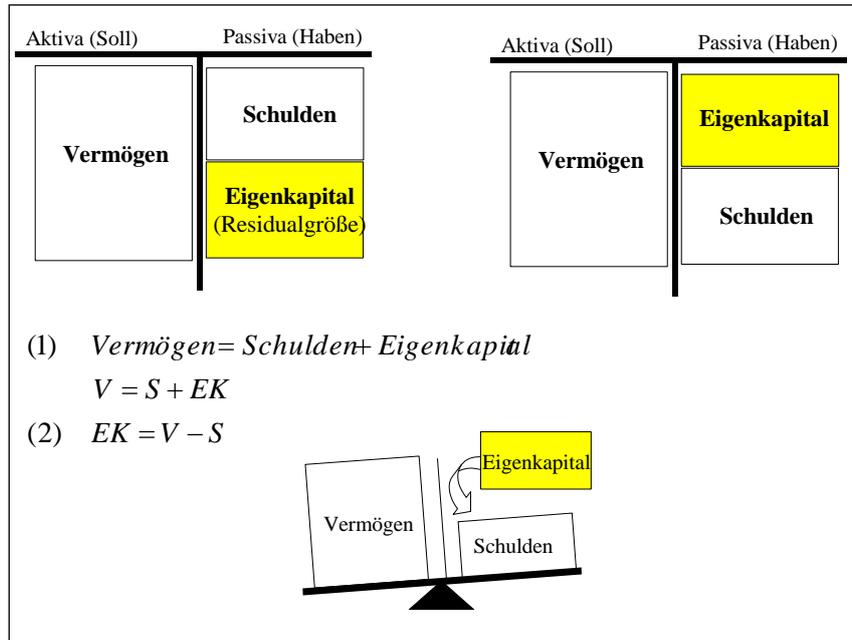
- **Aktivtausch:** Bei einem Aktivtausch bzw. Vermögenstausch werden (in Geld ausgedrückte) Bestände von einem aktiven Bestandskonto auf das andere umgebucht. Die Buchung tangiert lediglich die Bilanz und führt zu keiner Erhöhung der *Bilanzsumme* bzw. des Vermögens.<sup>8</sup> Ein reiner Aktivtausch kommt nur in Buchungsfall 1 zustande.
- **Passivtausch:** Ein Passivtausch ist die Umbuchung von einem passiven Bestandskonto auf ein anderes. Wiederum ist von der Buchung nur die Bilanz betroffen und die Bilanzsumme wird nicht erhöht. Weil in der Buchungsmatrix Schuld- und Eigenkapitalbewegungen getrennt werden, sind Buchungsfall 3 und 9 ein Passivtausch. In Fall 3

<sup>8</sup> Die Bezeichnung Bilanzsumme kann synonym für die Bezeichnungen Vermögen oder Kapital verwendet werden.

handelt es sich um eine Umschuldung, in Fall 9 um eine Umschichtung des Eigenkapitals.

- **Schuldveränderung:** Eine Erhöhung (Verringerung) der Schulden ohne eine Veränderung der Bilanzsumme führt immer zu einer Verringerung (Erhöhung) des Eigenkapitals, weil dieses ja eine Residualgröße ist. In Fall 6 handelt es sich daher um einen Aufwand, weil sich die Schulden erhöhen, ohne dass sich das Vermögen erhöht. Umgekehrt handelt es sich in Fall 8 um einen Ertrag, da sich die Schulden verringern, obwohl das Vermögen gleich hoch bleibt.
- **Bilanzverlängerung:** Wichtigstes Merkmal einer Bilanzverlängerung ist, dass es aufgrund des jeweiligen Geschäftsfalles zu einer Erhöhung der Bilanzsumme kommt. In Buchungsfall 2 wird ausschließlich mit Bestandskonten gebucht, indem Vermögensgüter auf Kredit beschafft werden. In Buchungsfall 7 erhöht sich das Vermögen ohne dass sich die Schulden erhöhen, es handelt sich deshalb um einen Ertrag, weil das Eigenkapital als Residualgröße aus Vermögen minus Schulden steigt.
- **Bilanzverkürzung:** Im Gegensatz zur Bilanzverlängerung kommt es bei der Bilanzverkürzung aufgrund des jeweiligen Geschäftsfalles zu einer Verringerung der Bilanzsumme. Wiederum gibt es mit Buchungsfall 4 einen Fall, der nur mittels Bestandskonten verbucht wird und somit zu keiner Eigenkapitalveränderung führt. Buchungsfall 5 ist eine Bilanzverkürzung und ein Aufwand, weil das Eigenkapital sinken muss, wenn das Vermögen bei gleichbleibenden Schulden fällt.

Nachdem nun die doppelte Buchführung als Rechenwerk vorgestellt wurde, bei dem es darum geht, die Veränderung des Eigenkapitals zu ermitteln, kann der *Balance-Akt* Bilanzierung in Angriff genommen werden:



**Abbildung 13:** Bilanzierung - ein Balanceakt

### IFRS-Buchungsmatrix: Einbeziehung der direkten EK-Bebuchbarkeit

Im nationalen HGB werden alle Änderungen des Eigenkapitals in der GuV ausgewiesen. Dies ist in der IFRS-Ontologie nicht mehr der Fall. Wie die Ausführungen zu den AFS-Finanzinstrumenten gezeigt haben, wird im IFRS-Standard das Eigenkapital auch direkt bebucht. Diese konzeptionelle Erweiterung ist auch in der in Abbildung 14 abgebildeten IFRS-Buchungsmatrix zu sehen. Dabei wird das Eigenkapital jeweils in zwei Spalten unterteilt. Die rot bzw. grün gefärbten Felder geben dabei wie in der klassischen HGB-Buchungsmatrix die in der Gewinn- und Verlustrechnung ausgewiesenen Erfolgskonten an. Die verbleibenden Felder im Eigenkapital geben die verschiedenen Möglichkeiten zur direkten Bebuchung des Eigenkapitals an.

Ressourcen- einbeziehende IFRS- Buchungsmatrix			Haben						
			Geld (Cash) fz. VW MAT, TECH et al.			fz. Vb RSt. et al.		GUV: BE & FE RL et al.	
			V-			S+		EK+	
Soil	Geld (Cash)	V+	1a	1b	1c	2a	2b	7a	7d
	fz. VW		1d	1e	1f	2c	2d	7b	7e
	MAT, TECH et al.		1g	1h	1i	2e	2f	7c	7f
	fz. Vb	S-	4a	4b	4c	3a	3b	8a	8c
	RSt. et al.		4d	4e	4f	3c	3d	8b	8d
	GUV: BE & FE	EK-	5a	5b	5c	6a	6b	9a	9b
	RL et al.		5d	5e	5f	6c	6d	9c	9d

**Abbildung 14:** Ressourcen-einbeziehende IFRS-Buchungsmatrix

Die Besonderheit der direkten Verbuchung auf dem Eigenkapital ist in den Nummern 5 bzw. 7 der IFRS-Buchungsmatrix in Tabelle 1 zu sehen. Dort wird eine aktivische bzw. eine passivische Neubewertungsrücklage gebildet. Im Unterschied zu den HGB-Rücklagen muss die Rücklage demnach nicht immer passivisch ausgewiesen werden. Eine aktive Rücklage zeigt eine Reduktion des Eigenkapitals in Form von noch nicht realisierten Verlusten an.

Buchungs- Matrix-Nr.	Art der Buchung	Beispiel
1	Aktivtausch	Computer-Kauf in Bar: V+/V-
2	Bilanzverlängerung	Computer-Kauf auf Ziel: V+/S+
3	Passivtausch	Umschuldung: S-/S+
4	Bilanzverkürzung	Tilgung einer Verbindlichkeit: S-/V-
5	Aufwand (bilanzverkürzend)	Erzielter Verlust: EK- (GUV)/V- Bildung einer aktivischen NBRL: EK- (RL)/V-
6	Aufwand (schulderhöhend)	Bildung einer Rückstellung: EK- (GUV)/S+
7	Ertrag (bilanzverlängernd)	Erzielter Gewinn: V+/EK+ (GUV) Bildung einer passivischen NBRL: V-/EK+ (RL)
8	Ertrag (schuldverringern)	Nachlass einer Verbindlichkeit: S-/EK+
9	Eigenkapitaltausch	Bildung einer Gewinnrücklage: EK+/EK-

**Tabelle 1:** IFRS-Buchungsmatrix - Beispiele zu den 9 Elementen

## REA-basiertes Rechnungswesen: REA-Modellierung von Geschäftsfällen

Das REA-basierte Rechnungswesen (REA Accounting Model) wurde von McCarthy [McCa82] in den 80-er Jahren entwickelt, womit das hinter dem Rechnungswesen stehende Informationssystem auf eine modellhafte Perspektive gestellt wurde. Die Geschäftsfälle werden dabei anhand von Ressourcen, Ereignissen und Agenten modelliert. Die Doppik wird über das Dualitätsprinzip zum Ausdruck gebracht. Dieses Prinzip fordert die *Wertgleichheit (Value Restriction)* der im Geschäftsfall enthaltenen Soll- und Haben-Ereignisse.

Nachfolgend werden die verschiedenen Geschäftsfälle im *REA-Modellrahmen* betrachtet, wobei die Soll-Ereignisse auf der linken den Habenereignissen auf der rechten Seite gegenüber gestellt werden. Die Soll-Ereignisse sind mit positiven und die Haben-Ereignissen mit negativen Werten belegt. Das Vorzeichen beinhaltet somit die Information über die Zuordnung zu den Aktiva (positives Vorzeichen) bzw. die Passive (negatives Vorzeichen). Die Wertrestriktion fordert die wertmäßige Gleichheit der Soll- und Habenereignisse, sodass die Summe aller Werte gleich Null ist.

### Geschäftsfall: Aktivtausch (#1) – REA-Modellierung

Zum Einstieg wird ein konkretes Beispiel in Form eines Computer-Kaufs gewählt. Es wird ein Computer im Wert von EUR 1.500,- in Bar gekauft. Der Barkauf besagt, dass der Kaufpreis sofort in Bar beglichen wird.

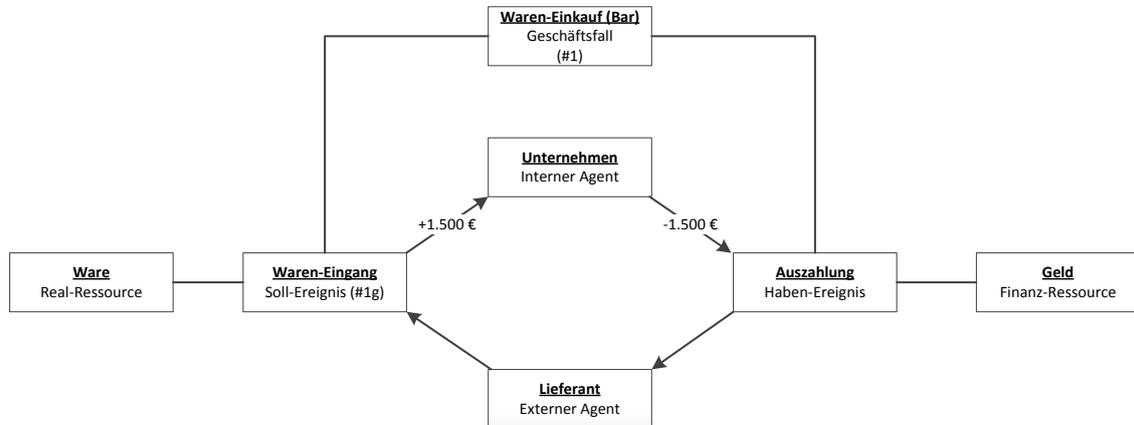
(1g)	Warenvorrat
an	Kassa

#### BS 1: Verbuchung des Bar-Computer-Kaufs (Bruttomethode)

Ad BS 1) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto MAT-Warenvorrat und die Haben-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Kassa handelt es sich dabei um einen zahlungswirksamen Aktivtausch *1g*.

Abbildung 15 zeigt das REA-Modell für den Computer-Kauf aus der Sicht des Unternehmens, wobei es sich um den internen Agenten des Geschäftsfalls handelt. Dieser Agent wird im oberen Teil der Mitte des REA-Modells dargestellt. Der Lieferant ist der externe Agent, welcher genau unterhalb des internen Agenten dargestellt wird. An den eingezeichneten Pfeilen ist der Fluss der Ressourcen zu erkennen. Der Warenfluss erfolgt vom externen zum internen Agenten. Dabei handelt es sich um den Computer im Wert von EUR + 1.500, welcher im Waren-Eingang-Ereignis (Soll) vom Lieferanten an das Unternehmen geliefert wird. Im Gegenzug fließt im Auszahlung-Ereignis (Haben) die Ressource Geld in gleicher Wertigkeit vom Unter-

nehmen zum Lieferanten. Der Wert wird mit einem negativen Vorzeichen dargestellt, was den im Haben gebuchten Abfluss anzeigt.



**Abbildung 15:** Waren-Einkauf in Bar (Bruttomethode) – REA-Modellierung

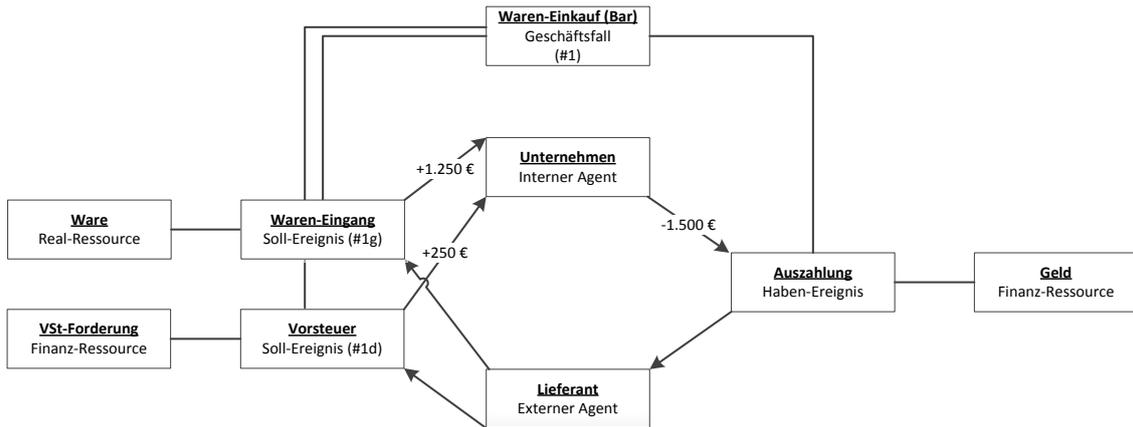
Bei dieser Art der Verbuchung wird der Mehrwertsteuer-Aspekt nicht berücksichtigt. Das ist kennzeichnend für kleine Unternehmen, welche den Geschäftserfolg nach der Bruttomethode ermitteln. Bei Verwendung der Nettomethode wird die beim Kauf anfallende Vorsteuer separiert und verbucht.

(1g)	Warenvorrat
(1d)	VSt
an	Kassa

**BS 2:** Verbuchung des Bar-Computer-Kaufs (Nettomethode)

Ad BS 2) Bei der Vorsteuer handelt es sich um eine Forderung gegenüber dem Finanzamt, d.h. um einen finanziellen Vermögenswert (fzVW). Durch die Soll-Buchung auf diesem aktiven Bestandskonto und die gleichzeitige Haben-Buchung auf dem Bestandskonto Kassa liegt bei dieser Buchung ein zahlungswirksamer Aktivtausch *1d* vor.

Abbildung 16 enthält das dazugehörige REA-Modell. Dabei zeigt sich, dass dem Unternehmen zwei Ressourcen zufließen, u.z. der Computer und die Forderungen gegenüber dem Finanzamt. Die Summe beider Zuflüsse deckt sich mit dem Wert der abfließenden Geld-Ressource, sodass die Wertrestriktion des Geschäftsfalls erfüllt ist.



**Abbildung 16:** Waren-Einkauf in Bar (Nettomethode) – REA-Modellierung

**Geschäftsfall: Bilanzverlängerung (#2) – REA-Modellierung**

Erfolgt der Computer-Kauf auf Ziel, dann erwirbt das Unternehmen den Computer ohne den Kaufpreis gleich in Bar zu begleichen. Es entsteht eine Schuld, welche als Verbindlichkeit aus Lieferungen und Leistungen (LL-Verbindlichkeit) bezeichnet wird.

(2e) *Warenvorrat*  
 (2c) *VSt*  
 an *LL-Verbindlichkeit*

**BS 3:** Verbuchung des Ziel-Computer-Kaufs (Nettomethode)

Ad BS 3) Durch die Haben-Buchung auf dem passiven Bestandskonto LL-Verbindlichkeiten entstehen für die Soll-Buchungen auf den aktiven Bestandskonten MAT-Warenvorrat bzw. VSt-Forderung Bilanzverlängerungen der Form 2e bzw. 2c vor.

Abbildung 17 zeigt den Geschäftsfall der Bilanzverlängerung im REA-Modell.

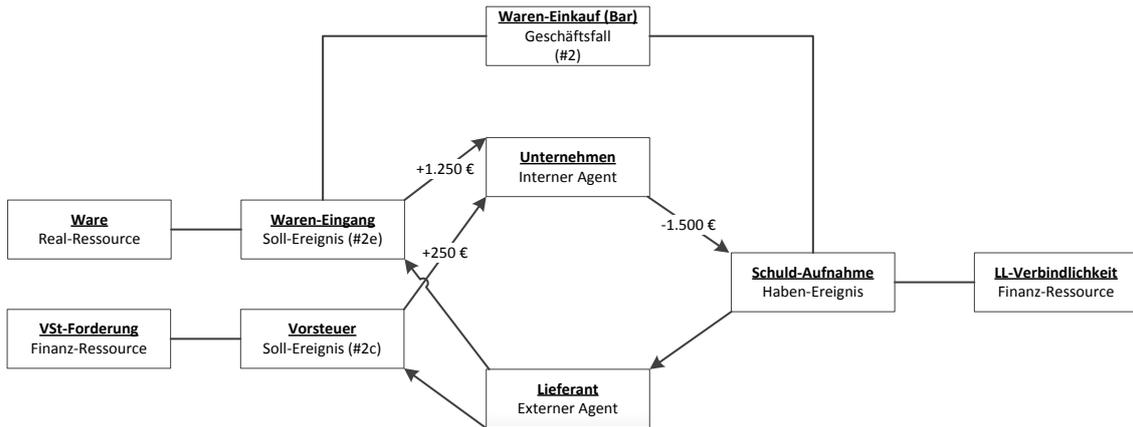


Abbildung 17: Waren-Einkauf auf Ziel (Nettomethode) – REA-Modellierung

Geschäftsfall: Bilanzverkürzung (#4) – REA-Modellierung

Nunmehr wird die aus dem Ziel-Computer-Kauf entstandene LL-Verbindlichkeit zurückbezahlt.

(4a) *LL-Verbindlichkeit*  
an *Kassa*

BS 4: Verbuchung der LL-Verbindlichkeit-Tilgung in Bar

Ad BS 4) Durch die Soll-Buchung auf dem passiven Bestandskonto LL-Verbindlichkeit wird die Schuld getilgt. Die Haben-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto zeigt den Geldabfluss an. Dabei handelt es sich um eine zahlungswirksame Bilanzverkürzung 4a.

Abbildung 18 zeigt den Geschäftsfall der Bilanzverkürzung im REA-Modell.

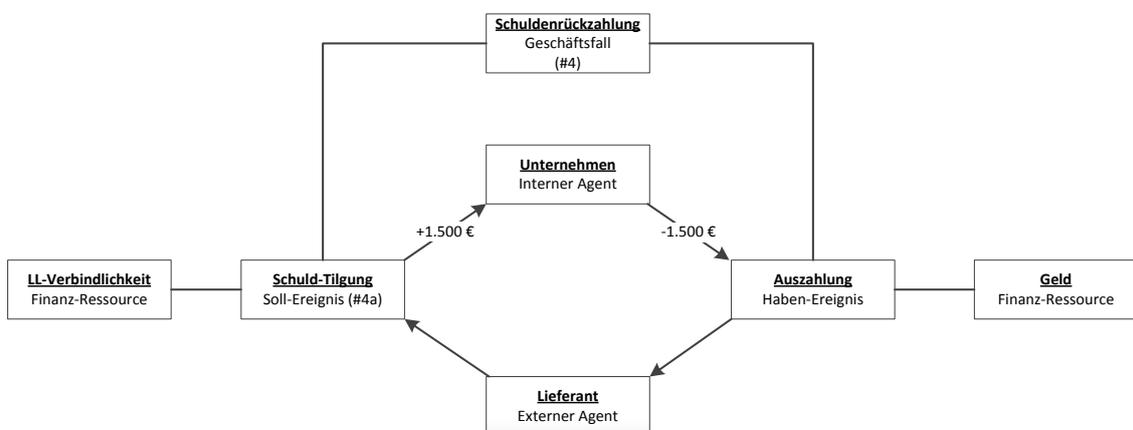


Abbildung 18: Schuldenrückzahlung in Bar – REA-Modellierung

**Geschäftsfall: Passivtausch (#3) – REA-Modellierung**

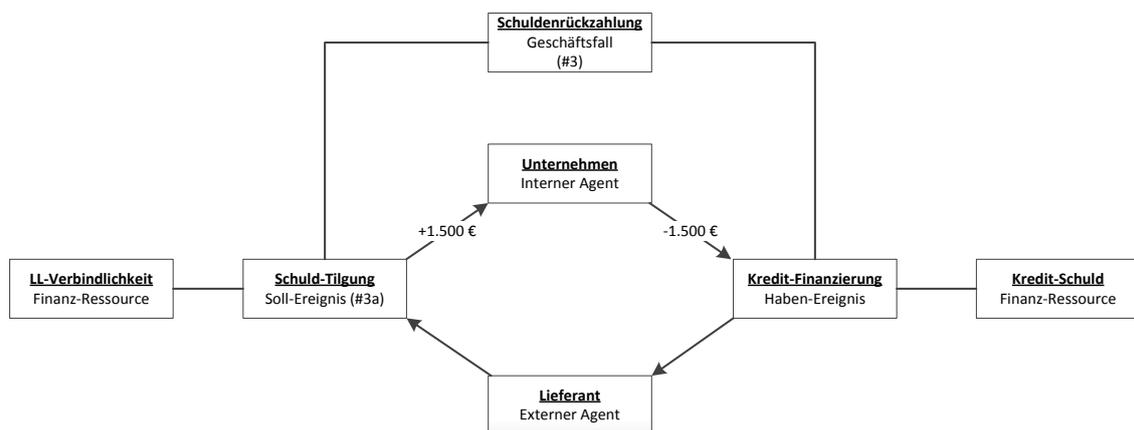
Die LL-Verbindlichkeit könnte auch zurück gezahlt werden, wenn zugleich ein Kredit in Höhe der Verbindlichkeit aufgenommen wird. Das ist aber nur möglich, wenn das Unternehmen vom Lieferanten einen Kredit erhält. Der aufgenommene Kredit muss später klarer Weise auch wieder zurück bezahlt werden.

(3a) LL Verbindlichkeit  
an Kredit

**BS 5:** Verbuchung der LL-Verbindlichkeit-Tilgung durch Kreditaufnahme

Ad BS 5) Durch die Soll- und Haben-Buchungen auf jeweils passiven Bestandskonten in Form der LL-Verbindlichkeit und des Kredits handelt es sich dabei um einen Passivtausch.

Abbildung 19 zeigt den Geschäftsfall des Passivtauses im REA-Modell.



**Abbildung 19:** Schuldentrückzahlung durch Kredit-Finanzierung – REA-Modellierung

**Geschäftsfall: Aufwand (#5 und #6) – REA-Modellierung**

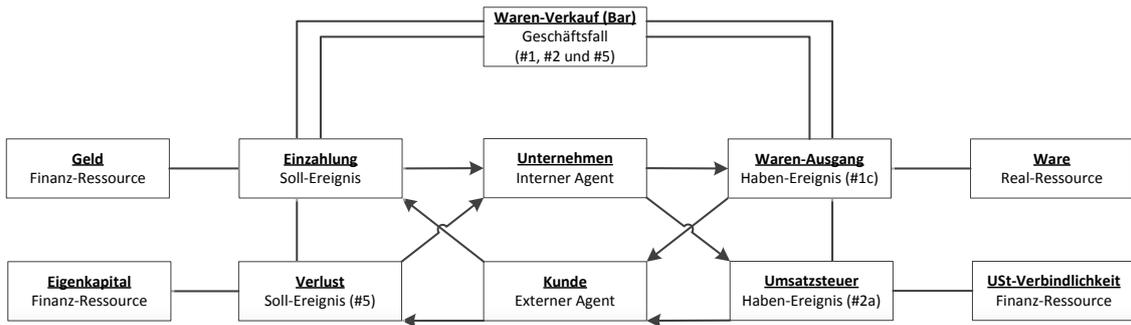
Jetzt wird der gekaufte Computer weiter verkauft. Der dabei erzielte Verkaufspreis liegt unter dem Einkaufspreis, sodass ein Verlust entsteht, welcher als Aufwand verbucht wird.

Kassa  
(5) Verlust  
an  
(1c) Warenvorrat  
(2a) USt

**BS 6:** Verbuchung des Waren-Verkaufs in Bar mit Verlust und USt

Ad BS 6) Der Verlust wird durch die Soll-Buchung auf einem Aufwandskonto des Eigenkapitalkontos verbucht. Durch die Buchung auf dem Aufwandskonto zeigt sich der Verlust in der Gewinn- und Verlustrechnung.

Abbildung 20 zeigt den beim Verkauf entstandenen Verlust durch die Abnahme des Eigenkapitals.



**Abbildung 20:** Verbuchung des Waren-Verkaufs in Bar mit Verlust und USt

**Geschäftsfall: Ertrag (#7 und #8) – REA-Modellierung**

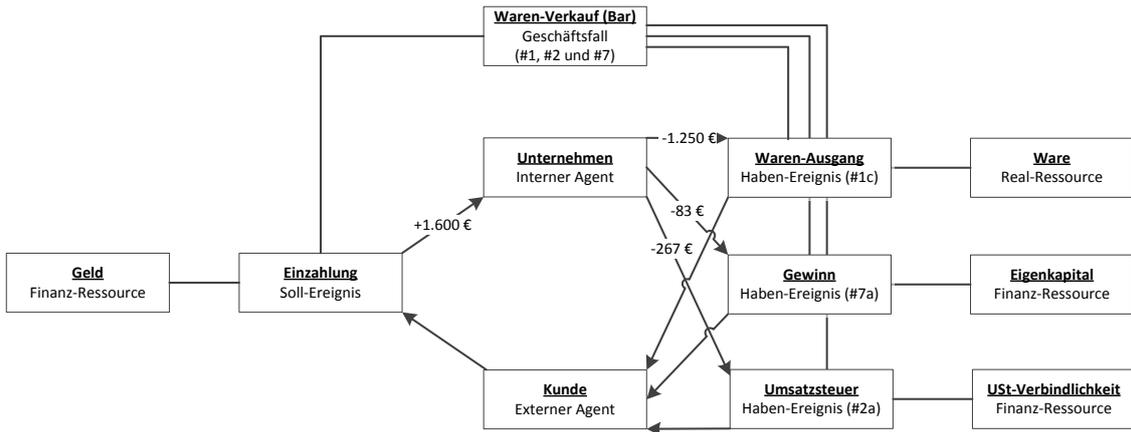
Übersteigt der beim Verkauf erzielte Verkaufspreis des Computers den beim Einkauf bezahlten Einkaufspreis, dann entsteht ein Gewinn. Der Gewinn wird als Ertrag verbucht.

<i>Kassa</i>
<i>an</i>
(1c) <i>Warenvorrat</i>
(7a) <i>Gewinn</i>
(2a) <i>USt</i>

**BS 7:** Verbuchung des Waren-Verkaufs in Bar mit Gewinn und USt

Ad BS 7) Der Gewinn wird durch die Haben-Buchung auf einem Ertragskonto des Eigenkapitalkontos verbucht. Durch die Buchung auf dem Ertragskonto zeigt sich der Gewinn in der Gewinn- und Verlustrechnung.

Abbildung 21 zeigt den beim Verkauf entstandenen Gewinn durch die Zunahme des Eigenkapitals.

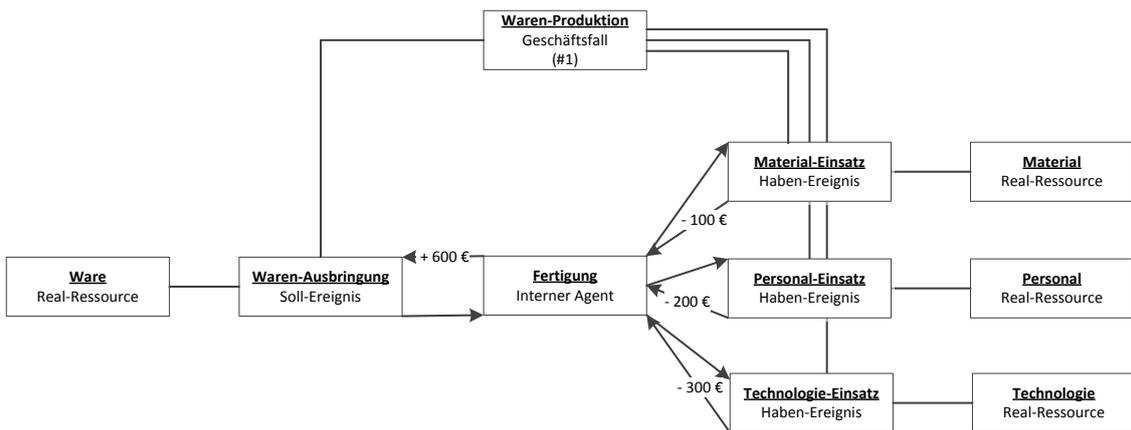


**Abbildung 21:** Waren-Verkauf in Bar mit Gewinn und MWSt – REA-Modellierung

**Geschäftsfall: Produktionsprozess als Aktivtausch (#1) – REA-Modellierung**

Bei den bisherigen Ausführungen standen sich stets ein externer und ein interner Agent gegenüber. Diese Konstellation charakterisiert *Tauschprozesse (Exchange Processes)*. Im Unterschied zu den Tauschprozessen ist bei den *Transformationsprozessen (Conversion Processes)* jeweils nur ein interner Agent beteiligt.

Abbildung 21 zeigt einen Transformationsprozess in Form eines Fertigungsprozesses. Dabei ist die Fertigung-Organisationseinheit der interne Agent, welcher die Material-, Personal- und Technologie-Ressourcen als Input-Faktoren einsetzt, und damit den Waren-Output produziert. Dieses *Input/Output-Modell* wird in der Produktionswirtschaft ausführlich erläutert.



**Abbildung 22:** Waren-Produktion – REA-Modellierung

## Finanztheorie: Bewertung von Investitionen und Finanzinstrumenten

In der Investitionsrechnung geht es um die Bestimmung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen. Dabei sind die zu tätigen Anschaffungskosten ( $I_0$ ) in der Regel bekannt und es gilt diesen die jeweiligen Barwerte<sup>9</sup> der künftigen Investitionsvorteile gegenüber zu stellen. Wenn nur eine Investitionsalternative betrachtet wird, dann geht es um die Frage, ob die Investition durchgeführt werden soll: ja oder nein? (Ja/Nein-Entscheidung). Liegen hingegen mehrere Alternativen zur Auswahl vor, dann geht es um die Frage, welche Alternative ausgewählt werden soll? (Auswahlentscheidung).

In Abbildung 23 sind die Vermögenswerte der KERZEN-EWF dargestellt. Hinter den Vermögenswerten stehen historisch getätigte Investitionen. Diese unterscheiden sich, je nachdem, welche Ressourcen dabei angeschafft wurden. Bei den Realinvestitionen sind dies die TECH- und MAT-Ressourcen und bei den Finanzinvestitionen sind es die FIN-Ressourcen. Die Investitionen in die TECH-Ressourcen stellen langfristige Bindungen dar, wohin die Investitionen in die MAT-Ressourcen kurzfristiger Natur sind. Bei den Finanzinvestitionen wird in Finanzinstrumente oder in Geldbestände (Cash) investiert. Die Finanzinstrumente haben einen vertraglich geregelten künftigen Zahlungsstrom. Bei den Realinvestitionen fehlt eine diesbezügliche vertragliche Regelung. Die künftigen Zahlungsströme der Realinvestitionen sind viel schwieriger zu bestimmen und sie sind stets unsichere Größen.

Bilanzpositionen (Aktiva)		Anfangsbil.	Schlussbil.	Real-/Finanz-Investitionen
Anlagevermögen	Immaterielle Vermögensgegenstände	0	0	Real-Investition
	bebaute Grundstücke      Grundstück	251.057	251.057	Real-Investition
	Gebäude	476.200	450.220	Real-Investition
	Maschinen und maschinelle Anlagen	14.510	6.804	Real-Investition
	Betriebs- und Geschäftsausstattung	44.998	37.195	Real-Investition
	Beteiligungen	0	0	Finanz-Investition
	Wertpapiere des Anlagevermögens	18.485	16.681	Finanz-Investition
Umlaufvermögen	Roh- und Hilfsstoffe	6.665	5.306	Real-Investition
	Betriebsstoffe	960	765	Real-Investition
	Fertigerzeugnisse	97.705	99.988	Real-Investition
	Handelswaren	13.524	14.396	Real-Investition
	Forderungen aus LL	133.471	105.935	Finanz-Investition
	sonst. Ford. und Verm.Gegenstände	7.468	5.468	Finanz-Investition
	Kassenbestand	3.593	3.508	Cash
	Rechnungsabgrenzungsposten (aktiv)	5.424	2.677	Finanz-Investition
Bilanzsumme	1.074.060	1.000.000		

**Abbildung 23:** Real- und Finanz-Investitionen – Darstellung in der Bilanz

<sup>9</sup> Zumal bei der Barwertberechnung der Zeitwert des Geldes berücksichtigt wird, handelt es sich dabei um die dynamische Investitionsrechnung.

## Prospektive Investitionsrechnung: Bewertung und Beurteilung von Real-Investitionen

Die Barwertbestimmung bei Realinvestitionen erfolgt zumeist nach dem traditionellen Barwertmodell, wobei entweder von deterministischen (sicheren) oder von stochastischen (unsicheren bzw. riskanten) zukünftigen Zahlungsströmen ausgegangen wird.

### DCF-Rechnung: Bewertung von Real-Investitionen in Abhängigkeit von Cash Flow-Eigenschaften

Bei den Realinvestitionen werden verschiedene Kategorien unterschieden, u.z.

- Ersatzinvestition, wobei ein Investitionsgut durch ein anderes ersetzt wird,
- Erweiterungsinvestition, wobei die Produktionskapazität durch ein weiteres Investitionsgut erweitert wird und
- Rationalisierungsinvestition, wobei ein Investitionsgut durch ein technologisch verbessertes Investitionsgut ersetzt wird.

Zur Bewertung der verschiedenen Investitionen wird der Kapitalwert ( $KW_0$ ) gebildet, wobei es sich um die Differenz aus dem Barwert der künftigen Zahlungsströme und den anfänglichen Anschaffungskosten (Investitionsbetrag) handelt.

$$(3) \quad KW_0 = BW_0 - I_0$$

wobei

$BW_0$	Barwert im Zeitpunkt $t_0$ aller künftigen Zahlungen (Einzahlungsüberschüsse)
$I_0$	Anschaffungskosten (Investitionsbetrag) im Zeitpunkt $t_0$
$KW_0$	Kapitalwert im Zeitpunkt $t_0$

Der dazu benötigte Barwert bestimmt sich aus der traditionellen Barwertfunktion, wobei der Einfachheit halber in der Praxis vielfach von einem deterministischen künftigen Zahlungsstrom ausgegangen wird. Gleichung (4) enthält das traditionelle Barwertmodell. Zur Kalibrierung des Modells wird der sich auf die Gesamtdauer der Investition beziehende Swapsatz ( $R_{0,T}^S$ ) verwendet.

$$(4) \quad \begin{aligned} BW_0 &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + R_0)^{T_{0,t}}} \\ &= \sum_{t=1}^T CF_t \cdot AZF_{0,t} \end{aligned}$$

mit

$$R_0 = R_{0,T}^S$$

In Tabelle 3 wird eine Realinvestition unter Verwendung des traditionellen Barwertmodells bewertet. Im ersten Schritt müssen dazu die künftigen Zahlungsströme bestimmt werden. Dazu wird das auf die Kosten- und Leistungsrechnung basierte *KFR-Cash Flow-Modell* verwendet. Beim KFR-CF-Modell wird der Einzahlungsüberschuss (Cash Flow) pro Periode aus der Differenz der Umsatzerlöse ( $UMS_t$ ) und der zahlungswirksamen Periodenkosten, welche aus den variablen MAT-Kosten ( $K_{MAT,t}$ ), den variablen PERS-Kosten ( $K_{PERS,t}$ ) und den variablen TECH-Kosten in Form der Betriebskosten ( $K_{TECH,t}$ ) bestehen, bestimmt.

$$(5) \quad CF_t = UMS_t - K_{MAT,t} - K_{PERS,t} - K_{TECH,t}$$

**Praktische Empfehlung** zur Cash Flow-Bestimmung:

Auch wenn es in der Investitionsrechnung um künftige Zahlungsströme geht, empfiehlt es sich zur Systematisierung der mit einer Investition verbundenen Auszahlungen die generischen Kostenkategorien der Kosten- und Leistungsrechnung (KLR) zu verwenden, womit zumindest die konzeptionelle Vollständigkeit der Auszahlungen gesichert wird.

3 Dimensionen von Kosten	
1) Kostenarten nach Produktionsfaktoren (Kostenstruktur)	
MAT	Material (Werkstoffe, ...)
E.MAT	Einzelmaterial (bewirtschaftet: Rohstoffe, ...)
G.MAT	Gemeinmaterial (nicht bewirtschaftet)
PERS	Personal (Löhne, Provisionen, ...)
E.PERS	Einzelpersonal (bewirtschaftet: Akkordarbeit)
G.PERS	Gemeinpersonal (nicht bewirtschaftet)
TECH	Technologie (ggf. auch als Struktur für IT)
TECH1	Betrieb (Raum, Betriebsstoffe, ...)
TECH2	Nutzung (Abschreibung, ...)
TECH3	Kapital (Zinsen, ...)
TECH4	Instandhaltung (inkl. Versicherung, ...)
TECH5	IT-Stützleistung
FIN	Geldkosten (exkl. Zinsen)
SONST	Sonstige Kosten
-----	
FL	Fremdleistung (Vorleistungen, ...)
2) Kostenverhalten bei Änderung der Leistung (Kostendynamik)	
f	fixe Kosten (leistungsunabhängig)
v	variable Kosten (leistungsabhängig)
Variator	Anteil der variablen Kosten (in %)
3) Zurechnung der Kosten auf die Leistungen (Kostenzurechnung)	
EK	direkte Zurechnung (Einzelkosten)
GK	indirekte Zurechnung (Gemeinkosten)

**Tabelle 2:** Systematische Strukturierung von Kosten in der KLR

Tabelle 2 enthält die generischen Kostenkategorien in Form der MAT-, PERS- und TECH-Kosten. Die MAT-Kosten sind in der Regel zahlungswirksame Einzelkosten. Die PERS-Kosten sind in der Regel ebenfalls zahlungswirksame Einzel- bzw. Gemeinkosten. Bei den

TECH-Kosten gibt es verschiedene Subkategorien, wobei insbesondere die TECH2-Kosten, wobei es sich im Wesentlichen um die Kapazitätskosten in Form der Abschreibungen handelt, nicht zahlungswirksam sind. Die TECH3-Kosten sind die Kapitalkosten. Ihre Einbeziehung und Berechnung ist situativ<sup>10</sup> unterschiedlich.

Der sich daraus ergebende künftige Zahlungsstrom wird unter Verwendung der Fristigkeiten und des Abzinsungssatzes in Höhe des sich auf die Investitionsdauer beziehenden Swapsatzes abgezinst. Dazu werden die Abzinsungsfaktoren für die verschiedenen Fristigkeiten berechnet. Die Barwerte der einzelnen Zahlungen ergeben sich durch Multiplikation der jeweiligen Zahlungen mit den laufzeitkonformen Abzinsungssätzen. Aus der Addition der einzelnen Barwerte resultiert der Barwert des künftigen Zahlungsstroms ( $BW_0$ ) der Realinvestition.

Sicherer Zahlungsstrom	t0	t1	t2	t3	t4	t5	Zeitpunkte (t)
$UMS_t$		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Umsatz
$K_{MAT,t}$		-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	Materialkosten
$K_{PERS,t}$		-30,00	-30,00	-30,00	-30,00	-30,00	Personalkosten
$K_{TECH1,t}$		-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	Betriebskosten (Tech1)
$CF_t$		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	künftiger Cash Flow
$T_{0,t}$		1	2	3	4	5	Fristigkeit (in y)
$R_{0,5}^S$		6%	6%	6%	6%	6%	Swap-Satz
$R_0 = R_{0,5}^S$		6%	6%	6%	6%	6%	Abzinsungssatz
$AZF_{0,t} = (1+R_0)^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8900	0,8396	0,7921	0,7473	Abzinsungsfaktor
$CF_t BW_0 = CF_t \cdot AZF_{0,t}$		37,74	35,60	33,58	31,68	29,89	$CF_t$ -Barwert
$BW_0 = \sum CF_t BW_0$	168,49						CF-Barwert
$I_0$	100,00						Investitionsbetrag
$KW_0 = BW_0 - I_0$	68,49						Kapitalwert
$R_0^E$	28,65%						Effektivzinssatz
$R_0^E$		28,65%	28,65%	28,65%	28,65%	28,65%	Effektivzinssatz
$AZF_{0,t}^E = (1+R_0^E)^{-T_{0,t}}$		0,7773	0,6042	0,4696	0,3651	0,2838	Eff.Zins-Abzinsungsfaktor
$CF_t BW_0^E = CF_t \cdot AZF_{0,t}^E$		31,09	24,17	18,79	14,60	11,35	Eff.Zins- $CF_t$ -Barwert
$BW_0^E = \sum CF_t BW_0^E$	100,00						Eff.Zins- $CF_t$ -Barwert
$RBF_0$	4,21						Rentenbarwertfaktor
$KWA = KW_0 / RBF_0$	16,26						KW-Annuität

**Tabelle 3:** Real-Investitionen mit sicherem Cash Flow – DCF-Bewertung

Dieser Barwert wird gemäß Gleichung (3) mit den Anschaffungskosten (Investitionsbetrag) verglichen, woraus sich der Kapitalwert ( $KW_0$ ) berechnet. Ein positiver Kapitalwert zeigt die Vorteilhaftigkeit der Investition an, zumal die Investition künftig mehr einbringt<sup>11</sup>, als sie anfänglich an Anschaffungskosten verursacht.

<sup>10</sup> So dürfen in der gesetzlichen Kosten- und Leistungsrechnung nur die tatsächlich bezahlten Zinsen als Kapitalkosten angesetzt werden. Zu Kalkulationszwecken werden hingegen häufig kalkulatorische Zinsen angesetzt, welche sich auf das betriebsnotwendige Kapital beziehen. Bei der Berechnung des ökonomischen Erfolges in Form des Economic Value Added (EVA) werden risikoadjustierte Zinssätze verwendet.

<sup>11</sup> Die Beurteilung des künftigen Zahlungsstroms erfolgt dem Barwertmodell entsprechend barwertig, sodass der Zeitwert des Geldes bei dieser Beurteilung berücksichtigt wird. Die Investitionsrechnung ist folglich dynamischer Natur.

Alternativ zum Kapitalwert kann auch der *Effektivzinssatz* zur Beurteilung von Investition verwendet werden. Dieser Zinssatz berechnet sich – wie in Gleichung (6) gezeigt – durch Gleichsetzung des Barwertes mit den Anschaffungskosten. Im Unterschied zum traditionellen Barwertmodell wird bei der Barwertberechnung allerdings nicht der Swapsatz, sondern der zu bestimmende Effektivzinssatz verwendet. Der Effektivzinssatz ist somit die gesuchte Größe dieser mathematischen Gleichung. Beträgt die Investitionsdauer zwei Jahre, dann lässt sich der Effektivzinssatz analytisch bestimmen. Geht die Laufzeit darüber hinaus, dann muss er numerisch<sup>12</sup> bestimmt werden.

$$(6) \quad \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + R_0^E)^{T_{0,t}}} = I_0$$

wobei

$R_0^E$  Effektivzinssatz im Zeitpunkt  $t_0$

Der Effektivzinssatz, welcher auch als *interner Zinssatz* (Internal Rate of Return) bezeichnet wird, ist ein für die verschiedenen Fristigkeiten konstant gehaltener Zinssatz<sup>13</sup>. Die Höhe dieses Zinssatzes ist gerade so, dass der Barwert der künftigen Zahlungen den Anschaffungskosten entspricht. Der Effektivzins wird alternativ zum Kapitalwert als Entscheidungskriterium verwendet. Eine Realinvestition erweist sich unter Verwendung dieses Kriteriums als rentabel, wenn der Effektivzinssatz größer als der Abzinsungssatz ist. Aus der Menge aller rentablen Realinvestitionen ist jene Investition vorzuziehen, welche den höchsten Effektivzins aufweist.

Nunmehr wird die bislang zur Vereinfachung unterstellte Annahme von sicheren künftigen Zahlungsströmen aufgehoben. Die künftigen Zahlungsströme werden als unsicher betrachtet. Die nunmehr zusätzlich eingeführte Unsicherheit wird im einfachsten Fall pauschal über einen Risikozuschlag im Abzinsungsfaktor berücksichtigt. In Gleichung (K1) wird in der traditionellen Barwertfunktion ein risikoadjustierter Abzinsungsfaktor ( $R_0^{adj}$ ) verwendet, welcher über den der Investitionsdauer entsprechenden Swapsatz sowie einem 2%-igen Risikozuschlag ( $RZ_{0,T}$ ) kalibriert wird.

<sup>12</sup> In einem Tabellenkalkulationsprogramm stehen dazu entsprechende Funktionen zur Verfügung. In MS-Excel ist dies beispielsweise die Solver-Funktion.

<sup>13</sup> Die Konstanz des Effektivzinssatzes  $R_0$  ist daran zu erkennen, dass er nur einen Subindex hat, welcher den Zeitpunkt seiner Berechnung angibt.

$$\begin{aligned}
 BW_0 &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + R_0^{adj})^{T_{0,t}}} \\
 &= \sum_{t=1}^T CF_t \cdot AZF_0^{adj}
 \end{aligned}$$

(K1) mit

$$\begin{aligned}
 R_0^{adj} &= R_{0,T}^S + RZ_{0,T} \\
 &= 6\% + 2\% = 8\%
 \end{aligned}$$

In Tabelle 4 wird der risikoadjustierte Abzinsungsfaktor zur Abzinsung des künftigen Zahlungsstroms verwendet. Im Unterschied zum sicheren Zahlungsstrom ergeben sich dabei aufgrund des Risikozuschlages niedrigere Abzinsungssätze, welche sodann den Barwert der künftigen Zahlungen reduzieren. In der Folge reduziert sich dann auch der Kapitalwert.

Unsicherer Zahlungsstrom	t0	t1	t2	t3	t4	t5	Zeitpunkte (t)
UMS <sub>t</sub>		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Umsatz
K <sub>MAT,t</sub>		-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	Materialkosten
K <sub>PERS,t</sub>		-30,00	-30,00	-30,00	-30,00	-30,00	Personalkosten
K <sub>TECH1,t</sub>		-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	-20,00	Betriebskosten (Tech1)
CF <sub>t</sub>		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	künftiger Cash Flow
T <sub>0,t</sub>		1	2	3	4	5	Fristigkeit/Zeitraum (in y)
R <sub>0,5</sub> <sup>S</sup>		6%	6%	6%	6%	6%	Swap-Satz
RZ <sub>0,T</sub>		2%	2%	2%	2%	2%	Risikozuschlag
R <sub>0</sub> <sup>adj</sup> = R <sub>0,5</sub> <sup>S</sup> + RZ <sub>0,5</sub>		8%	8%	8%	8%	8%	adj. Abzinsungssatz
AZF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> = (1+R <sub>0</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>-T<sub>0,t</sub></sup>		0,9259	0,8573	0,7938	0,7350	0,6806	adj. Abzinsungsfaktor
CF <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> <sup>adj</sup> = CF <sub>t</sub> *AZF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup>		37,04	34,29	31,75	29,40	27,22	adj-CF <sub>t</sub> -Barwert
BW <sub>0</sub> <sup>CF,adj</sup> = Σ CF <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> <sup>adj</sup>	159,71						adj-CF-Barwert
I <sub>0</sub>	100,00						Investitionsbetrag
KW <sub>0</sub> <sup>adj</sup> = BW <sub>0</sub> <sup>CF,adj</sup> - I <sub>0</sub>	59,71						adj-Kapitalwert
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	28,65%						Effektivzinssatz
R <sub>0</sub> <sup>E,adj</sup> = R <sub>0</sub> <sup>E</sup>		28,65%	28,65%	28,65%	28,65%	28,65%	Effektivzinssatz
AZF <sub>0,t</sub> <sup>E</sup> = (1+R <sub>0</sub> <sup>E</sup> ) <sup>-T<sub>0,t</sub></sup>		0,7773	0,6042	0,4696	0,3651	0,2838	Eff.Zins-Abzinsungsfaktor
CF <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> <sup>E</sup> = CF <sub>t</sub> *AZF <sub>0,t</sub> <sup>E</sup>		31,09	24,17	18,79	14,60	11,35	Eff.Zins-CF <sub>t</sub> -Barwert
BW <sub>0</sub> <sup>CF,E</sup> = Σ CF <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> <sup>E</sup>	100,00						Eff.Zins-CF-Barwert
RBF	2,50						Rentenbarwertfaktor
KWA = KW <sub>0</sub> / RBF	23,88						KW-Annuität

**Tabelle 4:** Real-Investitionen mit unsicherem Cash Flow – DCF-Bewertung

Der Effektivzins verändert sich hingegen nicht, zumal seine Berechnung nicht über den Bar- oder Kapitalwert, sondern über die Anschaffungskosten, welche gleich geblieben sind, erfolgt.

### CF-Fixierte Finanz-Investitionen: Erstbewertung am Interbanken-Markt

Finanzinvestitionen unterscheiden sich von den Realinvestitionen in mehrfacher Hinsicht:

- 1) Bei den Finanzinvestitionen handelt es sich um Finanzinstrumente, wobei der künftige Zahlungsstrom einer vertraglichen Regelung unterliegt.

- 2) Die Bewertung von Finanzinstrumenten ist finanztheoretisch fundiert und zum Großteil weltweit standardisiert.
- 3) Finanzinstrumente werden vielfach auf liquiden Kapitalmärkten<sup>14</sup> gehandelt, sodass eine Desinvestition vielfach jederzeit möglich ist.
- 4) Finanzinstrumente können in kleinen Einheiten gekauft bzw. verkauft werden, sodass sich die vielfältigsten Portfoliokonstruktionen bilden lassen.
- 5) Kapitalmärkte werden teilweise reguliert<sup>15</sup>. So gibt es verschiedene Bestimmungen z.B. für die Emission von Wertpapieren und ihren Handel an Börsen bzw. auf dem Kreditmarkt zum Schutze der Konsumenten.

### Compliance-Anforderungen: Konsumentenschutz im Kreditbereich

Im Kreditbereich ist der Konsumentenschutz in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Die Kredite, welche aus Bankensicht Finanzinvestitionen darstellen, werden von den Konsumenten (Privatkunden), wobei es sich um die Kreditnehmer handelt, aufgrund ihrer abstrakten Konstruktion oft nur mangelhaft verstanden. Aus diesem Grunde werden an dieser Stelle zwei wichtige Konzepte sozusagen als Einstieg in die Erörterung von Finanzinvestitionen voran gestellt.

#### **Konsumentenschutz-Compliance:**

*Sollzins* (Borrowing Rate) [RLVKe05, S. 22]: den als festen oder variablen periodischen Vomhundertsatz ausgedrückten Zinssatz, der für einen bestimmten Zeitraum auf die im Rahmen des Kreditvertrags in Anspruch genommenen Beträge angewandt wird.

*Effektiver Jahreszins* (Annual Percentage Rate of Charge) [RLVK05, S. 23]: die Gesamtkosten des Kredits für den Verbraucher, die als jährlicher Vomhundertsatz des Kredits ausgedrückt sind.

Der Sollzins, welcher nachfolgend vorzugsweise als *Nominalzins* bezeichnet wird, bezieht sich auf die in Anspruch genommenen Beträge, welche üblicherweise als *Nennwerte* bzw. *Nominalwerte* bezeichnet werden. Der Nennwert (*NW*) entspricht dem Rückzahlungsbetrag, welcher in Summe über die Kreditlaufzeit auch zurück bezahlt werden muss. Darüber hinaus dient der Nennwert auch als Bezugsgröße für den Nominalzins ( $R_0^N$ ), welcher bei Krediten als Sollzins und bei Anleihen als Kuponzins bezeichnet wird.

Die Gesamtkosten des Kredites, welche auch als Kreditkosten bezeichnet werden, umfassen neben den Nominalzinsen auch noch die diversen Abschläge, welche in Form von Gebühren, Spesen sowie Disagios in Abzug gebracht werden. Die als Prozentsatz ausgedrückten Gesamt-

<sup>14</sup> In der aktuellen Finanzkrise herrscht aber gerade eine markante Illiquidität auf den Kapitalmärkten.

<sup>15</sup> In der aktuellen Finanzkrise werden weiter gehende Regulierungen der Kapitalmärkte diskutiert.

kosten werden als effektiver Jahreszins bezeichnet. In der FIWI-Ontologie handelt es sich dabei um den *Effektivzinssatz*.

### Interbanken-Barwertfunktion: Barwert als Funktion von Zahlungen, Fristigkeiten und Zinssätzen

Mittlerweile sind die Finanzmärkte weltweit ziemlich standardisiert. Ein wichtiger Markt ist der Interbankenmarkt, wo sich Banken untereinander Geld aus- und verleihen. Die Bewertung der dabei gekauften und verkauften Finanzinstrumente erfolgt nach einer modifizierten Variante der traditionellen Barwertfunktion, welches in Gleichung (7) vorgestellt wird.

$$\begin{aligned}
 \overbrace{BW_0}^{\text{Interbanken Barwertfunktion}} &= \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + R_{0,t})^{T_{0,t}}} = BW_0(C_t, T_{0,t}, R_{0,t}) \\
 &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot \frac{1}{(1 + R_{0,t})^{T_{0,t}}} \\
 (7) \quad &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot DF_{0,t}
 \end{aligned}$$

Dabei zeigen sich zwei Modifikationen: Erstens werden die künftigen Zahlungen des Zahlungsstroms nicht mehr mit  $CF_t$ , sondern nunmehr mit  $C_t$  abgekürzt. Diese Umstellung der Notation soll verdeutlichen, dass nunmehr eine genauere Messung der Zahlungszeitpunkte zur Anwendung kommt. Bei den Finanzinvestitionen wird nämlich taggenau gerechnet, wobei auch Feiertage – als Tage an denen keine Zahlungen statt finden – entsprechend zu berücksichtigen sind. Zweitens werden nicht mehr Abzinsungssätze ( $R_0$ ), sondern Zinssätze ( $R_{0,T}$ ) verwendet. Die Zinssätze haben zwei Subindizes, wobei der erste den Startpunkt und der zweite den Endpunkt des Zeitraumes anzeigt, auf den sich der Zinssatz bezieht. Die Zinssätze haben somit eine explizite Fristigkeit, was sie von den Abzinsungssätzen essentiell unterscheidet. Zur Verdeutlichung der Verwendung von Zinssätze anstatt des Abzinsungssatzes bei der Diskontierung werden die diesbezüglichen Faktoren nicht mehr mit Abzinsungsfaktoren, sondern mit Diskontfaktoren bezeichnet.

In Tabelle 5 wird eine Finanzinvestition in Form eines fixierten Finanzinstruments bewertet. Bei diesem Finanzinstrument ist der künftige Zahlungsstrom insofern fixiert, als jährlich Zinszahlungen in Höhe des sich auf den Nennwert beziehenden Nominalzinssatzes geleistet werden und am Laufzeitende der Nennwert zurück bezahlt wird. Somit handelt es sich beim fixierten Finanzinstrument um ein zinstragendes, endfälliges Instrument bzw. um ein fest verzinste endfälliges Finanzinstrument.

fest verzinsten Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
R <sub>0</sub> <sup>N</sup>	4,00%			Nominalzinssatz
I <sub>0</sub> = BW <sub>0</sub>	99,06			Kaufpreis
TZ <sub>T</sub> (= NW <sub>0</sub> )			100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00	4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub>		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
T <sub>0,t</sub>		1	2	Fristigkeit (in y)
R <sub>0,t</sub>		4,00%	4,51%	Zinssatz
DF <sub>0,t</sub> = (1+R <sub>0,t</sub> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub>		3,85	95,22	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	99,06			
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	0,94			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	4,50%			Effektivzinssatz

**Tabelle 5:** Fest verzinsten Finanz-Investition – Erstbewertung am Interbanken-Markt

Der künftige Zahlungsstrom wird unter Verwendung der Zinssätze abgezinst. Die für ein bzw. zwei Jahre verwendeten Zinssätze sind nunmehr unterschiedlich. Dies unterscheidet die fristenkonformen Zinssätze vom Abzinsungssatz, wo für alle Fristigkeiten ein gleich hoher Zins verwendet wird. Mit den beiden sich aus den Zinssätzen ergebenden Diskontfaktoren werden die zwei künftigen Zahlungen abgezinst. Der Barwert liegt unter dem Nennwert, was ein *Disagio* (Abschlag) anzeigt. Im Effektivzins wird dieser Abschlag berücksichtigt, sodass er höher ist als der Nominalzins. Dabei wird der Effektivzinssatz über die Gleichung (K2) bestimmt.

$$\begin{aligned}
 (K2) \quad R_0^E &= \frac{-C_1 - \sqrt{C_1^2 - 4 \cdot (-I_0) \cdot C_2}}{2 \cdot (-I_0)} - 1 \\
 &= \frac{-4 - \sqrt{4^2 - 4 \cdot (-99,06) \cdot 104}}{2 \cdot (-99,06)} - 1 = 4,50\%
 \end{aligned}$$

Zur Funktion (K2) gelangt man, indem man die sich in (8) aus der Gleichsetzung des Barwertes mit den Anschaffungskosten resultierende mathematische Gleichung nach dem Effektivzinssatz auflöst.

$$\begin{aligned}
 \sum_{t=1}^2 \frac{C_t}{(1+R_0^E)^{T_{0,t}}} &= \frac{C_1}{(1+R_0^E)^1} + \frac{C_2}{(1+R_0^E)^2} \stackrel{!}{=} I_0 \\
 C_1 \cdot (1+R_0^E)^{-1} + C_2 \cdot (1+R_0^E)^{-2} &= I_0 \quad / \cdot (1+R_0^E)^2 \\
 -I_0 \cdot (1+R_0^E)^2 + C_1 \cdot (1+R_0^E)^1 + C_2 &= 0 \\
 (8) \quad -I_0 \cdot x^2 + C_1 \cdot x^1 + C_2 &= 0 \\
 x &= \frac{-C_1 - \sqrt{C_1^2 - 4 \cdot (-I_0) \cdot C_2}}{2 \cdot (-I_0)} = 1 + R_0^E \\
 R_0^E &= \frac{-C_1 - \sqrt{C_1^2 - 4 \cdot (-I_0) \cdot C_2}}{2 \cdot (-I_0)} - 1
 \end{aligned}$$

### Finanz-Investition: Pari-Bewertung eines fixierten Finanzinstruments

Nunmehr wird der Nominalzinssatz derart gewählt, dass das fest verzinste endfällige Finanzinstrument einen Barwert in Höhe des Nennwertes aufweist. Dabei handelt es sich um eine Pari- bzw. Par-Bewertung, sodass weder ein Disagio noch ein Agio (Zuschlag) anfällt.

$$\begin{aligned}
 \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+R_{0,t}^E)^{T_{0,t}}} &= BW_0 \stackrel{!}{=} NW_0 \\
 \sum_{t=1}^T \frac{K_0^P}{(1+R_{0,t}^E)^{T_{0,t}}} + \frac{NW_0}{(1+R_{0,t}^E)^{T_{0,T}}} &\stackrel{!}{=} NW_0 \\
 (9) \quad K_0^P \cdot \sum_{t=1}^T DF_{0,t} + NW_0 \cdot DF_{0,T} &= NW_0 \\
 K_0^P &= \frac{NW_0 - NW_0 \cdot DF_{0,T}}{\sum_{t=1}^T DF_{0,t}} \quad / \quad NW_0 \\
 R_0^P &= \frac{K_0^P}{NW_0} = \frac{1 - DF_{0,T}}{\sum_{t=1}^T DF_{0,t}}
 \end{aligned}$$

In Gleichung (9) wird gezeigt, wie sich aus der Gleichsetzung des Barwertes mit dem Nennwert eine mathematische Gleichung ergibt, welche nach dem Nominalzinssatz ( $R_0^P$ ) als die gesuchte Größe aufgelöst wird. Die sich daraus ergebende Funktion wird in Gleichung (K3) verwendet, um den Nominalzinssatz für das Par-notierte Finanzinstrument zu bestimmen.

$$\begin{aligned}
 (K3) \quad R_0^P &= \frac{K_0^P}{NW_0} = \frac{1 - DF_{0,T}}{\sum_{t=1}^T DF_{0,t}} \\
 &= \frac{1 - 0,9156}{0,9615 + 0,9156} = 4,50\%
 \end{aligned}$$

Aus Tabelle 6 ist ersichtlich, dass der sich mit diesem Nominalzinssatz ergebende künftige Zahlungsstrom tatsächlich zu einer Par-Bewertung führt. Weiters ergibt sich ein Effektivzinssatz, welcher sich nunmehr mit dem Nominalzinssatz deckt.

fest verzinste Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
$R_0^N = R_0^P = (1-DF_{0,2})/(DF_{0,1}+DF_{0,2})$	4,50%			Nominalzinssatz
$I_0 = BW_0$	100,00			Kaufpreis
$TZ_T = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_t = NW_0 * R_0^N$		4,50	4,50	Zinszahlung
$C_t$		4,50	104,50	<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{0,t}$		1	2	Fristigkeit (in y)
$R_{0,t}$		4,00%	4,51%	Zinssatz
$DF_{0,t} = (1+R_{0,t})^{-T_{0,t}}$		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}$		4,33	95,67	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	100,00			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	0,00			(Dis-)Agio
$R_0^E$	4,50%			Effektivzinssatz

**Tabelle 6:** Fest verzinste Finanz-Investition – Par-Bewertung und Effektivzinssatzberechnung

### Bootstrapping: Ermittlung der Zinskurve und deren Zinssätze

Im Interbanken-Barwertmodell werden Zinssätze zur Bestimmung der Diskontfaktoren verwendet. Nunmehr geht es um ihre Herleitung. Die Zinssätze werden aus den Swapsätzen der Zinskurve anhand der *Bootstrapping-Methode (Schnürsenkelverfahren)* bestimmt. Dabei wird beim einjährigen Swapsatz  $R_{0,1}^S$  begonnen, welcher dem einjährigen Zinssatz  $R_{0,1}$  entspricht. Sodann wird der zweijährige Zinssatz berechnet. Dazu wird zuerst der Diskontfaktor für die zweijährige Fristigkeit gemäß Gleichung (10) bestimmt, wozu der zweijährige Swapsatz  $R_{0,2}^S$  und der aus dem einjährigen Swapsatz mit der Fristigkeit  $T_{0,1} = 1$  berechnete Diskontfaktor  $DF_{0,1}$  benötigt wird.

$$\begin{aligned}
 DF_{0,1} &= (1 + R_{0,1}^S)^{-T_{0,1}} \\
 (10) \quad DF_{0,2} &= \frac{1 - R_{0,2}^S \cdot DF_{0,1}}{R_{0,2}^S + 1} \\
 DF_{0,3} &= \frac{1 - R_{0,3}^S \cdot (DF_{0,1} + DF_{0,2})}{R_{0,3}^S + 1} \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

Der zweijährige Diskontfaktor  $DF_{0,2}$  wird sodann über Gleichung (11) in den gesuchten zweijährigen Zinssatz  $R_{0,2}$  umgerechnet.

$$(11) \quad R_{0,T} = \left( \frac{1}{DF_{0,T}} \right)^{\frac{1}{T_{0,T}}} - 1$$

startend mit

$$R_{0,1} = R_{0,1}^S$$

Diese Prozedur wiederholt sich nunmehr für die längeren Laufzeiten. Die einzelnen Zinssätze ( $R_{0,t}$ ) für die längeren Laufzeiten werden aus den entsprechenden Swapsätzen ( $R_{0,t}^S$ ) sukzessive durch Lösung der sich jeweils ergebenden Gleichung nach dem jeweils gesuchten Diskontfaktor ( $DF_{0,t}$ ) und Umwandlung in den entsprechenden Zinssatz bestimmt.

Jahre (y)		$T_{0,t}$	Swap-Satz	$R_{0,t}^S$	Zinssatz	$R_{0,t}$	Diskontfaktor	$DF_{0,t}$
Fristigkeit	$T_{0,1}$	1	$R_{0,1}^S$	4,00%	$R_{0,1}$	4,00%	$DF_{0,1}$	0,9615
	$T_{0,2}$	2	$R_{0,2}^S$	4,50%	$R_{0,2}$	4,51%	$DF_{0,2}$	0,9155
	$T_{0,3}$	3	$R_{0,3}^S$	5,00%	$R_{0,3}$	5,03%	$DF_{0,3}$	0,8630
	$T_{0,4}$	4	$R_{0,4}^S$	5,50%	$R_{0,4}$	5,57%	$DF_{0,4}$	0,8050
	$T_{0,5}$	5	$R_{0,5}^S$	6,00%	$R_{0,5}$	6,13%	$DF_{0,5}$	0,7427

**Tabelle 7:** Bootstrapping – Berechnung der Zinssätze aus Swap-Sätzen

In Tabelle 7 werden die verschiedenen Zinssätze der Zinskurve, welche in der drittletzten Spalte zu sehen sind, aus den in der vierten Spalte angegebenen Swapsätze über die Bootstrapping-Methode abgeleitet.

$$\begin{aligned}
 DF_{0,3} &= \frac{1 - R_{0,3}^S \cdot (DF_{0,1} + DF_{0,2})}{R_{0,3}^S + 1} \\
 &= \frac{1 - 0,05 \cdot (0,9615 + 0,9155)}{0,05 + 1} = 0,8630
 \end{aligned}$$

(K4) sodass

$$\begin{aligned}
 R_{0,3} &= \left( \frac{1}{DF_{0,3}} \right)^{\frac{1}{T_{0,3}}} - 1 \\
 &= \left( \frac{1}{0,8630} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 = 5,03\%
 \end{aligned}$$

Die Gleichungen (10) und (11) beruhen auf folgender Logik. Bei den Swapsätzen handelt es sich um Par-Zinssätze, sodass ein damit fest verzinstes endfälliges Finanzinstrument einen Barwert in Höhe seines Nennwertes hat. In Gleichung (12) wird die mathematische Gleichung, welche sich durch die Gleichsetzung des Barwertes mit dem Nennwert ergibt, umgeformt und nach dem Diskontfaktor ( $DF_{0,T}$ ) mit der längsten Fristigkeit ( $T_{0,T}$ ) aufgelöst.

$$\begin{aligned}
 \sum_{t=1}^T K_{0,t}^S \cdot DF_{0,t} + NW_0 \cdot DF_{0,T} &= NW_0 \quad / \quad NW_0 \\
 \sum_{t=1}^T (K_{0,t}^S / NW_0) \cdot DF_{0,t} + 1 \cdot DF_{0,T} &= 1 \\
 (12) \quad \sum_{t=1}^T R_{0,t}^S \cdot DF_{0,t} + DF_{0,T} &= 1 \\
 \sum_{t=1}^{T-1} R_{0,t}^S \cdot DF_{0,t} + R_{0,T}^S \cdot DF_{0,T} + DF_{0,T} &= 1 \\
 DF_{0,T} &= \frac{1 - \sum_{t=1}^{T-1} R_{0,t}^S \cdot DF_{0,t}}{R_{0,T}^S + 1}
 \end{aligned}$$

Die derart gewonnen Diskontfaktoren sind schließlich noch in Zinssätze umzurechnen. Die Funktion zur Umrechnung wird in Gleichung (13) hergeleitet. Dabei wird von der Definitionsgleichung des Diskontfaktors ausgegangen, welche nach dem Zinssatz aufgelöst wird.

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{(1 + R_{0,T})^{T_{0,T}}} &= DF_{0,T} \\
 \frac{1}{DF_{0,T}} &= (1 + R_{0,T})^{T_{0,T}} \\
 (13) \quad \left( \frac{1}{DF_{0,T}} \right)^{\frac{1}{T_{0,T}}} &= 1 + R_{0,T} \\
 R_{0,T} &= \left( \frac{1}{DF_{0,T}} \right)^{\frac{1}{T_{0,T}}} - 1
 \end{aligned}$$

### Besonderheiten bei Finanz-Investitionen: "Spiegelbildlichkeit" von Investition und Finanzierung

Bei der Emission eines Finanzinstruments geht der Emittent (Verkäufer bzw. Short Position) künftige Zahlungsverpflichtungen ein (künftige Auszahlungen), wofür er im Gegenzug den Barwert dieser Zahlungen als Einzahlung erhält, was für ihn eine Finanzierung darstellt.

Der am Primär- (Emissions-) bzw. Sekundärmarkt (Wertpapier-Handel) tätige Käufer (Long Position) des Finanzinstruments, hat durch die Bezahlung des Emissions- bzw. Kaufpreises anfänglich eine Auszahlung, welcher künftige Einzahlungen folgen, was für ihn eine Investition darstellt.

In Tabelle 8 wird eine Finanzierung betrachtet. Dies ist bereits am negativen Nennwert erkennbar, welcher folglich auch zu negativen Zahlungen, d.h. zu künftigen Auszahlungen führt. Zur Bewertung werden wieder die Zinssätze der Zinskurve verwendet, sodass sich am Ergebnis bis auf das Vorzeichen gegenüber dem Fall einer Finanzinvestition nichts ändert. Gleiches gilt klarerweise auch für den nach Gleichung (8) berechneten Effektivzins, wobei allerdings auf die gewechselten Vorzeichen zu achten ist.

fest verzinste Finanzierung	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	-100,00			Nominale (Nennwert)
R <sub>0</sub> <sup>N</sup>	4,00%			Nominalzinssatz
AZB <sub>0</sub> = -BW <sub>0</sub>	99,06			Auszahlungsbetrag
TZ <sub>T</sub> = NW <sub>0</sub>			-100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		-4,00	-4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub>		-4,00	-104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
T <sub>0,t</sub>		1	2	Fristigkeit (in y)
R <sub>0,t</sub>		4,00%	4,51%	Zinssatz
DF <sub>0,t</sub> = (1+R <sub>0,t</sub> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub>		-3,85	-95,22	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	-99,06			
(D)A <sub>0</sub> = abs(NW <sub>0</sub> ) - abs(BW <sub>0</sub> )	0,94			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	4,50%			Effektivzinssatz

**Tabelle 8:** Fest verzinste Finanzierung – Spiegelbild für Kreditnehmer

### Risikokennzahlen - Macaulay Duration und modifizierte Duration

Die Duration ist eine wichtige Risikokennzahl im Zusammenhang mit dem Zinsrisiko von fest verzinnten Finanzinstrumenten. Seit den 90er Jahren wurde die Duration international sogar in Gesetzesrang erhoben.

**Risiko-Compliance:** Duration [RL 2006/49/EG L177/225]  
 28. Im Anschluss daran berechnet das Institut für jeden Schuldtitel die modifizierte Duration nach folgender Formel:  
 modifizierte Duration = ((Duration (D))/(1+r)), wobei  
 $D = ((\sum_{t=1}^m ((t C_t)/((1+r)^t)))/(\sum_{t=1}^m ((C_t)/(1+r)^t)))$   
 und:  
 R = Endfälligkeitsrendite (siehe Nummer 25)  
 C<sub>t</sub> = Barauszahlungen im Zeitraum t  
 M = Gesamtlaufzeit (siehe Nummer 25) ist.

Zum Verständnis der modifizierten Duration ist es unumgänglich, zuerst bei der Macaulay Duration zu starten. Die modifizierte Duration ( $D_{mod}$ ) wird nämlich aus der Macaulay Duration ( $D_{Mac}$ ) abgeleitet, indem die Macaulay Duration durch den aus dem Effektivzinssatz gebildeten Bruttorendite dividiert wird.

$$(14) \quad D_{mod,0} = \frac{D_{Mac,0}}{1 + R_0^E}$$

Die Macaulay Duration wird auch als mittlere Restlaufzeit eines fixierten Finanzinstrumentes bezeichnet. Dies zeigt sich in Gleichung (15), wobei die verschiedenen Fristigkeiten ( $T_{0,t}$ ) mit einem Gewichtungsterm multipliziert und die sich dabei ergebenden Produkte anschließend summiert werden. Alleine die Vorgehensweise erinnert schon an den Erwartungswertoperator.

Die Analogie wird sogar noch verstärkt, wenn man den Gewichtungsterm als ein Wahrscheinlichkeitsmaß erkennt. Ein solches Maß ist nicht negativ und die Summe über alle Maßelemente ergeben 100 %. Genau diese Eigenschaft hat auch der Gewichtungsterm. Der Barwert enthält nämlich alle diskontierten künftigen Zahlungen, sodass die durch den Barwert normierten Zahlungsbarwerte positiv sind und sich in Summe zu 1 summieren, wenn alle Zahlungen das gleiche Vorzeichen haben.

$$(15) \quad D_{Mac,0} = \sum_{t=1}^T T_{0,t} \cdot \frac{C_t}{(1 + R_0^E)^{T_{0,t}} BW_0}$$

In Tabelle 9 wird die Macaulay Duration für das fest verzinste, endfällige Finanzinstrument berechnet. Der sich dabei ergebende Wert ist kleiner als die zweijährige Laufzeit des Finanzinstruments. Der Grund liegt in der Zinszahlung, welche im Zeitpunkt  $t1$  gezahlt wird. Würde diese Zahlung fehlen, dann würde die Summe in Gleichung (15) zu einem einzigen Wert kollabieren und die Macaulay Duration wäre gleich der Laufzeit des Finanzinstruments. Wann immer also zwischenzeitliche Zahlungen vorliegen, dann ist die mittlere Laufzeit kleiner als die (tatsächliche) Laufzeit.

fest verzinste Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
R <sub>0</sub> <sup>N</sup>	4,00%			Nominalzinssatz
I <sub>0</sub> = BW <sub>0</sub>	99,06			Kaufpreis
TZ <sub>T</sub> (= NW <sub>0</sub> )			100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00	4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub>		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
T <sub>0,t</sub>		1	2	Fristigkeit (in y)
R <sub>0,t</sub>		4,00%	4,51%	Zinssatz
DF <sub>0,t</sub> = (1+R <sub>0,t</sub> ) <sup>-T<sub>0,t</sub></sup>		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub>		3,85	95,22	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	99,06			
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	0,94			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	4,50%			Effektivzinssatz
tC <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = t * C <sub>t</sub> / (1 + R <sub>0</sub> <sup>E</sup> ) <sup>T<sub>0,t</sub></sup>		3,83	190,47	Macaulay Duration (in y)
D <sub>Mac,0</sub> = Σ tC <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> / BW <sub>0</sub>	1,96			
D <sub>mod,0</sub> = D <sub>Mac,0</sub> / (1 + R <sub>0</sub> <sup>E</sup> )	1,88			mod. Duration (in %)

**Tabelle 9:** Fest verzinste Finanz-Investition – Macaulay und modifizierte Duration

Tabelle 9 enthält darüber hinaus auch noch die modifizierte Duration. Durch die Division der Macaulay Duration mit der aus dem Effektivzinssatz berechneten Bruttorendite, welche größer Eins ist, ist die modifizierte Duration kleiner als die Macaulay Duration.

Zum korrekten Verständnis der modifizierten Duration bedarf es noch einer zusätzlichen Überlegung. U.z. gilt es die zweite hinter der Macaulay-Duration stehende Logik zu erfassen. Die

Macaulay Duration ist nämlich nicht nur ein Maß für die mittlere Restlaufzeit. Sie ist auch eine Elastizität. Um dies zu sehen, wird in Gleichung (16) vom traditionellen Barwertmodell unter Verwendung des Effektivzinssatzes als Abzinssungssatz ausgegangen. Diese Barwertfunktion wird zuerst umgestellt, dann nach der für die Bruttorendite substituierten Variable  $x$  abgeleitet und schließlich durch Rücksubstitution wieder in eine ökonomisch interpretierbare Form gebracht. In der letzten Zeile zeigt sich die mittlere Restlaufzeit auf der rechten Gleichungsseite als eine (negative) Elastizität, welche als Quotient der relativen Barwertänderung und der relativen Zinsänderung auf der rechten Gleichungsseite definiert ist.

$$\begin{aligned}
 BW_0 &= \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + R_0^E)^{T_{0,t}}} \\
 BW_0 &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot (1 + R_0^E)^{-T_{0,t}} \\
 BW_0 &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot x^{-T_{0,t}} \\
 (16) \quad \frac{\partial BW_0}{\partial x} &= \sum_{t=1}^T -T_{0,t} \cdot C_t \cdot x^{-T_{0,t}-1} \\
 -\frac{\partial BW_0}{\partial(1 + R_0^E)} &= \sum_{t=1}^T T_{0,t} \cdot \frac{C_t}{(1 + R_0^E)^{T_{0,t}+1}} \quad / \cdot \frac{1 + R_0^E}{BW_0} \\
 -\frac{\frac{\partial BW_0}{BW_0}}{\frac{\partial(1 + R_0^E)}{1 + R_0^E}} &= \sum_{t=1}^T T_{0,t} \cdot \frac{C_t}{BW_0} = D_{Mac,0}
 \end{aligned}$$

Da die relative Zinsänderung schwer zu interpretieren ist, hat sich in der Praxis die modifizierte Duration etabliert. In Gleichung (17) zeigt sich die modifizierte Duration als eine Halb- oder Semi-Elastizität. Die Semi-Elastizität ist definiert als der Quotient aus der relativen Barwertänderung und der nunmehr absoluten Zinsänderung.

$$(17) \quad D_{mod,0} = \frac{D_{Mac,0}}{1 + R_0^E} = -\frac{\frac{\partial BW_0}{BW_0}}{\frac{\partial(1 + R_0^E)}{1 + R_0^E}} \cdot \frac{1}{1 + R_0^E} = -\frac{\frac{\partial BW_0}{BW_0}}{\partial(1 + R_0^E)}$$

Bei der modifizierten Duration handelt es sich folglich um die relative Barwertänderung, welche aus einer 1%-igen Veränderung, wobei ein Prozentpunkt also 100 Basispunkte gemeint sind, des Effektivzinssatzes resultiert.

## CF-Fixierte Finanz-Investitionen: Folgebewertung am Interbanken-Markt

Bislang wurden ausnahmslos Bewertungen von Finanzinstrumenten zum Zeitpunkt  $t_0$  betrachtet. Dabei handelt es sich um sogenannte *Erstbewertungen*, welche zum Zeitpunkt des Kaufes bzw. Verkaufes eines Finanzinstrumentes erfolgen. Nunmehr kommt die dynamische<sup>16</sup> Sichtweise ins Spiel, derzufolge die Finanzinstrumente im Zeitablauf betrachtet werden. Demnach wird unterstellt, dass nach der Erstbewertung Zeit vergeht und dass das Finanzinstrument zu einem späteren Zeitpunkt erneut bewertet wird. Diese Bewertung zum späteren Zeitpunkt ist die *Folgebewertung*.

### Folgebewertung: Einbeziehung von zwischenzeitlich enthüllter Informationen

In der dynamischen Betrachtung spielt die Informationsenthüllung eine zentrale Rolle. Blickt man in die Zukunft, wobei es sich um eine *ex ante-Perspektive* handelt, dann ist diese naturgemäß mit Unsicherheit verbunden. Vergeht nun etwas Zeit, dann weiß man mehr als vorher, sodass die Unsicherheit bezüglich des fixierten künftigen Zeitpunktes abnimmt, zumal der Zeitpunkt sodann weniger weit in der Zukunft liegt. Dieser Informationszuwachs stellt eine (sukzessive) *Informationsenthüllung* dar. Wenn der fixierte Zeitpunkt erreicht wird, dann zeigt sich der letztendlich eingetretene Zustand (Elementarereignis) und die gesamte Entwicklung dorthin. Aus dieser *ex post-Perspektive* ist die Unsicherheit gänzlich verschwunden. Dies entspricht der alten Weisheit, dass man im Nachhinein immer mehr weiß.

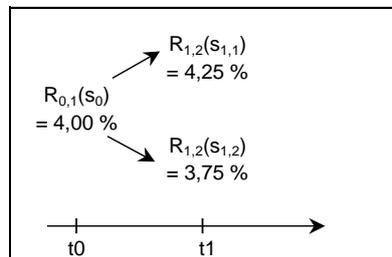
Bezüglich der fixierten Finanzinstrumente zeigt sich die Informationsenthüllung im Zeitablauf zweifach. Erstens verändern sich im Zeitablauf die zur Abzinsung verwendeten Zinssätze und zweitens fallen aus dem künftigen Zahlungsstrom die Zahlungen weg, welche im Zeitablauf bereits gezahlt wurden. Zur Kennzeichnung dieser Effekte wird der Zeitpunkt der Folgebewertung im Zeitpunkt  $\tau$  und der dann eingetretene Zustand mit  $s_{\tau,i}$  bezeichnet. In Gleichung (18) wird der Barwert im zum Zeitpunkt  $\tau$  eingetretenen Zustand  $s_{\tau,i}$  bestimmt.

$$(18) \quad \begin{aligned} BW_{\tau}(s_{\tau,i}) &= \sum_{t>\tau} \frac{C_t}{(1 + R_{\tau,t}(s_{\tau,i}))^{T_{\tau,t}}} \\ &= \sum_{t>\tau} C_t \cdot DF_{\tau,t}(s_{\tau,i}) \end{aligned}$$

<sup>16</sup> Die den Zeitwert des Geldes berücksichtigende Investitionsrechnung wurde als dynamische Investitionsrechnung bezeichnet. Dies geschah deswegen, weil das in der deutschsprachigen Literatur der Standard ist. Die dort verwendete Dynamik entspricht aber nur einer intertemporalen Perspektive, welche von der statischen bzw. myopischen Perspektive der statischen Investitionsrechnung unterschieden wird. Die nunmehr adressierte Dynamik ist eine gänzlich andere Dynamik. Es geht um die Veränderung von Werten und sonstigen Kenngrößen im Zeitablauf. Die verstreichende Zeit wird somit zum zentralen Thema dieser nunmehr korrekt verstandenen Dynamik.

Dabei handelt es sich um die zustandsabhängige<sup>17</sup> Folgebewertung, wobei sich die sich dann ergebende Barwertfunktion  $BW_{\tau}(s_{\tau,i})$  auf die dann künftigen Zahlungen  $C_t$  mit  $t > \tau$  und die dann herrschenden Zinssätze  $R_{\tau,t}(s_{\tau,i})$  bezieht. Dabei zeigt sich der Alterungseffekt des fixierten Finanzinstruments einerseits durch das Näherrücken der künftigen Zahlungen ( $T_{\tau,t} < T_{0,t}$ ) und andererseits durch den Wegfall der dann *historisch gewordenen* Zahlungen ( $C_t$  mit  $t < \tau$ ).

Zur möglichst einfachen Veranschaulichung der sich im Zeitablauf stochastisch verändernden Zinskurve wird in den nachfolgenden Beispielen von dem in Abbildung 24 eingetragenen Binomialmodell für die Entwicklung des einperioden Zinssatzes ausgegangen. Der einperiodige Zinssatz kann sich dabei von ursprünglich 4 % eine Periode später entweder auf 4,25 % im  $s_{1,1}$ -Zustand erhöhen oder auf 3,75 % im  $s_{1,2}$ -Zustand reduzieren.



**Abbildung 24:** Stochastische Zinskurvenänderungen im Zeitablauf

Das in Gleichung (18) dargestellte Folgebewertungsmodell lässt sich nicht nur zustands- sondern auch pfadabhängig fassen. In Gleichung (19) ist die Folgebewertung pfadabhängig dargestellt, wobei  $\omega_i$  den realisierten Pfad spezifiziert.

$$\begin{aligned}
 (19) \quad BW_{\tau}(\omega_i) &= \sum_{t>\tau} \frac{C_t}{(1 + R_{\tau,t})^{T_{\tau,t}}} \\
 &= \sum_{t>\tau} C_t \cdot DF_{\tau,t}(\omega_i)
 \end{aligned}$$

In dieser Darstellung wird durch die Kenntnis des konkreten Pfades die gesamte Unsicherheit bezüglich der Entwicklung eliminiert. Dabei zeigen sich die Realisationen der einzelnen Barwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten auf dem betrachteten Pfad. Dies ist eine *retrospektive Betrachtung* des stochastischen Prozesses, wobei sich die jeweiligen Prozessrealisationen zeigen. In der *prospektiven Betrachtung* werden hingegen alle jeweils künftig noch möglichen Pfade des stochastischen Prozesses betrachtet.

<sup>17</sup> Die Zustandsabhängigkeit ergibt sich aus den zustandsabhängigen Zinssätzen  $R_{\tau,t}(s_{\tau,i})$  und in der Folge aus den dann ebenfalls zustandsabhängigen Diskontfaktoren  $DF_{\tau,t}(s_{\tau,i})$ .

Finanz-Investition: Folgebewertung von fest verzinsten Finanzinstrumenten

In Tabelle 10 wird das fest verzinste, endfällige Finanzinstrument im  $s_{1,1}$ -Zustand des Zeitpunktes  $t_1$  folgebewertet. In diesem Zustand hat sich der einjähriger Zinssatz  $R_{1,2}(s_{1,1})$  von 4,25 % eingestellt. Weiters wurde die Zahlung im Zeitpunkt  $t_1$  soeben geleistet, sodass nur noch die Zahlung im Zeitpunkt  $t_2$  ausständig ist. Der zustandsbedingte Barwert ergibt sich durch Abzinsung der dann noch offenen Zahlung in Höhe von 104 GE mit dem dann eingetretenen Zinssatz von 4,25 %.

fest verzinste Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$R_0^N$	4,00%			Nominalzinssatz
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_2 = NW_0 * R_0^N$			4,00	Zinszahlung
$C_t$			104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{1,2}(s_{1,1})$			1	kft. Fristigkeit (in y)
$R_{1,2}(s_{1,1})$			4,25%	kft. Zinssatz
$DF_{1,2}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2})^{-1}$			0,9592	kft. Diskontfaktor
$C_2BW_1(s_{1,1}) = C_2 * DF_{1,2}$			99,76	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = C_2BW_1$		99,76		

**Tabelle 10:** Fest verzinste Finanz-Investition – Folgebewertung (zwischenzeitlich)

In Tabelle 11 ist die Bewertung zum Fälligkeitszeitpunkt in  $t_2$  zu sehen. Nunmehr steht nur noch die letzte Zahlung unmittelbar bevor. Die Fristigkeit geht gegen Null und der Barwert der unmittelbar bevorstehenden Zahlung gleicht somit dem Nennwert. Über die Zeit betrachtet zieht es den Barwert somit gegen den Nennwert, was als *Pull to Par-Effekt* bezeichnet wird.

fest verzinste Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$R_0^N$	4,00%			Nominalzinssatz
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_2 = NW_0 * R_0^N$				Zinszahlung
$C_t$			100,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{2,2}(s_{2,1})$			0	kft. Fristigkeit (in y)
$BW_2(s_{2,1}) = NW_0$			100,00	<b>Folgebewertung</b>

**Tabelle 11:** Fest verzinste Finanz-Investition – Folgebewertung (bei Fälligkeit)

In Tabelle 12 werden die Entwicklungen im Zeitablauf in einem Schaubild zusammen gefasst.

fest verzinste Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
R <sub>0</sub> <sup>N</sup>	4,00%			Nominalzinssatz
I <sub>0</sub> = BW <sub>0</sub>	99,06			Kaufpreis
TZ <sub>T</sub> = NW <sub>0</sub>			100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00	4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub>		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
T <sub>0,t</sub>		1	2	Fristigkeit (in y)
R <sub>0,t</sub>		4,00%	4,51%	Zinssatz
DF <sub>0,t</sub> = (1+R <sub>0,t</sub> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub>		3,85	95,22	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	99,06			
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	0,94			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	4,50%			Effektivzinssatz
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub>			100,00	Nennwert
K <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>			4,00	Zinszahlung
C <sub>2</sub>			104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
T <sub>1,2</sub> (s <sub>1,1</sub> )			1	kft. Fristigkeit (in y)
R <sub>1,2</sub> (s <sub>1,1</sub> )			4,25%	kft. Zinssatz
DF <sub>1,2</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = (1+R <sub>1,2</sub> ) <sup>(-T<sub>1,2</sub>)</sup>			0,9592	kft. Diskontfaktor
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> * DF <sub>1,2</sub>			99,76	<b>Folgebewertung</b>
BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		99,76		
T <sub>2,2</sub> (s <sub>2,1</sub> )			0	kft. Fristigkeit (in y)
BW <sub>2</sub> (s <sub>2,1</sub> ) = NW <sub>0</sub>			100,00	<b>Folgebewertung</b>

**Tabelle 12:** Fest verzinste Finanz-Investition – Erst- und Folgebewertungen

Finanz-Investition: Gesamt-Erfolg (Total Return) fest verzinsten Finanzinstrumente

Durch die Einbeziehung der Folgebewertung lassen sich nunmehr auch die Erfolge der Finanzinstrumente im Zeitablauf bestimmen. Der finanzwirtschaftliche Gesamterfolg (Total Return) eines Finanzinstrumentes besteht nach dem A&L-Ansatz aus zwei Komponenten, u.z. den (zahlungswirksamen) Zinszahlungen während der und den Wertänderungen über die Betrachtungsperiode. In Gleichung (20) wird dieser Gesamterfolg formalisiert.

$$(20) \quad GE_t = K_t + (FV_t - FV_{t-1}) = K_t + \Delta FV_t$$

In Gleichung (21) wird der Gesamterfolg durch den Anfangswert normiert, woraus sich die Gesamttrendite (Total Rate of Return) ergibt.

$$(21) \quad R_t = \frac{GE_t}{FV_{t-1}}$$

Am unteren Ende von Tabelle 13 sind die pfadweisen Änderungen der Barwerte sowie die sich daraus ergebenden Gesamterfolge bzw. Gesamttrenditen zu sehen. Dabei handelt es sich um eine unter mehreren möglichen Realisationen. Konkret handelt es sich um den Pfad ω<sub>1</sub>, welcher aus der Menge aller anfangs möglichen Pfade realisiert wurde.

fest verzinsten Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
R <sub>0</sub> <sup>N</sup>	4,00%			Nominalzinssatz
I <sub>0</sub> = BW <sub>0</sub>	99,06			Kaufpreis
TZ <sub>T</sub> = NW <sub>0</sub>			100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00	4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub>		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
DF <sub>0,t</sub> = (1+R <sub>0,t</sub> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub>		3,85	95,22	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	99,06			
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	0,94			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	4,50%			Effektivzinssatz
C <sub>2</sub>			104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
DF <sub>1,2</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = (1+R <sub>1,2</sub> ) <sup>(-T<sub>1,2</sub>)</sup>			0,9592	kft. Diskontfaktor
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> * DF <sub>1,2</sub>			99,76	<b>Folgebewertung</b>
BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		99,76		
T <sub>2,2</sub> (s <sub>2,1</sub> )			0	kft. Fristigkeit (in y)
BW <sub>2</sub> (s <sub>2,1</sub> ) = NW <sub>0</sub>			100,00	<b>Folgebewertung</b>
BW <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> )	99,06	99,76	100,00	pfadweise Barwerte
ΔBW <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = BW <sub>t</sub> - BW <sub>t-1</sub>		0,70	0,24	pfadweise Änderungen
GE <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = K <sub>t</sub> + ΔBW <sub>t</sub>		4,70	4,24	<b>Gesamt-Erfolg</b>
R <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = GE <sub>t</sub> /BW <sub>t-1</sub>		4,74%	4,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 13:** Fest verzinsten Finanz-Investition – Bewertungen und Perioden-Erfolge

Besonderheiten bei Finanz-Investitionen: "Spiegelbildlichkeit" von Investition und Finanzierung

fest verzinsten Finanzierung	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	-100,00			Nominale (Nennwert)
R <sub>0</sub> <sup>N</sup>	4,00%			Nominalzinssatz
AZB <sub>0</sub> = -BW <sub>0</sub>	99,06			Auszahlungsbetrag
TZ <sub>T</sub> = NW <sub>0</sub>			-100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		-4,00	-4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub>		-4,00	-104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
DF <sub>0,t</sub> = (1+R <sub>0,t</sub> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub>		-3,85	-95,22	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	-99,06			
(D)A <sub>0</sub> = abs(NW <sub>0</sub> ) - abs(BW <sub>0</sub> )	0,94			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	4,50%			Effektivzinssatz
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub>			-100,00	Nennwert
K <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>			-4,00	Zinszahlung
C <sub>2</sub>			-104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
DF <sub>1,2</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = (1+R <sub>1,2</sub> ) <sup>(-T<sub>1,2</sub>)</sup>			0,9592	kft. Diskontfaktor
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> * DF <sub>1,2</sub>			-99,76	<b>Folgebewertung</b>
BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		-99,76		
BW <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> )	-99,06	-99,76	-100,00	pfadweise Barwerte
ΔBW <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = BW <sub>t</sub> - BW <sub>t-1</sub>		-0,70	-0,24	pfadweise Änderungen
GE <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = K <sub>t</sub> + ΔBW <sub>t</sub>		-4,70	-4,24	<b>Gesamt-Erfolg</b>
R <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = GE <sub>t</sub> /BW <sub>t-1</sub>		4,74%	4,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 14:** Fest verzinsten Finanzierung – Spiegelbildlichkeit für Kreditnehmer

Die Spiegelbildlichkeit von Finanzinvestition und Finanzierung zeigt sich in Tabelle 14, wobei es sich nunmehr um eine Finanzierung handelt, was am negativen Nennwert und den negativen Zahlungen (Auszahlungen) zu erkennen ist. Aus der Finanzierungsperspektive zeigt sich der Pull to Par-Effekt in einem Ansteigen der Schuld im Zeitablauf durch Auflösung des ursprünglichen Disagios.

**Besonderheiten bei Finanz-Investitionen: Niedrig bzw. unverzinsten Finanzinstrumente**

Das maximal mögliche Disagio ergibt sich, wenn künftig keine Zinszahlungen geleistet werden. Dieser Fall ist in Tabelle 15 zu sehen, wo der Nominalzins auf Null gesetzt ist. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erkennen, dass der Effektivzins praktisch unverändert geblieben ist.

fest verzinste Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$R_0^N$	0,00%			Nominalzinssatz
$I_0 = BW_0$	91,56			Kaufpreis
$TZ_T = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_t = NW_0 * R_0^N$		0,00	0,00	Zinszahlung
$C_t$		0,00	100,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{0,t} = (1+R_{0,t})^{-(T_{0,t})}$		0,9615	0,9156	Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}$		0,00	91,56	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	91,56			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	8,44			Disagio
$R_0^E$	4,51%			Effektivzinssatz
$C_2$			100,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{1,2}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2})^{-(T_{1,2})}$			0,9592	kft. Diskontfaktor
$C_2 BW_1(s_{1,1}) = C_2 * DF_{1,2}$			95,92	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = C_2 BW_1$		95,92		
$T_{2,2}(s_{2,1})$			0	kft. Fristigkeit (in y)
$BW_2(s_{2,1}) = NW_0$			100,00	<b>Folgebewertung</b>
$BW_t(\omega_t)$	91,56	95,92	100,00	pfadweise Barwerte
$\Delta BW_t(\omega_t) = BW_t - BW_{t-1}$		4,37	4,08	pfadweise Änderungen
$GE_t(\omega_t) = K_t + \Delta BW_t$		4,37	4,08	<b>Gesamt-Erfolg</b>
$R_t(\omega_t) = GE_t/BW_{t-1}$		4,77%	4,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 15:** Fest verzinste Finanz-Investition – Zinsloses Finanzinstrument

Der Effektivzins zeigt die Gesamtkosten an, welche neben den künftigen Zinszahlungen auch den Disagio-Abschlag beinhalten. Das ist auch der Grund, warum die Banken im Sinne des Konsumentenschutzes den effektiven Jahreszins bei Kreditverträgen stets angeben müssen. Trotzdem gibt es immer noch Banken, welche mit dem Nominalzins Werbung betreiben.



Abbildung 25: Werbung mit Nominalzins im Internet

### Finanzinstrumente: Bewertung und Verbuchung – IFRS

Finanzinstrumente spielen im Cash Management eine zentrale Rolle. Einerseits entstehen sie aus den betrieblichen Aktivitäten und andererseits sind es die bevorzugten Instrumente, welche zu Finanzierungszwecken, d.h. zur Beschaffung von Liquidität eingesetzt werden. In Tabelle 16 ist die Bilanzpassiva der KERZEN-EWF zu sehen. Sie besteht durchgängig aus Finanzinstrumenten, welche als Eigen- und Fremdkapital kategorisiert werden.

Bilanzpositionen (Passiva)			Anfangsbil.	Schlussbil.	EK-/FK-Finanzierungen
Eigenkap.	AB	143.116			
	BE	163.502			
	FE	-35.624			
	Privat	-100.000			
	EB	170.994	143.116	170.994	Eigenkapital
	Unversteuerte Rücklagen		0	0	Mischform
Fremdkapital	Rückstellungen für Abfertigungsvorsorge		34.319	34.916	Fremdkapital
	sonstige Rückstellungen		1.677	3.753	Fremdkapital
	Verbindlichkeiten gegenüber Banken		31.232	0	Fremdkapital
	Verbindlichkeiten aus LL		128.034	137.831	Fremdkapital
	sonstige Verbindlichkeiten		58.595	70.203	Fremdkapital
	EUR-Darlehen		273.505	387.035	Fremdkapital
	FW-Darlehen		393.439	189.475	Fremdkapital
	Rechnungsabgrenzungsposten (passiv)		10.143	5.793	Fremdkapital
	Bilanzsumme		1.074.060	1.000.000	

Tabelle 16: Eigen- und Fremdkapital – Darstellung in der Bilanz

#### IFRS-Compliance: Finanzinstrument (IAS 32.11)

Ein Finanzinstrument ist ein Vertrag, der gleichzeitig bei dem einen Unternehmen (A) zu einem finanziellen Vermögenswert (fz.VW) und bei dem anderen Unternehmen (B) zu einer finanziellen Verbindlichkeit (fz.Vb) oder einem Eigenkapitalinstrument (EKI) führt.

Bei den Eigenkapital- und Fremdkapitalpositionen handelt es sich um Finanzinstrumente nach IAS 32.11. In der KERZEN-EWF werden sie auf der Passivseite der Bilanz ausgewiesen, u.z. das

Eigenkapital als Eigenkapitalinstrument und das Fremdkapital als finanzielle Verbindlichkeiten.

In Abbildung 26 werden die Finanzinstrumente gemäß IFRS- und FIWI-Ontologie kategorisiert. Die Finanzinstrumente sind entweder originärer oder derivativer Natur. Sind die originären Finanzinstrumente dem Cash Flow nach fixiert, dann werden sie bei einem Unternehmen als finanzielle Verbindlichkeit ausgewiesen. Ist ihr Cash Flow hingegen nicht fixiert, d.h. unsicher, dann sind sie bei einem Unternehmen als Eigenkapitalinstrument ausgewiesen. Auf der jeweils anderen Vertragsseite werden die originären Finanzinstrumente jeweils als finanzieller Vermögenswert<sup>18</sup> ausgewiesen. Die derivativen Finanzinstrumente können ebenfalls entweder finanzielle Verbindlichkeiten oder Eigenkapitalinstrumente sein. Sie sind bei den Emittenten von Derivaten, wobei es sich um unbedingte Termingeschäfte oder bedingte Optionsgeschäfte handeln kann, grundsätzlich als finanzielle Verbindlichkeiten anzusetzen. Handelt es sich beim Derivat um ein eingebettetes Derivat, welches sich aus einem zusammengesetzten Finanzinstrument ergibt, dann stellt dieses ein Eigenkapitalinstrument dar, wenn über das Derivat eine fester Betrag an flüssigen Mitteln oder anderen finanziellen Vermögenswerten gegen eine feste Anzahl eigener Eigenkapitalinstrumente erfüllt wird.

FI		Passiva des Unternehmens B	
		fz.Vb (Schuld/Fremdkapital)	EKI (Eigenkapital)
Aktiva des Unternehmens A	fz.VW (Finanz-Vermögen)	<b>originäre Finanzinstrumente</b>	
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>fixierte Finanzinstrumente (Fixed Income: FFI)</p> <p>fest verzinst      variabel verzinst</p> <p>z.B. Coupon-,      z.B. Floater Zero-Bond</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>unsichere Finanzinstrumente (Risky Income: RFI)</p> <p>(= ohne signifikante Einflussmöglichkeit)</p> <p>z.B. Stock, Private Equity</p> </div> </div>	
		<b>derivative Finanzinstrumente</b>	
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(unbedingte) Termin- geschäfte</p> <p>z.B. Forward (Futures), Swap</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>bedingte Options- geschäfte</p> <p>z.B. Call, Put</p> </div> </div>	<p>Derivat, welches durch Austausch eines festen Betrages an flüssigen Mitteln oder anderen fz.VW gegen eine feste Anzahl eig. EKl erfüllt wird</p>

**Abbildung 26:** Finanzinstrumente - IFRS- und FIWI-Kategorisierung

Wenn ein Unternehmen zu Finanzierungszwecken Eigen- oder Fremdkapital aufnimmt, dann hängt die künftige Verpflichtung entscheidend von der *Finanzierungsart* ab. Bei einer Fremd-

<sup>18</sup> Bei den Eigenkapitalinstrumenten ist noch zu beachten, dass sie keine signifikanten Einflussmöglichkeiten auf die Unternehmensführung ermöglichen, zumal sie ansonsten nicht mehr als finanzieller Vermögenswert auszuweisen sind, sondern vielmehr eine Konsolidierung zu erfolgen hat.

kapitalfinanzierung (z.B. Kreditaufnahme) ist der künftige Zahlungsstrom fixiert. Neben den fixierten Zinszahlungen, welche fest verzinst (inklusive zinslos) oder variabel verzinst sein können, ist auch noch der ursprüngliche Nennwert (Nominale), wobei es sich um den ausgeliehenen Betrag handelt, über die Laufzeit zurück zu bezahlen. Bei einer Eigenkapitalfinanzierung (z.B. Gesellschaftereinlage) ist der künftige Zahlungsstrom hingegen nicht fixiert. Der ursprünglich erhaltene Betrag wird im Zeitablauf nicht zurück bezahlt und bei den im Zeitablauf zu leistenden Zahlungen handelt es sich um gewinnabhängige Ausschüttungen (z.B. Dividendenzahlungen oder Privatentnahmen). Zumal die Gewinne im Zeitablauf unsichere Größen sind, sind auch die mit den Eigenkapitalinstrumenten verbundenen Zahlungen unsichere Größen.

### IFRS-Ontologie: Eigen- und Fremdkapital als Finanzinstrumente

In IFRS werden die Vermögenswerte, die finanziellen Verbindlichkeiten und die Schulden jeweils (positiv) definiert. Das Eigenkapital wird hingegen nur indirekt über die Differenz von Vermögen und Schulden als Residualgröße definiert. Zum Verständnis der sich daraus ergebende Definition empfiehlt es sich, das Eigenkapital in Abgrenzung zu den finanziellen Verbindlichkeiten zu begreifen. Das Eigenkapital wird in Normalfall wie die finanziellen Verbindlichkeiten auf der Habenseite der Bilanz ausgewiesen.

#### **IFRS-Compliance:** Eigenkapitalinstrument (IAS 32.11)

Ein Eigenkapitalinstrument ist ein Vertrag, der einen Residualanspruch an den Vermögenswerten eines Unternehmens nach Abzug aller dazugehörigen Schulden begründet.

#### **IFRS-Compliance:** Einstufung als Eigenkapitalinstrument (IAS 32.16)

Bei Anwendung der Begriffsbestimmungen in Paragraph 11 zur Einstufung von Finanzinstrumenten als Eigenkapitalinstrument oder als finanzielle Verbindlichkeit ist dann, und nur dann ein Eigenkapitalinstrument gegeben, wenn die nachfolgenden Bedingungen (a) und (b) erfüllt sind.

##### (a) Das Finanzinstrument beinhaltet keine vertragliche Verpflichtung

- (i) flüssige Mittel oder einen anderen finanziellen Vermögenswert an ein anderes Unternehmen abzugeben; oder
- (ii) finanzielle Vermögenswerte oder finanzielle Verbindlichkeiten mit einem anderen Unternehmen zu potenziell nachteiligen Bedingungen für den Emittenten auszutauschen.

##### (b) Kann das Finanzinstrument in den Eigenkapitalinstrumenten des Emittenten erfüllt werden, handelt es sich um:

- (i) ein nicht derivatives Finanzinstrument, das keine vertragliche Verpflichtung seitens des Emittenten beinhaltet, eine variable Anzahl eigener Eigenkapitalinstrumente abzugeben; oder

- (ii) ein Derivat, das vom Emittenten nur durch den Austausch eines festen Betrags an flüssigen Mitteln oder anderen finanziellen Vermögenswerten gegen eine feste Anzahl eigener Eigenkapitalinstrumente erfüllt wird. In diesem Sinne beinhalten die Eigenkapitalinstrumente eines Emittenten keine Instrumente, die selbst Verträge über den künftigen Empfang oder die künftige Abgabe von Eigenkapitalinstrumenten des Emittenten darstellen.

Eine vertragliche Verpflichtung, einschließlich einer aus einem Derivat entstehenden vertraglichen Verpflichtung, die zum künftigen Empfang oder zur künftigen Abgabe von Eigenkapitalinstrumenten des Emittenten führen wird oder kann, jedoch nicht die vorstehenden Bedingungen (a) und (b) erfüllt, ist kein Eigenkapitalinstrument.

Die Definition der Eigenkapitalinstrumente (EKI) nach IAS 32.16 ist wie folgt zu verstehen. In Punkt (a) wird die EKI von den finanziellen Verbindlichkeiten, welche jeweils *eine* vertragliche Verpflichtung beinhalten, abgegrenzt. Punkt (b) besagt, dass es Finanzinstrumente gibt, welche mit EKI erfüllt werden. Dabei handelt es sich um passivseitige Bilanzpositionen, welche nicht zu den finanziellen Verbindlichkeiten zählen, weil sie (i) keine vertragliche Verpflichtung seitens des Emittenten beinhalten, eine variable Anzahl eigener EKI abzugeben. Darüber hinaus können sie aber auch (ii) Derivate sein, wobei ein fester Betrag an flüssigen Mitteln oder anderen finanziellen Vermögenswerten gegen eine feste Anzahl eigener EKI erfüllt wird. Weil die Instrumente aber selbst keine Verträge über den künftigen Empfang oder die künftige Abgabe von Eigenkapitalinstrumenten des Emittenten darstellen können, können es nur in zusammengesetzten Finanzinstrumenten (IAS 32.28-32) eingebettete Derivate sein.

### IFRS-Ontologie: Kategorisierung und Bewertung von originären Finanzinstrumenten

Bei den originären Finanzinstrumenten handelt es sich um die Teilmenge der Finanzinstrumente, welche nicht als Derivate kategorisiert werden.

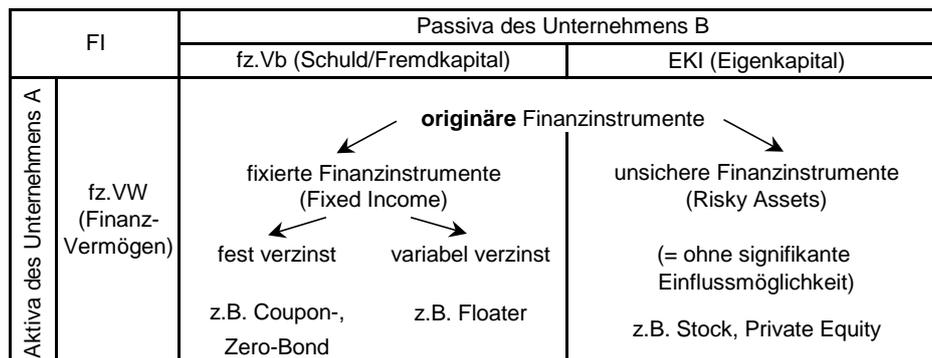
#### **IFRS-Compliance:** Derivat (IAS 39.9)

Ein Derivat ist ein Finanzinstrument ... das ... alle der drei nachstehenden Merkmale aufweist:

- (a) sein Wert verändert sich infolge einer Änderung eines bestimmten Zinssatzes, Preises eines Finanzinstrumentes, Rohstoffpreises, Wechselkurses, Preis- oder Zinsindexes, Bonitätsratings oder Kreditindexes oder einer anderen Variablen...
- (b) es erfordert keine Anschaffungszahlung oder eine, die im Vergleich zu anderen Vertragsformen (z.B. zugrunde liegendes Basisobjekt), von denen zu erwarten ist, dass sie in ähnlicher Weise auf Änderungen der Marktbedingungen reagieren, geringer ist; und
- (c) es wird zu einem späteren Zeitpunkt beglichen.

In Abbildung 27 sind die verschiedenen Kategorien an originären Finanzinstrumenten dargestellt. In Abhängigkeit der Eigenschaft des künftigen Zahlungsstroms (Cash Flows) werden in

der FIWI-Ontologie die fixierten von den unsicheren Finanzinstrumenten unterschieden. Bei den fixierten Finanzinstrumenten unterliegen die künftigen Zahlungsströme einer Fixierung, wohingegen sie bei den unsicheren Finanzinstrumenten als Residualgröße von unsicherer Natur sind. In der IFRS-Ontologie werden die beiden Kategorien an Finanzinstrumenten aufgrund ihrer unterschiedlichen Zahlungsansprüche beim emittierenden Unternehmen als Fremd- bzw. Eigenkapital kategorisiert. Bei den auf der Passiva als Fremdkapital ausgewiesene Instrumenten handelt es sich um fixierte Finanzinstrumente. Die passivseitig als Eigenkapitalinstrumente ausgewiesenen Positionen sind unsichere Finanzinstrumente.

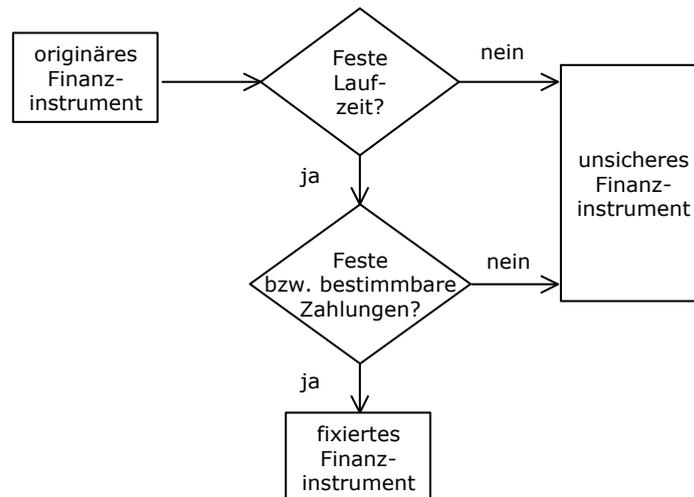


**Abbildung 27:** Originäre Finanzinstrumente (IFRS) – FIWI-Kategorisierung

Die in der FIWI-Ontologie bereit gestellte Kategorisierung<sup>19</sup> erweist sich somit als essenziell, um die in der IFRS-Ontologie vorgenommene Kategorisierung der Finanzinstrumente verstehen zu können. In Abbildung 28 sind die wesentlichen Frage aufgeführt, um ein originäres Finanzinstrument anhand seines künftigen Zahlungsstroms<sup>20</sup> (Cash Flow) entweder als fixiertes Finanzinstrument (z.B. Kredit und Anleihe) oder unsicheres Finanzinstrument (z.B. Beteiligung und Aktie) einzuordnen.

<sup>19</sup> Die zur Kategorisierung zentrale Unterscheidung richtet sich nach der Frage: Ist der künftige Zahlungsstrom (Cash Flow) fixiert oder unsicher?

<sup>20</sup> Fixierte Finanzinstrumente haben demnach feste Laufzeiten (Ausnahme: Perpetuals) und feste bzw. bestimmbarere Zahlungen (Cash Flows). Ist die nicht der Fall, dann handelt es sich um unsichere Finanzinstrumente.



**Abbildung 28:** Originäre Finanzinstrumente – fixierte vs. unsichere Finanzinstrumente

In der IFRS-Ontologie werden die Finanzinstrumente grundsätzlich in vier Kategorien eingeteilt, u.z. in

- Bis zur Endfälligkeit gehaltene Finanzinvestitionen (Held To Maturity – kurz: HTM)
- Kredite und Forderungen (Loans And Receivables – kurz: LAR)
- Zum beizulegenden Zeitwert durch die Gewinn- und Verlustrechnung bewertete finanzielle Vermögenswerte (At Fair Value through Profit and Loss – kurz: AFV)
- Zur Veräußerung verfügbare finanzielle Vermögenswerte (Available For Sale – kurz: AFS).

Jedes Finanzinstrument ist im Rahmen der Erstbewertung einer dieser vier Kategorien zuzuordnen. Zumal sich die Folgebewertung nach der Kategorie richtet, werden die Kategorien auch als *IFRS-Bewertungskategorien* bezeichnet. In Abbildung 29 sind die unterschiedlichen Bewertungsaspekte für die vier Kategorien übersichtlich zusammen gestellt. Bei den fixierten Finanzinstrumenten kann der Käufer, der durch den Kauf einen finanziellen Vermögenswert erwirbt, im Rahmen der Erstbewertung eine Zuordnung zu allen vier Kategorien vornehmen. Der Emittent des fixierten Finanzinstrumentes, der durch den Verkauf eine finanzielle Verbindlichkeit übernimmt, hat dieses bis zur vollständigen Tilgung zu behalten und zu bedienen. Bezüglich den Bewertungserfordernissen entspricht dies einer HTM-Position. Unter gewissen Bedingungen kann er die *Fair Value Option* in Anspruch nehmen, womit er eine AFV-Position durch Designation begründet.



Die unsicheren Finanzinstrumente können vom Käufer im Rahmen der Erstbewertung als AFV-Finanzinstrument eingeordnet werden, wenn diese Finanzinstrumente auf einem liquiden Markt gehandelt werden. Wenn solche Instrumente als zur Veräußerung gehalten werden, dann können sie auch als AFS-Instrumente kategorisiert werden. Liegt hingegen kein liquider Markt vor, dann sind die unsicheren Finanzinstrumente mit den Anschaffungskosten folgebewerten. In diesem Fall ergeben sich im Zeitablauf bis zur Veräußerung keine Wertänderungen. Der Emittent des unsicheren Finanzinstruments hat dieses bei Emission als Eigenkapitalinstrument zu verbuchen. Als solches bleibt der Wert im Zeitablauf gleich dem bei der Erstbewertung ermittelten Wert.

**CF-Fixierte Finanzinstrumente: Fest und variabel verzinstе endfällige Kredite**

Bei den fixierten Finanzinstrumenten ist der künftige Zahlungsstrom (Cash Flow) fixiert. In der Cash Flow-Fixierung werden sowohl die Zins- als auch die Tilgungszahlungen geregelt. Dabei gibt es verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. In Tabelle 17 werden die fixierten Finanzinstrumente in Form von Krediten nach der Verzinsungs- und Tilgungsart kategorisiert. Die Verzinsungsart<sup>21</sup> kann fest oder variabel sein, und bei den Tilgungsarten gibt es endfällige, Abzahlungs- und Annuitätentilgungen.

	fest verzinst	variabel verz.
Endfälliger Kredit		
Abzahlungskredit		
Annuitätenkredit		

**Tabelle 17:** Kredite – Kategorisierung nach Tilgungs- und Verzinsungsart

In diesem Abschnitt werden die endfälligen<sup>22</sup> Kredite erläutert. Die endfälligen Kredite sind dadurch gekennzeichnet, dass im Zeitablauf keine Tilgungszahlungen stattfinden. Der gesamte ursprünglich in Anspruch genommene Nennwert (Nominale) wird erst am Laufzeitende des Kredites zurück bezahlt. Während der Laufzeit werden nur Zinszahlungen geleistet. Die Höhe der Zinszahlungen entspricht dem Produkt aus dem Nominalzins und dem Nennwert. Bleibt der Nominalzins über die gesamte Laufzeit des Kredites unverändert, dann handelt es sich um

<sup>21</sup> Weiters wird insbesondere im unterjährigen Bereich auch zwischen dekursiver (nachsüssiger) und antizipativer (vorschüssiger) Verzinsung unterschieden. Bei der dekursiven Verzinsung werden die Zinsen vom Wert der Schuld (Nennwert, Nominale) am Anfang der Periode nach der linearen (einfachen) Verzinsungskonvention mit  $act/360$  berechnet und am Ende der Periode bezahlt oder der Schuld zugerechnet [ESFe02, S. 99]. Bei der antizipativen Verzinsung werden die Zinsen vom Wert der Schuld am Ende der Periode nach der linearen (einfachen) Verzinsungskonvention mit  $act/360$  berechnet und am Anfang der Periode in Rechnung gestellt (v.a. bei Wechseldiskontierung). Die Bewertung aller nachfolgend bewerteten Krediten basiert auf der dekursiven Verzinsung. Aufgrund der mehrjährigen Laufzeit wird nicht die lineare, sondern die *exponentielle Verzinsungsmethode*, wobei auch *Zinseszinsseffekte* berechnet werden, verwendet.

<sup>22</sup> Die Abzahlungs- und Annuitätenkredite werden im nächsten Abschnitt erörtert.

einen fest verzinsten Kredit. Wird der Nominalzins hingegen periodisch an z.B. den EURIBOR-Geldmarktzins angepasst, dann ist es ein variabel verzinsten Kredit.

**Kreditmarkt-Barwertfunktion: Barwert als Funktion von Zahlungen, Fristigkeiten, Zinssätzen und Risikozuschlägen**

Zur Bewertung von Krediten wird die *Kreditmarkt-Barwertfunktion* verwendet. Bei diesem Barwertmodell wird der Barwert aus den künftigen Zins- und Tilgungszahlungen  $C_t = K_t + TZ_t$ , den Fristigkeiten  $T_{0,t}$  und den risikoadjustierten Zinssätzen  $R_{0,t}^{adj}$  berechnet.

$$\begin{aligned}
 \overbrace{BW_0}^{\text{Kreditmarkt Barwertfunktion}} &= \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + R_{0,t}^{adj})^{T_{0,t}}} = BW_0(C_t, T_{0,t}, R_{0,t}^{adj}) \\
 (22) \quad &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot \frac{1}{(1 + R_{0,t}^{adj})^{T_{0,t}}} \\
 &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot DF_{0,t}^{adj}
 \end{aligned}$$

mit

$$R_{0,t}^{adj} = R_{0,t} + RZ_{0,t}$$

$$C_t = K_t + TZ_t$$

Die künftigen Zahlungen  $C_t$  werden dabei in ihre Komponenten aufgespalten, u.z. in die Zinszahlungen  $K_t$  sowie die Tilgungszahlungen  $TZ_t$ .

**Fest verzinsten endfällige Kredite: Erstbewertung mit der Kreditmarkt-Barwertfunktion**

Beim fest verzinsten endfälligen Kredit erfolgt die Tilgungszahlung am Laufzeitende in  $T$  in Höhe des ursprünglichen Nennwertes  $NW_0$ . Während der Laufzeit werden nur Zinszahlungen in Höhe des fest vereinbarten Nominalzinssatzes  $R_t^N$  bezahlt. Die sich daraus ergebende Kreditmarkt-Barwertfunktion ist in Gleichung (23) zu sehen.

$$\begin{aligned}
 BW_0 &= \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + R_{0,t}^{adj})^{T_{0,t}}} \\
 &= \sum_{t=1}^T C_t \cdot DF_{0,t}^{adj}
 \end{aligned}$$

mit

$$\begin{aligned}
 (23) \quad R_{0,t}^{adj} &= R_{0,t} + RZ_{0,t} \\
 C_t &= K_t + TZ_t \\
 TZ_T &= NW_0 \\
 K_t &= R_t^N \cdot NW_0
 \end{aligned}$$

Nachfolgend wird ein fest verzinster endfälliger Kredit mit der Kreditmarkt-Barwertfunktion im Zeitpunkt  $t0$  erstbewertet. Dieser Kredit hat einen Nennwert (Nominale)  $NW_0$  von 100 GE und einen sich darauf beziehenden Nominalzins  $R_0^N$  von 4 %. In Tabelle 18 sind diese Werte in den ersten Zeilen eingetragen. Mit diesen Angaben werden die Tilgungszahlung im Zeitpunkt  $t2$  in Höhe von 100 GE sowie die Zinszahlungen in  $t1$  und  $t2$  von jeweils 4 GE bestimmt. Die Summe beider Größen in den beiden Zeitpunkten ergibt den künftigen Zahlungsstrom (Cash Flow). Die einzelnen Zahlungen werden mit dem ein- bzw. zweijährigen Zinssatz sowie einem konstanten Risikozuschlag von 2 % für jede Periode abgezinst. Aus der Summe der Zinssätze und des jeweiligen Risikozuschlages ergeben sich die *adjustierten Abzinsungssätze*. Diese werden mit der Fristigkeit von ein und zwei Jahren in die *adjustierten Diskontfaktoren* umgerechnet. Der Barwert des gesamten künftigen Zahlungsstrom wird berechnet, indem die künftigen Zahlungen mit dem fristigkeitskonformen adjustierten Diskontfaktoren multipliziert und die sich dabei ergebenden Produkte summiert werden. Konkret ergibt sich ein Barwert in Höhe von 95,45 GE. Dieser Barwert ist kleiner als der Nennwert von 100 GE, sodass eine Unterpar-Bewertung vorliegt, welche zu einem *Disagio*<sup>23</sup> (Abschlag) in Höhe der Differenz aus dem Nennwert und dem Barwert führt.

**Hinweis** zum Auszahlungsbetrag bei Krediten:

Bei Krediten wird immer der Barwert  $BW_0$  ausbezahlt. Liegt der Barwert unterhalb (oberhalb) des ursprünglich vereinbarten Nennwertes  $NW_0$ , dann liegt eine Unterpar-Bewertung (Überpar-Bewertung) vor, welche zu einem Disagio (Agio) führt. Im Falle eines Disagio (Agio) wird folglich weniger (mehr) als der Nennwert ausbezahlt.

<sup>23</sup> (Dis-)Agio ist ein wichtiges Element in der FIWI-Ontologie. In der FIBU-Ontologie gibt es diesen Begriff zwar auch, doch dort sorgt er vielfach für Verwirrung, zumal seine Logik einfach nicht in die Finanzbuchhaltung passt. Diese Verwirrung ist ein gutes Beispiel für die Wittgenstein'sche *Verhexung des Verstandes durch die Sprache*.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N$ bzw. $R_1^N$	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz
$AZB_0 = BW_0$	95,45			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_t = NW_{t-1} * R_{t-1}^N$		4,00	4,00	Zinszahlung
$C_t = K_t + TZ_t$		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{0,t}$		1	2	Fristigkeit (in y)
$R_{0,t}$		4,00%	4,51%	Zinssatz
$RZ_{0,t}$		2,00%	2,00%	Risikozuschlag
$R_{0,t}^{adj} = R_{0,t} + RZ_{0,t}$		6,00%	6,51%	adjustierter Zinssatz
$DF_{0,t}^{adj} = (1 + R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}^{adj}$		3,77	91,68	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	95,45			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	4,55			Disagio
$R_0^E$	6,50%			Effektivzinssatz

**Tabelle 18:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Erstbewertung (Unterpar-Bewertung)

Aufgrund des zweiperiodigen Betrachtungshorizontes lässt sich der Effektivzinssatz über die in Gleichung (8) dargestellte quadratische Gleichung lösen. Der sich ergebende Effektivzinssatz von 6,50 % liegt zwischen den beiden bei der Erstbewertung verwendeten adjustierten Zinssätzen. Aufgrund des recht hohen Disagio liegt der Effektivzinssatz deutlich über dem Nominalzins. Der Nominalzins wäre irreführend, wenn er zur Beurteilung der Finanzierungskosten herangezogen würde.

**Fest verzinsten endfällige Kredite: Folgebewertung mit der Kreditmarkt-Barwertfunktion**

Die Folgebewertung im Zeitpunkt  $\tau$  erfolgt bei den endfälligen Krediten wiederum über die Kreditmarkt-Barwertfunktion. Zu beachten gilt es dabei, dass die vor dem Zeitpunkt  $\tau$  liegenden Zahlungen für die Folgebewertung historisch geworden sind, sich die Fristigkeiten aller künftigen Zahlungen verkürzt haben, und dass sich die zur Diskontierung verwendeten Zinssätze in der Regel verändert haben. Diese Besonderheiten der Folgebewertung werden in Gleichung (24) einbezogen. Die Änderungen der Zinssätze wird durch ihre Bedingtheit auf den im Zeitpunkt  $\tau$  eingetreten Zustand  $s_{\tau,i}$  berücksichtigt. Diese Zustandsabhängigkeit findet sich so dann auch im Barwert wieder, weshalb auch der Barwert zustandsbedingt mit  $BW_{\tau}(s_{\tau,i})$  gekennzeichnet wird.

$$\begin{aligned}
 BW_{\tau}(s_{\tau,i}) &= \sum_{t>\tau} \frac{C_t}{(1 + R_{\tau,t}^{adj}(s_{\tau,i}))^{T_{\tau,t}}} \\
 &= \sum_{t>\tau} C_t \cdot DF_{\tau,t}^{adj}(s_{\tau,i})
 \end{aligned}$$

mit

$$\begin{aligned}
 (24) \quad R_{\tau,t}^{adj}(s_{\tau,i}) &= R_{\tau,t} + RZ_{\tau,t} \\
 C_t &= K_t + TZ_t \\
 TZ_T &= NW_0 \\
 K_t &= R_t^N \cdot NW_0
 \end{aligned}$$

Die Folgebewertung des fest verzinsten endfälligen Kredites erfolgt im Zeitpunkt  $\tau = t1$  und im dann eingetretenen Zustand  $s_{1,1}$ , in welchem der dann einjährige Zinssatz  $R_{1,2}(s_{1,1})$  in Höhe von 4,25 % vorliegt und die Fristigkeit der endfälligen Zahlung sich auf 1 Jahr verkürzt hat. In Tabelle 19 werden die diesbezüglichen Berechnungen durchgeführt. Der sich in der Folgebewertung ergebende Barwert beträgt 97,88 GE. Dieser Wert ist dem Nennwert näher als der ursprüngliche Barwert von 95,45 GE, sodass ein Teil des ursprünglichen Disagio aufgelöst wurde.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
NW <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> - TZ <sub>t</sub>		100,00	0,00	
R <sub>0</sub> <sup>N</sup> bzw. R <sub>1</sub> <sup>N</sup>	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz
AZB <sub>0</sub> = BW <sub>0</sub>	95,45			Auszahlungsbetrag
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub>			100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> * R <sub>t-1</sub> <sup>N</sup>		4,00	4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub> = K <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
T <sub>1,2}(s<sub>1,1</sub>)</sub>			1	kft. Fristigkeit (in y)
R <sub>1,2}(s<sub>1,1</sub>)</sub>			4,25%	kft. Zinssatz
RZ <sub>1,2}(s<sub>1,1</sub>)</sub>			2,00%	kft. Risikozuschlag
R <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> (s <sub>1,1</sub> ) = R <sub>1,2</sub> + RZ <sub>1,2</sub>			6,25%	kft.adj. Zinssatz
DF <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> (s <sub>1,1</sub> ) = (1+R <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>(-T<sub>1,2</sub>)</sup>			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor
C <sub>2</sub> BW <sub>1}(s<sub>1,1</sub>) = C<sub>2</sub> * DF<sub>1,2</sub><sup>adj</sup></sub>			97,88	<b>Folgebewertung</b>
BW <sub>1}(s<sub>1,1</sub>) = C<sub>2</sub>BW<sub>1</sub></sub>		97,88		

**Tabelle 19:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Folgebewertung

### Fest verzinsten endfällige Kredite: Gesamt-Erfolg und Gesamt-Rendite

Der sich über die Periode von  $t0$  bis  $\tau = t1$  ergebende Gesamterfolg (Total Return) besteht im Falle des fest verzinsten endfälligen Kredites aus zwei Komponenten: Erstens der im Beobachtungszeitraum  $T_{0,1}$  geleisteten Zinszahlung  $K_1$  und der Auflösung des (Dis-)Agio. Die (Dis-)Agioauflösung ergibt sich aus der Differenz der Barwerte zum Folge- und Erstbewertungszeitpunkt. In Gleichung (25) wird der Gesamterfolg generisch über den eingetretenen Pfad  $\omega_i$  defi-

niert. Bei der (Dis-)Agioauflösung wird ebenfalls eine generische Variante gewählt, zumal dort der zum Folgebewertungszeitpunkt  $\tau = t$  ermittelte Barwert vor der Tilgungszahlung in diesem Zeitpunkt  $BW_t^v$  verwendet wird. Diese Verallgemeinerung ist bei den endfälligen Krediten nur in der letzten Periode relevant. Bei den anderen beiden Tilgungskategorien in Form der Abzahlungs- und Annuitätentilgung wird diese Erweiterung allerdings in jeder Periode benötigt, zumal dort grundsätzlich in jeder Periode Tilgungszahlungen geleistet werden.

$$\begin{aligned}
 GE_t(\omega_i) &= K_t(\omega_i) + (D)AA_t(\omega_i) \\
 (25) \quad \text{mit} \\
 (D)AA_t(\omega_i) &= BW_t^v(\omega_i) - BW_{t-1}(\omega_i)
 \end{aligned}$$

Aus dem Gesamterfolg wird die Gesamtrendite  $R_t(\omega_i)$  auf dem Pfad  $\omega_i$  für die Periode von  $t-1$  bis  $t$  berechnet, indem der Gesamterfolg durch den Barwert am Periodenanfang dividiert wird. In Gleichung (26) wird die Berechnung der Gesamtrendite formelhaft dargestellt.

$$(26) \quad R_t(\omega_i) = \frac{GE_t(\omega_i)}{BW_{t-1}(\omega_i)}$$

**Hinweis** zur pfadweisen Betrachtung:

Die Betrachtung eines Pfades erfolgt aus der *retrospektiven Perspektive*, wobei die letztendlich realisierte Geschichte bereits bekannt ist. Zeitlich liegt das am Ende des gesamten Betrachtungshorizontes. Von der retrospektiven ist die prospektive Betrachtung zu unterscheiden, welche sich zu Beginn des Betrachtungshorizontes stellt. In der *prospektiven Perspektive* ist die Geschichte über den Betrachtungshorizont noch nicht bekannt. Vielmehr gibt es eine Menge von verschiedenen Geschichten, d.h. Pfaden, wobei eine davon letztendlich realisiert wird.

In Tabelle 20 werden der Gesamterfolg und die Gesamtrendite des fest verzinster endfälligen Kredits über die gesamte Kreditlaufzeit betrachtet. Diese Betrachtung ist erst im Nachhinein, also retrospektiv möglich, wenn der letztendlich realisierte Pfad bekannt geworden ist. Im Beispiel wird der Pfad  $\omega_1$  als realisiert betrachtet. Auf diesem Pfad ergeben sich die Barwerte von 95,45 GE in  $t_0$ , 97,88 GE in  $t_1$  und 0 GE in  $t_2$ . Der Barwert von 0 GE in  $t_2$  ergibt sich nach der Tilgungszahlung in  $t_2$ . Zur Berechnung der (Dis-)Agioauflösung, welche für die Ermittlung des Gesamterfolges benötigt wird, werden die Barwerte vor Tilgungszahlung verwendet. Für den Zeitpunkt  $t_2$  sind das dann 100 GE. Die (Dis-)Agioauflösung in der zweiten Periode von 2,12 GE errechnet sich gemäß Gleichung (25) aus der Differenz des Barwertes vor Tilgungszahlung von 100 GE und dem Barwert der Vorperiode von 97,88 GE. Die einperiodigen Renditen werden auf dem realisierten Pfad  $\omega_1$  errechnet, indem die Gesamterfolge durch die jeweiligen Barwerte am Periodenanfang dividiert werden. Die beiden Renditen sind unterschiedlich und ihre Höhe hängt vom letztendlich realisierten Pfad ab. In der prospektiven Betrachtung im

Erstbewertungszeitpunkt ist die Realisation dieses Pfades noch nicht bekannt. Vielmehr gibt es zu diesem Zeitpunkt noch eine Menge an verschiedenen, sich potenziell realisierenden Pfaden.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N$ bzw. $R_1^N$	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz
$AZB_0 = BW_0$	95,45			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_t = NW_{t-1} * R_{t-1}^N$		4,00	4,00	Zinszahlung
$C_t = K_t + TZ_t$		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{0,t}^{adj} = (1+R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}^{adj}$		3,77	91,68	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	95,45			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	4,55			Disagio
$R_0^E$	6,50%			Effektivzinssatz
$DF_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2}^{adj})^{-T_{1,2}}$			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor
$C_2 BW_1(s_{1,1}) = C_2 * DF_{1,2}^{adj}$			97,88	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = C_2 BW_1$		97,88		
$BW_t(\omega_1)$	95,45	97,88	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>
$BW_t^v(\omega_1) = BW_t + TZ_t$		97,88	100,00	Barwerte (vor TZ <sub>t</sub> )
$(D)AA_t(\omega_1) = BW_t^v - BW_{t-1}$		2,43	2,12	(Dis-)Agio-Auflösung
$GE_t(\omega_1) = K_t + (D)AA_t$		6,43	6,12	<b>Gesamt-Erfolg</b>
$R_t(\omega_1) = GE_t/BW_{t-1}$		6,74%	6,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 20:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Gesamt-Erfolg und -Rendite

Fest verzinsten endfällige Kredite: Zinslose Kredite haben einen Nominalzins von Null

Bei der Vertragsgestaltung von fest verzinsten endfälligen Krediten ist es durchaus möglich, dass der Nominalzins auf Null gesetzt wird. In diesem Fall ist der Kredit *zinslos*. Dieser Umstand verleitet auf den ersten Blick gelegentlich zur irrigen Vermutung, dass es mangels Zinszahlungen auch keine Verzinsung des Nennwertes gibt. Dies ist aber falsch. Die Verzinsung ergibt sich im Zeitablauf durch die Auflösung des Disagios, welches bei zinslosen Krediten immer vorliegt. Bei den zinslosen Krediten erreicht das Disagio den maximal möglichen Wert. Die Rendite bildet sich dann im Zeitablauf mangels Zinszahlungen nur aus der Disagioauflösung. Mangels Zinszahlungen fließen auch während der Laufzeit keinerlei Zahlungen. Es wird nur zum Zeitpunkt der Erstbewertung der Barwert ausbezahlt, und am Ende der Kreditlaufzeit wird der Nennwert zurück bezahlt.

In Tabelle 21 wird ein zinsloser Kredit, wobei der Nominalzinssatz auf Null gesetzt ist, erst- und im Zeitablauf folgebewertet. Das sich bei der Erstbewertung ergebende Disagio von 11,85 GE wird im Zeitablauf aufgelöst. Die Disagioauflösung stellt zugleich den Gesamterfolg jeder Periode dar. Auf dem retrospektiv betrachteten Pfad  $\omega_1$  ereben sich aufgrund der mit diesem Pfad einher gehenden Zinsentwicklung im Zeitablauf fallende Renditen.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N$ bzw. $R_1^N$	0,00%	0,00%		Nominalzinssatz
$AZB_0 = BW_0$	88,15			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_t = NW_{t-1} * R_{t-1}^N$		0,00	0,00	Zinszahlung
$C_t = K_t + TZ_t$		0,00	100,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{0,t}^{adj} = (1+R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}^{adj}$		0,00	88,15	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	88,15			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	11,85			Disagio
$R_0^E$	6,51%			Effektivzinssatz
$DF_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2}^{adj})^{-T_{1,2}}$			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor
$C_2 BW_1(s_{1,1}) = C_2 * DF_{1,2}^{adj}$			94,12	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = C_2 BW_1$		94,12		
$BW_t(\omega_t)$	88,15	94,12	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>
$BW_t^v(\omega_t) = BW_t + TZ_t$		94,12	100,00	Barwerte (vor $TZ_t$ )
$(D)AA_t(\omega_t) = BW_t^v - BW_{t-1}$		5,97	5,88	(Dis-)Agio-Auflösung
$GE_t(\omega_t) = K_t + (D)AA_t$		5,97	5,88	<b>Gesamt-Erfolg</b>
$R_t(\omega_t) = GE_t/BW_{t-1}$		6,77%	6,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 21:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Zinsloser Kredit (Nominalzinssatz ist Null)

### Fest verzinsten endfällige Kredite: Kredite mit Stufenleiter-Verzinsung

In den bisherigen Ausführungen war der Nominalzinssatz jeweils eine im Zeitablauf konstante Größe. Bei der Stufenleiterverzinsung nimmt der Nominalzins im Zeitablauf unterschiedliche Werte an. In Tabelle 22 wird ein fest verzinsten endfälliger Kredit mit einer Stufenleiterverzinsung betrachtet, wobei in der ersten Periode ein Nominalzinssatz 4 % und in der zweiten einer von 5 % bezahlt wird. Der in der Erstbewertung berechnete Barwert, welcher zugleich den Auszahlungsbetrag<sup>24</sup> darstellt, beträgt 96,33 GE. Der Gesamterfolg setzt sich in jeder Periode aus einer Zinszahlung sowie einer Disagioauflösung zusammen. Aufgrund der sich auf dem Pfad  $\omega_1$  realisierenden Zinskurven nehmen die sich im Zeitablauf ergebenden Renditen ab.

<sup>24</sup> Das vorliegende Disagio führt dazu, dass dem kreditnehmenden Agenten weniger als der Nennwert ausbezahlt wird.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N$ bzw. $R_1^N$	4,00%	5,00%		Nominalzinssatz
$AZB_0 = BW_0$	96,33			Auszahlungsbetrag Tilgungszahlung Zinszahlung
$TZ_2 = NW_0$			100,00	
$K_t = NW_{t-1} * R_{t-1}^N$		4,00	5,00	
$C_t = K_t + TZ_t$		4,00	105,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{0,t}^{adj} = (1+R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}^{adj}$		3,77	92,56	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	96,33			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	3,67			Disagio
$R_0^E$	6,50%			Effektivzinssatz
$DF_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2}^{adj})^{-T_{1,2}}$			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor
$C_2 BW_1(s_{1,1}) = C_2 * DF_{1,2}^{adj}$			98,82	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = C_2 BW_1$		98,82		
$BW_t(\omega_t)$	96,33	98,82	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b> Barwerte (vor $TZ_t$ )
$BW_t^v(\omega_t) = BW_t + TZ_t$		98,82	100,00	
$(D)AA_t(\omega_t) = BW_t^v - BW_{t-1}$		2,49	1,18	(Dis-)Agio-Auflösung
$GE_t(\omega_t) = K_t + (D)AA_t$		6,49	6,18	<b>Gesamt-Erfolg</b>
$R_t(\omega_t) = GE_t/BW_{t-1}$		6,74%	6,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 22:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Stufenleiter-Kredit

**Fest verzinsten endfällige Kredite: Folgebewertung mit der Effektivzinsmethode**

Die fixierten Finanzinstrumente in Form der fest verzinsten endfälligen Kredite wurden in den vorangegangenen Ausführungen durchgängig mit dem Kreditmarkt-Barwertmodell bewertet, u.z. sowohl bei der Erstbewertung als auch bei den Folgebewertungen. Nach IFRS können die fixierten Finanzinstrumente bei der Folgebewertung aber auch mit der *Effektivzinsmethode* bewertet werden, woraus sich die sogenannten *fortgeführten Anschaffungskosten* ergeben. Durch Anwendung der Effektivzinsmethode wird die künftige Wertentwicklung von der stochastischen Entwicklung der Zinskurve losgelöst, sodass sich eine deterministische Wertentwicklung ergibt, welche im Zeitablauf zu Renditen in Höhe des Effektivzinssatzes führt.

**IFRS-Compliance – IAS 39.9:**

*Die Effektivzinsmethode ist eine Methode zur Berechnung der fortgeführten Anschaffungskosten eines finanziellen Vermögenswertes oder einer finanziellen Verbindlichkeit (oder einer Gruppe von finanziellen Vermögenswerten oder finanziellen Verbindlichkeiten) und der Allokation von Zinserträgen und Zinsaufwendungen auf die jeweiligen Perioden. Der Effektivzinssatz ist derjenige Kalkulationszinssatz, mit dem die geschätzten künftigen Ein- und Auszahlungen über die erwartete Laufzeit des Finanzinstruments oder eine kürzere Periode, sofern zutreffend, exakt auf den Nettobuchwert des finanziellen Vermögenswertes oder der finanziellen Verbindlichkeit abgezinst werden. Bei der Ermittlung des Effektivzinssatzes hat ein Unternehmen alle vertraglichen Bedingungen des Finanzinstruments zu berücksichtigen (z.B. Vorauszahlungen, Kauf- und andere Optionen), nicht jedoch die künftigen Kreditausfälle.*

Bei der Effektivzinismethode wird der bei der Erstbewertung bestimmte Effektivzinssatz in der Folgebewertung verwendet. Die Folgebewertung kann in zwei verschiedenen Varianten erfolgen, u.z. mit der Abzinsungs- und der Aufzinsungsmethode.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)
NW <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> - TZ <sub>t</sub>		100,00	0,00	
R <sub>0</sub> <sup>N</sup> bzw. R <sub>1</sub> <sup>N</sup>	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz
AZB <sub>0</sub> = BW <sub>0</sub>	95,45			Auszahlungsbetrag
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub>			100,00	Tilgungszahlung
K <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> * R <sub>t-1</sub> <sup>N</sup>		4,00	4,00	Zinszahlung
C <sub>t</sub> = K <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> = (1+R <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup>		3,77	91,68	<b>Erstbewertung</b>
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	95,45			
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	4,55			Disagio
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	6,50%			Effektivzinssatz
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> / (1+R <sub>0</sub> <sup>E</sup> )			97,65	<b>Folgebewertung</b> (Effektivzins-BW)
BW <sub>1</sub> <sup>E</sup> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		97,65		
AK <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = BW <sub>t</sub> <sup>(E)</sup>	95,45	97,65	0,00	<b>fortg. Ansch. Ko.</b>
AK <sub>t</sub> <sup>v</sup> (ω <sub>t</sub> ) = AK <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		97,65	100,00	
(D)AA <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = AK <sub>t</sub> <sup>v</sup> - AK <sub>t-1</sub>		2,20	2,35	(Dis-)Agio-Auflösung
GE <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = K <sub>t</sub> + (D)AA <sub>t</sub>		6,20	6,35	<b>Gesamt-Erfolg</b>
R <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = GE <sub>t</sub> /BW <sub>t-1</sub>		6,50%	6,50%	

**Tabelle 23:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Effektiv(ab)zinismethode

In der *Abzinsungsmethode* wird zu jedem Folgebewertungszeitpunkt der dann noch ausstehende künftige Zahlungsstrom mit dem Effektivzinssatz abgezinst. Diese Vorgehensweise ist in Tabelle 23 zu sehen. Im Rahmen der Erstbewertung wird der Effektivzinssatz von 6,50 % ermittelt. Der Effektivzinssatz wird im Zeitpunkt *t1* verwendet, um die dann noch künftige Zahlung in Höhe von 104 GE zu bewerten. Bei dem sich dabei ergebenden Effektivzins-Barwert handelt es sich um die *fortgeführten Anschaffungskosten* AK<sub>1</sub>.

$$(K5) \quad AK_1 = \frac{C_2}{(1 + R_0^E)^1} = \frac{104}{1,065^1} = 97,65$$

Die sich aus den fortgeführten Anschaffungskosten im Zeitablauf ergebenden (Dis-)Agioauflösungen führen dazu, dass die Gesamrendite in jeder Periode gleich dem Effektivzinssatz wird. Dies zeigt sich in der letzten Zeile von Tabelle 23.

Neben der Abzinsungsmethode gibt es noch die *Aufzinsungsmethode*. Aufgrund des in beiden Fällen verwendeten Effektivzinssatzes, welcher über die Kreditlaufzeit unverändert bleibt, führen beide Methoden zum gleichen Ergebnis.

Endfälliger Kredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N$ bzw. $R_1^N$	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz
$AZB_0 = BW_0$	95,45			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_t = NW_{t-1} \cdot R_{t-1}^N$		4,00	4,00	Zinszahlung
$C_t = K_t + TZ_t$		4,00	104,00	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{0,t}^{adj} = (1+R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t \cdot DF_{0,t}^{adj}$		3,77	91,68	<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	95,45			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	4,55			Disagio
$R_0^E$	6,50%			Effektivzinssatz
$EW_1^E(s_{1,1}) = BW_0 \cdot (1+R_0^E)$		101,65		<b>Folgebewertung</b> (Effektivzins-EW)
$"BW_1^E(s_{1,1})" = EW_1^E - K_1 - TZ_1$		97,65		
$AK_t(\omega_t) = BW_t^{(E)}$	95,45	97,65	0,00	<b>fortg. Ansch. Ko.</b>
$AK_t^V(\omega_t) = AK_t + TZ_t$		97,65	100,00	
$(D)AA_t(\omega_t) = AK_t^V - AK_{t-1}$		2,20	2,35	(Dis-)Agio-Auflösung
$GE_t(\omega_t) = K_t + (D)Aat$		6,20	6,35	<b>Gesamt-Erfolg</b>
$R_t(\omega_t) = GE_t/BW_{t-1}$		6,50%	6,50%	

**Tabelle 24:** Fest verzinsten endfälliger Kredit – Effektiv(auf)zinismethode

In Tabelle 24 wird der fest verzinsten endfällige Kredit in der Folgebewertung mit der Aufzinismethode bewertet. Dabei werden die fortgeführten Anschaffungskosten  $AK_1$  im Zeitpunkt  $t1$  aus dem ursprünglichen Barwert  $BW_0$  berechnet, welcher mit der aus dem Effektivzinssatz berechneten Bruttorendite  $(1+R_0^E)^1$  multipliziert und anschließend um die im Zeitpunkt  $t1$  erfolgte Zinszahlung  $K_1$  sowie Tilgungszahlung  $TZ_1$  reduziert wird.

$$\begin{aligned}
 (K6) \quad AK_1 &= BW_0 \cdot (1 + R_0^E)^1 - K_1 - TZ_1 \\
 &= 95,45 \cdot 1,065^1 - 4 - 0 = 97,65
 \end{aligned}$$

Zumal sich aus der Aufzinismethode die gleichen fortgeführten Anschaffungskosten wie mit der Abzinismethode ergeben, sind auch die damit berechneten Gesamterfolge und Gesamtrenditen gleich.

**Variabel verzinsten endfällige Kredite: Erstbewertung mit der reduzierten Kreditmarkt-Barwertfunktion**

Im Unterschied zu den fest verzinsten Krediten wird bei den variabel verzinsten Krediten der Nominalzinssatz nicht mehr zu Beginn der Kreditlaufzeit fest fixiert. Vielmehr wird der Nominalzinssatz an einen sich im Zeitablauf verändernden Referenzzinssatz gekoppelt, womit sich auch der Nominalzinssatz und die daraus abgeleiteten Zinszahlungen im Zeitablauf verändern. Der Nominalzinssatz wird somit zu einer variablen Größe. Im Zeitpunkt der Erstbewertung ist die Entwicklung des Referenzzinssatzes noch nicht bekannt. Der Referenzzinssatz kann im Zeitablauf verschiedene Realisationen annehmen. Er ist eine stochastische Größe, welche im Zeitablauf einem stochastischen Prozess folgt.

Im nachfolgenden Beispiel wird der Nominalzinssatz jährlich an den dann jeweils aktuellen 1-Jahres-Zinssatz angepasst. Weiters wird zur Abdeckung des Ausfallrisikos im Kreditmarkt-Barwertmodell ein Risikozuschlag von 2 % verrechnet. Die Zinszahlung zum Zeitpunkt  $t1$  errechnet sich aus dem im Zeitpunkt  $t0$  vorherrschenden 1-Jahres-Zinssatz in Höhe von 4 % und dem Risikozuschlag von 2 %. Die Zinszahlung beträgt somit 6 % des Nennwertes von 100 GE. Diese Zinszahlung wird zum Nennwert addiert, woraus sich die fiktive *Nennwertzins-Zahlung* ergibt. Diese Zahlung wird der Barwertberechnung zugrunde gelegt. Der Barwert von 100 GE zum Erstbewertungszeitpunkt  $t0$  ergibt sich durch Abzinsung des Nennwertzins-Zahlung in Höhe von 106 GE mit dem adjustierten Zinssatz von 6 % für ein Jahr. Zumal der Barwert gleich dem Nennwert ist, ergibt sich weder ein Agio noch ein Disagio, und der Effektivzinssatz deckt sich mit dem adjustierten Zinssatz.

Endfälliger Kredit (variabel verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N = R_0^E$	6,00%			Nominalzinssatz
$R_1^N(s_{1,t}) = R_1^E(s_{1,t})$		?		
$AZB_0 = BW_0$	100,00			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_1 = NW_0 * R_0^N$		6,00		Zinszahlung
$K_2(s_{1,t}) = NW_1 * R_1^N$			?	
$C_t(s_{1,t}) = K_t + TZ_t$		6,00	?	<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{0,1}$		1		Fristigkeit (in y)
$R_{0,1}$		4,00%		Zinssatz
$RZ_{0,1}$		2,00%		Risikozuschlag
$R_{0,1}^{adj} = R_{0,1} + RZ_{0,1}$		6,00%		adjustierter Zinssatz
$DF_{0,1}^{adj} = (1+R_{0,1}^{adj})^{-T_{0,1}}$		0,9434		adjust. Diskontfaktor
$NWZ_1 = NW_0 * (1+R_0^N)$		106,00		<b>Nennwert + Zinsen</b>
$NWZ_1 BW_0 = NWZ_1 * DF_{0,1}^{adj}$		100,00		<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = NWZ_1 BW_0$	100,00			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	0,00			(Dis-)Agio
$R_0^E = NW_0 * (1+R_0^N) / BW_0 - 1$	6,00%			Effektivzinssatz

**Tabelle 25:** Variabel verzinster endfälliger Kredit – Erstbewertung

Die Verwendung der *Nennwertzins-Zahlung* erklärt sich, indem man sich vorstellt, dass der variabel verzinsten endfällige Kredit zuerst nur eine Periode läuft. In diesem Falle entspricht diese fiktive Zahlung der tatsächlichen Zahlung. Wird nun unmittelbar vor Fälligkeit der Tilgungszahlung erneut ein einperiodiger Kredit zu den dann herrschenden Par-Konditionen aufgenommen, dann wird die Tilgungszahlung durch die sich aus der Refinanzierung ergebenden Einzahlung genau kompensiert. Am Periodenende wird wieder ein neuer Kredit zu Par-Konditionen aufgenommen, sodass die Tilgungszahlung erneut nicht unmittelbar liquiditätswirksam wird. Ein derart *rollender Kredit* beschreibt die Funktionsweise, welche hinter den periodischen Zinsanpassungen steht: Nach jeder Zinsanpassung wird der Wert des variabel verzinsten Finanzinstruments immer wieder gleich seinem Nennwert gesetzt.

Variabel verzinsten endfällige Kredite: Folgebewertung mit der reduzierten Kreditmarkt-Barwertfunktion

Die Folgebewertung der variabel verzinsten endfälligen Kredite erfolgt nach dem gleichen Muster wie die Erstbewertung. Mit der Bekanntwerdung, d.h. Enthüllung der Zinskurve im Folgebewertungszeitpunkt  $t1$  wird auch der 1-jährige Zinssatz bekannt. An diesen Zinssatz wird der Nominalzins für die nächste Periode angepasst. Konkret ergibt sich im Zustand  $s_{1,1}$  des Folgebewertungszeitpunktes  $t1$  der 1-jährige Zinssatz von 4,25 %. Durch Addition des Risikozuschlages von 2 % ergibt sich der neue adjustierte Zinssatz von 6,25 %. Dieser wird als neuer Nominalzinssatz für die Berechnung der neuen Nennwertzins-Zahlung verwendet. Die sich daraus ergebende Zahlung von 106,25 GE wird wiederum mit dem adjustierten Zinssatz von 6,25 % abgezinst. Daraus resultiert ein Barwert im Folgebewertungszeitpunkt von 100 GE. Der Barwert stimmt wieder mit dem Nennwert überein, sodass kein (Dis-)Agio anfällt und der adjustierte Zinssatz sich wiederum mit dem Effektivzinssatz deckt.

Endfälliger Kredit (variabel verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N = R_0^E$	6,00%			Nominalzinssatz
$R_1^N(s_{1,1}) = R_1^E(s_{1,1})$		6,25%		
$AZB_0 = BW_0$	100,00			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	
$K_1 = NW_0 * R_0^N$		6,00		Zinszahlung
$K_2(s_{1,1}) = NW_1 * R_1^N$			6,25	
$C_t(s_{t,}) = K_t + TZ_t$		6,00	106,25	<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{1,2}(s_{1,1})$			1	kft. Fristigkeit (in y)
$R_{1,2}(s_{1,1})$			4,25%	kft. Zinssatz
$RZ_{1,2}(s_{1,1})$			2,00%	kft. Risikozuschlag
$R_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = R_{1,2} + RZ_{1,2}$			6,25%	kft.adj. Abzinsungssatz
$DF_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2}^{adj})^{-T_{1,2}}$			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor
$NWZ_2(s_{1,1}) = NW_1 * (1+R_1^N)$			106,25	<b>Nennwert + Zinsen</b>
$NWZ_2BW_1(s_{1,1}) = NWZ_1 * DF_{0,1}^{adj}$			100,00	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = NWZ_2BW_1$		100,00		
$R_1^E(s_{1,1}) = NW_1 * (1+R_1^N) / BW_1 - 1$		6,25%		Effektivzinssatz

**Tabelle 26:** Variabel verzinsten endfälliger Kredit – zustandsabhängige Folgebewertung

Variabel verzinsten endfällige Kredite: Gesamt-Erfolg und Gesamt-Rendite

Der Gesamterfolg und die Gesamtrendite werden in Tabelle 27 für den realisierten Pfad  $\omega_1$  retrospektive betrachtet. Mangels (Dis-)Agioauflösungen setzt sich der Gesamterfolg nur aus den variablen Zinszahlungen zusammen, welche aufgrund der Par-Bewertung auch mit den Gesamtrenditen korrespondieren.

Endfälliger Kredit (variabel verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		100,00	0,00	
$R_0^N = R_0^E$	6,00%			Nominalzinssatz
$R_1^N(s_{1,1}) = R_1^E(s_{1,1})$		6,25%		
$AZB_0 = BW_0$	100,00			Auszahlungsbetrag
$TZ_2 = NW_0$			100,00	Tilgungszahlung
$K_1 = NW_0 * R_0^N$		6,00		Zinszahlung
$K_2(s_{1,1}) = NW_1 * R_1^N$			6,25	
$C_t(s_t) = K_t + TZ_t$		6,00	106,25	<b>künftiger Cash Flow</b>
$DF_{0,1}^{adj} = (1+R_{0,1}^{adj})^{-T_{0,1}}$		0,9434		adjust. Diskontfaktor
$NWZ_1 = NW_0 * (1+R_0^N)$		106,00		<b>Nennwert + Zinsen</b>
$NWZ_1 BW_0 = NWZ_1 * DF_{0,1}^{adj}$		100,00		<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = NWZ_1 BW_0$	100,00			
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$	0,00			(Dis-)Agio
$R_0^E = NW_0 * (1+R_0^N) / BW_0 - 1$	6,00%			Effektivzinssatz
$DF_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2}^{adj})^{-T_{1,2}}$			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor
$NWZ_2(s_{1,1}) = NW_1 * (1+R_1^N)$			106,25	<b>Nennwert + Zinsen</b>
$NWZ_2 BW_1(s_{1,1}) = NWZ_2 * DF_{0,1}^{adj}$			100,00	<b>Folgebewertung</b>
$BW_1(s_{1,1}) = NWZ_2 BW_1$		100,00		
$R_1^E(s_{1,1}) = NW_1 * (1+R_1^N) / BW_1 - 1$		6,25%		Effektivzinssatz
$BW_t(\omega_t)$	100,00	100,00	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>
$BW_t^v(\omega_t) = BW_t + TZ_t$		100,00	100,00	Barwert (vor TZ <sub>t</sub> )
$(D)AA_t(\omega_t) = BW_t^v - BW_{t-1}$		0,00	0,00	(Dis-)Agio-Auflösung
$GE_t(\omega_t) = K_t + (D)AA_t$		6,00	6,25	<b>Gesamt-Erfolg</b>
$R_t(\omega_t) = GE_t / BW_{t-1}$		6,00%	6,25%	Gesamt-Rendite

**Tabelle 27:** Variabel verzinster endfälliger Kredit – pfadabhängiger Erfolg und Rendite

### Fest verzinsten Finanzinstrumente: Erst- und Folgebewertung mit Buchungen

Nachfolgend werden die Abzahlungskredite exemplarisch gewählt, um die sich aus den jeweiligen Kategorisierungen ergebenden Unterschiede zu verdeutlichen. Dabei wird die jeweils gleiche Ausgangssituation bei der Erstbewertung verwendet, sodass in allen Bewertungskategorien die gleichen ursprünglichen Anschaffungskosten vorliegen.

#### Fest verzinsten Abzahlungskredite: HTM-Kategorie

Wird der fest verzinsten Abzahlungskredit als *Bis zur Endfälligkeit gehaltene Finanzinvestition* (Held to Maturity – kurz: HTM) kategorisiert, dann erfolgt die Folgebewertung zu fortgeführten Anschaffungskosten und die Wertänderungen werden im Zeitablauf *GU*-wirksam ausgewiesen. In Tabelle 28 wird im Rahmen der Erstbewertung ein Barwert von 96,78 GE für den fest verzinsten Abzahlungskredit durch Abzinsung des künftigen Zahlungsstroms mit den *adjustierten* Zinssätzen ermittelt. Bei diesem Betrag handelt es sich um den Auszahlungsbetrag, welcher vom kreditgebenden an den kreditnehmenden Agenten ausbezahlt wird.

Abzahlungskredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt	IFRS-Verbuchung	t	#
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)			
NW <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> - TZ <sub>t</sub>		50,00	0,00				
R <sub>t</sub> <sup>N</sup>	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz			
AZB <sub>0</sub> = -BW <sub>0</sub>	-96,78			Auszahlungsbetrag	fz.VW/Kassa	0	1d
TZ <sub>1</sub> = NW <sub>0</sub> /2		50,00		Tilgungszahlung	Kassa/fz.VW	1	1b
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub> /2			50,00		Kassa/fz.VW	2	1b
K <sub>1</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00		Zinszahlung	Kassa/FE	1	7a
K <sub>2</sub> = NW <sub>1</sub> * R <sub>1</sub> <sup>N</sup>			2,00		Kassa/FE	2	7a
C <sub>t</sub> = K <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		54,00	52,00	<b>künftiger Cash Flow</b>			
DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> = (1+R <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>-T<sub>0,t</sub></sup>		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor			
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup>		50,94	45,84	<b>Erstbewertung</b>			
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	96,78						
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	3,22			Disagio			
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	6,33%			Effektivzinssatz			
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> / (1+R <sub>0</sub> <sup>E</sup> )			48,91	<b>Folgebewertung</b>			
BW <sub>1</sub> <sup>E</sup> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		48,91		(Effektivzins-BW)			
BUW <sub>t</sub> (ω <sub>1</sub> ) = AK <sub>t</sub> = BW <sub>t</sub> <sup>E</sup>	96,78	48,91	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>	<b>Bilanz: fz.VW</b>		
BUW <sub>t</sub> <sup>V</sup> (ω <sub>2</sub> ) = BUW <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		98,91	50,00	Barwerte (vor TZ)			
(D)AA <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = BUW <sub>1</sub> <sup>V</sup> - BUW <sub>0</sub>		2,12		(Dis-)Agio-Auflösung	fz.VW/FE	1	7b
(D)AA <sub>2</sub> (s <sub>2,1</sub> ) = BUW <sub>2</sub> <sup>V</sup> - BUW <sub>1</sub>			1,09		fz.VW/FE	2	7b
FE <sub>t</sub> (ω <sub>1</sub> ) = K <sub>t</sub> + (D)AA <sub>t</sub>		6,12	3,09	<b>Finanz-Erfolg</b>	<b>GUV: FE</b>		
R <sub>t</sub> (ω <sub>1</sub> ) = FE <sub>t</sub> /BW <sub>t-1</sub>		6,33%	6,33%	FE-Rendite			

**Tabelle 28:** Fest verzinsten Abzahlungskredit (fz.VW/HTM) – Buchungen im Zeitablauf

Im Zeitpunkt  $t = 0$ , welcher den ersten Eintrag in der vorletzten Spalte von Tabelle 28 darstellt, fällt die erste Buchung für den kreditgebenden Agenten (z.B. Bank) an. Im Buchungssatz BS 8 ist zu sehen, dass es sich dabei um einen auszahlungswirksamen Aktivtausch in Form der Buchungskategorie *1d* der in Abbildung 14 abgebildeten IFRS-Buchungsmatrix handelt, wobei der Zugang des finanziellen Vermögenswertes (fz.VW) im Soll und der Abfluss des Geldes aus der Kassa im Haben gebucht wird.

(1d) fz.VW
an Kassa

**BS 8:** Verbuchung des ausgehenden Auszahlungsbetrages

Ad BS 8) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Finanzieller Vermögenswert und die Haben-Buchung im aktiven Bestandskonto Kassa kommt es zu einem auszahlungswirksamen Aktivtausch der Buchungskategorie *1d*.

Im Zeitpunkt  $t = 1$  erfolgt die Folgebewertung mit der Effektivzins-Barwertmethode, woraus sich der Barwert von 48,91 GE ergibt. Unmittelbar vor diesem Zeitpunkt wird eine Zinszahlung von 4 GE sowie eine Tilgungszahlung von 50 GE geleistet. Diese beiden Zahlungen führen zu zwei Buchungssätzen, welche in Tabelle 28 eingetragen sind. Bei der Zinszahlung handelt es sich um einen zahlungswirksamen Aufwand der Buchungskategorie 7a, wobei der Zahlungseingang in der Kassa im Soll und der Ertrag auf dem finanzierungswirksamen Konto Fi-

nanzerfolg<sup>25</sup> FE im Haben gebucht wird. Bei der Tilgungszahlung handelt es sich um einen einzahlungswirksamen Aktivtausch der Buchungskategorie *1b*, wobei der Zahlungseingang in der Kassa im Soll und die Tilgung des finanziellen Vermögenswertes im Haben gebucht wird. Schließlich gilt es noch die Disagio-Auflösung in der Höhe von 2,12 GE der ersten Periode buchungstechnisch zu erfassen. Die Disagio-Auflösung stellt einen nichtzahlungswirksamen Ertrag der Buchungskategorie *7a* dar, wobei die Werterhöhung des finanziellen Vermögenswertes im Soll und der nicht zahlungswirksame Ertrag im Haben gebucht wird.

(7a)	Kassa
an	FE

**BS 9:** Verbuchung der eingehenden Zinszahlung

Ad BS 9) Durch die zahlungswirksame Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Kassa und die ertragserhöhende Haben-Buchung auf dem FE-Konto handelt es sich um einen einzahlungswirksamen Ertrag der Buchungskategorie *7a*.

(1b)	Kassa
an	fz.VW

**BS 10:** Verbuchung der eingehenden Tilgungszahlung

Ad BS 10) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Kassa und die Haben-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Finanzieller Vermögenswert kommt es zu einem einzahlungswirksamen Aktivtausch *1b*.

(7b)	fz.VW
an	FE

**BS 11:** Verbuchung der Disagio-Auflösung

Ad BS 11) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Finanzieller Vermögenswert und die ertragserhöhende Haben-Buchung auf dem FE-Konto handelt es sich um einen nicht zahlungswirksamen Ertrag der Buchungskategorie *7b*.

Im Zeitpunkt  $t = 2$  wird eine Zinszahlung von 2 GE sowie eine Tilgungszahlung von 50 GE geleistet, wodurch der ursprüngliche Nennwert von 100 GE zur Gänze getilgt wird. Mangels über den Zeitpunkt  $t = 2$  hinaus gehender Zahlungen ist der Barwert nach Tilgungszahlung gleich Null. Die beiden Zahlungseingänge werden analog zum Zeitpunkt  $t = 1$  gebucht. Analog

<sup>25</sup> Das finanzierungswirksame Konto FE (FE-Konto) wird verwendet, um die Darstellung möglichst einfach zu halten. Bei diesem Konto handelt es sich um ein *abstraktes Konto*, welches alle im Finanzerfolg ausgewiesenen Konten (z.B. Zinsaufwand und Zinsertrag) als konkrete Konten beinhaltet.

wird schließlich auch die Disagio-Auflösung im Zeitpunkt  $t = 2$  gebucht. Der Betrag der Disagio-Auflösung fällt über die zweite Perioden aufgrund der in der ersten Periode geleisteten Tilgungszahlung im Vergleich zur ersten Periode geringer aus. Durch die Verwendung der Effektivzinsmethode erfolgen die Folgebewertungen immer mit dem Effektivzins, sodass sich eine deterministische und somit von der stochastischen Zinskurvenentwicklung unabhängige Disagio-Auflösung ergibt. In Tabelle 28 ist zu sehen, dass die Disagio-Auflösungen und die Zinszahlungen zu periodischen Finanzerfolgen führen, welche eine im Zeitablauf konstante Rendite für den Finanzerfolg (FE-Rendite) von 6,33 %, was sich genau mit dem Effektivzinssatz deckt, ergibt.

Nunmehr wird der fest verzinste Abzahlungskredit aus der Perspektive des kreditnehmenden Agenten betrachtet, wobei es sich um eine *Kreditaufnahme* handelt. Diesem fließt zum Zeitpunkt der Kreditaufnahme der Auszahlungsbetrag zu. Im Gegenzug entsteht eine finanzielle Verbindlichkeit. Zu den künftigen Zahlungszeitpunkten werden Zins- und Tilgungszahlungen geleistet, bis der ursprünglich aufgenommene Nennwert zur Gänze zurück bezahlt ist. In Tabelle 29 ist zu sehen, dass sich im Unterschied zur in Tabelle 28 dargestellten Perspektive des kreditgebenden Agenten einige Vorzeichen verändert haben. Der negativ dargestellte Nennwert von -100,00 GE gibt Aufschluss, dass eine finanzielle Verbindlichkeit zugrunde liegt. Zur Tilgung des Nennwertes sind die mit einem negativen Vorzeichen dargestellten Tilgungszahlungen erforderlich. Bei den Zinszahlungen handelt es sich ebenfalls um Auszahlungen, sodass auch diese ein negatives Vorzeichen haben. Die negativen Zahlungen finden dann auch im künftigen Zahlungsstrom (Cash Flow) sowie den diesbezüglichen Barwerten und den sich aus diesen berechneten Werten ihren Niederschlag.

Abzahlungskredit (fest verzinzt)	t0	t1	t2	Zeitpunkt	IFRS-Verbuchung	t	#
$NW_0$	-100,00			Nominale (Nennwert)			
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		-50,00	0,00				
$R_t^N$	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz			
$AZB_0 = -BW_0$	96,78			Auszahlungsbetrag	Kassa/fz.Vb	0	2a
$TZ_1 = NW_0/2$		-50,00		Tilgungszahlung	fz.Vb/Kassa	1	4a
$TZ_2 = NW_0/2$			-50,00	Tilgungszahlung	fz.Vb/Kassa	2	4a
$K_1 = NW_0 * R_0^N$		-4,00		Zinszahlung	FE/Kassa	1	5a
$K_2 = NW_1 * R_1^N$			-2,00	Zinszahlung	FE/Kassa	2	5a
$C_t = K_t + TZ_t$		-54,00	-52,00	<b>künftiger Cash Flow</b>			
$DF_{0,t}^{adj} = (1+R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor			
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}^{adj}$		-50,94	-45,84	<b>Erstbewertung</b>			
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	-96,78			<b>Erstbewertung</b>			
$(D)A_0 = \text{abs}(NW_0) - \text{abs}(BW_0)$	3,22			Disagio			
$R_0^E$	6,33%			Effektivzinssatz			
$C_2 BW_1(s_{1,1}) = C_2 / (1+R_0^E)$			-48,91	<b>Folgebewertung</b>			
$BW_1^E(s_{1,1}) = C_2 BW_1$		-48,91		<b>Folgebewertung</b> (Effektivzins-BW)			
$BUW_t(\omega_t) = AK_t = BW_t^E$	-96,78	-48,91	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>	<b>Bilanz: fz.Vb</b>		
$BUW_t^Y(\omega_t) = BUW_t + TZ_t$		-98,91	-50,00	Barwerte (vor $TZ_t$ )			
$(D)AA_1(s_{1,1}) = BUW_1^Y - BUW_0$		-2,12		(Dis-)Agio-Auflösung	FE/fz.Vb	1	6a
$(D)AA_2(s_{2,1}) = BUW_2^Y - BUW_1$			-1,09	(Dis-)Agio-Auflösung	FE/fz.Vb	2	6a
$FE_t(\omega_t) = K_t + (D)AA_t$		-6,12	-3,09	<b>Finanz-Erfolg</b>	<b>GUV: FE</b>		
$R_t(\omega_t) = FE_t/BW_{t-1}$		6,33%	6,33%	FE-Rendite			

**Tabelle 29:** Fest verzinster Abzahlungskredit (fz.Vb/HTM) – Buchungen im Zeitablauf

Hinter den veränderten Vorzeichen stehen auch entsprechend neue Verbuchungen. Im Zeitpunkt  $t = 0$  stellt der vom kreditnehmenden Agenten vereinnahmte Auszahlungsbetrag einen Liquiditätszufluss dar, welcher den Kassabestand durch eine Soll-Buchung erhöht. Die dadurch entstehende Schuld wird durch eine Haben-Buchung als finanzielle Verbindlichkeit (fz.Vb) dargestellt.

(2a)	Kassa
an	fz.Vb

**BS 12:** Verbuchung des eingehenden Auszahlungsbetrages

Ad BS 12) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Kassa und der Haben-Buchung auf dem passiven Bestandskonto Finanzielle Verbindlichkeit handelt es sich dabei um einen einzahlungswirksamen Aktivtausch der Buchungskategorie 2a.

Die in den Zeitpunkten  $t = 1$  und  $t = 2$  geleisteten Zinszahlungen reduzieren jeweils den Kassabestand, was als Haben-Buchung erfasst wird. Der den Auszahlungen entgegen stehende Aufwand wird durch eine Soll-Buchung auf dem FE-Konto erfasst.

(5a)	FE
an	Kassa

**BS 13:** Verbuchung der ausgehenden Zinszahlung

Ad BS 13) Aufgrund der Soll-Buchung auf dem FE-Aufwandskonto und der Haben-Buchung auf dem Kassakonto handelt es sich hierbei um einen zahlungswirksamen Aufwand der Buchungskategorie 7a.

Die Tilgungszahlungen, welche in den Zeitpunkten  $t = 1$  und  $t = 2$  geleisteten werden, führen zu einem Abgang aus dem Kassabestand, was zu einer Haben-Buchung auf dem Kassakonto führt. Durch die Tilgung reduziert sich die Höhe der Schuld, was zu einer Soll-Buchung auf dem Konto Finanzielle Verbindlichkeit führt.

(4a)	fz.Vb
an	Kassa

**BS 14:** Verbuchung der ausgehenden Tilgungszahlung

Ad BS 14) Die Soll-Buchung auf dem passiven Bestandskonto Finanzielle Verbindlichkeit und die Haben-Buchung dem aktiven Bestandskonto Kassa entspricht einer zahlungswirksamen Bilanzverkürzung der Buchungskategorie 4a.

Schließlich wird noch die Disagioauflösung in den beiden Zeitpunkten  $t = 1$  und  $t = 2$  erfasst. Durch die Disagio-Auflösung steigt der Wert der Schuld im Zeitablauf an. Die Erhöhung des Wertes der finanziellen Verbindlichkeit wird durch eine Haben-Buchung erfasst. Die entgegengesetzte Soll-Buchung erfolgt auf dem FE-Aufwandskonto.

(6a)	FE
an	fz.Vb

### BS 15: Verbuchung der Disagio-Auflösung

Ad BS 15) Durch die Soll-Buchung auf dem Aufwandskonto FE und die Haben-Buchung auf dem passiven Bestandskonto handelt es sich hierbei um einen nicht-zahlungswirksamen schulden erhöhenden Aufwand der Buchungskategorie  $6a$ .

### Fest verzinste Abzahlungskredite: AFV-Kategorie

Nunmehr wird der gleiche fest verzinste Abzahlungskredit wie in den vorangegangenen Ausführungen betrachtet. Der einzige Unterschied liegt in der Kategorisierung des fixierten Finanzinstruments, welches nunmehr *Zum beizulegenden Zeitwert durch die Gewinn- und Verlustrechnung* (At Fair Value – kurz: AFV) erfolgt. Anstelle der Folgebewertung in Form der sich nach der Effektivzinsmethode ergebenden fortgeführten Anschaffungskosten erfolgt bei den AFV-Finanzinstrumenten die Folgebewertung anhand einer Neubewertung des jeweils noch künftigen Zahlungsstroms. Dadurch entwickeln sich die in den Folgebewertungen ergebenden Werte nicht mehr auf eine deterministische Weise. Vielmehr sind die sich im Zeitablauf ergebenden Werte stochastischer Natur. Die konkrete Entwicklung der Werte hängt von der sich im Zeitablauf konkret ergebenden Entwicklung der Zinskurve ab. Die sich im Zeitablauf ergebenden Wertänderungen werden bei den AFV-Finanzinstrumenten finanzierungswirksam in der Gewinn- und Verlustrechnung erfasst.

Abzahlungskredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt	IFRS-Verbuchung	t	#
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)			
NW <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> - TZ <sub>t</sub>		50,00	0,00				
R <sub>t</sub> <sup>N</sup>	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz			
AZB <sub>0</sub> = -BW <sub>0</sub>	-96,78			Auszahlungsbetrag	fz.VW/Kassa	0	1d
TZ <sub>1</sub> = NW <sub>0</sub> /2		50,00		Tilgungszahlung	Kassa/fz.VW	1	1b
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub> /2			50,00		Kassa/fz.VW	2	1b
K <sub>1</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00		Zinszahlung	Kassa/FE	1	7a
K <sub>2</sub> = NW <sub>1</sub> * R <sub>1</sub> <sup>N</sup>			2,00		Kassa/FE	2	7a
C <sub>t</sub> = K <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		54,00	52,00	<b>künftiger Cash Flow</b>			
DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> = (1+R <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>-T<sub>0,t</sub></sup>		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor			
C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>t</sub> * DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup>		50,94	45,84	<b>Erstbewertung</b>			
BW <sub>0</sub> = ∑ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	96,78						
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	3,22			Disagio			
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	6,33%			Effektivzinssatz			
DF <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> (s <sub>1,1</sub> ) = (1+R <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>-T<sub>1,2</sub></sup>			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor			
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> * DF <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup>			48,94	<b>Folgebewertung</b>			
BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		48,94					
BUW <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = BW <sub>t</sub>	96,78	48,94	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>	<b>Bilanz: fz.VW</b>		
BUW <sub>t</sub> <sup>v</sup> (ω <sub>t</sub> ) = BUW <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		98,94	50,00	Barwerte (vor TZ <sub>t</sub> )			
(D)AA <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = BUW <sub>1</sub> <sup>v</sup> - BUW <sub>0</sub>		2,16		(Dis-)Agio-Auflösung	fz.VW/FE	1	7b
(D)AA <sub>2</sub> (s <sub>2,1</sub> ) = BUW <sub>2</sub> <sup>v</sup> - BUW <sub>1</sub>			1,06		fz.VW/FE	2	7b
FE <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = K <sub>t</sub> + (D)AA <sub>t</sub>		6,16	3,06	<b>Finanz-Erfolg</b>	<b>GUV: FE</b>		
R <sub>t</sub> (ω <sub>t</sub> ) = FE <sub>t</sub> /BW <sub>t-1</sub>		6,36%	6,25%	FE-Rendite			

**Tabelle 30:** Fest verzinsten Abzahlungskredit (fz.VW/AFV) – Buchungen im Zeitablauf

In Tabelle 30 wird der als AFV-Finanzinstrument kategorisierte fest verzinsten Abzahlungskredit aus der Sicht der kreditgebenden Agenten betrachtet. Dabei fallen die gleichen Buchungen an wie beim in Tabelle 28 dargestellten HTM-Abzahlungskredit. Der einzige Unterschied liegt in der Folgebewertung, welche nunmehr im Zeitpunkt  $t = 1$  einen vom dann eingetretenen Zustand  $s_{1,1}$  abhängigen Wert von 48,94 GE liefert. In der Folge werden auch die Disagio-Auflösung der beiden Perioden der Höhe nach verändert. Dies verändert wiederum die periodischen Finanzerfolge, sodass die periodischen FE-Renditen nicht mehr gleich dem ursprünglichen Effektivzinssatz von 6,33 % sind.

In Tabelle 31 wird der AFV-Abzahlungskredit aus der Perspektive des kreditnehmenden Agenten betrachtet. Die Buchungen decken sich mit dem in Tabelle 29 abgebildeten HTM-Abzahlungskredit. Der einzige Unterschied liegt in der unterschiedlichen Folgebewertung, welche nunmehr nicht mehr über die Effektivzinismethode, sondern über die Neubewertungsmethode erfolgt. Als letztendliche Auswirkung zeigt sich wiederum eine Zustandsabhängigkeit der periodischen Finanzerfolge, welche prozentuell betrachtet vom Effektivzinssatz abweichen.

Abzahlungskredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt	IFRS-Verbuchung	t	#
$NW_0$	-100,00			Nominale (Nennwert)			
$NW_t = NW_{t-1} - TZ_t$		-50,00	0,00				
$R_t^N$	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz			
$AZB_0 = -BW_0$	96,78			Auszahlungsbetrag	Kassa/fz.Vb	0	2a
$TZ_1 = NW_0/2$		-50,00			fz.Vb/Kassa	1	4a
$TZ_2 = NW_0/2$			-50,00	Tilgungszahlung	fz.Vb/Kassa	2	4a
$K_1 = NW_0 * R_0^N$		-4,00		Zinszahlung	FE/Kassa	1	5a
$K_2 = NW_1 * R_1^N$			-2,00		FE/Kassa	2	5a
$C_t = K_t + TZ_t$		-54,00	-52,00	<b>künftiger Cash Flow</b>			
$DF_{0,t}^{adj} = (1+R_{0,t}^{adj})^{-T_{0,t}}$		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor			
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}^{adj}$		-50,94	-45,84	<b>Erstbewertung</b>			
$BW_0 = \sum C_t BW_0$	-96,78						
$(D)A_0 = \text{abs}(NW_0) - \text{abs}(BW_0)$	3,22			Disagio			
$R_0^E$	6,33%			Effektivzinssatz			
$DF_{1,2}^{adj}(s_{1,1}) = (1+R_{1,2}^{adj})^{-T_{1,2}}$			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor			
$C_2 BW_1(s_{1,1}) = C_2 * DF_{1,2}^{adj}$			-48,94	<b>Folgebewertung</b>			
$BW_1(s_{1,1}) = C_2 BW_1$		-48,94					
$BUW_t(\omega_t) = BW_t$	-96,78	-48,94	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>	<b>Bilanz: fz.Vb</b>		
$BUW_t^v(\omega_t) = BUW_t + TZ_t$		-98,94	-50,00	Barwerte (vor TZ <sub>t</sub> )			
$(D)AA_1(s_{1,1}) = BUW_1^v - BUW_0$		-2,16		(Dis-)Agio-Auflösung	FE/fz.Vb	1	6a
$(D)AA_2(s_{2,1}) = BUW_2^v - BUW_1$			-1,06		FE/fz.Vb	2	6a
$FE_t(\omega_t) = K_t + (D)AA_t$		-6,16	-3,06	<b>Finanz-Erfolg</b>	<b>GUV: FE</b>		
$R_t(\omega_t) = FE_t/BW_{t-1}$		6,36%	6,25%	FE-Rendite			

**Tabelle 31:** Fest verzinster Abzahlungskredit (fz.Vb/AFV) – Buchungen im Zeitablauf

Fest verzinsten Abzahlungskredite: AFS-Kategorie

**IFRS-Compliance:** Besonderheiten von AFS-Finanzinstrumenten

Zur Veräußerung verfügbare finanzielle Vermögenswerte (AFS: Available For Sale) werden

- zum Fair Value bewertet,
- die periodischen Wertänderungen werden direkt im Eigenkapital als Neubewertungsrücklage (NBRL) erfasst und
- bei Veräußerung wird die NBRL erfolgswirksam aufgelöst.

Abschließend wird der fest verzinsten Abzahlungskredit als *Zur Veräußerung verfügbare finanzielle Vermögenswert* (Available For Sale – kurz: AFS) kategorisiert. In Tabelle 32 wird dieses AFS-Finanzinstrument aus der Perspektive des kreditgebenden Agenten betrachtet. Bis auf die (Dis-)Agioauflösung ergeben sich die gleichen Buchungen wie bei der HTM- bzw. der AFV-Bewertungskategorie. Die (Dis-)Agioauflösung erfolgt nunmehr durch Bildung einer Neuwertungsrücklage. Dabei wird die wertmäßige Erhöhung des finanziellen Vermögenswertes durch eine Soll-Buchung erfasst. Die Haben-Buchung erfolgt nicht auf dem FE-Konto, sondern direkt

im Eigenkapital, u.z. auf dem Konto Neubewertungsrücklage NBRL. Im Zeitpunkt<sup>26</sup>  $t = 2$  wird die passivisch gebildete Rücklage durch eine Soll-Buchung finanzierungswirksam aufgelöst. Die entsprechende Haben-Buchung erfolgt auf dem FE-Konto, womit die gesamte<sup>27</sup> im Zeitablauf gebildete NBRL im Finanzerfolg der zweiten Periode aufscheint. Im Finanzerfolg der ersten Periode scheint nur die im Zeitpunkt  $t = 1$  geleisteten Zinszahlung von 4 GE auf.

Abzahlungskredit (fest verzinst)	t0	t1	t2	Zeitpunkt	IFRS-Verbuchung	t	#
NW <sub>0</sub>	100,00			Nominale (Nennwert)			
NW <sub>t</sub> = NW <sub>t-1</sub> - TZ <sub>t</sub>		50,00	0,00				
R <sub>t</sub> <sup>N</sup>	4,00%	4,00%		Nominalzinssatz			
AZB <sub>0</sub> = -BW <sub>0</sub>	-96,78			Auszahlungsbetrag	fz.VW/Kassa	0	1d
TZ <sub>1</sub> = NW <sub>0</sub> /2		50,00		Tilgungszahlung	Kassa/fz.VW	1	1b
TZ <sub>2</sub> = NW <sub>0</sub> /2			50,00		Kassa/fz.VW	2	1b
K <sub>1</sub> = NW <sub>0</sub> * R <sub>0</sub> <sup>N</sup>		4,00		Zinszahlung	Kassa/FE	1	7a
K <sub>2</sub> = NW <sub>1</sub> * R <sub>1</sub> <sup>N</sup>			2,00		Kassa/FE	2	7a
C <sub>t</sub> = K <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		54,00	52,00	<b>künftiger Cash Flow</b>			
DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> = (1+R <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>(-T<sub>0,t</sub>)</sup>		0,9434	0,8815	adjust. Diskontfaktor			
C <sub>1</sub> BW <sub>0</sub> = C <sub>1</sub> * DF <sub>0,t</sub> <sup>adj</sup>		50,94	45,84	<b>Erstbewertung</b>			
BW <sub>0</sub> = Σ C <sub>t</sub> BW <sub>0</sub>	96,78						
(D)A <sub>0</sub> = NW <sub>0</sub> - BW <sub>0</sub>	3,22			Disagio			
R <sub>0</sub> <sup>E</sup>	6,33%			Effektivzinssatz			
DF <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> (s <sub>1,1</sub> ) = (1+R <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup> ) <sup>(-T<sub>1,2</sub>)</sup>			0,9412	kft. adj. Diskontfaktor			
C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> * DF <sub>1,2</sub> <sup>adj</sup>			48,94	<b>Folgebewertung</b>			
BW <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = C <sub>2</sub> BW <sub>1</sub>		48,94					
BUW <sub>t(ω<sub>t</sub>)</sub> = BW <sub>t</sub>	96,78	48,94	0,00	pfadweise <b>Barwerte</b>	<b>Bilanz: fz.VW</b>		
BUW <sub>t(ω<sub>t</sub>)</sub> <sup>v</sup> = BUW <sub>t</sub> + TZ <sub>t</sub>		98,94	50,00	Barwerte (vor TZ <sub>t</sub> )			
(D)AA <sub>1</sub> (s <sub>1,1</sub> ) = BUW <sub>1</sub> <sup>v</sup> - BUW <sub>0</sub>		2,16		(Dis-)Agio-Auflösung	fz.VW/NBRL	1	7e
(D)AA <sub>2</sub> (s <sub>2,1</sub> ) = BUW <sub>2</sub> <sup>v</sup> - BUW <sub>1</sub>			1,06		fz.VW/NBRL	2	7e
FE <sub>t(ω<sub>t</sub>)</sub> = K <sub>t</sub>		4,00	2,00	<b>Finanz-Erfolg</b>	<b>GUV: FE</b>		
FE <sub>2(ω<sub>2</sub>)</sub> = NBRL <sub>2</sub>			3,22		NBRL/FE	2	9c
R <sub>t(ω<sub>t</sub>)</sub> = FE <sub>t</sub> /BW <sub>t-1</sub>		4,13%	10,66%	FE-Rendite			

**Tabelle 32:** Fest verzinsten Abzahlungskredit (fz.VW/AFS) – Buchungen im Zeitablauf

Die bei den AFS-Finanzinstrumenten neu hinzu gekommenen Buchungssätze haben folgende Bedeutung in der IFRS-Ontologie.

(7e)	fz.VW
an	NBRL

**BS 16:** Verbuchung der (passivischen) NBRL-Bildung

Ad BS 16) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Finanzieller Vermögenswert und die Haben-Buchung auf dem Eigenkapitalkonto NBRL handelt es sich um eine nichtzahlungswirksamen direkte Eigenkapitalerhöhung der Buchungskategorie 7e.

<sup>26</sup> Die Auflösung erfolgt zu diesem Zeitpunkt mangels vorheriger Veräußerung des AFS-Finanzinstruments im Beispiel. Wäre das Instrument vorher veräußert worden, dann wäre die NBRL zum Veräußerungszeitpunkt aufzulösen gewesen.

<sup>27</sup> Mangels vorzeitiger Auflösung deckt sich im Beispiel die gesamte NBRL mit dem ursprünglichen Disagio.

(9c)	NBRL
an	FE

**BS 17:** Verbuchung der (passivischen) NBRL-Auflösung

Ad BS 17) Aufgrund der Soll-Buchung auf dem NBRL-Konto des Eigenkapitals und der Haben-Buchung auf dem FE-Konto handelt es sich um einen ertragswirksamen Passivtausch der Buchungskategorie 9c.

In dem in Tabelle 32 gewählten Beispiel entstand aufgrund des ursprünglichen Disagio von 3,22 GE und der im Zeitablauf unterstellten Zinskurvenentwicklung eine passivische NBRL. Liegt hingegen ein ursprüngliches Agio vor, wobei der ursprüngliche Barwert den ursprünglichen Nennwert übersteigt, und wird das AFS-Finanzinstrument bis zur Fälligkeit nicht veräußert, dann bildet sich im Zeitablauf eine aktivische NBRL. Die aktivische NBRL entsteht durch eine Soll-Buchung auf dem NBRL-Konto. Die korrespondierende Haben-Buchung bildet die Reduktion des finanziellen Vermögenswertes ab. Die Bildung einer aktivischen NBRL ist eine nicht-zahlungswirksame direkte Eigenkapitalreduktion der Buchungskategorie 5e. Die aktivische NBRL wird durch eine Haben-Buchung auf dem NBRL-Konto aufgelöst. Die dazugehörige Soll-Buchung erfolgt im FE-Konto, sodass der gesamte Betrag der NBRL in der Periode der Auflösung in der Gewinn- und Verlustrechnung ausgewiesen wird. Bei dieser Buchung handelt es sich um einen aufwandswirksamen Passivtausch der Buchungskategorie 9b.

## Kostentheorie: Bewertung von Sach- und Dienstleistungen

Im Mittelpunkt der betrieblichen Produktions- und Kostentheorie steht das (prozessorientierte) Input-Output-Modell, welches folglich den Kern der produktionswirtschaftlichen (PROWI)-Perspektive<sup>28</sup> darstellt. Im Input-Output-Modell wird der Input in Form der als *Produktionsfaktoren* bezeichneten realwirtschaftlichen Ressourcen *Material* (MAT), *Personal* (PERS) und *Technologie* (TECH) gesehen, welcher im Rahmen der Leistungserstellung in die entsprechenden Ausbringung (Output) transformiert wird. Die hinter der Leistungserstellung stehende Ressourcen-Transformation wird als Funktion im mathematischen Sinne modelliert. Folglich zählt das Input-Output-Modell zur *funktionalistischen Produktionstheorie*<sup>29</sup>, welche auf Leontief<sup>30</sup> [Leon51] zurückgeht. Diese Produktionstheorie konzentriert sich *bei Beschreibung, Erklärung und Gestaltung der Relationen der zwischen den Faktoreinsatz- und Ausbringungsmengen auf Produktionsfunktionen* [Matt96, Sp. 1569 ff. bzw. Cors00, S. 57].

Die betrieblichen Aspekte werden im prozessorientierten Input-Output-Modell berücksichtigt, welches auf Heinen [Hein81, S. 368] zurück geht: *Der industrielle Produktionsprozeß ist durch Mehrstufigkeit charakterisiert. In mehrstufigen Kombinationsprozessen durchläuft ein Produkt eine Abfolge von Teilprozessen bzw. Fertigungsstufen, bis es zum Endprodukt gereift ist. Für die Durchdringung aller produktionswirtschaftlichen Problembereiche und Zusammenhänge (Mengenbeziehungen, Strukturbeziehungen, Zeitbeziehungen, Informationsbeziehungen) muß bei der Modellbildung daher ein anderer Weg als beim allgemeinen Input-Output-Modell beschritten werden. Die Modellbetrachtung muß von den Teilprozessen des Produktionsprozesses und der strukturellen Verknüpfung der Teilprozesse ausgehen. Diesen Weg beschreitet die neuere Produktionstheorie (Heinen, Kloock, Küpper). Das Produktionsmodell von Heinen (Produktionsfunktion vom Typ C) basiert auf der Prozeßbetrachtung. Im folgenden soll dieses Input-Output-Modell näher beschrieben werden, da es den weiteren Ausführungen zur industriellen Produktionswirtschaft zugrunde gelegt wird.*

<sup>28</sup> Das auf dem (prozessorientierten) Input-Output-Modell aufbauende Vokabular und die damit verbundene Logik bildet die PROWI-Ontologie.

<sup>29</sup> Die funktionalistische Produktionstheorie kann als Spezialfall der auf Koopmans [Koop51] zurückgehenden *aktivitätsanalytischen Produktionstheorie* verstanden werden, wobei *ausgehend von den formalen Eigenschaften einer Technologie die Eigenschaften von Produktionsfunktionen und Entscheidungsempfehlungen hergeleitet* werden [Cors00, S. 57]. Tjalling Koopmans erhielt gemeinsam mit Leonid Witaljewitsch Kantorowitsch für seine Arbeiten im Jahre 1975 den Wirtschaftsnobelpreis.

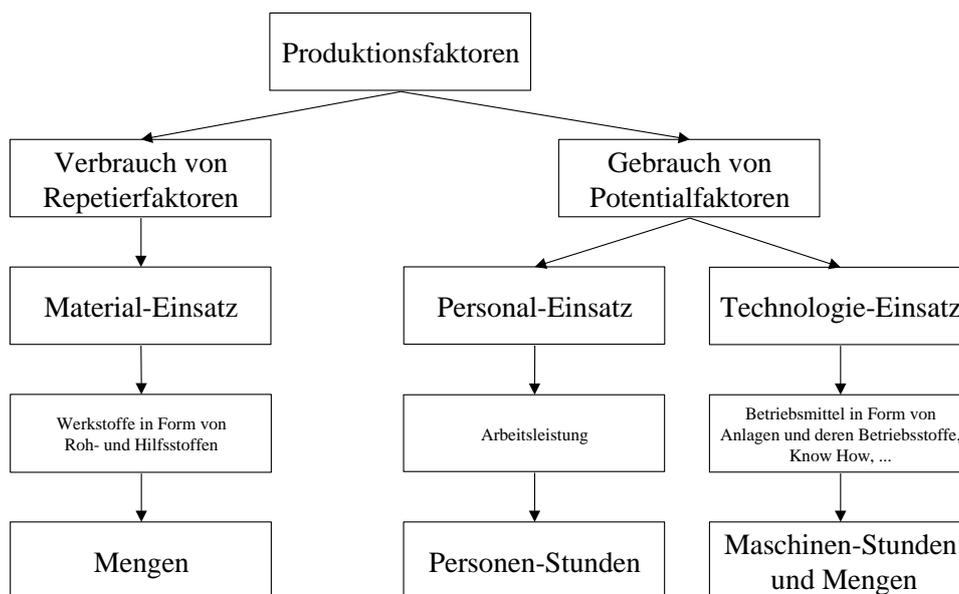
<sup>30</sup> Wassily Leontief gilt als *Vater der Input-Output-Analyse* und er erhielt für seine diesbezüglichen Arbeiten im Jahre 1973 den Wirtschaftsnobelpreis.

**Leontief-Produktionsfunktion: Linear-limitationales I/O-Modell**

Die für die Produktion benötigten Einsatzgüter werden als „Produktionsfaktoren“ („Input-Güter“), die erzeugten Einsatzgüter als „Produktionsleistung“ („Output-Güter“) und der Produktionsvorgang selbst als „Transformations- oder Produktionsprozeß“ bezeichnet. ... Die Produktionstheorie unterscheidet im allgemeinen zwei Kategorien von Produktionsfaktoren: Repetierfaktoren (z.B. Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe) gehen materiell in das Produkt ein und müssen in relativ kurzen Abständen neu beschafft werden. Sie sind weitgehend teilbar. Potenzialfaktoren (z.B. Fabriksgebäude, Produktionsanlagen) sind dagegen nicht beliebig teilbar. Potenzialfaktoren stehen dem Industriebetrieb über lange Zeiträume zur Verfügung, d.h. sie verkörpern ein Nutzungspotenzial, das nicht durch einmalige Inanspruchnahme, sondern erst durch wiederholten Einsatz „verzehrt“ wird. [Heine81, S. 365 f].

**PROWI-Perspektive: Unterscheidung der Ressourcen – Repetier- vs. Potenzialfaktor**

Die Unterscheidung der Produktionsfaktoren, wobei es sich um die im Input/Output-Modell als Input-Güter eingesetzten, realwirtschaftlichen Ressourcen handelt, in Repetier- und Potenzialfaktoren ist in Abbildung 30 ersichtlich. Bei den Repetierfaktoren handelt es sich um die Material-Ressourcen (MAT-Ressourcen), welche zumeist in Mengeneinheiten (ME) gemessen werden. Bei den Potenzialfaktoren werden weiter unterteilt, u.z. in die Personal-Ressourcen (PERS-Ressourcen) und die Technologie-Ressourcen (TECH-Ressourcen). Sowohl PERS- als auch TECH-Ressourcen werden üblicherweise in Zeiteinheiten (ZE) gemessen.



**Abbildung 30:** Produktionsfaktoren und deren Maßgrößen

Bei der in Abbildung 30 dargestellten Klassifikation der Produktionsfaktoren handelt es sich aus informationstechnischer (IT-)Sicht um das Abstraktionskonzept der Klassifikation (Kategorisierung<sup>31</sup>), wobei jeweils Objekte mit gemeinsamen Merkmalen zusammen gefasst werden. Mit dieser Kategorisierung werden die Objekte auf der höchsten Aggregationsebene zusammen gefasst. Betrachtet man beispielsweise die MAT-Ressource<sup>32</sup> auf einer um eine Stufe niedrigeren Aggregationsstufe, dann gliedert sie sich in die drei MAT-Kategorien Rohstoffe (Werkstoffe), Hilfsstoffe und Betriebsstoffe. In Abbildung 31 ist diese Aggregation der MAT-Ressource als multivariate, einstufige Aggregation mit Hilfe der Unified Modeling Language [UML07], wobei es sich um eine weltweit standardisierte Symbolsprache handelt, abgebildet. Diese Darstellung macht klar, dass das auf oberer Ebene entstehende Aggregat ein als *Artefakt*<sup>33</sup> bezeichnetes komplexes Konstrukt ist, sodass zum konzeptionellen Verständnis eine abstraktifizierte Perspektive<sup>34</sup> unumgänglich ist. Bei den in Guillements, d.h. in doppelt spitzen Klammern gesetzten Ausdrücken handelt es sich um sogenannte *Stereotype*. Sie geben den einzelnen UML-Elementen ihre konkrete Bedeutung, was die Darstellung in der Regel allgemein verständlicher<sup>35</sup> macht.

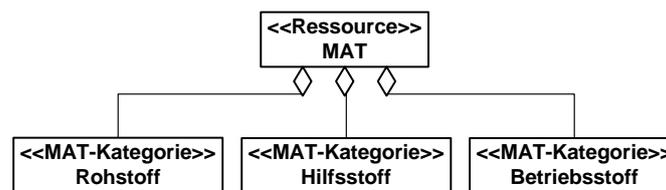


Abbildung 31: Kategorisierung der MAT-Ressource

<sup>31</sup> In dieser Arbeit wird synonym zum Begriff der *Klassifikation* der Begriff der *Kategorie* verwendet. Der Kategorie-Begriff hat den Vorteil, dass dadurch eine Verwechslung mit dem programmiertechnischen Begriff der *Klasse*, welche der objektorientierten Programmierung zugrunde liegt und z.B. in Klassendiagrammen verwendet wird, vermieden wird. Diese Vermischung von informationstechnischer Kategorie und programmiertechnischer Klasse liegt die ECSI-Standard [ECSI08] zugrunde, was sie nicht leicht verständlich macht. Aus diesem Grunde wird in dieser Arbeit zwischen beiden Begriffen sauber getrennt, was dem Verständnis förderlich sein sollte.

<sup>32</sup> Für die MAT- sowie die PERS- und TECH-Ressourcen werden im ECSI-Standard [ECSI08] jeweils eigene Ressourcen-Modelle spezifiziert. Die im Zusammenhang mit den Ressourcen stehenden Daten erfahren demnach eine weltweite Standardisierung.

<sup>33</sup> Dieses Artefakt liegt beispielsweise der finanzbuchhalterischen (FIBU-)Logik im Bereich der Materialkosten zugrunde. Die in der Gewinn- und Verlustrechnung nach dem Gesamtkostenverfahren ausgewiesenen Materialkosten basieren nämlich auf den in der Abrechnungsperiode verbrauchten Mengen an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen.

<sup>34</sup> In der abstraktifizierten Perspektive werden die verschiedenen Kategorien nicht mehr isoliert, sondern gemeinsam betrachtet. Dabei geht es also nicht mehr um ein *entweder – oder*, sondern um *ein sowohl als auch*.

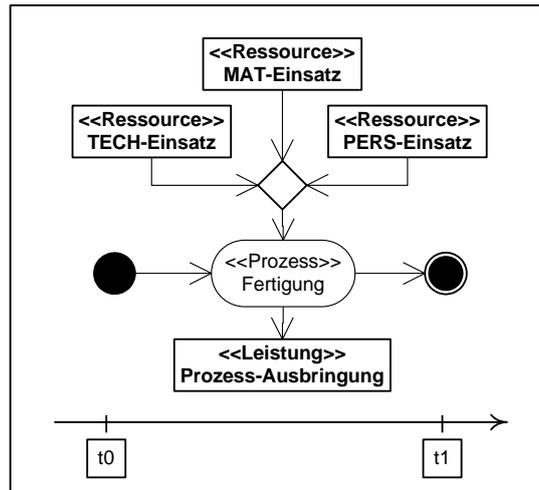
<sup>35</sup> Das durch die Stereotypen geschaffene Verständnis stellt die Semantik dar. Die UML-Sprache inkludiert somit nicht nur das Vokabular in Form von Symbolen und die Grammatik (Syntax), sondern darüber hinaus auch noch die Bedeutung der einzelnen Elemente im jeweils relevanten Kontext.

## PROWI-Perspektive: Modellierung der REAL-Ressourcen-Transformation mit betrieblichen Produktionsfunktionen

Die *betriebliche Produktionstheorie* ist eine Produktionstheorie, welche explizit auf den komplexen Betriebsbereich Bezug nimmt. Die Formulierung derartig betriebsbezogener Theorien, womit eine Entkoppelung der Betriebs- von der Volkswirtschaftslehre einher geht, gehen auf Gutenberg [Gute51] zurück. *Die Verbrauchsmengen sind nicht unmittelbar, sondern mittelbar von der Ausbringung abhängig, und zwar über die ‚zwischen geschalteten‘ Produktionsstätten (Betriebsmittel, Arbeitsplätze, Anlagenteile). In ihnen werden die Beziehungen zwischen Produktmengen und Verbrauchsmengen wie in einem Prisma gebrochen. Es sind die technischen Eigenschaften der Aggregate und Arbeitsplätze, die den Verbrauch an Faktoreinsatzmengen bestimmen. Und zwar in durchaus gesetzmäßiger und keineswegs willkürlicher Weise.* [Gute83, S. 220 nach Habe04, S. 117]. In der betrieblichen Produktionstheorie werden die als *Fertigungsanlagen*<sup>36</sup> bezeichneten ‚zwischen geschalteten‘ Produktionsstätten und die auf ihnen ausgeführten Fertigungsprozesse modellhaft betrachtet: Jeder *Fertigungsprozess* lässt sich konzeptionell im Lichte des prozessorientierten Input/Output-Modells als eine Transformation des Inputs in Form von Repetier- und Potenzialfaktoren in einen entsprechenden Output begreifen. In UML2 wird ein solcher Fertigungsprozess wie in Abbildung 32 modellhaft abgebildet. Der Fertigungsprozess wird dabei mit Hilfe eines abgerundeten Rechtecks als UML-Aktivität modelliert. Dieses besitzt zwei kreisförmige Begrenzungen, wobei es sich beim linken ausgefüllten Kreis um den Startknoten und beim rechten umrahmten Kreis um den Endknoten handelt. Der Prozess hat somit einen eindeutig definierten Anfang zum Zeitpunkt  $t_0$  sowie ein eindeutig definiertes Ende zum Zeitpunkt  $t_1$ . Die Differenz zwischen den beiden Zeitpunkten ist die Prozessdauer. Die Pfeile, welche die verschiedenen UML-Elemente verbinden, zeigen den zeitlichen Ablauf des Prozesses an.

Die Input- und Output-Größen des Prozesses werden über Rechtecke als UML-Objekte modelliert. Im KLR-Kontext handelt es sich beim Prozess-Output um die Leistung und beim MAT- sowie PERS- und TECH-Einsatz um den Input in Form von Repetier- sowie Potenzialfaktoren.

<sup>36</sup> Bei den *Fertigungsanlagen* handelt es sich um Kombinationen der PERS- und TECH-Potenzialfaktoren. Ist der TECH-Anteil hoch, dann wird die Kombination als *anlagenintensiv* bezeichnet. Ist der TECH-Anteil gleich null, dann handelt es sich um eine *reine Dienstleistung*.



**Abbildung 32:** (Fertigungs-)Prozess als UML-Aktivitätsdiagramm

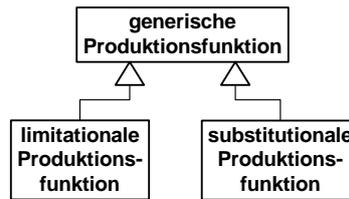
Fertigungsprozesse – v.a. im industriellen Bereich – weisen eine Besonderheit auf, welche in der UML-Darstellung in Abbildung 32 allerdings noch nicht erkenntlich ist: Der durch die Raute dargestellte Verknüpfungsknoten lässt nämlich alle möglichen Kombinationen an Repeater- und Potenzialfaktoren zu. Aus ökonomisch-rationalen Überlegungen gilt es die zwischen diesen Faktoren herrschende *Limitationalitäten*<sup>37</sup> zu berücksichtigen. So stehen die Einsätze der verschiedenen Produktionsfaktoren in klar definierten Verhältnissen zueinander. Wird nur ein Faktoreinsatz partiell, d.h. *ceteris paribus* verändert, dann kommt das einer Verschwendung dieser Ressource gleich. Eine Mehrleistung lässt sich nur dann erzielen, wenn alle Faktoren in den jeweiligen Verhältnissen, d.h. *linear*<sup>38</sup> erhöht werden. Diese Besonderheit der Fertigungsprozesse ist es, welche das allgemeine Input/Output-Modell zum *linear-limitationalen Input/Output-Modell* macht.

**Hinweis** zur UML-Modellierung:

Die in Abbildung 32 enthaltene Raute ist als Verknüpfungsknoten, welcher die eingehenden Kanten optional verknüpft, zu interpretieren. Optional besagt, dass nicht alle Eingänge, sondern nur ein oder mehrere Eingänge anliegen müssen, damit der Fertigungsprozess ausgeführt werden kann.

<sup>37</sup> Das Konzept der *Limitationalität* wurde erstmals von Leontief [Leon41] für den volkswirtschaftlichen Produktionsbereich eingeführt. Durch Gutenberg [Gute51], dem Begründer der modernen Betriebswirtschaftslehre im deutschsprachigen Raum, wurde dieses Konzept zur modellhaften Betrachtung, Analyse und Gestaltung des betrieblichen Produktions- bzw. Fertigungsbereiches übernommen.

<sup>38</sup> Die Variabilität des Outputs bei sich verändernden Inputs wird anhand verschiedener Grade der *Homogenität* der Produktionsfunktion charakterisiert.



**Abbildung 33:** Spezialisierungen der generischen Produktionsfunktion

Bei der limitationalen Produktionsfunktion, welche insbesondere zur Modellierung der industriellen Fertigung verwendet wird, handelt es sich um eine Spezialisierung der generischen Produktionsfunktion. In Abbildung 33 wird diese Beziehung zwischen der generischen und limitationalen Produktionsfunktion in UML-Konvention anhand der nicht ausgefüllten dreieckigen Pfeilspitze, welche zum allgemeineren Konstrukt verweist, dargestellt. Die Abbildung enthält neben der limitationalen auch noch die substitutionale<sup>39</sup> Produktionsfunktion, wobei die eingesetzten Potenzialfaktoren in einem substitutionalen Verhältnis stehen, sodass eine bestimmte Ausbringung (Output) mit verschiedenen Einsatzkombinationen der *PERS*- und *TECH*-Potentialfaktoren erfolgen kann.

Eine zweite Besonderheit der Fertigungsprozesse betrifft ihre Gestaltbarkeit, d.h. Variabilität: *Ein weiteres Differenzierungsmerkmal bildet das Outputniveau. Ist die Ausbringungsmenge bei einmaligem Vollzug eines Basisprozesses Gegenstand von Entscheidungen, so wird der Basisprozess als „outputvariabel“ bezeichnet (z.B. Transport von unterschiedlichen Mengen). Ist dagegen die Ausbringungsmenge eine fest vorgegebene Größe, so wird von „outputfixen“ Basisprozessen gesprochen (Pressen einer Autokarosserie). Schließlich können nach dem Kriterium der Beeinflussbarkeit des zeitlichen Ablaufs eines Basisprozesses „zeitvariable“ (z.B. Drehen, Fräsen, Stanzen) und „zeitfixe“ Basisprozesse (z.B. chemische Prozesse) unterschieden werden.* [Heine81, S. 307]. Wird zusätzlich zum Output bzw. Prozessdauer auch noch die Limitationalität des Inputs berücksichtigt, dann lassen sich die Fertigungsprozesse in zwei Kategorien, u.z. *Input/Output-fixe (I/O-fixe)* und *Input/Output-variable (I/O-variable)* Prozesse unterscheiden.

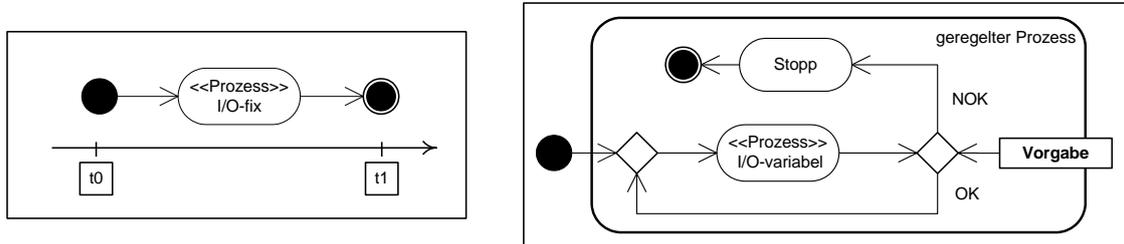
**Hinweis** zur Unterscheidung : I/O-fixe vs. I/O-variable Fertigungsprozesse

Beim I/O-fixen Prozess ist die Dauer und somit die Intensität eine feste Größe. Beim I/O-variablen Prozess sind hingegen beide Größen variable Stellgrößen.

Dies Unterscheidung in I/O-fixe und I/O-variable Fertigungsprozesse ist insbesondere für die Produktionssteuerung von zentraler Bedeutung. In Abbildung 34 ist der I/O-fixe Prozess links-

<sup>39</sup> Die substitutionalen Produktionsfunktionen haben eine längere Geschichte als die Limitationalen. Sie wurden anfänglich zur Darstellung landwirtschaftlicher Produktionstechnologien verwendet. In ihrem Lichte zeigt sich die diesbezügliche Entwicklung, welche sich durch die Automatisierung in der Landwirtschaft ergab, durch eine zunehmende bzw. damit einher gehende abnehmende Bedeutung der *TECH*- bzw. der *PERS*-Ressource. Die landwirtschaftliche Produktion ist im Zeitablauf analagenintensiver und damit zunehmend limitationaler geworden.

seitig als ein zeitlich eindeutig begrenzter Prozess und der I/O-variable Prozess rechtsseitig als eine geregelte Prozessschleife dargestellt.



**Abbildung 34:** I/O-fixer vs. I/O-variabler Prozess

Die *Lenkung* des I/O-variablen Fertigungsprozesses in Abbildung 34 ist an der im rechten Bereich eingezeichneten Raute zu erkennen, welche in diesem Fall einen Entscheidungsknoten symbolisiert: Der Output des Prozesses wird gemessen und mit einer Vorgabe verglichen. Abhängig vom Prüfergebnis wird der Prozess so lange weiter laufen gelassen, bis die Laufbedingung ein NOK anzeigt. Bei Eintritt des NOK-Ereignisses wird die Stopp-Aktivität gestartet, welchen den I/O-variablen Prozess beendet.

**Hinweis** zur UML-Modellierung:

In Abbildung 34 kommt die Raute zweimal vor: Bei der linken Raute handelt es sich wiederum um einen optionalen Verknüpfungsknoten und die rechte Raute ist ein Entscheidungsknoten, wobei in Abhängigkeit vom Prüfergebnis, welches entweder OK oder NOK sein kann, unterschiedlich verzweigt wird.

Die Unterscheidung dieser beiden elementaren Prozesskategorien wird nachfolgend verwendet, wobei zuerst der I/O-variable Gussprozess und anschließend der I/O-fixe Zugprozess beschrieben und produktionstheoretisch betrachtet werden.

### Guss-Anlage – Guss-Prozess: I/O-variabler Fertigungsprozess

**Beschreibung:** Guss-Prozess

Beim Gussprozess wird zuerst verflüssigtes Paraffin in die Formen gegossen (oberer Teil der Abbildung) und sodann abgekühlt (unterer Teil der Abbildung). Im vorliegenden Fall sind die gegossenen Kerzen weiß und in Behälter gefüllt.



**Abbildung 35:** I/O-variabler Guss-Prozess auf der Gussanlage

In der *Gussanlage*, wobei es sich um eine der drei in dieser Arbeit thematisierten Fertigungsanlagen der KERZEN-EWF handelt, wird der Gussprozess ausgeführt. Aus produktionstheoretischer Perspektive handelt es sich bei diesem Prozess um einen I/O-variablen Prozess, sodass die Einsatzdauer der Gussanlage diskret gesetzt werden kann, d.h.  $r_{T1}$  ist eine positive reelle Zahl. In Gleichung (27) wird die Gussanlage als linear-limitationale Produktionsfunktion (*Leontief-Produktionsfunktion*) modelliert, wobei der Input an Real-Ressourcen in Form des Repetierfaktors MAT (Material) und der beiden Potenzialfaktoren PERS (Personal) und TECH (Technologie) in die erstellte Leistungen in Form des Outputs transformiert wird. Zumal bei dieser Ressourcen-Transformation der Repetierfaktor in Mengeneinheiten (ME) und die Potenzialfaktoren in Zeiteinheiten (ZE) gemessen wird, bedarf es einer entsprechenden Nomierung der Ressourcen-Einsätze, um zum in Mengeneinheiten gemessen Output  $x$  zu gelangen.

$$(27) \quad x(r_M, r_P, r_T) = \overbrace{d_T}^{ME/ZE} \cdot \min \left( \frac{\overbrace{r_M}^{ME}}{a_M \cdot d_T}; \frac{\overbrace{r_P}^{ZE}}{c_{PT}}; \frac{\overbrace{r_T}^{ZE}}{1} \right)$$

wobei

- $a_M$  MAT-Produktions- bzw. Verbrauchskoeffizient
- $c_{PT}$  Einsatzverhältnis von Personal zu Technologie
- $d_T$  Intensität (Produktionsgeschwindigkeit = ME/ZE) von Technologie
- $(d_T)^{-1}$  Technologie-bezogene Dauer pro Leistungseinheit (Einheitsdauer = ZE/ME)
- $r_M$  MAT-Einsatz in ME (= Kilogramm)
- $r_P$  PERS-Einsatz in ZE (= Personen- oder Arbeitsstunden)
- $r_T$  TECH-Einsatz in ZE (= Maschinen- oder Betriebsstunden)
- $x$  Ausbringung (Output) in ME

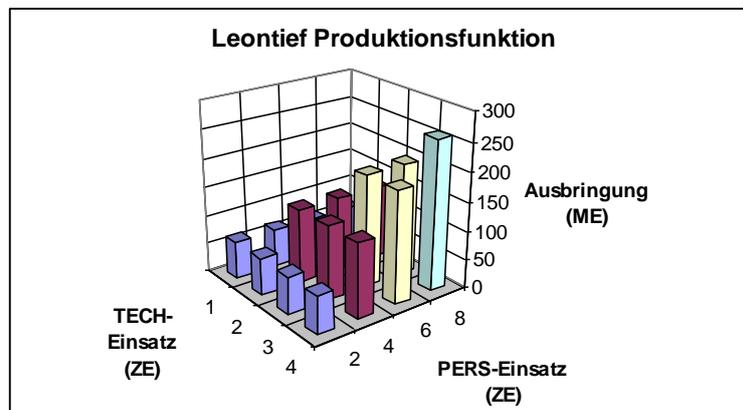
Die kalibrierte Produktionsfunktion für den an der Gussanlage ausgeführten Gussprozess, wobei die drei Parameter der Funktion für die TECH-bezogene Intensität, den MAT-bezogenen

Produktionskoeffizienten und das Faktoreinsatzverhältnis der beiden Potenzialfaktoren mit  $d_T = 65$ ,  $a_M = 1$  und  $c_{PT,j} = 2$  empirisch bestimmt wurden, ist in Gleichung (K7) dargestellt.

$$(K7) \quad x(r_M, r_P, r_T) = 65 \cdot \min\left(\frac{r_M}{1 \cdot 65}; \frac{r_P}{2}; r_T\right)$$

$r_{T1} \setminus r_P$	2	4	6	8	...
1	65	65	65	65	
2	65	130	130	130	
3	65	130	195	195	
4	65	130	195	260	
...					...

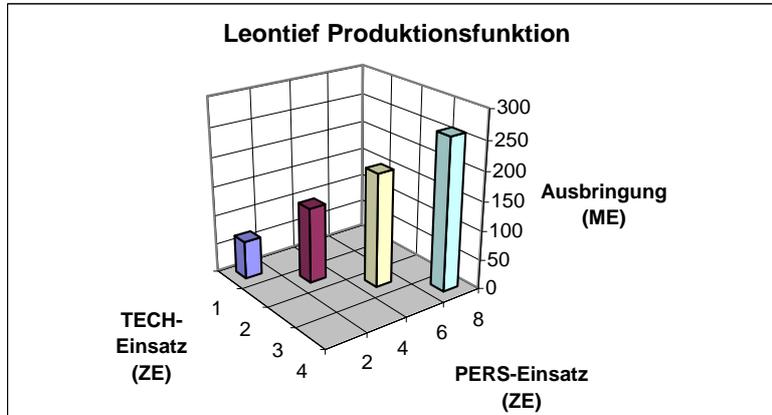
**Tabelle 33:** Leontief-Produktionsfunktion (Ausbringung)



**Abbildung 36:** Leontief-Produktionsfunktion – Ausbringung bzw. PERS- und TECH-Einsatz

Die Menge der effizienten Einsatz-Kombinationen von TECH und PERS ergibt sich durch Elimination aller ökonomisch ineffizienten Kombinationen, welche Ressourcen-Verschwendungen darstellen.

$r_{T1} \setminus r_P$	2	4	6	8	...
1	65				
2		130			
3			195		
4				260	
...					...



**Abbildung 37:** Leontief Produktionsfunktion – Effiziente Potenzialfaktor-Kombinationen

Die für die empirische Kalibrierung der Leontief-Produktionsfunktion benötigten Prozess- und Betriebsdaten<sup>40</sup> sind Inhalt<sup>41</sup> von Tabelle 34 und Tabelle 35: Aus Tabelle 34 kommt die TECH-Intensität und aus Tabelle 35 kommt das Einsatzverhältnis für PERS zu TECH.

<sup>40</sup> Im *arbeitswissenschaftlich betriebstechnischen Bereich* werden diese Daten insbesondere im Zusammenhang mit den sich auf die PERS- und TECH-Ressourcen beziehenden *Arbeitsplänen* (Route Sheet) bzw. den sich auf die MAT-Ressourcen beziehenden *Stücklisten* (Bill of Material, kurz: *BOM*) verwaltet: Ein Arbeitsplan beschreibt den Durchlauf eines Produktes vom Rohmaterial über die verschiedenen Fertigungseinrichtungen bis zum fertigen Produkt. Oftmals werden auch noch weitere Informationen - wie die veranschlagten Rüstzeiten, Einheitszeiten, betrieblichen Kostenstellen- und Inventarnummern - angegeben. *Die Stückliste ist ein für den jeweiligen Zweck vollständiges, formal aufgebautes Verzeichnis für einen Gegenstand, das alle zugehörigen Gegenstände unter Angabe von Bezeichnungen (Benennung, Sachnummer), Menge und Einheit enthält. Als Stückliste werden nur solche Verzeichnisse bezeichnet, die sich auf die Menge  $\geq 1$  eines Gegenstandes beziehen.* [DIN 199-2, Ausgabe 12.1977, Nr. 51].

<sup>41</sup> Zur Erstellung dieser Tabelle ist in ERP-CONTROL ein entsprechender Bericht für Fertigungsprozesse/-Prozessdaten eingerichtet. Diese Daten können somit bei Bedarf aus dem ERPC-(Datenbank)System aktuell abgerufen werden.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
Perioden-Ausbringung	$X_j$	88.896	67.898	14.761
Intensität (ökonomische)	$d_j$			
I/O-variabel		65,0	155,2	
I/O-fix				31,5
Dauer	$r_{T,j}$			
I/O-variabel		6	3,5	
I/O-fix				6,9
Losgrößen	$x_j$			
I/O-variabel		389,9	543,2	
I/O-fix				217,1
Wiederholungen	$w_j$	228	125	68

**Tabelle 34:** Fertigungsprozesse – Prozessdaten (ERPC-Bericht)

Die TECH-Prozessdaten sind über die Limitationalität der beiden Potenzialfaktoren TECH und PERS auch mit den PERS-Prozessdaten verknüpft. Für die Kalibrierung der Leontief-Produktionsfunktion wird diesbezüglich das Einsatzverhältnis von PERS zu TECH benötigt, welches  $c = 2$  beträgt, d.h. 1 TECH-ZE korrespondiert mit 2 PERS-ZE.

Die in Tabelle 35 enthaltenen Einsatzmengen für die TECH- und PERS-Ressourcen sind periodenbezogen. Als solche kennzeichnen sie die in der Periode *genutzte Leistungsfähigkeit* (Capability), welche als *Beschäftigung* [HoLi07, S. 58] bezeichnet wird. Bei der periodenbezogenen Kapazität handelt es sich um die maximale Leistungsfähigkeit.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
Intensität (ökonom.)	$d_j$	65,0	155,2	31,5
Losgröße	$x_j$	389,9	543,2	217,1
Prozess-Dauer	$r_{T,j}$	6	3,5	6,9
TECH-Produktionskoeffizient	$a_{T,j} = r_{T,j}/x_j$	0,0154	0,0064	0,0318
	$a_{T,j}$ (min.)	0,92	0,39	1,91
Wiederholungen	$w_j$	228	125	68
period. TECH-Einsatz (ZE)	$R_{T,j}$	1.368	438	469
period. TECH-Einsatz (in %)	$R_{T,j}$ (in %)	60,14%	19,23%	20,63%
period. PERS-Einsatz (ZE)	$R_{P,j}$	2.736	438	238
period. PERS-Einsatz (in %)	$R_{P,j}$ (in %)	80,20%	12,82%	6,98%
Faktoreinsatz-Verhältnis	$R_{P,j}/R_{T,j}$	2	1	0,5
period. TECH-Kapaz. (ZE)	$C_{T,j}$	1.456	1.456	1.456
period. PERS-Kapaz. (ZE)	$C_{P,j}$	2.912	1.456	728
Kapaz. Verhältnis	$C_{P,j}/C_{T,j}$	2	1	0,5
Auslastung	$R_{T,j}/C_{T,j}$	93,96%	30,05%	32,23%

**Tabelle 35:** Fertigungsprozesse – Prozess- und Betriebsdaten (ERPC-Bericht)

Der MAT-Koeffizient<sup>42</sup>, d.h. Material-bezogene Produktionskoeffizient von 1 ergibt sich aus dem Umstand, dass im Gussprozess sämtlicher Input in Form von Paraffin in einen gleichgewichtigen Output an gegossenen Kerzen mündet und somit kein Materialausschuss anfällt.

<sup>42</sup> Zumal der Produktionskoeffizient auch als *Verbrauchskoeffizient* bezeichnet wird, handelt es sich beim MAT-Koeffizient um den MAT-Verbrauch pro erstellter Leistungseinheit. Weiters wird durch die Bezeichnung Verbrauchskoeffizient auch die Verbindung zur nachfolgend erörterten Verbrauchsfunktion sprachlich klarer.

Dieser Zusammenhang ist in Tabelle 36, welche die Prozessdaten hinsichtlich MAT enthält, in den letzten beiden Spalten zu erkennen.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)	Gesamt	
period. Paraffin-Einsatz	$R_{M1,j}$	88.712	66.019	14.304	$r_{M1}$	171.270
period. Farb-Einsatz	$R_{M2,j}$	132	0	0	$r_{M2}$	132
period. Docht-Einsatz	$R_{M3,j}$	52	43	58	$r_{M3}$	153
period. MAT-Einsatz	$R_{M,j}$	88.896	66.062	14.362	$r_M$	171.555
Tauch-Umlage			1.836	399	$R_{M1,T}$	0
Perioden-Ausbringung	$X_j$	88.896	67.898	14.761	x	171.555

**Tabelle 36:** Fertigungsprozesse – aggregierte Prozessdaten (ERPC-Bericht)

Darüber hinaus zeigt Tabelle 36 aber auch eine weitere wichtige Besonderheit: Die Korrespondenz zwischen MAT-Einsatz und Ausbringung gilt auf der aggregierten<sup>43</sup> Ebene. Der Grund liegt in den ME der Tauch-Anlage, welche auf die Press- und Zug-Anlage umgelegt werden.

### IT-Exkurs: Abstraktionskonzepte in der Informations- und Datenmodellierung

In der Informations- und Datenmodellierung kommen drei grundlegende Abstraktionskonzepte zum Einsatz:

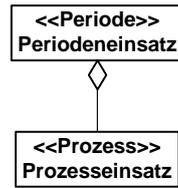
- *Klassifikation*<sup>44</sup> (Kategorisierung): Dabei werden Entitäten mit gemeinsamen Merkmalen zu einem neuen Mengenobjekt zusammen gefasst.
- *Aggregation*<sup>45</sup>: Dabei werden potentiell unterschiedliche Teilentitäten zu einem neuen Objekt zusammen gefasst.
- *Verallgemeinerung/Generalisierung*<sup>46</sup>: Dabei werden Teilmengenbeziehungen zwischen Elementen verschiedener Klassen gebildet.

<sup>43</sup> Dabei handelt es sich um eine *univariate, einstufige Aggregation*, zumal gleichartige Prozessdaten für einen konkreten Betrachtungszeitraum zusammen gefasst werden. Mathematisch wird diese univariate, einstufige Aggregation durch eine Summenfunktion umgesetzt.

<sup>44</sup> Mathematisch wird dies durch Mengenbildung bewerkstelligt.

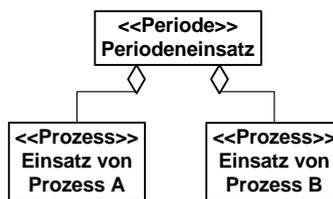
<sup>45</sup> Mathematisch wird dies über die Bildung von kartesischen Produkten umgesetzt.

<sup>46</sup> Mathematisch wird die Generalisierung über die Bildung von Potenzmengen umgesetzt. Bei der Spezialisierung handelt es sich um eine Konkretisierung, welche mathematisch über die Bildung von Teilmengen umgesetzt wird.



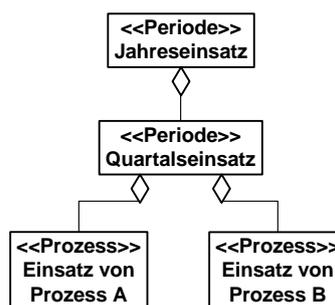
**Abbildung 38:** Univariate, einstufige Aggregation

In Abbildung 38 ist eine univariate, einstufige Aggregation, welche in UML2 durch eine Raute beim Aggregat gekennzeichnet ist, zu sehen. Dabei werden die Einsätze mehrerer Durchführungen des gleichen Prozesses über die Zeit zum Periodeneinsatz aggregiert.



**Abbildung 39:** Bivariate, einstufige Aggregation

Bei der multivariaten, einstufigen Aggregation werden die Einsätze verschiedener Prozesse periodenweise aggregiert. In Abbildung 39 ist eine bivariate, einstufige Aggregation zu sehen. Dabei werden die Einsätze von zwei verschiedenen Prozessen, d.h. der Prozesse A und B zeitlich zum Periodeneinsatz aggregiert. Wenn nun in beiden Prozessen verschiedene Größen eingesetzt werden, wie z.B. Äpfel im Prozess A und Birnen im Prozess B, dann bezieht sich die periodische Aggregatsgröße auf ein Artefakt, d.h. auf ein abstraktes Konstrukt wie z.B. Obst.



**Abbildung 40:** Bivariate, zweistufige Aggregation

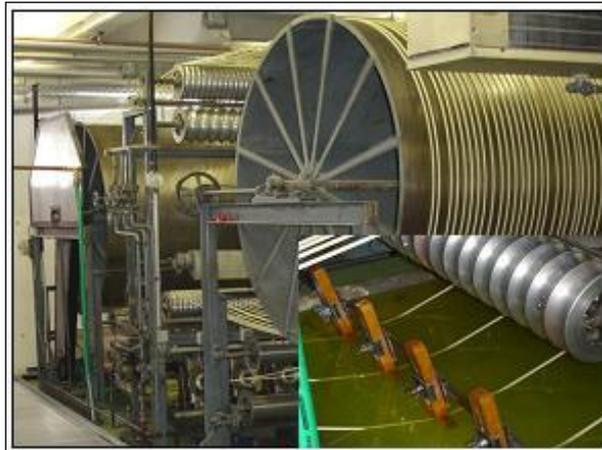
Bei der multivariat, mehrstufigen Aggregation werden die Einsätze verschiedener Prozesse über verschieden lange Perioden aggregiert. Dabei können der Kombinatorik entsprechend viele Kombinationen an jeweiligen Aggregationen vorkommen. In Abbildung 40 ist eine bivariate, zweistufige Aggregation zu sehen, wobei die Einsätze der beiden Prozesse A und B sowohl für den Quartalseinsatz als auch für den daraus ermittelten Jahreseinsatz aggregiert

werden. Wie man sich leicht vorstellen kann steigt die Komplexität der entstehenden Artefakte grundsätzlich mit zunehmender Anzahl an zu aggregierenden Varianten bzw. Aggregationsstufen.

### Zug-Anlage – Zug-Prozess: I/O-fixer Fertigungsprozess

**Beschreibung:** Zug-Prozess

Beim Zugprozess wird der über Trommeln aufgespannte Docht (oberer Teil der Abbildung) kontinuierlich durch ein Paraffinbecken (unterer Teil der Abbildung) gezogen. Bei jedem Durchzug wird eine zusätzliche Paraffinschicht auf den Docht aufgetragen, bis die geforderte Kerzenstärke erreicht wird. Anschließend werden die Kerzenstränge von der Trommel genommen und geschnitten, um die Zugkerzen zu erhalten.



**Abbildung 41:** I/O-fixer Zug-Prozess auf der Zuganlage

Auf der Zuganlage wird der Zugprozess ausgeführt. Dabei handelt es sich im Unterschied zum Gussprozess aus produktionstheoretischer Perspektive um einen I/O-fixen Prozess, wobei die TECH-Einsatzdauer  $r_T$  nur ein Vielfaches der Prozessdauer von 6,9 ZE annehmen kann. I/O-fixe Prozesse können nämlich nicht mehr wie die I/O-variablen Prozesse beliebig lange, sondern nur noch über Wiederholungen ganzer Prozessdurchläufe betrieben werden.

Die zur Kalibrierung der Leontief-Produktionsfunktion für den auf der Zuganlage ausgeführten Zugprozess benötigten Betriebsdaten entstammen wieder aus Tabelle 34 und Tabelle 35. Konkret ergibt sich für den Zugprozess die in Gleichung angegebene Funktion:

$$(K8) \quad x(r_M, r_P, r_T) = 31,5 \cdot \min \left( \frac{r_M}{1 \cdot 31,5}; \frac{r_P}{1}; r_T \right)$$

Für die betriebstechnische Steuerung gilt es dabei zu beachten, dass aufgrund der I/O-fixen Beziehung die TECH-Einsätze nicht mehr beliebig, sondern nur noch als Vielfache ganzer Prozessdauern gesetzt werden können.

### Generische Produktionsfunktion: Konstruktion als 3-Ressourcen-Modell

Die beiden bisher dargestellten Fertigungsprozesse in Form des Guss- und Zugprozesses wurden einheitlich anhand einer generischen Produktionsfunktion betrachtet. Die gewählte Modellierung zog in beiden Fällen die drei Produktionsfaktoren MAT, PERS und TECH ein, weshalb diese Funktion auch als 3-Faktor- bzw. 3-Ressourcen-Modell bezeichnet wird. In allgemeiner Darstellung wird in dieser Arbeit durchgängig die Produktionsfunktion als 3-Ressourcen-Modell und den MAT- PERS- und TECH-Ressourcen als den drei Modellvariablen verwendet:

$$(28) \quad x(r_M, r_P, r_T) = f(r_M, r_P, r_T)$$

Diese *generische Produktionsfunktion* hat den Vorteil, dass sich mit ihr alle Fertigungsprozesse fassen lassen und bei der jeweiligen Modellierung zugleich die konzeptionelle Vollständigkeit hinsichtlich der Ressourcen-Einsätze gesichert ist.

Durch Inversion der generischen Produktionsfunktion bezüglich der einzelnen Ressourceneinsätze ergeben sich die (partiellen) *Einsatzfunktionen*<sup>47</sup> für MAT, PERS und TECH:

$$(29) \quad r_i(x) = f^{-1}(x)$$

Im einfachsten Fall, was auch den Überlegungen von Leontief entsprach, werden – wie in Gleichung (30) dargestellt – lineare Einsatzfunktionen betrachtet, wobei der Ressourcenspezifische Produktionskoeffizient eine konstante Größe darstellt:

$$(30) \quad r_i = a_i \cdot x$$

wobei

$r_i$             Periodeneinsatz (-Input) von Faktor i  
 $a_i$             Produktionskoeffizient (Input pro Output) von i

<sup>47</sup> Die Einsatzfunktionen existieren im Falle von deterministischen Produktionsfunktionen, was für den direkten Leistungsbereich (Produktionsbereich) üblicherweise der Fall ist. Im indirekten Leistungsbereich (Service-Bereich) ist dies üblicherweise nicht mehr der Fall, sodass dort eine stochastische Modellierung unumgänglich wird.

$x$  Periodenausbringung (-Output)

Eine allgemeinere Variante geht auf Gutenberg<sup>48</sup> [Gute51] zurück, der den Produktivitätskoeffizienten nicht mehr konstant, sondern vielmehr intensitätsabhängig modellierte: *Die Verbrauchsmengen sind nicht unmittelbar, sondern mittelbar von der Ausbringung abhängig, und zwar über die ‚zwischengeschalteten‘ Produktionsstätten (Betriebsmittel, Arbeitsplätze, Anlagenteile). In ihnen werden die Beziehungen zwischen Produktmengen und Verbrauchsmengen wie in einem Prisma gebrochen. Es sind die technischen Eigenschaften der Aggregate und Arbeitsplätze, die den Verbrauch an Faktoreinsatzmengen bestimmen. Und zwar in durchaus gesetzmäßiger und keineswegs willkürlicher Weise.* [Gute83, S. 220 nach Habe04, S. 117].

Bei der von Gutenberg zusätzlich eingeführten Funktion  $a_i(d_i)$ , mit welcher der Produktionskoeffizient in Abhängigkeit von der Ressourcen-spezifischen Intensität modelliert wird, handelt es sich um die *Verbrauchsfunktion*<sup>49</sup> des  $i$ -ten Produktionsfaktors.

$$r_i = a_i(d_i) \cdot x$$

(31) sodass

$$\frac{r_i}{x}(d_i) = a_i(d_i)$$

wobei

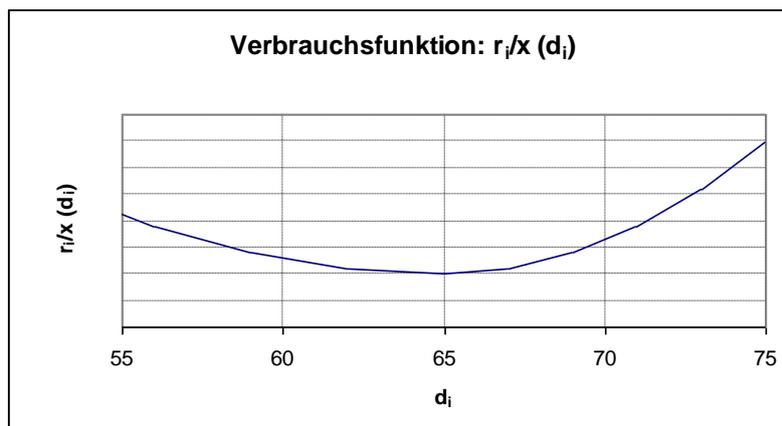
$r_i$	Periodeneinsatz (-Input) von Faktor $i$
$a_i(d_i)$	Ökonomisch (ME/ZE) Verbrauchsfunktion
$d_i$	Intensität (Produktionsgeschwindigkeit: ME/ZE)
$ZE$	Zeiteinheit
$ME$	Mengeneinheit
$x$	Periodenausbringung (-Output)

Grundsätzlich gibt es für jede Ressource eine eigene Verbrauchsfunktion. Im Rahmen der generischen Produktionsfunktion dieser Arbeit gibt es demnach (mindestens) 3 Verbrauchsfunktionen, u.z. die MAT-, die PERS- und die TECH-Verbrauchsfunktion. Dabei handelt es sich um eine *aggregierte Verbrauchsfunktion* für die entsprechend aggregierte Betrachtungsebene. Situativ lassen sich alle drei Funktionen durch Disaggregation zu *disaggregierten Verbrauchsfunktionen* umgestalten.

<sup>48</sup> Die von Gutenberg thematisierte Entkoppelung der Verbrauchs- von den Produktmengen macht den betrieblichen Aspekt explizit. Im Unterschied zu den volkswirtschaftlichen Modellierungen von Produktionsfunktionen wird damit keine unmittelbare (direkte) Beziehung mehr zwischen Ausbringung und Faktoreinsatz unterstellt. Vielmehr tritt statt dessen eine mittelbare (indirekte) Beziehung, sodass betriebliche Entscheidungs- bzw. Lenkungsvariable (Stellgrößen) – wie z.B. die Intensität – im Modell explizit gemacht werden. Die von Gutenberg eingebrachte Erweiterung des I/O-Modells spielt darüber hinaus auch noch für die prozessorientierte Kostenrechnung eine zentrale Rolle. Die zwischen Ausbringung und Faktoreinsatz vermittelnde Beschäftigung schafft nämlich den konzeptionellen Freiraum, um nicht nur Sach- sondern auch Dienstleistungen bzw. hybride Leistungen kostentheoretisch betrachten zu können.

<sup>49</sup> Die Verbrauchsfunktion gibt den Einheitseinsatz, d.h. den Einsatz pro Leistungseinheit als Funktion der Intensität an, sodass sie auch als *Einheitseinsatzfunktion* bezeichnet werden kann.

Die zur Kalibrierung der Verbrauchsfunktionen erforderlichen Vorgehensweise ist in Abbildung 42 zu sehen: Die Faktoreinsätze  $r_i$  werden in verschiedenen Prozessdurchläufen, wobei die Intensität des Prozesses  $d_i$  sukzessive variiert wird, gemessen und anschließend gemittelt, indem sie auf den Output  $x$  bezogen werden. Die sich daraus ergebenden Produktionskoeffizienten  $r_i/x$  geben die durchschnittlichen Faktoreinsätze für die verschiedenen Intensitäten an. Aus der Menge aller möglichen Intensitäten wird schließlich diejenige gewählt, welche den geringsten Produktionskoeffizienten aufweist. Bei der u-förmigen Verbrauchsfunktion in Abbildung 42 ist dieses Minimum eindeutig.



**Abbildung 42:** *TECH*-Faktoreinsatz in Abhängigkeit von der Intensität

Mathematisch betrachtet gilt es demnach im Rahmen der Kalibrierung das Minimum der Verbrauchsfunktion zu bestimmen. Gleichung (32) gibt die *TECH*-Einsatzfunktion für die optimale Intensität, welche mit einem hochgestellten Stern gekennzeichnet ist, an. Zumindest die *TECH*-Ressource in *ZE* gemessen wird, handelt es sich beim *TECH*-Koeffizienten um den Kehrwert der *TECH*-Intensität.

$$r_T = a_T(d_T^*) \cdot x$$

mit

$$(32) \quad a_T(d_T^*) = (d_T^*)^{-1}$$

sodass

$$r_T = (d_T^*)^{-1} \cdot x$$

Bei den bisherigen Erörterungen wurden *ökonomische Verbrauchsfunktionen* betrachtet. Analoge Überlegungen lassen sich aber auch auf *technische Verbrauchsfunktionen* anwenden, wobei sich die Faktoreinsätze nicht mehr auf ökonomische Größen in Form von Mengen- und Zeiteinheiten, sondern vielmehr auf technische Größen wie z.B. kWh beziehen. Auf einer derart technischen Modellierungsebene lassen sich dann die Faktoreinsätze auf der verursa-

chungsgerechtesten Basis bestimmen, zumal dann alle Prozessbesonderheiten bei der direkten Messung des Faktoreinsatzes berücksichtigt werden können.

Abschließend wird die *Limitationalität* zwischen den Faktoreinsätzen von MAT, PERS und TECH in der generische Produktionsfunktion adressiert. Die *MAT*-Ressource erfüllt ihre Limitationalität zur PERS- und TECH-Ressource, wenn im Fertigungsprozess der korrekte MAT-Einsatz verwendet wird. Der konkrete MAT-Einsatz ist insbesondere in *Stücklisten*<sup>50</sup> festgelegt, wo bis zu den individuellen Materialien der jeweilige Einsatz pro Output-Einheit festgelegt ist. Die Limitationalität zwischen den beiden Potenzialfaktoren PERS und TECH wird in der *Arbeitsbeschreibung*<sup>51</sup> detailliert, wo die einzelnen Schritte des Fertigungsprozesses und die dabei benötigten Einsätze an PERS- und TECH-Ressourcen sowie auch MAT-Ressourcen spezifiziert sind. In der Regel fungiert die TECH-Ressource als Faktor, zumal es sich dabei um die zentrale Stellgröße handelt. Der PERS-Ressourcen-Einsatz ist im Falle konstanter Faktoreinsatzverhältnisse eindeutig vom gewählten TECH-Ressourcen-Einsatz bestimmt<sup>52</sup>. Die Limitationalität zwischen der PERS- und TECH-Ressource schlägt sich in der Konstanten  $c_{PT}$  für das Einsatzverhältnis von PERS zu TECH nieder.

$$\frac{r_P}{r_T} = c_{PT}$$

(33) *sodass*

$$r_P = r_T \cdot c_{PT}$$

wobei

$r_P$	Periodischer PERS-Einsatz (in ZE)
$r_T$	Periodischer TECH-Einsatz (in ZE)
$c_{PT}$	Faktoreinsatzverhältnis von PERS zu TECH

Der Limitationalität zufolge zeigt sich der PERS-Faktoreinsatz auch als Produkt aus dem TECH-Faktoreinsatz und der Konstante für das Faktoreinsatzverhältnis.

<sup>50</sup> Im ECSI-Standard [DIN EN 62264 bzw. ANSI ISA 95] werden die für die MAT-Ressourcen benötigten Daten in einem MAT-Ressourcen-Modell standardisiert. U.a. werden dabei auch die Informationen der Stücklisten inkludiert.

<sup>51</sup> Die für die Arbeitsbeschreibung benötigten Daten werden im ECSI-Standard [ECSI08] in einem *Prozesssegegment-Modell* standardisiert. Dabei sind u.a. auch die Informationen der Arbeitspläne enthalten.

<sup>52</sup> Die Anpassung ist problemlos, wenn das auf Rummel [Rumm67] zurückgehende *Gesetz der Austauschbarkeit der Bezugsgrößen* greift. Dies ist bei limitationalen Fertigungsprozessen der Fall, wenn dort die Einsatzverhältnisse konstante Größen sind, sodass die jeweiligen Faktoreinsätze jeweils konsistent ineinander umgerechnet werden können.

## Leontief-Produktionsfunktion: Konstruktion aus der generischen Produktionsfunktion

Die Leontief-Produktionsfunktion ist eine linear-limitationale Produktionsfunktion. Nachfolgend wird sie für die generische Produktionsfunktion konstruiert, indem zuerst die partiellen Ausbringungsfunktionen für die MAT-, PERS- und TECH-Ressourcen spezifiziert und sodann unter Einbeziehung der jeweiligen Limitationalitäten zu einer Produktionsfunktion zusammen gefasst werden.

Die partiellen (Ressourcen-spezifischen) Ausbringungsfunktionen kennzeichnen jedoch nur einen potenzielle und keine tatsächliche<sup>53</sup> Ausbringung. Für die drei Ressourcen in der generischen Produktionsfunktion ergeben sich folgende MAT-, PERS- und TECH-Ausbringungsfunktionen:

$$\begin{aligned}
 x(r_M) &= a_M^{-1} \cdot r_M = \frac{r_M}{a_M} \\
 (34) \quad x(r_P) &= a_P^{-1} \cdot r_P = \frac{r_P}{a_P} \\
 x(r_T) &= a_T^{-1} \cdot r_T = \frac{r_T}{a_T}
 \end{aligned}$$

wobei

$a_M^{-1}$	MAT-Produktivität (= Kehrwert des MAT-Koeffizienten)
$a_P^{-1}$	PERS-Produktivität (= Kehrwert des PERS-Koeffizienten)
$a_T^{-1}$	TECH-Produktivität (= Kehrwert des TECH-Koeffizienten)

Die Zusammenführung der drei Ressourcen-spezifischen Output-Funktionen zur linear-limitationalen Leontief-Funktion erfolgt über die *min-Funktion*, derzufolge das Minimum der drei Funktionsargumente das Output-Niveau bestimmt. Ist das Minimum eindeutig, dann zeigen die beiden verbleibenden Faktoreinsätze jeweils eine Ressourcen-Verschwendung an.

$$\begin{aligned}
 (35) \quad x(r_M, r_P, r_T) &= \min(x(r_M); x(r_P); x(r_T)) \\
 &= \min\left(\frac{r_M}{a_M}; \frac{r_P}{a_P}; \frac{r_T}{a_T}\right)
 \end{aligned}$$

In Gleichung (35) sind bei allen drei Ressourcen die Produktivitäten, d.s. die Kehrwerte der jeweiligen Produktionskoeffizienten angegeben. Zumal die Erfassung der Ressourcen-Einsätze aber in unterschiedlichen Einheiten erfolgt, wird nachfolgend die Leontief-Produktionsfunktion

<sup>53</sup> Ein sich letztendlich tatsächlich realisierende Output hängt nämlich von den schlagend werdenden Limitationalitäten im Kontext aller gemeinsam betrachteten Ressourcen ab.

diesbezüglich umgestellt. Aufgrund der in Zeiteinheiten<sup>54</sup> (ZE) gemessenen PERS- und TECH-Einsätze werden die PERS- und TECH-Produktivitäten durch die PERS- und TECH-Intensitäten ersetzt. Die in Mengeneinheiten (ME) gemessenen MAT-Ressourcen werden weiterhin mit ihrer Produktivität spezifiziert.

$$(36) \quad \begin{aligned} x(r_M, r_P, r_T) &= \min \left( \frac{1}{a_M} \cdot r_M; \frac{1}{a_P} \cdot r_P; \frac{1}{a_T} \cdot r_T \right) \\ &= \min \left( \frac{1}{a_M} \cdot r_M; d_P \cdot r_P; d_T \cdot r_T \right) \end{aligned}$$

Schließlich wird die TECH-Ressource als zentraler Faktor, an welchem die Produktionsfunktion ausgerichtet wird, spezifiziert. Als Ergebnis zeigt sich die letztendlich in dieser Arbeit verwendeten Form der Leontief-Produktionsfunktion, wobei sich die TECH-Intensität auf alle drei Ressourcen bezieht und die Unterschiedlichkeit in den Ressourcen-Einsätzen durch entsprechende Variablentransformationen berücksichtigt wird.

$$(37) \quad \begin{aligned} x(r_M, r_P, r_T) &= \min \left( \frac{1}{a_M} \cdot r_M; d_P \cdot r_P; d_T \cdot r_T \right) \\ &= d_T \cdot \min \left( \frac{1}{a_M \cdot d_T} \cdot r_M; \frac{1}{c_{PT}} \cdot r_P; r_T \right) \end{aligned}$$

wobei

$c_{PT}$  Faktoreinsatzverhältnis von Personal zu Technologie

Die erforderlichen Transformationen des MAT- und PERS-Einsatzes werden in den Gleichungen (38) und (39) vollzogen. In beiden Fällen wird von der Gleichheit des jeweiligen Ressourcen-Outputs mit dem TECH-bezogenen Output ausgegangen und sodann der TECH-Einsatz als Funktion des jeweiligen Ressourcen-Einsatzes dargestellt.

$$(38) \quad \begin{aligned} x(r_M) &= x(r_T) \\ \frac{1}{a_M} \cdot r_M &= d_T \cdot r_T \\ r_T &= \frac{r_M}{a_M \cdot d_T} \end{aligned}$$

<sup>54</sup> Die Fokussierung auf den Zeitbereich bei den Potenzialfaktoren wird in der angelsächsischen Literatur als *Time Driven Activity Based Costing (TDABC)* [KaAn07] bezeichnet. Dieser Schritt wird dort als eine neue Erkenntnis gesehen, wohingegen sie im deutschsprachigen Schrifttum spätestens seit der auf Plaut [Plau53] zurückgehenden Verbreitung der Grenzplankostenrechnung im praktischen Alltag eine schon lange Tradition hat.

Die sich daraus jeweils ergebenden Beziehungen werden in Gleichung (37) substituiert, sodass die TECH-Ressource als zentraler Faktor alle drei verschiedenen Ressourcen-Einsätze (MAT, PERS und TECH) steuert.

$$\begin{aligned}
 x(r_P) &= x(r_T) \\
 d_P \cdot r_P &= d_T \cdot r_T \\
 (39) \quad \frac{r_P}{r_T} &= \frac{d_T}{d_P} = c_{PT} \\
 r_T &= \frac{r_P}{c_{PT}} = \frac{d_P}{d_T} \cdot r_P
 \end{aligned}$$

Zur Variablentransformation wird von der jeweils effizienten Ressourcen-spezifischen Ausbringung ausgegangen, womit die Leontief-Produktionsfunktion auf eine einheitliche, TECH-bezogene Basis gestellt wird. Wird diese Bedingung verletzt, dann kommt es bei der Leontief-Produktionsfunktion in Form von Gleichung (37) zu Ressourcen-Verschwendungen.

#### Leontief-Produktionsfunktion: Kalibrierung I/O-variabler bzw. I/O-fixer Fertigungsprozesse

Die Kalibrierung der Leontief-Produktionsfunktion hängt von der Kategorie des Fertigungsprozesses ab. Bei den I/O-variablen Fertigungsprozessen (z.B. Guss-Prozess) wird die optimale Intensität gewählt. Optimal heißt in diesem Zusammenhang<sup>55</sup>, dass die Verbrauchsfunktion bei dieser Intensität ihr Minimum aufweist. Bei den I/O-fixen Fertigungsprozessen (z.B. Zug-Prozess) ist die Intensität keine eigentliche Stellgröße mehr. Durch die Wahl der konkreten Fertigungstechnik für das gewünschte Produkt wird auch gleichzeitig die Intensität bestimmt. Beim Zug-Prozess bestimmt die zur Anwendung kommende Zug-Technik beispielsweise die Prozessdauer für die gewünschte Kerzengröße, woraus sich dann durch eine Durchschnittsbeobachtung indirekt die Intensität des Prozesses ergibt.

Gleichung (K9) zeigt die kalibrierte Leontief-Produktionsfunktion für den auf der Gussanlage ausgeführten I/O-variablen Guss-Prozess, wobei die Kalibrierung über eine direkte Zeitmessung der TECH-bezogenen Intensität erfolgt.

<sup>55</sup> Im einfachsten Fall liegt dieser Zusammenhang im Kontext der TECH-Verbrauchsfunktion, sodass sich die Optimierung einfach auf das Auffinden des Minimums dieser Funktion bezieht. Im allgemeinen Fall dürfte es aber auch bei den PERS- und der MAT-Verbrauchsfunktionen jeweilige Minima geben. Bei beiden Ressourcen können beispielsweise verschiedene Ressourcen-Qualitäten, welche unterschiedliche Preise haben, zum Einsatz kommen. Zur Abbildung dieser Effekte werden sogenannte monetäre Verbrauchsfunktion, welche in Werteinheiten (WE) ausgedrückt sind, verwendet. Die monetären Funktionen haben auch den Vorteil, dass sich bedingt durch den Übergang auf die Wertebene auch verschiedene monetäre Verbrauchsfunktionen einfach aggregieren und sodann in ihrer Gesamtheit optimieren lassen.

$$\begin{aligned}
 (K9) \quad x(r_M, r_P, r_T) &= d_T \cdot \min \left( \frac{r_M}{a_M \cdot d_T}; \frac{r_P}{c_{PT}}; r_T \right) \\
 &= 65 \cdot \min \left( \frac{r_M}{1 \cdot 65}; \frac{r_P}{2}; r_T \right)
 \end{aligned}$$

Gleichung (K10) zeigt die kalibrierte Leontief-Produktionsfunktion für den auf der Zugsanlage ausgeführten I/O-fixen Zug-Prozess, wobei die Kalibrierung der TECH-bezogenen Intensität nicht durch direkte Messung, sondern indirekt durch Division der periodischen Prozessausbringung durch die Prozessdauer erfolgt.

$$\begin{aligned}
 (K10) \quad x(r_M, r_P, r_T) &= d_T \cdot \min \left( \frac{r_M}{a_M \cdot d_T}; \frac{r_P}{c_{PT}}; r_T \right) \\
 &= 31,2 \cdot \min \left( \frac{r_M}{1 \cdot 31,2}; \frac{r_P}{1}; r_T \right)
 \end{aligned}$$

Die kalibrierten Leontief-Produktionsfunktionen für den Guss- und den Zug-Prozess haben zwar die gleiche, sich aus der generischen Produktionsfunktion ergebende Form. Doch die Ressourcen-Einsätze insbesondere der jeweils als Engpassfaktor fungierenden TECH-Ressource sind nicht gleichermaßen variabel: Beim I/O-variablen Guss-Prozess kann nahezu jeder beliebige TECH-Einsatz gewählt werden. Beim I/O-fixen Zug-Prozess ist der TECH-Einsatz hingegen aufgrund der Fixierung der Prozessdauer auf 6,9 ZE bzw. (ganzer) Vielfacher davon limitiert. Die Vervielfachungen bedeuten (ganze) Wiederholungen des Prozesses.

### Compliance-Anforderungen: Traditionelle ERP-Systeme – „Business Follows IT“?

Der Betriebsbereich von Unternehmen war lange eine äußerst intime Angelegenheit. Betriebsfremden wurden - aus Wettbewerbsüberlegungen verständlich – in der Regel nur wenige Informationen über die unternehmensinterne Organisation bzw. Prozessabläufe gegeben. Durch das Aufkommen von ERP-Systemen<sup>56</sup> hat sich diese Situation allerdings stark verändert. Bei der IT-mäßigen Implementierung solcher Systeme, wurden anfänglich im Rahmen des *Customizing* kundenspezifische Lösungen konstruiert. Die IT folgte in diesem Fall den Prozessen, d.h. *IT follows Business*. Dabei ergaben sich aber Kosten, welche die Anschaffungskosten für die Software um ein Vielfaches überstiegen. Ergo wurden immer mehr branchenspezifische Standardlösungen entwickelt, welche sich insgesamt kostengünstiger implementieren lassen. Dafür wurde aber wieder ein hoher Preis bezahlt. Die Software wird nämlich nicht mehr an die

<sup>56</sup> Der Ausdruck *ERP* steht für *Enterprise Resource Planning*, was sich mit *unternehmensweiten Ressourcen-Planung* übersetzen lässt. In den 80er Jahren wurden softwaremäßige *ERP*-Lösungen entwickelt, aus welchen sich z.B. die Heidelberger Firma *SAP* als derzeitiger, weltweiter Marktführer entwickelt hat.

betrieblichen Prozesse angepasst, vielmehr werden nunmehr die betrieblichen Prozesse an die Vorgaben der Standardlösung angepasst. Die Prozesse folgen somit der IT, d.h. *Business follows IT*. Durch die Einführung von ERP-Systemen werden die Unternehmen nach Außen hin viel transparenter. Es bedarf nämlich nur einer Analyse des verwendeten ERP-Systems, um in Erfahrung zu bringen, wie das Unternehmen intern funktioniert.

### **Prozessorientierte Produktionsfunktion: Prozessorientiertes linear-limitationales I/O-Modell**

Basierend auf dem prozessorientierten I/O-Modell [Hein81, S. 368 ff] wird nunmehr die Prozess-Perspektive explizit einbezogen. Bei der generischen Produktionsfunktion wurde sowohl die Ausbringung als auch die Einsätze der MAT-, PERS- und TECH- Ressourcen auf periodischer Basis modelliert. Durch die explizite Einbeziehung der Prozess-Perspektive werden darüber hinaus die jeweiligen Einsatz- (Input) und Ausbringungsmengen (Output) nach den verschiedenen Prozessen, welche mit dem Buchstaben  $j$  bezeichnet werden, unterschieden und auf die einmalige Prozessdurchführung bezogen. Die sich auf eine Prozessdurchführung beziehende Ausbringung wird als Losgröße  $x_j$  und die Ressourcen-Einsätze pro Prozessdurchführung werden mit  $r_{i,j}$  bezeichnet. Schließlich ermöglicht die Prozessorientierung auch eine prozessspezifische Betrachtung der jeweiligen Prozessbedingungen. Damit wird der modellhafte Bezug zur betrieblichen (Prozess-)Steuerungsebene gelegt, wobei die verschiedenen Prozessbedingungen – wie z.B. in Form der Losgröße – als betriebliche Entscheidungsgrößen (Stellgrößen) explizit gemacht werden.

#### **Prozessorientierte Produktionsfunktion: Konstruktion aus der generischen Produktionsfunktion**

Die *prozessorientierte Produktionsfunktion* für den  $j$ -ten Prozess wird in zwei Schritten aus der generischen, 3-faktorigen Produktionsfunktion konstruiert:

1. werden die Ressourcen-spezifischen Produktionsfunktionen für den  $j$ -ten Prozess für den Reptierfaktor MAT-Ressource und für die Potentialfaktoren PERS- und TECH-Ressource bestimmt und
2. werden die Ressourcen-spezifischen (partiellen) Produktionsfunktion zur prozessorientierten Produktionsfunktion unter Einbeziehung der diversen Limitationalitäten zusammen gefügt.

Für den MAT-Repetierfaktor wird die MAT-spezifische Produktionsfunktion mit dem den  $j$ -ten Prozess kennzeichnende Index versehen. Zumal sich die Produktionsfunktion auf eine Periode bezieht, werden zur Kennzeichnung der Periodengrößen Großbuchstaben für die periodische

Prozess-Ausbringung  $X_j$  und den periodischen Prozesseinsatz  $R_{M,j}$  verwendet. Zur konzeptionell besser verständlichen Darstellung wird die spezifische Produktionsfunktion in Form der spezifischen Einsatzfunktion umgestellt. Durch Substitution des Produktes aus Prozess-Ausbringung  $x_j$  und Anzahl der Prozess-Wiederholungen  $w_j$  anstelle der Periodenausbringung  $X_j$  und Darstellung der Produktionskoeffizienten-gewichteten Prozess-Ausbringung als prozessbezogene Ausbringung  $r_{M,j}$  ergibt sich die in Gleichung (40) ausgedrückte Form.

$$\begin{aligned}
 X_j(R_{M,j}) &= \frac{1}{a_{M,j}} R_{M,j} \\
 (40) \quad R_{M,j} &= a_{M,j} \cdot X_j \\
 &= a_{M,j} \cdot x_j \cdot w_j \\
 &= r_{M,j} \cdot w_j
 \end{aligned}$$

wobei

$R_{M,j}$	Periodischer MAT-Einsatz (in ME) im $j$ -ten Prozess
$r_{M,j}$	MAT-Einsatz (in ME) im $j$ -ten Prozess
$w_j$	Wiederholungen des $j$ -ten Prozesses
$X_j$	Periodische Ausbringung (in ME) des $j$ -ten Prozesses
$x_j$	Losgröße des $j$ -ten Prozesses (Prozess-Ausbringung)

**Hinweis** zur Bezeichnung des Kontexts:

Der Kontext wird durch einen Subindex bezeichnet. Der tiefgestellte Subindex  $j$  kennzeichnet den Prozesskontext.

Für die PERS- und TECH-Potenzialfaktoren ergeben sich in analoger Vorgehensweise die jeweiligen Potenzialfaktor-spezifischen Produktionsfunktionen, welche in Gleichung (41) in allgemeiner Form dargestellt wird. Der Unterschied zur MAT-spezifischen Produktionsfunktion liegt in der nunmehrigen Verwendung der Prozess-Intensität  $d_{i,j}$  anstelle der Produktivität  $a^{-1}_{M,j}$ .

$$\begin{aligned}
 X_j(R_{i,j}) &= d_{i,j} \cdot R_{i,j} \\
 (41) \quad R_{i,j} &= (d_{i,j})^{-1} \cdot X_j \\
 &= (d_{i,j})^{-1} \cdot x_j \cdot w_j \\
 &= r_{i,j} \cdot w_j
 \end{aligned}$$

wobei

$d_{i,j}$	Prozess-Intensität (ME/ZE) der Ressource $i$ im Prozess $j$ (Produktionsgeschwindigkeit bzw. Produktivität)
$R_{i,j}$	Periodischer Einsatz (in ZE) der Ressource $i$ im Prozess $j$
$r_{i,j}$	Dauer (Maschinen- oder Betriebsstunden) der Ressource $i$ im Prozess $j$ (PERS- bzw. TECH-Einsatz pro Prozess-Durchführung)
$w_j$	Wiederholungen des Prozesses $j$
$X_j$	Periodische Ausbringung (Output in ME) des Prozesses $j$
$x_j$	Losgröße (Output in ME) des Prozesses $j$

In Gleichung (42) werden die Ressourcen-spezifischen Produktionsfunktion unter Einbeziehung der Prozess-Limitationalitäten zur prozessorientierten Produktionsfunktion zusammengefasst.

$$\begin{aligned}
 X_j(R_{M,j}, R_{P,j}, R_{T,j}) &= \min \left( X(R_{M,j}); X(R_{P,j}); X(R_{T,j}) \right) \\
 &= \min \left( \frac{1}{a_{M,j}} \cdot R_{M,j}; d_{P,j} \cdot R_{P,j}; d_{T,j} \cdot R_{T,j} \right) \\
 (42) \quad &= d_{T,j} \cdot \min \left( \frac{1}{a_{M,j} \cdot d_{T,j}} \cdot R_{M,j}; \frac{1}{c_{PT,j}} \cdot R_{P,j}; R_{T,j} \right) \\
 &= d_{T,j} \cdot w_j \cdot \min \left( \frac{1}{a_{M,j} \cdot d_{T,j}} \cdot r_{M,j}; \frac{1}{c_{PT,j}} \cdot r_{P,j}; r_{T,j} \right)
 \end{aligned}$$

In dieser Darstellungform zeigt sich die Prozess-spezifische Perioden-Ausbringung  $X_j$  als Funktion der TECH-bezogenen Prozessintensität  $d_{T,j}$ , der Anzahl der Prozess-Wiederholungen  $w_j$ , des MAT-Produktionskoeffizienten  $a_{M,j}$ , des Faktoreinsatzverhältnisses der beiden Potenzialfaktoren  $c_j$  und der prozess-spezifischen Ressourceneinsätze für die MAT-, PERS- und TECH-Ressource.

### Prozessorientierte Produktionsfunktion: Kalibrierung I/O-variabler bzw. I/O-fixer Fertigungsprozesse

Die Parameter der in Gleichung (42) dargestellten prozessorientierten Produktionsfunktion hängen einerseits von der verwendeten Technologie ab, welche im Rahmen der strategischen Technologieentscheidung festgesetzt wird. Dies betrifft den MAT-Produktionskoeffizienten sowie das Faktoreinsatzverhältnis der beiden Potenzialfaktoren. Die restlichen Parameter hängen andererseits von den betrieblichen Entscheidungen ab. Folglich handelt es sich dabei um die betrieblichen Stellgrößen, welche auf der *Betriebsebene*, wobei es sich um die Ebene 3 des auch dieser Arbeit zugrunde liegenden hierarchischen Unternehmensmodells<sup>57</sup> handelt, in optimaler Weise bestimmt werden. Konkret sind das die Prozessintensität, die Anzahl der Prozess-Wiederholungen sowie die prozess-spezifischen Ressourceneinsätze für die MAT-, PERS- und TECH-Ressourcen.

<sup>57</sup> Das hierarchische Unternehmensmodell liegt dem ECSI-Standard [ECSI08] zugrunde, um die IT-mäßige Interoperabilität von Produktion und Unternehmensführung zu modellieren und zu verbessern bzw. zu sichern (siehe bspw. [AKSZ07]). In diesem Modell wird die *Betriebsebene* als Ebene 3 (Level 3) definiert. Bei der hierarchisch übergeordneten Ebene 4 handelt es sich um die *Unternehmensebene*.

Gleichung (K11) zeigt die kalibrierte<sup>58</sup> Produktionsfunktion für den I/O-variablen Guss-Prozess, wobei die Prozess-Intensität gleich 65 ME/ZE und das Faktoreinsatzverhältnis zwischen der PERS- und der TECH-Ressource gleich 2 ist. Aufgrund der I/O-Variabilität des Guss-Prozesses könnten aber sowohl der TECH-Potenzialfaktor als auch der über das konstante Faktoreinsatzverhältnis eindeutig festgelegte PERS-Potenzialfaktor quasi beliebig verändert werden.

$$\begin{aligned}
 & X_{Guss}(R_{M,Guss}, R_{P,Guss}, R_{T,Guss}) \\
 \text{(K11)} \quad & = d_{T,Guss} \cdot w_{Guss} \cdot \min \left( \frac{1}{a_{M,Guss} \cdot d_{T,Guss}} \cdot r_{M,Guss}; \frac{1}{c_{PT,Guss}} \cdot r_{P,Guss}; r_{T,Guss} \right) \\
 & = 65 \cdot w_{Guss} \cdot \min \left( \frac{1}{1 \cdot 65} \cdot r_{M,Guss}; \frac{1}{2} \cdot r_{P,Guss}; r_{T,Guss} \right)
 \end{aligned}$$

Beim I/O-fixen Zug-Prozess, dessen kalibrierte Produktionsfunktion in Gleichung (K12) zu sehen ist, fehlte eine derartige Flexibilität in den Potenzialfaktor-Einsätzen. So kann der TECH-Einsatz aufgrund der I/O-Fixierung nur 6,9 ZE bzw. ganzer Vielfacher davon betragen.

$$\begin{aligned}
 & X_{Zug}(R_{M,Zug}, R_{P,Zug}, R_{T,Zug}) \\
 \text{(K12)} \quad & = d_{T,Zug} \cdot w_{Zug} \cdot \min \left( \frac{1}{a_{M,Zug} \cdot d_{T,Zug}} \cdot r_{M,Zug}; \frac{1}{c_{PT,Zug}} \cdot r_{P,Zug}; r_{T,Zug} \right) \\
 & = 31,2 \cdot w_{Zug} \cdot \min \left( \frac{1}{1 \cdot 31,2} \cdot r_{M,Zug}; \frac{1}{1} \cdot r_{P,Zug}; r_{T,Zug} \right)
 \end{aligned}$$

Die kalibrierten Parameter für die I/O-variablen Guss- und Press-Prozesse sowie dem I/O-fixen Zug-Prozesse sind in Tabelle 37 zusammen gefasst dargestellt.

<sup>58</sup> Die Kalibrierung der Prozessparameter bezüglich der Potenzialfaktor-Einsätze kann *Bottom Up* anhand von Zeitmessungen oder *Top Down* anhand von durchschnittlichen Faktoreinsätzen, wobei der Periodeneinsatz durch die Anzahl der Prozesswiederholungen dividiert wird, durchgeführt werden.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
Perioden-Ausbringung	$X_j$	88.896	67.898	14.761
Intensität (ökonomische)	$d_j$			
I/O-variabel		65,0	155,2	
I/O-fix				31,5
Dauer	$r_{T,j}$			
I/O-variabel		6	3,5	
I/O-fix				6,9
Losgrößen	$x_j$			
I/O-variabel		389,9	543,2	
I/O-fix				217,1
Wiederholungen	$w_j$	228	125	68

**Tabelle 37:** Fertigungsprozesse – Prozessdaten

Ressourcen-Aggregation: Univariat einstufig vs. multivariat mehrstufige Aggregationen

Die zeitliche Aggregation<sup>59</sup> der Ressourcen über die verschiedenen Prozesse, in welchen sie eingesetzt werden, kann in verschiedener Art und Weise erfolgen. Der Charakter der einzelnen Ressourcen bleibt bei der intertemporalen Aggregation gewahrt, wenn nur jeweils gleichartige Ressourcen aggregiert werden. In Gleichung (43) wird eine intertemporale univariat einstufige Aggregation als mathematische Funktion dargestellt.

$$(43) \quad \begin{aligned} r_i &= \sum_j R_{i,j} \\ &= \sum_j r_{i,j} \cdot w_j \end{aligned}$$

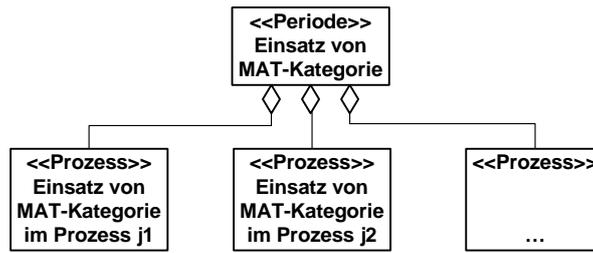
wobei

- $R_{i,j}$       Periodischer Einsatz (in ZE) der Ressource  $i$  im Prozess  $j$
- $r_i$          Periodischer Einsatz der Ressource  $i$  in allen Prozessen
- $r_{i,j}$         Einsatz der Ressource  $i$  im Prozess  $j$  (Prozesseinsatz der Ressource  $i$ )

In Abbildung 43 wird diese univariat einstufige Aggregation für die MAT-Ressource in UML-Form dargestellt. Dabei ist es wichtig zu erkennen, dass bei der Aggregation immer nur die gleiche MAT-Kategorie aggregiert wird, sodass das Aggregat die genau gleichen Merkmale wie die in den Prozessen eingesetzten Ressourcen haben. Durch diese Aggregation kommt es zwar zu einer zeit- und prozessbezogenen Informationsverdichtung. Das Charakteristikum<sup>60</sup> der aggregierten MAT-Kategorie bleibt aber von der Aggregation unberührt.

<sup>59</sup> Die Aggregation kann im Unternehmen über verschiedene Dimensionen erfolgen, u.z. über die Zeit, über verschiedene Variablen und über hierarchisch angeordnete Organisationseinheiten.

<sup>60</sup> Die Charakteristik des Aggregats abstraktifiziert sich hingegen, wenn die Aggregation nicht mehr uni- sondern multivariat definiert wird. Eine solche Aggregation wäre z.B. die gesamte Menge des Aggregates *Obst*, welches sich z.B. aus den beiden MAT-Kategorien *Äpfel* und *Birnen* zusammen setzt.



**Abbildung 43:** Univariate einstufige Aggregation der MAT-Ressource über die Prozesse

Bei der systemischen Betrachtung werden verschiedene Ressourcen simultan betrachtet. In Gleichung (44) werden beispielsweise die Einsätze der drei TECH-Kategorien  $T1$ ,  $T2$  und  $T3$  über den Guss- ( $G$ ), Press- ( $P$ ), Zug- ( $Z$ ) und Supervisory-Prozess ( $S$ ) simultan aggregiert. Bei der systemischen Aggregation handelt es sich um eine mehrdimensionale Aggregation. Konkret liegt eine nunmehr eine *multiple* (vektorielle) *univariate einstufige Aggregation* vor. Diese Aggregation lässt sich mathematisch elegant unter Verwendung der Matrizen-Algebra durchführen, wobei die die Prozesseinsätze der drei TECH-Kategorien beinhaltende Matrix mit den die Prozesswiederholungen enthaltenen Spaltenvektor nachmultipliziert wird.

$$(44) \begin{pmatrix} r_{T1} \\ r_{T2} \\ r_{T3} \\ r_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{T1,G} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & r_{T2,P} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{T3,Z} & 0 \\ r_{P,G} & r_{P,P} & r_{P,Z} & r_{P,S} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_G \\ w_P \\ w_Z \\ w_S \end{pmatrix}$$

Neben der Aggregation der TECH-Kategorien wird in Gleichung (44) aber auch noch gleichzeitig die PERS-Ressource aggregiert. Die diesbezügliche Aggregation unterscheidet sich aber essenziell von der TECH-Aggregation. Aus der zeilenweisen Anordnung aller Prozesseinsätze der einzelnen PERS-Ressourcen ist bereits ersichtlich, dass es sich dabei um eine multivariate einstufige Aggregation handelt, wobei ein komplexes Aggregat entsteht, dessen Charakteristika sich von denen der PERS-Ressourcen auf der Prozessebene unterscheiden. Sollten bei der Aggregation die jeweiligen Charakteristika der PERS-Kategorien erhalten bleiben, so wären die entsprechenden Ressourceneinsätze durchgängig in der Diagonale der Matrix anzuordnen.

	Guss-Prozess	Press-Prozess	Zug-Prozess	Supervision		
$\begin{pmatrix} 1.368,0 \\ 437,5 \\ 469,2 \\ 3.639,5 \end{pmatrix}$	=	$\begin{pmatrix} 6,0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6,9 & 0 \\ 12,0 & 3,5 & 3,5 & 1 \end{pmatrix}$				$\cdot \begin{pmatrix} 228 \\ 125 \\ 68 \\ 228 \end{pmatrix}$

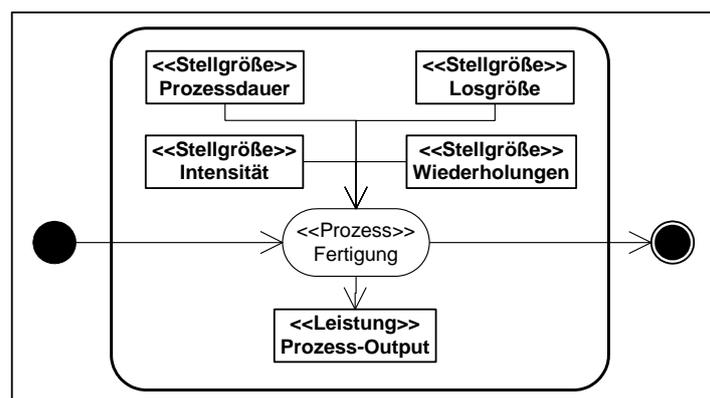
**Abbildung 44:** Fertigung-Kostenstelle – Prozessdaten

Die beispielhafte Durchführung dieser *zusammengesetzten systemischen Aggregation* ist in Abbildung 44 zu sehen. Dabei werden die TECH-Kategorien univariat und die PERS-Ressource multivariat über alle PERS-Kategorien aggregiert.

### Prozessorientierte Produktionsfunktion: Betriebliches Führungssystem

*In der Sprache der Kybernetik ist es folglich Aufgabe der Betriebswirtschaftslehre, die Regel- bzw. Steuerkreise zu erforschen, Empfehlungen zur Gestaltung der Systemkreise und deren Elemente zu geben, Hilfen bei der Bildung von Reaktionsmodellen zu stellen und dem Regler (Management) Vorschläge zur Einstellung der Stellgrößen bei verschiedenen Störungen zu unterbreiten.* [Hein81, S. 21ff].

In der Kybernetik werden zwei Prinzipien<sup>61</sup> unterschieden [Küpp08, S. 226]. *Beim kybernetischen Regelungsprinzip* werden retrospektive, d.h. vergangenheitsbezogene Abweichungen der Regelgröße von der Führungsgröße (Normgröße) zum Anlass genommen, um über den Regler reaktive Stellgrößen abzuleiten. Die Stellgrößen wirken korrektiv auf den Prozess (Regelstrecke) ein, sodass dieser wieder möglichst genau der vorgegebenen Führungsgröße folgt. *Beim kybernetischen Steuerungsprinzip* wird eine potenzielle Störgröße als Steuerungsgröße erfasst, bevor sie sich auf den Prozess auswirkt. Die Steuerungsgröße führt über die Steuerung zu einer proaktiven Stellgröße, welche auf den Prozess korrektiv einwirkt. Damit wird die potentielle Störung prospektiv, d.h. zukunftsorientiert verarbeitet, damit der Prozess der Führungsgröße bestmöglich folgen kann.



**Abbildung 45:** Stellgrößen von (Fertigungs)Prozessen

<sup>61</sup> Die beiden Prinzipien werden nachfolgend in ihrer jeweils klassischen Variante erörtert. Darüber hinaus gibt es auch noch jeweils adaptive Ausgestaltungen der Prinzipien, wobei die aus der Kontrolle gewonnene Information in den Planungsprozess mit adaptiver Wirkung gekoppelt wird.

Die Metageschichte der Kybernetik ist das *Kreislaufmodell*, welches intrinsisch dynamisch<sup>62</sup> konstruiert ist. In Abbildung 45 wird der (Fertigungs-)Prozess aus einer solchen kybernetischen<sup>63</sup> Perspektive betrachtet. Die diesen Prozess betreffenden Entscheidungsvariablen Prozessdauer, Losgröße, Intensität und Wiederholungen werden in der dynamischen Systembetrachtung als *Stellgrößen* bezeichnet. Damit wird die lenkungsrelevante Bedeutung dieser Entscheidungsgrößen innerhalb des Kreislaufmodells zum Ausdruck gebracht. In soziotechnischen Systemen sind die Stellgrößen nicht nur einmalig zu bestimmen, sondern vielmehr müssen sie im Zeitablauf ständig an die sich ändernde Umwelt hin neu ausgerichtet werden. Über die Stellgrößen wird das System dynamisch an die sich stochastisch<sup>64</sup> ändernde Umwelt angepasst.

Ihrer dynamischen Natur wegen werden die Stellgrößen mathematisch als Funktionen<sup>65</sup> dargestellt. In Abhängigkeit von den im Zeitablauf gewählten Stellgrößen und der auf das soziotechnische System einwirkenden Störungen aus der Umwelt ergeben sich die abhängigen Variablen des Systems. In Gleichung (45) wird der Einsatz der Ressource  $i$ , welcher in einer Periode in den verschiedenen Prozessen verbraucht wird, zuerst in Abhängigkeit von der Stellgröße Wiederholungen  $w_j$  dargestellt<sup>66</sup>. Anschließend werden die jeweiligen Prozesseinsätze offen gelegt, sodass sich auch noch weitere Stellgrößen, u.z. die Intensität  $d_{i,j}$ , die Losgröße  $x_j$  sowie die Anzahl der die Ressource verwendenden Prozesse  $j$  zeigen.

$$r_i = \sum_j R_{i,j} = \sum_j r_{i,j} \cdot w_j$$

(45) *d.h.*

$$r_i = r_i(d_{i,j}, x_j, w_j, j) = \sum_j r_{i,j}(d_{i,j}, x_j) \cdot w_j$$

Die Unterscheidung von I/O-variablen und I/O-fixen Prozessen schlägt sich in unterschiedlichen Stellgrößen nieder: Bei den I/O-variablen Prozessen kann der TECH-Prozesseinsatz be-

<sup>62</sup> Die dynamische Eigenschaft unterscheidet sie von der normativen Entscheidungstheorie, welche im klassischen Fall statisch ausgelegt wird.

<sup>63</sup> Die Bezeichnung *Kybernetik* wurde von Wiener [Wien48] geschaffen, um damit das *Rückkoppelungsprinzip*, wobei zeit- und zustandsabhängige Systeminformationen zirkulär in den systemischen Prozess rückgekoppelt werden, in der zielgerichteten Regelung von verschiedenen (sozio)technischen Systemen zu benennen.

<sup>64</sup> Das stochastische Umfeld von soziotechnischen Systemen begründet den großen Unterschied zu den technischen Systemen auf Makroebene, wo die Umwelt wesentlich stabiler und vielfach sogar deterministisch ist. Im technischen Bereich tritt eine den soziotechnischen Systemen ähnliche Stochastik erst im quantenphysikalischen Bereich auf, sodass sich die Metageschichte der Quantenphysik essentiell von der Metageschichte der klassischen Physik unterscheidet.

<sup>65</sup> Die Zeit ist praktisch bei allen Funktionen für die verschiedenen Stellgrößen ein Argument. Damit wird der dynamische Charakter in deterministischer Weise modellhaft abgebildet. Sind die Stellgrößen darüber hinaus auch noch abhängig vom konkret realisierten Zustand, dann wird auch die Zustandsvariable als Argument verwendet. Im allgemeinsten Fall ist noch vorstellbar, dass die Funktion selbst zustandsabhängig ist. In diesem Zusammenhang wird eine stochastische Funktion zur modellhaften Abbildung der Stellgröße verwendet.

<sup>66</sup> In dieser Darstellung werden der Einfachheit halber die Stellgrößen nicht als Funktionen, sondern nur anhand der sie jeweils kennzeichnenden Buchstaben dargestellt.

liebig gewählt werden, während er bei den I/O-fixen Prozessen auf Vielfache der Einsatzdauer von ganzen Prozessdurchführungen beschränkt ist.

Die funktionale Modellierung der Ressourceneinsätze in Abhängigkeit von den Stellgrößen in Gleichung (45) erweist sich auch vorteilhaft zur Darstellung der von Gutenberg [Gute51] entwickelten Theorie der Anpassungsformen. Dieser Theorie entsprechend werden drei partielle Anpassungsformen unterschieden, u.z.

- die zeitliche Anpassung, wobei nur der Ressourceneinsatz verändert wird,
- die intensitätsmäßige Anpassung, wobei nur die Intensität verändert wird und
- die quantitative Anpassung, wobei nur die Anzahl der Fertigungsanlagen verändert wird.

Die Optimierung der einzelnen Stellgrößen ist die zentrale Aufgabenstellung in der Betriebstechnik. Dort gilt es insbesondere

- a) die optimalen Prozessintensitäten  $d_{T,j}^*$ ,
- b) die optimalen Faktoreinsatzverhältnisse  $c_{PT,j}^*$ ,
- c) der optimalen Losgrößen  $x_j^*$  bzw. optimale Anzahl an Wiederholungen  $w_j^*$  und
- d) die optimale Anzahl und Anordnung der Fertigungsanlagen zu bestimmen.

Im ECSI-Standard [ECSI08] werden die kybernetischen Informationen des Betriebsbereichs in Form von Prozess- und Betriebsdaten – wie schon die Ressourcen-Daten – ebenfalls einer Standardisierung zugeführt. Die *Prozessdaten* werden dabei im *Produktsegment* und die *Betriebsdaten* werden im *Prozesssegment* modelliert. Die für das prozessorientierte Kostenmodell wichtigen Prozess- und Betriebsdaten sind in Tabelle 38 zu sehen.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
Intensität (ökonom.)	$d_j$	65,0	155,2	31,5
Losgröße	$x_j$	389,9	543,2	217,1
Prozess-Dauer	$r_{T,j}$	6	3,5	6,9
TECH-Produktionskoeffizient	$a_{T,j} = r_{T,j}/x_j$	0,0154	0,0064	0,0318
Wiederholungen	$w_j$	228	125	68
period. TECH-Einsatz (ZE)	$R_{T,j}$	1.368	438	469
period. TECH-Einsatz (in %)	$R_{T,j}$ (in %)	60,14%	19,23%	20,63%
period. PERS-Einsatz (ZE)	$R_{P,j}$	2.736	438	238
period. PERS-Einsatz (in %)	$R_{P,j}$ (in %)	80,20%	12,82%	6,98%
Faktoreinsatz-Verhältnis	$R_{P,j}/R_{T,j}$	2	1	0,5
period. TECH-Kapaz. (ZE)	$C_{T,j}$	1.456	1.456	1.456
period. PERS-Kapaz. (ZE)	$C_{P,j}$	2.912	1.456	728
Kapaz. Verhältnis	$C_{P,j}/C_{T,j}$	2	1	0,5
Auslastung	$R_{T,j}/C_{T,j}$	93,96%	30,05%	32,23%

**Tabelle 38:** Fertigungsprozesse – Prozessdauern und Leistungsfähigkeiten (ERPC-Bericht)

Im Rahmen des prozessorientierten Kostenmodells werden diese Ressourceneinsätze vorzugsweise als Bezugsgrößen für die Beschäftigung bzw. als Kostenbestimmungsfaktor (Kosteneinflussgröße) verwendet. Die Beschäftigung bezieht sich folglich auf die in der Periode genutzte Leistungsfähigkeit. Die maximal verfügbare Leistungsfähigkeit spezifiziert die Kapazität. [siehe z.B. HoLi07, S. 60].

### Stellgrößen im Zeitablauf: Offenlegung der intertemporalen Produktionsstrategien

Nunmehr wird der dynamische Charakter der Stellgrößen im Zeitablauf betrachtet. Stellgrößen sind dynamische Größen, welche es nicht nur einmal zu bestimmen gilt, vielmehr müssen sie im Zeitablauf ständig an die sich ändernden Bedingungen angepasst werden. In Tabelle 39 handelt es sich bei der quartalsweisen Produktionsmenge  $X_{Pj,Q}$  um die aggregierte Stellgröße. Sie lässt sich im Zeitablauf über die sie bestimmenden Anpassungsformen<sup>67</sup> an die konkrete Entwicklungen der Absatzmenge  $X_{A(j),Q}$  anpassen. Letztendlich, d.h. *in the long run* hat sich die Produktionsmenge an den Markt anzupassen. Zwischenzeitliche Abweichungen sind über die Lagerbildung nicht nur möglich, sondern vielfach auch strategisch angebracht. Betrachtet man die gezogenen Kerzen, so fällt auf, dass diese v.a. im 4. Quartal, welches die Adventzeit beinhaltet, und im 1. Quartal, welches die Osterzeit beinhaltet, abgesetzt werden. Um für diese Quartale genügend Angebot bieten zu können, müssen in den absatzschwächern Quartalen entsprechende<sup>68</sup> Lagerbestände aufgebaut werden. Die Produktionsstrategie für die Zugkerzen antizipiert folglich anti-zyklisch die zyklische Entwicklung der Absatzmenge. Im Bereich der gegossenen Kerzen wird hingegen aufgrund des einigermaßen konstanten quartalsweisen Absatzes eine ziemlich konstante Produktionsstrategie gefahren. Tabelle 38 zeigt darüber hinaus, dass die dabei gefahrenen Produktionsmengen recht nahe der Kapazitätsgrenze angesiedelt sind.

---

<sup>67</sup> Zu den Stellgrößen auf der Betriebsebene zählen gemäß der Gutenberg'schen *Theorie der Anpassungsformen* neben den Prozesswiederholungen, die Lösgrößen, die Intensitäten und die Anzahl an Fertigungsanlagen.

<sup>68</sup> Aufgrund der benötigten Breite im Segment der Zugkerzen müssen gegenüber den engeren Sortimenten in den anderen Bereichen erheblich höhere Lagerbestände übers Jahr geführt werden.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)	Gesamt
p.a.	$\Delta x_{L(j)}$	1.426	-2.170	716	-28
Q1	$x_{L(j),0}$	15.250	6.199	10.579	32.028
	$x_{P(j),Q1}$	23.394	17.925	3.907	45.226
	$x_{A(j),Q1}$	17.876	17.512	5.770	41.158
Q2	$x_{L(j),3m}$	20.768	6.612	8.716	36.096
	$x_{P(j),Q2}$	22.224	17.925	3.907	44.056
	$x_{A(j),Q2}$	20.957	10.915	1.526	33.398
Q3	$x_{L(j),6m}$	22.035	13.622	11.097	46.754
	$x_{P(j),Q3}$	19.885	13.579	2.822	36.286
	$x_{A(j),Q3}$	26.057	11.862	1.875	83.040
Q4	$x_{L(j),9m}$	15.863	15.339	12.044	43.246
	$x_{P(j),Q4}$	23.394	18.468	4.124	45.986
	$x_{A(j),Q4}$	22.581	29.779	4.873	57.233
	$x_{L(j),12m}$	16.676	4.028	11.295	31.999

**Tabelle 39:** Quartalsweise Lager-, Produktions- und Absatzmengen (ERPC-Bericht)

Diese produktionsstrategischen Unterschiede auf Ebene der einzelnen Leistungskategorien sind auf der gesamt aggregierten Betrachtungsebene, wobei es sich um die letzte Spalte von Tabelle 39 handelt, nicht zu erkennen. So zeigt sich über ein Jahr auf der gesamthaft aggregierten Ebene nur eine geringfügige Reduktion der Lagerbestände. Wie die vorangegangenen Ausführungen gezeigt haben, darf aufgrund dieser Tatsache nicht geschlossen werden, dass es auch auf der Mikroebene keine Änderungen gibt.

In Gleichung (46) werden die soeben beschriebenen Zusammenhänge zwischen den Produktions-, Absatz- und Lagermengen mathematisch beschrieben. Der Lagerbestand am Ende der Periode, d.h. im Zeitpunkt  $T$  bestimmt sich aus dem Lagerbestand am Periodenanfang, d.h. im Zeitpunkt 0 zuzüglich der Summe der Veränderungen in den vier quartalsweisen Lagerbeständen. Weiters ergibt sich die quartalsweise Veränderung des Lagerbestandes aus dem Maximum zwischen a) der Produktions- zuzüglich der Lager- und abzüglich der Absatzmenge und b) Null. Durch die Maximumfunktion wird sicher gestellt, dass der Absatz nicht größer als die sich aus Produktions- und Lagermenge zusammen setzende Angebotsmenge sein kann.

$$x_{L(j),T} = x_{L(j),0} + \sum_{Q=1}^4 \Delta x_{L(j),Q}$$

(46) mit

$$\Delta x_{L(j),Q} = \max(x_{P(j),Q} + x_{L(j),t} - x_{A(j),Q}; 0)$$

wobei

- $x_{A(j),Q}$  Absatzleistung: Absatz(menge) von Produkt  $k$  in der Periode  $Q$
- $x_{L(j),0}$  Lagermenge des  $j$ -Prozessprodukts im Zeitpunkt  $0$
- $x_{L(j),T}$  Lagermenge  $j$ -Prozessprodukts im Zeitpunkt  $T$
- $x_{P(j),Q}$  Betriebsleistung: Produktionsmenge  $j$ -Prozessprodukts in der Periode  $Q$
- $\Delta x_{L(j),Q}$  Veränderung der Lagermenge  $j$ -Prozessprodukts im Quartal  $Q$

**Hinweis zur Notation:**

Es ist wichtig zwischen Periodengrößen wie z.B. Produktion und Absatz und Zeitpunktgrößen wie z.B. Lagerbestand zu unterscheiden. Die Unterscheidung ist am verwendeten Subindex zu erkennen. Periodengrößen werden mit den Perioden-Subindizes  $W$ ,  $Q$  und  $Y$ , welche für Woche, Quartal und Jahr stehen, gekennzeichnet und für Zeitpunktgrößen wird der Zeitpunkt-Subindex  $t$ ,  $T$  verwendet.

Hinter den quartalsweise aggregierten Produktionsmengen stehend die in Tabelle 40 angegebenen Prozesswiederholungen. Sie zeigen die verschiedenen Produktionsstrategien anhand der zentralen<sup>69</sup> Stellgröße in Form der Prozesswiederholungen. Die Anzahl der Wiederholungen werden im ERP-CONTROL im Rahmen der Betriebsdatenerfassung jeweils nach Prozessdurchlauf automatisch dem ERP-System rückgemeldet. Die dazu erforderlichen Daten sind im Performance-Modell der DIN EN 62264 ebenfalls standardisiert.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
p.a.	$X_j$	88.896	67.898	14.761
Q1	$X_{P(j),Q1}$	23.394	17.925	3.907
Q2	$X_{P(j),Q2}$	22.224	17.925	3.907
Q3	$X_{P(j),Q3}$	19.885	13.579	2.822
Q4	$X_{P(j),Q4}$	23.394	18.468	4.124

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
p.a.	$X_j$	88.896	67.898	14.761
LG	$x_j$	389,9	543,2	217,1
p.a.	$w_j$	228	125	68
Q1	$w_{j,Q1}$	60	33	18
Q2	$w_{j,Q2}$	57	33	18
Q3	$w_{j,Q3}$	51	25	13
Q4	$w_{j,Q4}$	60	34	19

**Tabelle 40:** Prozesswiederholungen – Quartalsweise Realisationen

In einfacheren Systemen lässt sich die Anzahl der Prozesswiederholungen näherungsweise auch über eine Durchschnittsbetrachtung ermitteln. Kann unterstellt werden, dass die Losgröße konstant ist, dann lässt sich die Anzahl der Wiederholungen  $w_{j,Q}$  durch Division der periodischen Produktionsmenge  $X_{P(j),Q}$  durch die Losgröße  $x_j$  näherungsweise – wie in Gleichung (47) – berechnen.

$$X_{P(j),Q} = x_j \cdot w_{j,Q}$$

(47) sodass

$$w_{j,Q} = \frac{X_{P(j),Q}}{x_j}$$

wobei

- $w_{j,Q}$  Wiederholungen des Prozesses  $j$  im Quartal  $Q$
- $x_j$  Losgröße des Prozesses  $j$
- $X_{P(j),Q}$  Quartalsweise Produktionsmenge des Prozesses  $j$

<sup>69</sup> Die restlichen betrieblichen Stellgrößen sind von untergeordneter Bedeutung, zumal sie bereits auf ein optimales Niveau gesetzt wurden und somit sinnvollerweise nicht mehr disponibel sind.

## ECSI-Standard [ECSI08]: Hierarchisches Unternehmensmodell

Der weltweite ECSI-Standard wird in dieser Arbeit in Form der Normenreihe DIN EN 62264 verwendet. Der ECSI-Standard baut am dem hierarchischen Unternehmensmodell auf, welches von Williams [Will89] an der Purdue University Ende der 80er Jahren im Zusammenhang mit dem *Computer Integrated Manufacturing (CIM)* entwickelt wurde.

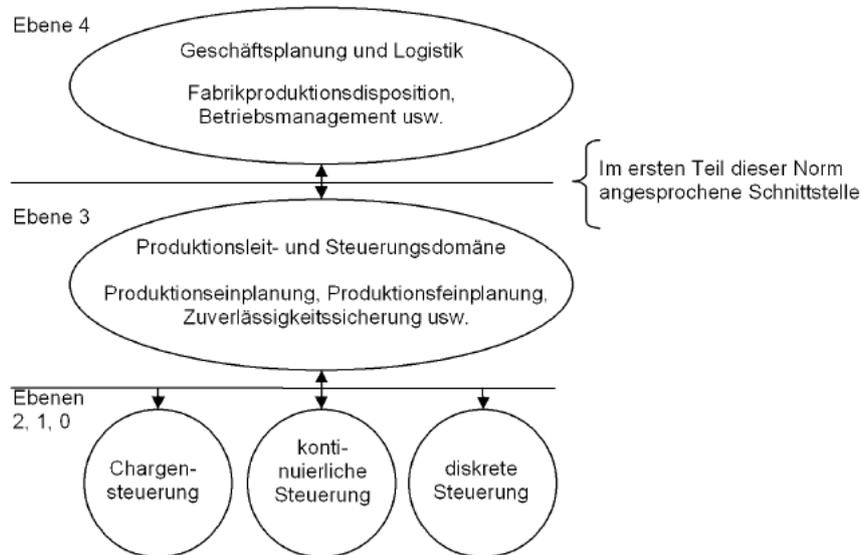
*IT Systeme im industriellen Umfeld können in verschiedene funktionale Kategorien eingeteilt werden. Die Normenreihe DIN EN 62264 verwendet ein hierarchisches Unternehmensmodell mit vier Ebenen, die ursprünglich in der Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA) [1] und [2] definiert wurden.*

- *Ebene 4 entspricht der strategischen und taktischen Unternehmensführung mit Aktivitäten im Bereich Einkauf, Verkauf, Langzeit-Planung, Management von Produktionsstandorten, Logistik, Personalwesen etc.*
- *Ebene 3 enthält Aktivitäten aus den Bereichen Produktionsleitung, Qualitätsmanagement, Wartung, und Materialbestandsführung.*
- *Ebene 2 umfasst Automatisierungs- und Kontrollsysteme für verschiedene Industrien: chargenorientierte oder kontinuierliche Produktion sowie diskrete Fertigung.*
- *Ebene 1 umfasst die Automatisierungsobjekte, also die zu automatisierenden Geräte und Maschinen.*

*Die Normenreihe DIN EN 62264 behandelt die IT-Integration von Unternehmensführung (Ebene 4) mit der Kontrollsystemebene (Ebene 2). Ziel dieser Aktivität ist die möglichst vollständige und in allen Industriezweigen anwendbare Definition und Beschreibung der zwischen Leitsystem und Unternehmens-EDV angesiedelten Funktionen sowie der auszutauschenden Informationen. Damit soll eine klare Definition von Systemgrenzen (ERP – MES – DCS/SCADA) und Verantwortlichkeiten zur Verfügung stehen. Unterhalb der Ebene 4 sind dabei alle Aufgaben angesiedelt, die sich auf folgende Funktionen beziehen bzw. diese beeinflussen:*

- *Betrieb der Produktionsanlage sowie die in diesem Rahmen auszuführenden Tätigkeiten*
- *Sicherheit der Fertigung bzw. der Prozesse*
- *Sicherheit und Qualität der hergestellten Produkte*

- *Einhaltung von Industriestandards bezüglich Produktion und Qualität (z.B. FDA, IFS, GAMP)*
- *Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Produktion.* [AKSZ07, S. 53].



**Abbildung 46:** Hierarchisches Unternehmensmodell [ECI08, S. 15]

ECI-Standard [ECI08]: Funktionales Unternehmensmodell

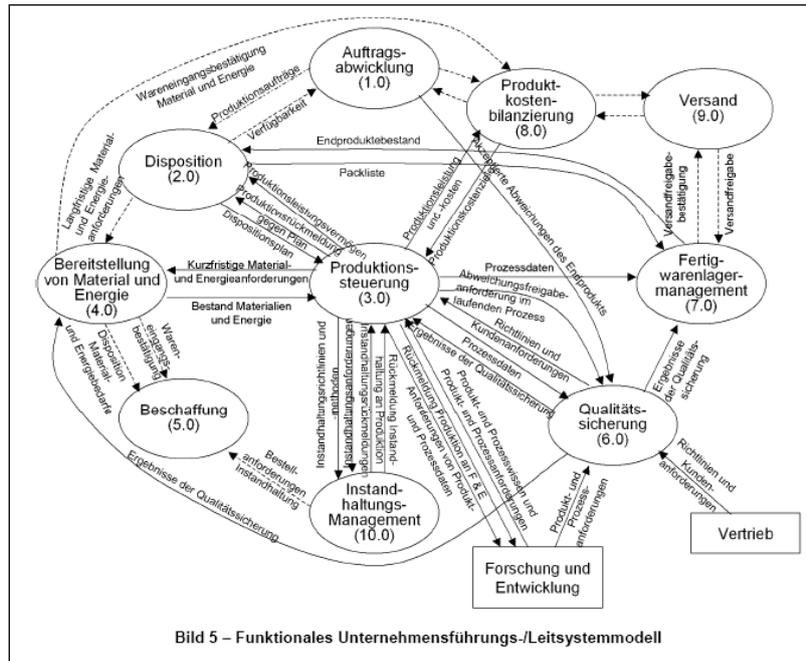
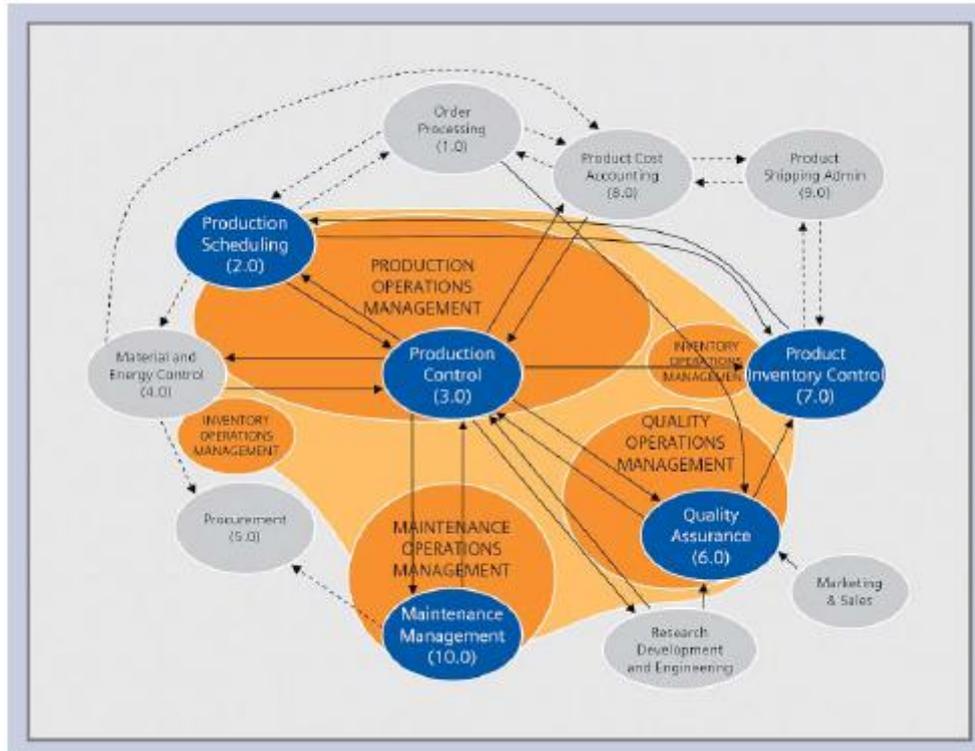


Bild 5 – Funktionales Unternehmensführungs-/Leitsystemmodell

Abbildung 47: Funktionales Unternehmensmodell [ECSI08, S. 23]

Im ECSI-Standard [ECSI08, S. 23] wird die Schnittstelle zwischen der Unternehmensebene (Ebene 4) und der Betriebsleitebene (Ebene 3) anhand des in Abbildung 47 dargestellten funktionalen Unternehmensmodell in Form von 10 Funktionen (Prozesskategorien) standardisiert. Die 10 Funktionen sind von (1.0) bis (10.0) nummeriert. Die Zahlen können u.a. verwendet werden, um den Informationsfluss vom Auftragseingang über die Produktionssteuerung zum Versand zu strukturieren.



**Abbildung 48:** Funktionales Unternehmensmodell (Vereinfachung)

Abbildung 48 enthält eine vereinfachte Variante, welche von Adams et al. [AKSZ07, S. 54] entnommen ist, des funktionalen Unternehmensmodells des ECSI-Standards. Durch die farbliche Gestaltung wird dabei gegenüber dem Original das hierarchische Organisationsmodell besser ersichtlicher. In der Farbe hell-oranger ist der Betriebsbereich dargestellt. Alles außerhalb des dadurch abgegrenzten Bereichs ist der Unternehmensbereich. In dunkel-oranger sind die verschiedenen Aktivitäten der Betriebsleitungsebene, wobei es sich um die Ebene 3 im hierarchischen Unternehmensmodell handelt, dargestellt. Im ECSI-Standard ist der Informationsfluss zwischen dem Betriebs- und dem Unternehmensbereich von zentraler Bedeutung. Zur Veranschaulichung des Informationsflusses wird ein Durchlauf eines Auftrages vom Eingang bis zur vollständigen Abwicklung inklusiver aller damit verbundenen Aktivitäten betrachtet. Ausgehend vom Auftragseingang (Order Processing), welcher mit 1.0 numeriert wird, gibt es einen wechselseitigen Informationsaustausch zur Disposition (Production Scheduling 2.0), welcher durch gestrichelte Pfeile angezeigt wird. Die Gestricheltheit bedeutet, dass dieser Informationsfluss nicht explizit im ECSI-Standard modelliert wird. Von der Disposition gibt es nun einen vielfältigen Informationsaustausch in die unterschiedlichsten Richtungen. Explizit modelliert wird der Informationsfluss zur Produktionssteuerung (Production Control 3.0) und zur Lagerhaltung (Product Inventory Control 7.0).

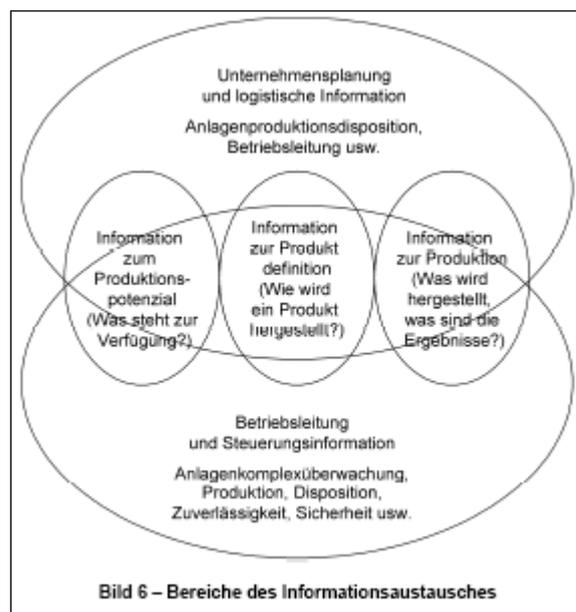
*Ziel ist die Kategorisierung und Strukturierung der über die Schnittstellen zwischen Ebene 3 und Ebene 4 auszutauschenden Informationen nach den folgenden Kategorien:*

- *Product Definition* – Definition der Produkte mittels Spezifikation bestimmter Ressourceneigenschaften, insbesondere die hierarchische Einsatzstoffliste und Produkt-/Prozessparameter
- *Production Capability* – Verfügbarkeit, Eigenschaften, Einschränkungen von Ressourcen
- *Production Schedule* – Produktionsaufträge mit Anforderungen an die zu verwendenden Ressourcen
- *Production Performance* – Rückmeldung über tatsächlich verwendete Ressourcen, insbesondere produzierte und verbrauchte Materialien

Jeweils bezogen auf die Ressourcenmodelle für:

- *Equipment* (TECH-Ressource) – Anlagenstruktur gemäß Bild 4
- *Personnel* (PERS-Ressource) – Mitarbeiterstruktur und -rollen
- *Material* (MAT-Ressource) – Materialnamen, Materialtypen und -klassen für Roh-, Zwischen- und Fertigprodukte, Materiallose etc.
- *Process Segment* – Prozessbeschreibung. [AKSZ07, S. 54].

Inhalt von Abbildung 49 ist das im ECSI-Standard [ECSI08, S. 35] spezifizierte Modell für den Informationsaustausch. Die Unternehmensebene<sup>70</sup> (Ebene 4) wird dabei über vier Informationskategorien informational mit der Betriebsleitebene – inklusive der Produktionssteuerung (PS) auf Ebene 3 – verbunden.



**Abbildung 49:** Informationale Schnittstelle zwischen Ebene 3 und Ebene 4 [ECSI08, S. 35]

<sup>70</sup> Diese Ebene wird gelegentlich auch als ERP-Ebene bezeichnet. Diese Bezeichnung darf aber nicht mit dem ERP-CONTROL, welches nicht nur die Daten und Informationsflüsse der Ebene 4, sondern auch der restlichen Ebenen beinhaltet, verwechselt werden.

### ECSI-Compliance: Hierarchisches und funktionales Unternehmensmodell

In der KERZEN-EWF sind der Unternehmens- (Ebene 4) und Betriebsbereich (Ebene 1, 2 und 3) nach dem hierarchischen Unternehmensmodell des ECSI-Standards aufgebaut.

- Auf Unternehmensebene (Ebene 4) sind folgende Fachbereiche eingerichtet: Verwaltung (inklusive Geschäftsführung und Revision), Finanzwesen (externes und internes Rechnungswesen, Treasury und Controlling), Vertrieb (Marketing und Logistik) und Gebäude (Facility Management) eingerichtet.
- Auf Betriebsleitebene/Produktionssteuerung (Ebene 3) sind die Fertigung und die Material- bzw. Lagerhaltung eingerichtet. Die Fertigung ist für die Produktionssteuerung, das Qualitätsmanagement und die Instandhaltung zuständig. Neben der PPS fallen auch die Agenden der Fertigungsplanung und -steuerung, welche auf Ebene 2 ausgeführt werden, sowie die auf Ebene 1 ausgeführte Prozesssteuerung in den Kompetenzbereich der Fertigung. Die Material- bzw. Lagerhaltung sind für die Materialbestandsführung sowie die operativen Agenden der betrieblichen Logistik zuständig.

von \ zu	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	F&E	Vertrieb
1.0	<b>Auftragsabwicklung</b>	Produktionsaufträge				akzept. Abweichungen für Endprod.		Produktkostenanfrage				
2.0	Verfügbarkeit	<b>Disposition</b>	Dispositionsplan	fr. Material- und Energie-Anforderung								
3.0		Prod.-Leistungsverm., -rückmeldung	<b>Produktionssteuerung</b>	kfr. Material- und Energie-Anforderung		Prozessdaten, Abw.-Freigabe	Prozessdaten	Produktionsleistung und -kosten		Instandhaltung-anforderung	Anford. Prod./Proz. Daten, Rückmeld.	
4.0			Bestand (M&E)	<b>Bereitstellung Material u. Energie</b>	WE-Bestätigung; Disposition (M&E)			WE-Bestätigung (M&E)				
5.0					<b>Beschaffung</b>							
6.0			RL, Kundenanforderung; QS-Ergebnis	QS-Ergebnis		<b>Qualitätssicherung</b>	QS-Ergebnis					
7.0		Endproduktebestand					<b>Fertigwarenlager</b>			Versandfreigabebestätigung		
8.0	Produktkostenrückmeld.		Produktionskostenziel					<b>Produktkostenkalkulation</b>		Rechnungsübermittlung		
9.0							Versandfreigabe	Rechnungsanforderung	<b>Versand</b>			
10.0			Rückmeldung (IH an Prod.)		Bestellforderung (IH)					Instandhaltung		
F&E						Produkt- und Prozessanforderung					F&E	
Vertrieb						RL, Kundenanforderung; QS-Ergebnis						Vertrieb

**Abbildung 50:** Funktionales Unternehmensmodell – Informationsflüsse zw. Ebene 3 und 4

Abbildung 50 zeigt die Informationsflüsse in der KERZEN-EWF, welche zwischen der Ebene 3 des Betriebsbereichs und der Ebene 4 des Unternehmensbereichs fließen. Die Matrix ist folgendermaßen zu lesen: Die Diagonale der Matrix enthält die 10 Funktionen. Die Informationsflüsse

se zeigen sich von den Zeilen zu den Spalten. Die Produktionsaufträge fließen beispielsweise von der Auftragsabwicklung (Zeile 1.0) zur Disposition (Spalte 2.0).

## Prozessorientierte Kostenrechnung: Konstruktion und Kalibrierung von Kostenmodellen

Die bislang thematisierten produktionstheoretischen Ausführungen beziehen sich auf den Betriebsbereich (Ebene 1, 2 und 3). Im nunmehr folgenden Kapitel werden kostentheoretische Aspekte behandelt, womit konzeptionell auf die Unternehmensebene (Ebene 4) gewechselt wird. Durch den engen Bezug der Kosten- zur Produktionstheorie entsteht dabei ein prozessorientiertes Kostenmodell<sup>71</sup>, welches sowohl der Unternehmens- als auch der Betriebsebene ein gemeinsames Verständnis und eine gemeinsame Sprache geben sollte. In diesem Sinn sollte es helfen, die Sprachbarriere zwischen der Betriebs- und der Unternehmensebene zu überwinden: *Das Problem ist altbekannt und bisher ungelöst: Auf der Unternehmensleitebene wird anders gedacht, gesprochen und gerechnet als auf Produktionsebene – das gilt für Menschen und Systeme gleichermaßen. Deshalb übernimmt die Normenreihe DIN EN 62264 „Integration von Unternehmens-EDV und Leitsystemen“ einen neuen Versuch, diese „Sprachbarriere“ weitgehend zu beseitigen und damit die Kommunikation innerhalb von Unternehmen durchgängig und effizient zu gestalten. Dieser erste Teil des zweiteiligen Artikels führt zunächst eine einheitliche Terminologie für ein hierarchisches Unternehmensmodell ein. Darauf aufbauend werden die neu definierten Schnittstellen zwischen ERP-Systemen auf Unternehmensleitebene einerseits und Produktionsleitsystemen (MES/MOS) andererseits vorgestellt. [AKSZ07, S. 52].*

**Hinweis** zum Übergang von der betrieblichen Produktions- zur betrieblichen Kostentheorie: Der Betriebsbereich des Unternehmens wird in der betrieblichen Produktionstheorie technisch modelliert, sodass Produktivitätsanalysen durchgeführt werden können. In der betrieblichen Kostentheorie wird der Betriebsbereich hingegen ökonomisch in Form von monetären Kosten betrachtet, womit Wirtschaftlichkeitsanalysen möglich werden. Der Wirtschafts-Ingenieur bzw. Wirtschafts-Informatiker sollte in beiden Bereichen fachlich fundiert sein, um die entsprechenden Analysen fachkundig durchführen zu können.

Aus der Prozessperspektive rückt bei der KLR das prozessorientierte Kostenmodell bzw. die mit ihm einher gehende prozessorientierte Kostenrechnung<sup>72</sup> in den Mittelpunkt der Betrachtung.

<sup>71</sup> Beim prozessorientierten Kostenmodell handelt es sich um die Meta-Kostenrechnung (Metageschichte) der prozessorientierten Kostenrechnung. Im Unterschied zur Prozesskostenrechnung werden dabei die Prozesskosten im Rahmen einer *positiven Theorie* erklärt (*Erklärungsmodell*) und nicht dem dortig reduzierten Kostenmodell entsprechend als gegeben angenommen. Dieser kostentheoretische Zugang ermöglicht es, die Prozesskosten in funktionaler Abhängigkeit der betrieblichen Stellgrößen sehen, sodass ein gemeinsames Verständnis und eine gemeinsame Sprache für die Betriebs- und Unternehmensebene geschaffen wird.

<sup>72</sup> In der Sprache der Mathematik entspricht das Verhältnis des Kostenmodells zur Kostenrechnung etwa dem von Algebra zur Arithmetik. Die kostenmodellhafte Denkweise ist der algebraischen Denkweise konzeptionell ähnlich und im Rechenwerk der Kostenrechnung wird mit konkreten Zahlen gerechnet.

tung. Im prozessorientierten Kostenmodell werden die Grundprinzipien gelegt, aus denen die prozessorientierte Kostenrechnung abgeleitet wird. Auf der Ebene des Kostenmodells wird bestimmt, warum, wann, was, wie auf der Ebene der Kostenrechnung gerechnet wird.

**PROWI-Perspektive: Einbeziehung organisationaler und monetärer Aspekte**

In der Prozessperspektive wird die KLR vor dem Hintergrund von Produktions- und Fertigungsprozessen gesehen. Zumal diese Prozesse in einem organisationalen Kontext eingebettet sind, sind auch die entsprechenden Kostenmodelle in einen organisationalen bzw. betrieblichen Kontext eingebunden. Als organisationaler Archetypus ist das auf der linken Seite von Abbildung 51 dargestellte Organisationsmodell etabliert. Es wird auch in dieser Arbeit verwendet, indem grundsätzlich zwischen einem direkten und einem indirekten Bereich unterschieden wird. Im *direkten Bereich* werden die Kostenträger, wobei es sich um die im Unternehmen letztendlich produzierten Sach- oder Dienstleistungen<sup>73</sup> handelt, produziert. In Industrieunternehmen handelt es sich bei den Kostenträgern um Sachleistungen in Form von physischen (materiellen) Produkten. Im Prozessmanagement (*PM-Ontologie*), wobei drei Prozesskategorien unterschieden werden, werden die im direkten Bereich ausgeführten Prozess als *Geschäftsprozesse* bezeichnet. Der *indirekte Bereich* ist komplementär zum direkten Bereich definiert. Es ist also der Bereich, in welchem keine Kostenträger produziert werden. Die dort laufenden Prozesse werden im Prozessmanagement unterschieden, u.z. in die den Geschäftsprozess unterstützenden *Stützprozesse* und in die *Managementprozesse*, wobei es sich um die dispositiven Prozesse handelt. Im Controlling<sup>74</sup> (*CONTROL-Ontologie*) wird der direkte Bereich auch als Leistungssystem gesehen und der indirekte Bereich deckt sich mit dem Führungs- oder Managementsystem.

PROWI-Ontologie	PM-Ontologie	CONTROL-Ontologie
indirekter Bereich	Managementprozesse Stützprozesse	Führungssystem (Steuerungshierarchie)
direkter Bereich	Geschäftsprozesse	Leistungssystem

**Abbildung 51:** Modellierung der Unternehmensorganisation in der KLR

<sup>73</sup> Bei den Sach- und Dienstleistungen handelt es sich um die beiden *originären Leistungskategorien*, woraus durch Kombinationen die *hybriden Leistungen* (derivative Leistungen) abgeleitet werden.

<sup>74</sup> Im umfassend koordinationsorientierten Ansatz von Hans-Ulrich Küpper wird beispielsweise zwischen dem Leistungs- und dem Führungs- oder Managementsystem unterschieden [Küpp08, S. 28ff].

Der *prozessorientierten Kostenrechnung*<sup>75</sup> liegt das sogenannte *Prozesskostenmodell*, welches nachfolgend schrittweise hergeleitet wird, zugrunde. Die in dieser Arbeit aus der prozessorientierten Produktionstheorie abgeleitete prozessorientierte Kostenrechnung unterscheidet sich von der gleichnamigen von Jens Knoop [Knoo87] für flexible Fertigungssysteme eingeführten Kostenrechnung insbesondere hinsichtlich ihres Anwendungsbereichs und ihres Detaillierungsgrades. Die prozessorientierte Kostenrechnung von Knoop bezieht sich explizit auf den Fertigungsbereich und sie ist sehr detailliert formuliert. Die in dieser Arbeit prozessorientiert konzipierte Kostenrechnung lässt sich hingegen auf alle Prozesse und nicht nur auf die Geschäftsprozesse im direkten Bereich anwenden. Sie basiert auf einem generischen Modell zur Erklärung der Prozesskosten, welches sich aufgrund seiner allgemeinen Formulierung in unterschiedlichen Kontexten mit unterschiedlichen Ausgestaltungen implementieren lässt.

### Prozesskosten-Modell: Konstruktion als generisches 3-Ressourcen-Kostenmodell

In dieser Arbeit wird das Prozesskostenmodell REA-konform als *generisches 3-Ressourcen-Kostenmodell*<sup>76</sup> konzipiert, wobei die Einsätze der drei Produktionsfaktoren MAT, PERS und TECH als die zentralen Kostentreiber fungieren. Dieses generische Modell hat den Vorteil, sodass sich damit alle Prozesse konzeptionell vollständig mit dem gleichen Modell analysieren lassen. Die Art der erstellten Leistung spielt keine Rolle, d.h. es ist einerlei, ob Sach- oder Dienstleistungen erstellt werden. Werden im Prozess Sachleistungen (Dienstleistungen) produziert, dann handelt es sich bei der Prozessausbringung um Sachleistungen (Dienstleistungen). Die Unterschiede zwischen verschiedenen Prozessen zeigen sich ausschließlich in unterschiedlich ausgeprägten Faktoreinsätzen bzw. Prozessausbringungen. So wird z.B. bei einem *reinen Dienstleistungsprozess* nur die PERS-Ressource eingesetzt und mangels MAT-Ausbringung eine immaterielle Prozessausbringung (Service) produziert. Darüber hinaus wird durch die Verwendung des generischen Modells auch die durchgängige Verbrauchsorientierung<sup>77</sup> in der Bestimmung der variablen Kosten der in den Prozessen erstellten Leistungen gesichert.

Bei den *partiellen Prozesskosten*  $\kappa_{v,j}$  handelt es sich um die variablen Ressourcen-spezifischen Prozesskosten, welche dem Verursachungsprinzip entsprechend als Produkt des Ressourcen-

<sup>75</sup> Die prozessorientierte Kostenrechnung ist konzeptionell von der *Prozesskostenrechnung* zu unterscheiden. Die Prozesskostenrechnung wird im deutschen Sprachraum vielfach im indirekten Bereich eingesetzt, um die dort anfallenden Gemeinkosten den Prozessen zuzurechnen. Bei der Prozesskostenrechnung geht es nicht primär um die Erklärung von Kosten, sondern vielmehr um die prozessbezogene Darstellung der Kosten. Die Prozesskostenrechnung verwendet demnach kein prozessorientiertes, sondern ein reduziertes Kostenmodell, wobei die originäre Kostenentstehung nicht mehr thematisiert wird.

<sup>76</sup> Durch die generische Definition der Ressourcen wird zudem eine flexible Schnittstelle geschaffen, an die konzeptionell jede beliebige Aggregationsstufe in das Prozesskostenmodell eingehängt werden kann. Darüber hinaus das generische 3-Ressourcen-Kostenmodell auch für volkswirtschaftliche Analysen verwendet werden, wo die PERS- bzw. TECH-Ressource als Arbeit bzw. Kapital sowie Grund und Boden definiert werden.

<sup>77</sup> Siehe z.B. [Habe04, S. 41].

Faktorpreises und des Ressourcen-Einsatzes pro einmaliger Prozessdurchführung definiert werden.

$$(48) \quad \underbrace{\kappa_{vi,j}}_{\substack{\text{partielle} \\ \text{Prozesskosten}}} = r_{i,j} \cdot q_{i,j}$$

wobei

$\kappa_{vi,j}$	Variable Prozesskosten der $i$ -ten Ressource im $j$ -ten Prozess
$q_{i,j}$	Preis der $i$ -ten Ressource (Faktorpreis) im $j$ -ten Prozess
$r_{i,j}$	Einsatz der $i$ -ten Ressource im $j$ -ten Prozess (Faktoreinsatz)

Die partiellen Prozesskosten werden für die MAT-, die PERS- und die TECH-Ressourcen bestimmt. In allen Fällen handelt es sich um variable Kosten, welche mit einer einmaligen Prozessdurchführung entstehen. Der variable Charakter der partiellen Prozesskosten wird bei der PERS- und der TECH-Ressource explizit angegeben, zumal bei diesen beiden Potenzialfaktoren auch noch fixe Kosten anfallen. Die MAT-Prozesskosten werden durchgängig als variabel angesehen, weshalb ein expliziter Hinweis auf deren variablen Charakter unterbleiben kann.

$$(49) \quad \begin{aligned} \kappa_{M,j} &= r_{M,j} \cdot q_{M,j} \\ \kappa_{vP,j} &= r_{vP,j} \cdot q_{vP,j} \\ \kappa_{vT,j} &= r_{vT,j} \cdot q_{vT,j} \end{aligned}$$

wobei

$\kappa_{M,j}$	MAT-Prozesskosten im $j$ -ten Prozess
$\kappa_{vP,j}$	Variable PERS-Prozesskosten im $j$ -ten Prozess
$\kappa_{vT,j}$	Variable TECH-Prozesskosten im $j$ -ten Prozess
$r_{M,j}$	MAT-Einsatz im $j$ -ten Prozess
$r_{vP,j}$	PERS-Einsatz im $j$ -ten Prozess
$r_{vT,j}$	TECH-Einsatz im $j$ -ten Prozess
$q_{M,j}$	MAT-Faktorpreis im $j$ -ten Prozess
$q_{vP,j}$	PERS-Faktorpreis im $j$ -ten Prozess
$q_{vT,j}$	TECH-Faktorpreis im $j$ -ten Prozess

Die *variablen Prozesskosten*  $\kappa_{v,j}$  ergeben sich durch Addition der drei Ressourcen-spezifischen partiellen Prozesskosten.

$$(50) \quad \underbrace{\kappa_{v,j}}_{\substack{\text{variable} \\ \text{Prozesskosten}}} = \sum_i \kappa_{vi,j} \\ = \kappa_{M,j} + \kappa_{vP,j} + \kappa_{vT,j}$$

wobei

$\kappa_{v,j}$	Variable Prozesskosten im $j$ -ten Prozess
----------------	--

Bei den variablen Prozesskosten, welche ihrer ressourcenspezifischen Abstammung gemäß auch *variable MPT-Prozesskosten* bezeichnet werden, handelt es sich somit um die mit den Faktorpreisen<sup>78</sup> bewerteten Ressourcen-Einsätze pro Prozessdurchführung.

### Prozesskosten-Modell: Kalibrierung des generischen 3-Ressourcen-Kostenmodells

Zur praktischen Verwendung gilt es das Prozesskostenmodell zu kalibrieren. Im Rahmen der Modellkalibrierung stellt sich die zentrale Frage: Woher kommen eigentlich die Faktorpreise? Die Beantwortung dieser Frage ist Ressourcen-spezifisch. Die Faktorpreise für die MAT-Ressource  $r_{M,j}$  sowie die Fremdleistungen werden vielfach marktmäßig<sup>79</sup> bestimmt. Die Faktorpreise für die PERS-Ressourcen  $r_{P,j}$  und TECH-Ressourcen  $r_{T,j}$  werden hingegen zumeist historisch<sup>80</sup> aus Werten der Vergangenheit bestimmt.

Zumal in der KERZEN-EWF ein eingeschwungener Betriebszustand vorliegt, lassen sich die PERS- bzw. TECH-Faktorpreise historisch einigermaßen zuverlässig ermitteln. Der MAT-Faktorpreis ist von den Marktpreisen abhängig, sodass er über die marktmäßigen Rohstoffpreise bestimmt wird. Tabelle 41 enthält die Ressourcen-Einsätze und Faktorpreise der drei generischen Ressourcen. Mit diesen unternehmensbezogenen Daten sind die Prozesskostenmodelle für den Guss-, Press- und Zug-Prozess vollständig kalibriert.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
MAT-Einsatz	$r_{M,j}$	389,89	543,18	217,08
PERS-Einsatz	$r_{VP,j}$	12,00	3,50	3,50
TECH-Einsatz	$r_{VT,j}$	6,00	3,50	6,90
MAT-Faktorpreis	$q_{M,j}$	1,5448	1,0769	1,3422
PERS-Faktorpreis	$q_{VP,j}$	7,5213	7,5213	7,5213
TECH-Faktorpreis	$q_{VT,j}$	11,4068	11,4068	11,4068
MAT-Prozesskosten	$k_{M,j}$	602,32	584,96	291,36
PERS-Prozesskosten	$k_{VP,j}$	90,26	26,32	26,32
TECH-Prozesskosten	$k_{VT,j}$	68,44	39,92	78,71
var. Prozesskosten	$k_{V,j}$	761,02	651,21	396,39

**Tabelle 41:** Prozesskosten für den Guss-, Press- und Zug-Prozess

<sup>78</sup> Handelt es sich bei den Ressourcen des generischen Prozesskostenmodells um Aggregatsgrößen, dann sind im Kostenmodell auch Faktorpreise  $q_{i,j}$  zu verwenden, welche sich auf das entsprechende Aggregationsniveau beziehen.

<sup>79</sup> Bei der *marktbasierten Kalibrierung* werden die Faktorpreise der Ressourcen aus Marktpreisen abgeleitet.

<sup>80</sup> Bei der *historischen Kalibrierung* werden die Faktorpreise mit Hilfe von statistischen Methoden aus historischen Kosten abgeleitet. Das klassische Beispiel sind die Standardkosten, wobei es sich um durchschnittliche Kosten über mehrere Perioden (Zeitdurchschnitt) handelt.

Zur konkreten Veranschaulichung wird in Gleichung (K13) das kalibrierte Prozesskostenmodell für den Guss-Prozess dargestellt.

$$(K13) \quad \kappa_{v,Guss} = \kappa_{M,Guss} + \kappa_{vP,Guss} + \kappa_{vT,Guss} = 602,32 + 90,26 + 68,44 = 761,02$$

**Prozesskosten-Modell: Aggregation der Prozesskosten ergibt die Periodenkosten**

Die variablen Periodenkosten<sup>81</sup> des j-ten Prozesses werden über eine zeitliche Aggregation (*Längsschnittaggregation*) aus den Prozesskosten bestimmt. Im Falle konstanter Produktionslose werden die Ressourcen-bezogenen Prozesskosten mit der Anzahl der Prozessdurchführung  $w_j$  in der Betrachtungsperiode multipliziert, was die partiellen Periodenkosten ergibt.

$$(51) \quad \underbrace{K_{vi,j}}_{\substack{\text{partielle} \\ \text{Periodenkosten}}} = \kappa_{vi,j} \cdot w_j$$

wobei

$K_{vi,j}$  Variable Periodenkosten der  $i$ -ten Ressource im  $j$ -ten Prozess

Tabelle 42 enthält die für die Längsschnittaggregation benötigten Informationen für den Guss-, Press- und Zugprozess.

			Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)	Gesamt	
MAT-Prozesskosten	$\kappa_{M,j}$	$\kappa_{M,j} = r_{M,j} * q_{M,j}$	602,32	584,96	291,36		
PERS-Prozesskosten	$\kappa_{vP,j}$	$\kappa_{vP,j} = r_{vP,j} * q_{vP,j}$	90,26	26,32	26,32		
TECH-Prozesskosten	$\kappa_{vT,j}$	$\kappa_{vT,j} = r_{vT,j} * q_{vT,j}$	68,44	39,92	78,71		
var. Prozesskosten	$\kappa_{v,j}$	$\kappa_{v,j} = \sum \kappa_{i,j}$	761,02	651,21	396,39		
Wiederholungen	$w_j$	$w_j$	228	125	68		
MAT-Periodenkosten	$K_{M,j}$	$K_{M,j} = \kappa_{M,j} * w_j$	137.329	73.120	19.812	$K_M$	230.261
var. PERS-Periodenkosten	$K_{vP,j}$	$K_{vP,j} = \kappa_{vP,j} * w_j$	20.578	3.291	1.790	$K_{vP}$	25.659
var. TECH-Periodenkosten	$K_{vT,j}$	$K_{vT,j} = \kappa_{vT,j} * w_j$	15.604	4.990	5.352	$K_{vT}$	25.947
var. Periodenkosten	$K_{v,j}$	$K_{v,j} = \sum K_{vi,j}$	173.512	81.401	26.954	$K_v$	281.867

**Tabelle 42:** Periodenkosten – Aggregation der Prozesskosten

In Gleichung (K14) wird die Berechnung exemplarisch für die MAT-Ressource des Gussprozesses durchgeführt, woraus sich die MAT-Periodenkosten des Gussprozesses  $K_{M,Guss}$  ergeben.

<sup>81</sup> Der Übergang auf die Periodenkosten schafft einen neuen Zugang zur *prozessorientierten Kostenrechnung*. In der bisherigen Darstellung der prozessorientierten Kostenrechnung wurde von den Prozesskosten ausgegangen, welche zu den Periodenkosten aggregiert wurde. Die die Betrachtung der Periodenkosten ist es aber nunmehr auch möglich, Perioden- anstatt Prozesskosten zu erfassen und diese auf die Prozess zu verrechnen. Diese Vorgehensweise wird in der Praxis vielfach angewandt, wo die Periodenkosten auf der Unternehmensebene (Ebene 4) mit Hilfe des FIBU-System erfasst und im Rahmen der *klassischen Kostenrechnung* verrechnet werden.

$$(K14) \quad K_{M,Guss} = K_{M,Guss} \cdot w_{Guss} = 602,32 \cdot 228 = 137.329$$

Die variablen Periodenkosten des  $j$ -ten Prozesses  $K_{v,j}$  ergeben sich durch Addition der partiellen Periodenkosten für die drei generischen Ressourcen MAT, PERS und TECH.

$$(52) \quad \underbrace{K_{v,j}}_{\substack{\text{variable} \\ \text{Periodenkosten}}} = \sum_i K_{vi,j} \\ = K_{M,j} + K_{vP,j} + K_{vT,j}$$

wobei

$K_{v,j}$  Variable Periodenkosten des  $j$ -ten Prozesses

In Gleichung (K15) werden die variablen Periodenkosten des Gussprozesses  $K_{v,Guss}$  durch Addition der partiellen Periodenkosten für MAT, PERS und TECH berechnet.

$$(K15) \quad K_{v,Guss} = K_{M,Guss} + K_{vP,Guss} + K_{vT,Guss} = 137.329 + 20.578 + 15.604 = 173.512$$

Die gesamten variablen Periodenkosten  $K_v$  berechnen sich aus den variablen Periodenkosten  $K_{v,j}$  aller Prozesse  $j$ , indem diese summiert werden. Bei dieser Berechnung handelt es sich um eine *Querschnittaggregation*<sup>82</sup> der variablen Periodenkosten aller Prozesse.

$$(53) \quad K_v = \sum_j K_{v,j}$$

Die variablen Periodenkosten  $K_v$  für den gesamten Fertigungsbereich (Ebene 3) werden in Gleichung (K16) durch Addition der variablen Periodenkosten des Guss-, Press- und Zug-Prozesses berechnet.

$$(K16) \quad K_v = K_{v,Guss} + K_{v,Press} + K_{v,Zug} = 173.512 + 81.401 + 26.954 = 281.867$$

In den vorangegangenen Ausführungen wurden die partiellen Prozesskosten sukzessive aggregiert, um schließlich zu den gesamten variablen Periodenkosten zu gelangen. Die dabei zur Anwendung kommenden Längs- und Querschnittaggregationen sind *Bottom Up* gerichtet, was einer zunehmenden *Abstraktifikation* entspricht. Auf der untersten Betrachtungsebene sind die (partiellen) Prozesskosten noch konkret. Auf aggregierteren, d.h. abstrakteren Betrachtungsebenen (*High Level Views*) liegen nur noch abstrakt fassbare Konstrukte (Artefakte) vor. Die

<sup>82</sup> Die gesamten variablen Periodenkosten werden demnach über eine Längs- und eine Querschnittaggregation gewonnen. Die Reihenfolge kann beliebig sein, sodass das *Fubini-Theorem* greift.

Abstraktifizierung geht mit einem Perspektivenwechsel einher, wobei der *induktiven Sichtweise* folgend vom Konkreten zum Abstrakten gewechselt wird.

Von der induktiven wird die deduktive Sichtweise unterschieden. Die *deduktive Sichtweise*<sup>83</sup> beginnt beim abstraktifizierten Artefakt der gesamten variablen Periodenkosten. Sie geht von dort bis zu den mit den einzelnen Prozessen verbundenen partiellen Prozesskosten. Bei dieser Sichtweise handelt es sich um eine *Top Down* gerichtete Längs- und Querschnitt-*Disaggregation*, mit welcher auf der obersten Abstraktionsebene<sup>84</sup> begonnen und sodann eine sukzessive längs- und querschnittsgerichteten *Konkretisierung* vorgenommen wird.

### Prozesskosten-Modell: Von der (neo-)klassischen zur betrieblichen Kostentheorie

Die Erweiterung des Konzeptes der *Kostenfunktion*, welche vorgenommen wurde, um die betriebliche Aspekte einzubeziehen, geht auf Gutenberg [Gute83, S. 220] zurück. Kistner/Stevens [KiSt94, S. 83] bringen den Unterschied zwischen der (neo-)klassischen insbesondere im volkswirtschaftlichen Bereich verwendeten und der betrieblichen (*betriebswirtschaftlichen*) Kostentheorie auf den Punkt:

*In der neoklassischen Produktions- und Kostentheorie werden die verschiedenen Faktorarten – Werkstoffe (MAT), Arbeitskräfte (PERS) und Betriebsmittel (TECH) – nicht explizit erfasst; es wird lediglich zwischen fixen Faktoren, die in vorgegebenen Mengen verfügbar sind, und variablen Faktoren, deren Einsatzmengen an die Erfordernisse der Produktion angepaßt werden können, unterschieden. Es wird zwar geklärt, wie die Faktoreinsatzmengen und die Kosten auf eine Veränderung der Ausbringungsmenge reagiert, jedoch wird nicht untersucht, wie die Produktionsplanung an Veränderungen der auszubringenden Menge angepaßt wird. ...*

*Für die betriebliche Produktionsplanung ist die abstrakte Sichtweise der neoklassischen Produktionstheorie jedoch nicht hinreichend. Die betriebswirtschaftliche Kostentheorie muß vielmehr in zwei Aspekten konkretisiert werden:*

- (1) Da der Faktorverbrauch in unterschiedlicher Weise auf Veränderungen der geplanten Ausbringungsmenge reagiert, ist eine differenzierte Betrachtungsweise der einzelnen Faktorarten erforderlich. ...*

<sup>83</sup> Die deduktive Sichtweise ist bei der Prozesskostenrechnung von zentraler Bedeutung. Dort muss sie zum Einsatz kommen, weil in der Prozesskostenrechnung die Kosten nicht prozessweise erfasst werden. Werden die Kosten hingegen – wie in der prozessorientierten Kostenrechnung – prozesseise erfasst, dann wird die induktive Sichtweise mit den sie kennzeichnenden Aggregationen möglich.

<sup>84</sup> Die gedankliche Fähigkeit zwischen verschiedenen Abstraktionsebenen wechseln zu können ist die zentrale Idee der sogenannten *methodologischen Abstraktion*. Diese Fähigkeit erweist sich für die Lösung von Problemen in den verschiedensten Bereichen als essentiell. *Albrecht Einstein* folgend lässt sich nämlich ein Problem in der Regel nicht auf der Ebene lösen auf der man es sich zugezogen hat.

(2) *Es besteht eine enge Beziehung zwischen technischen Produktionsverfahren und Maschinen; in der Regel kann ein bestimmtes Produktionsverfahren nur dann angewandt werden, wenn entsprechende Spezialmaschinen verfügbar sind oder Mehrzweckmaschinen entsprechend eingerichtet werden können. Die Maschinen und maschinellen Anlagen können als Träger der technischen Eigenschaften der Produktion angesehen werden. Insbesondere werden die Verbrauchsmengen der übrigen Produktionsfaktoren weitgehend durch die eingesetzten Maschinen bestimmt. Es ist daher erforderlich, die Produktivitätsbeziehungen aus den technischen Eigenschaften einzelner Maschinen herzuleiten. Dies bedingt eine stark disaggregierte Betrachtungsweise; es sind daher zunächst Kostenfunktionen für einzelne Maschinen herzuleiten, die dann zu einer Kostenfunktion für den gesamten Betrieb zusammengefasst werden.*

In der prozessorientierten Kostenrechnung hat der zweite Punkt folgende Bedeutung: Weisen die Fertigungsanlagen<sup>85</sup> bezüglich der *PERS*- und *TECH*-Ressourcen limitationale Einsatzverhältnisse auf und liegt eine homogene Kostenverursachung vor, dann ist der *TECH*-Einsatzes der zentrale Kostentreiber<sup>86</sup> zur verursachungsgerechten Kostenermittlung.

**Definition:** Kostenfunktion

Die Kostenfunktion ist der funktionale Zusammenhang<sup>87</sup> zwischen den Kosten und den Kostentreibern.

Diesen Überlegungen folgend empfiehlt es sich, die Kostenfunktion ganz allgemein zu definieren als den funktionalen Zusammenhang zwischen den (gesamten) Kosten und den Kostentreibern, welche die hinter den Kosten stehende Leistung spezifizieren. Im Unterschied zur (neo-)klassischen Definition kann somit auch ein anderer Kostentreiber als nur die Ausbringung verwendet werden. Bei der betrieblichen Definition der Kostenfunktion im Sinne Gutenbergs fungiert die Beschäftigung als Kostentreiber. Hoitsch/Lingnau nennen die betriebliche Kostenfunktion folglich als *Beschäftigung-Kosten-Funktion* [HoLi07, S. 66]. Zur Verdeutlichung des Unterschiedes werden in dieser Arbeit die leistungsbezogene Variante, welche die klassische

<sup>85</sup> Bei den Fertigungsanlagen handelt es sich um Entitäten, welche unterschiedlich aggregiert sein können. Im disaggregiertesten Fall handelt es sich um die kleinsten Fertigungseinheiten, auf welchen die *Basisprozesse* ausgeführt werden. In vielen Fällen entspricht dies den einzelnen Arbeitsplätzen. Bei komplexeren Aggregaten werden zunehmend mehr Fertigungseinheiten in das Aggregat einbezogen bis man zu den Kostenstellen bzw. zum komplexesten Aggregat der gesamten Unternehmung kommt.

<sup>86</sup> Die Reduktion auf den *TECH*-Einsatz ergibt sich aufgrund der konstanten Einsatzverhältnisse der beiden Potenzialfaktoren. Die sich daraus ergebende Austauschbarkeit der als verursachungsgerechten Kostentreiber fungierenden Faktoreinsätze geht auf Rummel [Rumm67] zurück und wird als *Gesetz der Austauschbarkeit der Maßgrößen* bezeichnet.

<sup>87</sup> Diese sehr allgemeine Definition der Kostenfunktion hat den Vorteil, dass viele konkrete Ausgestaltungsmöglichkeiten zulässt. So können beispielsweise nach der Art der Kostentreiber Ausbringung- bzw. Einsatz-bezogene Kostenfunktionen spezifiziert werden. Bezüglich der in der Funktion modellierten Kosten können Einzelkosten-, Gemeinkosten-, Teilkosten- und Vollkosten-Funktionen spezifiziert werden. Durch die Kombination der beiden Varianten lassen sich bereits 8 verschiedene Kostenfunktionen spezifizieren.

Variante darstellt, als *Leistung- bzw. Ausbringung-bezogene Kostenfunktion* und die Ressourcen-bezogene Variante als *Ressourcen- bzw. Einsatz-bezogene Kostenfunktion* bezeichnet.

#### Prozesskosten-Modell: Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion (Ebene 4-Darstellung)

*Den „bewerteten Verzehr von Gütern und Dienstleistungen ...“ [Kilger] (laut Kostendefinition) erhält man, indem man die Produktionsfaktormengen mit ihren Preisen multipliziert. Ebenfalls aus der Kostendefinition folgt, daß Faktormengen sowohl für die Ausbringung als auch für die Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft verbraucht werden. Damit sind als Haupt-Kostenbestimmungsfaktoren neben den Faktorpreisen einmal die Ausbringung (für die variablen Kosten) und zum anderen die Kapazitäten (für die fixen Kosten) zu betrachten. [Habe04, S. 36].*

In der Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion werden die Periodenkosten in funktionaler Abhängigkeit vom Kostentreiber *Ausbringung*<sup>88</sup> dargestellt. Von der Ausbringung hängen die variablen Periodenkosten ab. Die fixen Periodenkosten sind von der Ausbringung unabhängig. Ihre Höhe hängt von der zur Verfügung gestellten Kapazität, d.h. der maximalen Leistungsbereitschaft ab. Folglich hat die Ausbringung-bezogene Kostenfunktion zwei Kostentreiber, u.z. die Ausbringung für die variablen und die Kapazität für die fixen Kosten.

Gleichung (54) enthält die (neo-)klassische Darstellungsform der Leistung- bzw. Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion für den  $j$ -ten Prozess. Dabei bilden sich die gesamten Kosten  $K_j$  aus den fixen Periodenkosten  $K_{f,j}$  und den variablen Periodenkosten  $K_{v,j}$ , welche sich ihrerseits aus dem Produkt des variablen Einheitskostensatzes  $k_{v,j}$  und der periodischen Ausbringung  $X_j$  berechnen.

$$(54) \quad K_j = K_{f,j} + k_{v,j} \cdot X_j$$

wobei

$K_{f,j}$	Fixe Periodenkosten des $j$ -ten Prozesses
$K_j$	Gesamte Periodenkosten des $j$ -ten Prozesses
$k_{v,i}$	Variable Einheitskosten des $j$ -ten Prozesses
$X_j$	Periodische Ausbringung des $j$ -ten Prozesses

Gleichung (K17) enthält die kalibrierte Ausbringung-bezogene Kostenfunktion für den Guss-Prozess. Dabei handelt es sich um eine lineare Funktion, wobei das absolute Glied durch die Fixkosten  $K_{f,Guss}$  und der Funktionsanstieg durch die variablen Einheitskosten  $k_{v,Guss}$  spezifiziert wird.

<sup>88</sup> Da es sich bei der Ausbringung um den Output des Prozesses handelt, werden bei dieser Kostenfunktion die Prozessleistung output-bezogen gemessen.

$$(K17) \quad \begin{aligned} K_{Guss} &= K_{f,Guss} + k_{v,Guss} \cdot X_{Guss} \\ &= 42.829 + 1,9519 \cdot X_{Guss} \end{aligned}$$

Über die Ausbringung-bezogene Kostenfunktion lassen sich die prozessbezogenen Gesamtkosten über die Betrachtungsperiode für unterschiedliche Ausbringungsmengen berechnen. Wird die in der Periode tatsächliche erbrachte *Ist-Ausbringung* in die Funktion eingesetzt, dann liefert die Funktion die Ist-Kosten. Werden andere Ausbringungsmengen zur Auswertung der Kostenfunktion verwendet, dann ergeben sich Einblicke in das Verhalten der Kosten bei unterschiedlichen<sup>89</sup> Ausbringungen.

### Prozesskosten-Modell: Kalibrierung der Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion

Zur Kalibrierung der Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion bedarf es der Bestimmung der prozessbezogenen Fixkosten  $K_{f,j}$  und der variablen Einheitskosten  $k_{v,j}$ . Bei den *variablen Einheitskosten* handelt es sich um die Kosten pro Leistungseinheit<sup>90</sup>. Die historische Kalibrierung erfolgt im Prozesskostenmodell<sup>91</sup> indem die variablen Prozesskosten  $\kappa_{v,j}$  durch die Losgröße des Prozesses  $x_j$  dividiert wird.

$$(55) \quad \underbrace{k_{v,j}}_{\substack{\text{variable} \\ \text{Einheitskosten}}} = \frac{\kappa_{v,j}}{x_j}$$

wobei

$k_{v,i}$	Variable Einheitskosten des $j$ -ten Prozesses
$\kappa_{v,i}$	Variable Prozesskosten des $j$ -ten Prozesses
$x_j$	Losgröße des $j$ -ten Prozesses

In Gleichung (K18) werden die Einheitskosten für den Guss-Prozess  $k_{v,Guss}$  ermittelt, indem die variablen Prozesskosten  $\kappa_{v,Guss}$  durch die Losgröße  $x_{Guss}$  dividiert wird.

$$(K18) \quad k_{v,Guss} = \frac{\kappa_{v,Guss}}{x_{Guss}} = \frac{761,02}{389,9} = 1,9519$$

Tabelle 43 enthält die variablen Prozesskosten und die Losgrößen für den Guss-, Press- und Zug-Prozess, woraus die jeweiligen variablen Einheitskosten berechnet werden.

<sup>89</sup> Dies ist insbesondere in der Kostenplanung und im Kosten-Controlling wichtig, wo durch die Verwendung der *Plan-Ausbringung* die Plankosten ermittelt werden.

<sup>90</sup> Wenn die Leistung über die Anzahl von Stücken gemessen wird, dann werden die Einheitskosten auch als *Stückkosten* bezeichnet.

<sup>91</sup> Diese Kalibrierung setzt eine funktionfähige prozessorientierte Kostenrechnung voraus, wobei die Prozesskosten bereits bekannt sind.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)
var. Prozesskosten	$k_{v,j}$	761,02	651,21	396,39
Losgröße	$x_j$	389,9	543,2	217,1
var. Einheitskosten	$k_{v,j}$	1,9519	1,1989	1,8260

**Tabelle 43:** Einheitskosten – Prozesskosten pro Leistungseinheit

Die Berechnung der Fixkosten des  $j$ -ten Prozesses  $K_{f,j}$  werden aus den beiden Potenzialfaktoren TECH und PERS bestimmt. Im einfachsten Fall werden die im Prozess benötigten TECH- und PERS-Ressourcen aus den periodischen Fixkosten ermittelt, indem diese durch die Anzahl der periodischen Prozessdurchführungen dividiert und somit auf ein einmalige Prozessdurchführung gebracht werden.

### Prozesskosten-Modell: Betriebliche Kostentheorie – Herzstück der PROWI- bzw. KLR-Ontologie

Mit Hilfe der betrieblichen Kostentheorie lassen sich die (partiellen) Prozesskosten bis auf die hinter ihnen stehenden limitationalen Produktionsfunktionen zurück führen. In Gleichung (56) werden dazu die partiellen Prozesskosten  $\kappa_{v,j}$  ihrer Definition entsprechend als Produkt des Faktoreinsatzes  $r_{i,j}$  und des Faktorpreises  $q_{i,j}$  dargestellt. Bei dem sich dabei ergebenden Quotient aus Faktoreinsatz  $r_{i,j}$  und Losgröße  $x_j$  handelt es sich um den Produktionskoeffizienten  $a_{i,j}$  der  $i$ -ten Ressource im  $j$ -ten Prozess.

$$\begin{aligned}
 k_{vi,j} &= \frac{\kappa_{vi,j}}{x_j} \\
 (56) \quad &= \frac{r_{i,j}}{x_j} \cdot q_{i,j} \\
 &= a_{i,j} \cdot q_{i,j}
 \end{aligned}$$

wobei

$a_{i,j}$  Produktionskoeffizient der  $i$ -ten Ressource im  $j$ -ten Prozesses

In Gleichung (57) werden die variablen Kosten des  $j$ -ten Prozesses  $k_{v,j}$  in die drei generischen Komponenten in Form der MAT-, PERS- und TECH-Ressource zerlegt, sodass sich die gesamte Produktionsfunktion des  $j$ -ten Prozesses zeigt. Diese Darstellungsform ist z.B. hilfreich, wenn im Rahmen des *Process (Re-)Engineering* die Verbesserung der Fertigungsprozesse adressiert wird. Prozessumstellungen schlagen sich in einer Veränderung der drei Produktionskoeffizienten nieder. Die sich nach Umstellung ergebenden Kosten lassen sich bestimmen, indem die neuen Produktionskoeffizienten mit den jeweiligen Faktorpreisen gewichtet und die sich ergebenden Produkte summiert werden.

$$\begin{aligned}
 k_{v,j} &= \frac{K_{v,j}}{x_j} \\
 &= \sum_i \frac{K_{vi,j}}{x_j} = \frac{K_{M,j}}{x_j} + \frac{K_{vP,j}}{x_j} + \frac{K_{vT,j}}{x_j} \\
 (57) \quad &= \sum_i \frac{r_{i,j}}{x_j} \cdot q_{i,j} = \frac{r_{M,j}}{x_j} \cdot q_{M,j} + \frac{r_{P,j}}{x_j} \cdot q_{P,j} + \frac{r_{T,j}}{x_j} \cdot q_{T,j} \\
 &= \sum_i a_{i,j} \cdot q_{i,j} = a_{M,j} \cdot q_{M,j} + a_{P,j} \cdot q_{P,j} + a_{T,j} \cdot q_{T,j}
 \end{aligned}$$

Die betriebliche Kostentheorie ist in der PROWI- bzw. KLR-Ontologie von zentraler Bedeutung. Sie liefert das theoretische Fundament der Kosten. Durch dieses Fundament lassen sich die verschiedenen Kostenkategorien in Form von Prozess-, Einheits- und Periodenkosten auf die jeweiligen Ressourcen-Einsätze bzw. Produktionskoeffizienten und Faktorpreise zurück führen.

Ein gutes Beispiel stellt die ökonomische Betrachtung von Fertigungs- bzw. Produktionsaggregaten und Investitionen in Realgüter (Real-Investitionen) dar. In der KLR-Ontologie lassen sich die Fertigungsaggregate sowie (Real-)Investitionen in Form ihrer Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion darstellen. So wird ein konkretes Fertigungsaggregat durch die sie charakterisierende Kostenfunktion spezifiziert. Gleiches gilt für die Realinvestition. Wird nun z.B. im Rahmen einer Rationalisierungsinvestition<sup>92</sup> überlegt, ein bestehendes (altes) Aggregat durch ein neues zu ersetzen, dann werden in der KLR-Ontologie die Kostenfunktionen des alten und des neuen Aggregats miteinander verglichen.

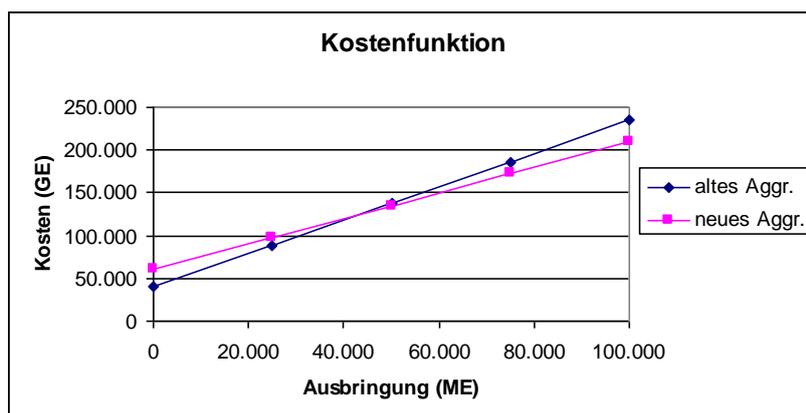


Abbildung 52: Kostenfunktionen im Vergleich

<sup>92</sup> Die Investitionsentscheidungen werden auf der Unternehmensebene (Ebene 4) getroffen. Dabei sind drei Investitionskategorien zu unterscheiden, u.z. die Ersatz-, die Erweiterungs- und die Rationalisierungsinvestition.

In Abbildung 52 wird die Kostenfunktion des Guss-Prozesses anhand der Linie mit den Rauten (altes Aggregat) dargestellt. Das sich im Rahmen einer Rationalisierungsinvestition anbietende (neue) Aggregat wird ebenfalls anhand der Kostenfunktion charakterisiert und als mit Rechtecken versehene Gerade ins Diagramm eingefügt. Ein Vergleich der Kostenfunktionen für das alte und neue Aggregat zeigt, dass sich das neue Aggregat in zweifacher Weise vom alten Aggregat unterscheidet. Erstens besitzt die Kostenfunktion des neuen Aggregats einen geringeren Anstieg, zumal die Einheitskosten beim neuen Aggregat geringer als bei der alten Gussanlage sind. Zweitens sind aufgrund der höheren Automatisierung des neuen Aggregats auch die Fixkosten des neuen Aggregats höher als beim alten Aggregat. Über die beiden Kostenfunktionen lassen sich Kostenvergleiche bei unterschiedlichen Ausbringungen machen. Der Schnittpunkt der beiden Funktionen kennzeichnet die Ausbringungsmenge (Break Even-Punkt), bei welcher beide Aggregate die gleichen Kosten haben. Wird davon ausgegangen, dass die künftige Ausbringung in etwa gleich der Ausbringung der letzten Periode ist, dann wird der Break Even-Punkt überschritten. Das neue Aggregat hat in diesem Fall die geringeren Kosten als das alte Aggregat.

Im Lichte der betrieblichen Kostentheorie, d.h. aus der PROWI-Perspektive zeigen sich die Gründe für die unterschiedlichen Anstiege der Kostenfunktionen aus produktionstechnischer Sicht. Zu diesem Zweck werden die hinter den Einheitskosten der beiden Aggregat stehenden Ressourcen-Einsätze bzw. Produktionskoeffizienten und Faktorpreise verglichen. Zur Offenlegung der produktionstheoretischen Zusammenhänge werden die in Gleichung (52) dargestellten periodischen variablen Prozesskosten durch die Periodenausbringung  $X_j$  dividiert werden. Dann werden die Periodenkosten  $K_{v,j}$  bzw. die Periodenausbringung  $X_j$  durch das Produkt der variablen Prozesskosten  $\kappa_{v,j}$  bzw. das Produkt der Losgröße  $x_j$  jeweils mit der Anzahl der Prozesswiederholung  $w_j$  jeweils substituiert. Die sich daraus ergebende Beziehung wird vereinfacht, wobei sich die variablen Einheitskosten  $k_{v,j}$  als die Summe der Produkte der Ressourcenbezogenen Produktionskoeffizienten mit den jeweiligen Faktorpreisen zeigen.

$$\begin{aligned}
 k_{v,j} &= \frac{K_{v,j}}{X_j} \\
 (58) \quad &= \frac{\kappa_{v,j} \cdot w_j}{x_j \cdot w_j} = \frac{(\sum_i r_{i,j} \cdot q_{i,j}) \cdot w_j}{x_j \cdot w_j} \\
 &= \sum_i a_{i,j} \cdot q_{i,j}
 \end{aligned}$$

<p><b>Hinweis</b> zur Bedeutung der PROWI-Perspektive:</p>
--

Über ihren kosten- und produktionstheoretischen Zugang offenbart die PROWI-Perspektive die letztendlichen betriebstechnischen bzw. ökonomischen Kostentreiber der analysierten Kosten in Form von technischen Eigenschaften (z.B. Produktionskoeffizienten<sup>93</sup>) sowie betrieblichen (z.B. Produktintensität) und ökonomischen Stellgrößen (z.B. Faktorpreisen).

In der produktionstheoretischen (PROWI-)Perspektive zeigen sich die möglichen Ursachen für die unterschiedlichen Einheitskosten beim alten und beim neuen Aggregat. Die Ursachen können demnach in unterschiedlichen Produktionskoeffizienten  $a_{i,j}$  und/oder unterschiedlichen Faktorpreisen  $q_{i,j}$  liegen. Zumal beim neuen Aggregat niedrigere Einheitskosten anfallen, sind entweder die Produktionskoeffizienten und/oder die Faktorpreise des neuen Aggregats niedriger als beim alten Aggregat. Die Reduktion der Produktionskoeffizienten entspricht einer *technologischen Verbesserung*, derzufolge weniger Ressourcen-Einsätze pro Ausbringungseinheit erforderlich sind. Die Reduktion der Faktorpreise kann auch technologisch bedingt sein, indem das neue Verfahren den Übergang auf kostengünstigere Ressourcen ermöglicht.

Die PROWI-Perspektive, welche die betriebliche Produktionstheorie und die darauf aufbauende betriebliche Kostentheorie umfasst, wird sich als das zentrale Werkzeug erweisen, wenn es um eine produktionstheoretische (PROWI-)Analyse von Kosten bzw. Kostenfunktionen geht. Beispielsweise wird dies beim reduzierten Kostenmodell, bei dem im Rahmen der Kostenplanung verwendeten Modellen und bei den in der Kostenkontrolle angewandten Analysen der Fall sein.

### Prozesskosten-Modell: Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion (Ebene 3-Darstellung)

Die Darstellung der Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion in Gleichung (54) ist typisch für die Betrachtungsweise auf der Unternehmensebene (Ebene 4). Dort interessiert vorzugsweise die abstrakte Betrachtung in Form von periodischen Ausbringungsmengen. Auf der Ebene der Produktionssteuerung (Ebene 3) interessiert hingegen vielmehr ein auf die einzelne Prozessdurchführung gerichtete Betrachtung. Aus diesem Grunde wird die Ausbringung-bezogene Kostenfunktion in die in Gleichung (59) dargestellte Form gebracht<sup>94</sup>, wobei die periodischen Gesamtkosten des Prozesses  $K_j$  über die variablen Prozesskosten  $\kappa_{v,j}$  und die sich darauf beziehenden Wiederholungen  $w_j$  des Prozesses bestimmt werden.

<sup>93</sup> Wie die vorangegangenen Ausführungen gezeigt haben lassen sich die Produktionskoeffizienten nur mittel- bis langfristig z.B. über Rationalisierungsinvestitionen im positiven Sinn verändern, d.h. senken.

<sup>94</sup> Die Umwandlung erfolgt aufgrund der in der betrieblichen Kostentheorie geltenden Gesetzmäßigkeiten.

$$\begin{aligned}
 K_j &= K_{f,j} + k_{v,j} \cdot X_j \\
 (59) \quad &= K_{f,j} + k_{v,j} \cdot x_j \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + \kappa_{v,j} \cdot w_j
 \end{aligned}$$

wobei

- $K_{f,j}$       Fixe Periodenkosten des  $j$ -ten Prozesses
- $K_j$         Gesamte Periodenkosten des  $j$ -ten Prozesses
- $k_{v,j}$       Variable Einheitskosten des  $j$ -ten Prozesses
- $w_j$         Wiederholungen des  $j$ -ten Prozesses
- $X_j$         Periodische Ausbringung des  $j$ -ten Prozesses
- $x_j$         Losgröße des  $j$ -ten Prozesses
- $\kappa_{v,j}$       Variable Prozesskosten des  $j$ -ten Prozesses

Gleichung (K19) enthält die kalibrierte Ausbringung-bezogene Kostenfunktion für den Guss-Prozess, wie sie in der Produktionssteuerung (Ebene 3) der KERZEN-EWF verwendet wird.

$$\begin{aligned}
 (K19) \quad K_{Guss} &= K_{f,Guss} + \kappa_{v,Guss} \cdot w_{Guss} \\
 &= 42.829 + 761,02 \cdot w_{Guss}
 \end{aligned}$$

Tabelle 44 enthält sowohl die variablen Einheitkosten  $k_{v,j}$  als auch die variablen Prozesskosten  $\kappa_{v,j}$ , sodass damit beide Varianten der Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion für alle drei Fertigungsprozesse kalibriert sind. Die zwei rechten Spalten enthalten die gesamten Periodenkosten, welche den beiden Varianten entsprechend auf zweifache Weise berechnet werden können. Die Längsschnittaggregation erfolgt dabei entweder über die prozessbezogenen Periodenausbringungen oder die Wiederholungen der jeweiligen Prozesse. Die daran anschließende Querschnittaggregation ist in beiden Fällen gleich.

		Guss (=G)	Press (=P)	Zug (=Z)	Gesamt	
var. Prozesskosten	$\kappa_{v,j}$	761,02	651,21	396,39		
Losgröße	$x_j$	389,9	543,2	217,1		
var. Einheitskosten	$k_{v,j}$	1,9519	1,1989	1,8260		
Wiederholungen	$w_j$	228	125	68		
Perioden-Ausbringung	$X_j$	88.896	67.898	14.761		
var. Periodenkosten	$K_{v,j}$	173.512	81.401	26.954	$K_v$	281.867
fixe Periodenkosten	$K_{f,j}$	42.829	26.458	13.266	$K_f$	82.553
ges. Periodenkosten	$K_j$	216.340	107.859	40.221	$K$	364.420

**Tabelle 44:** Periodenkosten – Ausbringung-bezogene Kostenfunktion

## Prozesskosten-Modell: Konstruktion und Kalibrierung der Einsatz-bezogenen Kostenfunktion

In Gleichung (60) wird die betriebliche Kostentheorie verwendet, um aus der Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion die Einsatz-bezogene Kostenfunktion abzuleiten.

$$\begin{aligned}
 K_j &= K_{f,j} + k_{v,j} \cdot X_j \\
 &= K_{f,j} + \left( \sum_i k_{vi,j} \right) \cdot X_j \\
 &= K_{f,j} + \left( \sum_i \frac{K_{vi,j}}{x_j} \right) \cdot x_j \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + \left( \sum_i r_{i,j} \cdot q_{i,j} \right) \cdot w_j \\
 (60) \quad &= K_{f,j} + (r_{M,j} \cdot q_{M,j} + r_{P,j} \cdot q_{P,j} + r_{T,j} \cdot q_{T,j}) \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + (a_{M,j} \cdot d_{T,j} \cdot r_{T,j} \cdot q_{M,j} + c_{PT,j} \cdot r_{T,j} \cdot q_{P,j} + r_{T,j} \cdot q_{T,j}) \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + (1 \cdot d_{T,j} \cdot q_{M,j} + c_{PT,j} \cdot q_{P,j} + q_{T,j}) \cdot r_{T,j} \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + (d_{T,j} \cdot q_{M,j} + c_{PT,j} \cdot q_{P,j} + q_{T,j}) \cdot R_{T,j} \\
 &= K_{f,j} + q_{MPT,j} \cdot R_{T,j}
 \end{aligned}$$

wobei

$d_{T,j}$	TECH-Intensität
$c_{PT,j}$	Einsatzverhältnis von PERS zu TECH
$q_{MPT,j}$	Gewichteter MAT/PERS/TECH-Faktorpreis des $j$ -ten Prozesses

Die Einsatz-bezogene Kostenfunktion zeigt sich in der letzten Zeile der Gleichung. Die gesamten Periodenkosten des  $j$ -ten Prozesses  $K_j$  bestehen aus den periodischen Fixkosten  $K_{f,j}$  und den variablen Periodenkosten  $K_{v,j}$ , welche ihrerseits als Produkt der Faktorpreise für die drei Ressourcen  $q_{MPT,j}$  und der periodischen TECH-Einsätze  $R_{T,j}$  berechnet werden. In der vorletzten Zeile zeigt sich die Zusammensetzung des dabei verwendeten Faktorpreises  $q_{MPT,j}$  als die Summe von gewichteten Faktorpreisen, wobei der MAT-Faktorpreis  $q_{M,j}$  mit der TECH-Intensität  $d_{T,j}$  und der PERS-Faktorpreis  $q_{P,j}$  mit dem PERS/TECH-Einsatzverhältnis  $c_{PT,j}$  multipliziert wird.

Gleichung (K20) enthält die kalibrierte<sup>95</sup> Einsatz-bezogene Kostenfunktion für den Gussprozess, wobei auch die einzelnen Komponenten und die Berechnung des *Mischfaktorpreises*  $q_{MPT,j}$  offen gelegt werden. Die Einsatzbezogenzeit der Kostenfunktion zeigt sich am TECH-Einsatz  $R_{T,j}$  als ihren Kostentreiber. Aufgrund der Limitationalität des Guss-Prozesses ist der

<sup>95</sup> Dabei wurden die Faktorpreise für die MAT- bzw. PERS- und TECH-Ressource marktbasierend bzw. historisch kalibriert.

TECH-Einsatz der einzige Kostentreiber, welcher zur Bestimmung der Periodenkosten benötigt wird.

$$\begin{aligned}
 (K20) \quad K_{Guss} &= K_{f,Guss} + (d_T \cdot q_{M,Guss} + c_{PT,j} \cdot q_{P,Guss} + q_{T,Guss}) \cdot R_{T,Guss} \\
 &= K_{f,Guss} + (65 \cdot q_{M,Guss} + 2 \cdot q_{P,Guss} + q_{T,Guss}) \cdot R_{T,Guss} \\
 &= 42.829 + (65 \cdot 1,5448 + 2 \cdot 7,5213 + 11,4068) \cdot R_{T,Guss} \\
 &= 42.829 + 126,8632 \cdot R_{T,Guss}
 \end{aligned}$$

### Prozesskosten-Modell: Einsatz-bezogenen Kostenfunktion (exklusive MAT-Kosten)

Bei den bisherigen Ausführungen wurden die variablen Kosten aller drei generischen Ressourcen ausgewiesen. Durch die direkte Zurechenbarkeit der MAT-Ressource auf den Kostenträger wird die MAT-Ressource in der Regel ausgesondert, sodass sich das Modell für die variablen Periodenkosten des  $j$ -ten Prozesses nur auf PERS- und TECH-Ressourcen bezieht. Gleichung (61) enthält die sich daraus ergebende Einsatz-bezogene Kostenfunktion für die PERS- und TECH-Periodenkosten  $K_{PT,j}$  des  $j$ -ten Prozesses. Diese Funktion ist wie die in Gleichung (60) dargestellte Kostenfunktion wiederum linear. Der einzige Unterschied besteht im nunmehr verwendeten Faktorpreis  $q_{PT,j}$ , welcher nur noch aus den (gewichteten) Faktorpreisen für die PERS- und TECH-Ressourcen gebildet wird.

$$\begin{aligned}
 (61) \quad K_{PT,j} &= K_{f,j} + k_{vPT,j} \cdot X_j \\
 &= K_{f,j} + (r_{P,j} \cdot q_{P,j} + r_{T,j} \cdot q_{T,j}) \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + (c_{PT,j} \cdot r_{T,j} \cdot q_{P,j} + r_{T,j} \cdot q_{T,j}) \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + (c_{PT,j} \cdot q_{P,j} + q_{T,j}) \cdot r_{T,j} \cdot w_j \\
 &= K_{f,j} + (c_{PT,j} \cdot q_{P,j} + q_{T,j}) \cdot R_{T,j} \\
 &= K_{f,j} + q_{PT,j} \cdot R_{T,j}
 \end{aligned}$$

wobei

$k_{vPT,j}$	Variable PERS/TECH-Einheitskosten des $j$ -ten Prozesses
$q_{PT,j}$	Gewichteter PERS/TECH-Faktorpreis des $j$ -ten Prozesses

Gleichung (K21) zeigt die kalibrierte Einsatz-bezogene Kostenfunktion für den Gussprozess. Die Gleichung enthält auch die Bestandteile und Berechnung des Faktorpreises  $q_{PT,Guss}$  für die PERS- und TECH-Ressource in Form des PERS-Faktorpreises  $q_{P,Guss}$  und des TECH-Faktorpreises  $q_{T,Guss}$  sowie dem PERS/TECH-Faktoreinsatzverhältnis  $c_{PT,Guss}$ .

$$\begin{aligned}
 K_{PT,Guss} &= K_{f,Guss} + (c_{PT,Guss} \cdot q_{P,Guss} + q_{T,Guss}) \cdot R_{T,Guss} \\
 &= 42.829 + (2 \cdot 7,5213 + 11,4068) \cdot R_{T,Guss} \\
 \text{(K21)} \quad &= K_{f,Guss} + q_{PT,Guss} \cdot R_{T,Guss} \\
 &= 42.829 + 26,4494 \cdot R_{T,Guss}
 \end{aligned}$$

In Tabelle 45 sind alle Informationen angegeben, welche für die Berechnung der variablen Periodenkosten  $K_{PT,G}$  hinsichtlich der PERS- und der TECH-Ressource des Guss-Prozesses benötigt werden. Die Berechnung der variablen PT-Periodenkosten  $K_{PT,G}$  kann dabei wahlweise erfolgen, u.z. durch Längsschnittaggregation entweder der variablen PT-Prozesskosten  $\kappa_{PT,G}$  oder der variablen *PT*-Einheitskosten  $k_{PT,G}$ .

			Guss (=G)
period. PERS-Einsatz (ZE)	$R_{P,G}$	$R_{P,G}$	2.736
period. PERS-Einsatz (in %)	$R_{P,G} (\%)$	$R_{P,G} (\%)$	100,00%
var. PERS-Periodenkosten	$K_{VP,G}$	$K_{VP,G}$	20.578
period. TECH-Einsatz (ZE)	$R_{T,G}$	$R_{T,G}$	1.368
period. TECH-Einsatz (in %)	$R_{T,G} (\text{in } \%)$	$R_{T,G} (\text{in } \%)$	100,00%
var. TECH-Periodenkosten	$K_{VT,G}$	$K_{VT,G}$	15.604
var. PT-Periodenkosten	$K_{VPT,G}$	$K_{VPT,G} = K_{VP,G} + K_{VT,G}$	36.183
Perioden-Ausbringung	$X_G$	$X_G$	88.896
Wiederholungen	$w_G$	$w_G$	
Losgröße	$x_G$	$x_G$	389,9
Prozess-Dauer	$\Gamma_{T,G}$	$\Gamma_{T,G}$	6
var. PT-Einheitskosten	$k_{VPT,G}$	$k_{VPT,G} = K_{VPT,G} / X_G$	0,4070
PT-Faktorpreis	$q_{VPT,G}$	$q_{VPT,G} = K_{VPT,G} / R_{T,G}$	26,4494
var. PT-Prozesskosten	$\kappa_{VPT,G}$	$\kappa_{VPT,G} = k_{VPT,G} \cdot x_G$	158,70
var. PT-Prozesskosten	$\kappa_{VPT,G}$	$\kappa_{VPT,G} = q_{VPT,G} \cdot \Gamma_{T,G}$	158,70

**Tabelle 45:** Guss-Prozess – PT-Einheits- und PT-Prozesskosten

### Prozesskosten-Modell: Disaggregation der (Basis-)Prozesse in Aktivitäten

In diesem Abschnitt wird die Betrachtung verfeinert, indem der Guss-Prozess in drei elementare Bestandteile, welche als *Aktivitäten* bezeichnet werden, zerlegt wird. So zeigt sich bei detaillierterer Analyse, dass sich der Guss-Prozess (G) aus den Aktivitäten Gießen (G1), Rüsten (G2) und Reinigen (G3) zusammensetzt.

		Guss (=G)		Aktivitäten (=G) des Guss-Prozesses			Summe
				Gießen (G1)	Rüsten (G2)	Reinigen (G3)	
period. PERS-Einsatz (ZE)	$R_{P,G}$	2.736	$R_{P,G(k)}$	2.736	456	684	3.876
period. PERS-Einsatz (in %)	$R_{P,G} (%)$	100,00%	$R_{P,G(k)} (%)$	70,59%	11,76%	17,65%	100,00%
var. PERS-Periodenkosten	$K_{VP,G}$	20.578	$K_{VP,G(k)}$	14.526	2.421	3.631	20.578
period. TECH-Einsatz (ZE)	$R_{T,G}$	1.368	$R_{T,G(k)}$	1.368			1.368
period. TECH-Einsatz (in %)	$R_{T,G} (in %)$	100,00%	$R_{T,G(k)} (%)$	100,00%			100,00%
var. TECH-Periodenkosten	$K_{VT,G}$	15.604	$K_{VT,G(k)}$	15.604			15.604
var. PT-Periodenkosten	$K_{VPT,G}$	36.183	$K_{VPT,G(k)} = K_{VP,G(k)} + K_{VT,G(k)}$	30.130	2.421	3.631	36.183
Perioden-Ausbringung	$X_G$	88.896	$X_{G(k)}$	88.896			
Wiederholungen	$W_G$		$W_{G(k)}$	228	228	114	
Losgröße	$X_G$	389,9	$X_{G(k)}$	389,9			
Prozess-Dauer	$r_{T,G}$	6	$r_{T,G(k)}$	6	1	3	
var. PT-Einheitskosten	$k_{VPT,G}$	0,4070	$k_{VPT,G(k)} = K_{VPT,G(k)} / X_{G(k)}$	0,3389			
PT-Faktorpreis	$q_{VPT,G}$	26,4494	$q_{VPT,G(k)} = K_{VPT,G(k)} / R_{T,G(k)}$	22,0251			
var. PT-Prozesskosten	$K_{VPT,G}$	158,70	$K_{VPT,G(k)} = k_{VPT,G(k)} * X_{G(k)}$	132,15			
var. PT-Prozesskosten	$K_{VPT,G}$	158,70	$K_{VPT,G(k)} = q_{VPT,G(k)} * r_{T,G(k)}$	132,15			
var. PT-Prozessk. (I/O-fix)			$K_{VPT,G(k)} = k_{VPT,G(k)} * W_{G(k)}$		10,62	31,86	

**Tabelle 46:** Aktivitäten im Guss-Prozess – PT-Prozesskosten

In Tabelle 46 zeigt sich die Aufspaltung der Guss-Prozesses in drei Aktivitäten auf der rechten Seite. Die Aktivitäten lassen sich folgendermaßen kategorisieren. Die Aktivität Gießen ist I/O-variabel, während sowohl die Rüst- als auch die Reinigungsaktivität I/O-fix sind. Die drei Aktivitäten unterscheiden sich auch hinsichtlich ihrer Kostentreiber. Bei der Gießaktivität treibt der TECH-Einsatz<sup>96</sup> die variablen Prozesskosten, während sowohl bei der Rüst- als auch der Reinigungsaktivität die jeweiligen PERS-Einsätze die Kostentreiber sind. Zumal die Kostentreiber bekannt sind, lassen sich auch die (partiellen) Prozesskosten für die drei Aktivitäten nach dem Verursachungsprinzip bestimmen, wenn die jeweils prozessbezogenen Faktorpreise für TECH- bzw. PERS-Ressource bekannt sind. Zur Ermittlung der Faktorpreise auf Ebene der Aktivitäten ist es somit erforderlich, dass die Ressourcen-spezifischen Kosten bei den Aktivitäten erfasst werden.

Die Struktur der Produktionsprozesse ändert sich im Zeitablauf, sodass ständig neue Aktivitäten entstehen. Mit der Entstehung neuer Aktivitäten müssten dann auch immer wieder neue Bezugsobjekte für die Datenerfassung eingerichtet werden. Dies verursacht einen hohen Aufwand, welcher eine vereinfachte<sup>97</sup> und folglich klarerweise auch ungenauere Handhabung nahe legt. Die Vereinfachung besteht darin, dass die Kosten nicht auf der Ebene der Aktivitäten, sondern auf den im Zeitablauf stabileren (Basis-)Prozessen aufgesetzt werden. Im konkreten Fall kann der Gussprozess als derartiger Prozess fungieren, für welchen die Ressourcen-

<sup>96</sup> Die den TECH-Einsatz messenden Zeiteinheiten werden in der Betriebstechnik (Produktionssteuerung/Ebene 3-Aktivität) bzw. der Arbeitsplanung und -steuerung (APS) beim Fertigungsprozess Gießen als *Bearbeitungszeit* bezeichnet. Die für den Stützprozess Rüsten aufgewandte Zeit ist die *Rüstzeit*. Die Bearbeitungs- und Rüstzeit ergeben in Summe die *Auftragszeit*. Die *Durchlaufzeit* ergibt sich, wenn zur Auftragszeit die *Übergangszeit*, welche sich aus den zwischenzeitlichen *Liege-* und *Transportzeiten* zusammensetzt, addiert wird.

<sup>97</sup> Bei den Ausführungen zur Prozesskostenrechnung wird sich zeigen, dass diese Überlegung auch von zentraler Bedeutung für die Ausgestaltung der Prozesskostenrechnung im deutschsprachigen Raum war. Im Unterschied zum im anglosächsischen Raum entwickelten Activity Based Costing (ABC) wurde nämlich bewusst der Fokus nicht auf Aktivitäten, sondern auf (Basis-)Prozessen gelegt.

bezogenen Kosten erfasst werden. In Tabelle 46 wird von dieser Konstellation ausgegangen. Die variablen PERS- und TECH-Prozesskosten (variable PT-Prozesskosten) können dann wiederum<sup>98</sup> entweder aus den PT-Einheitskosten oder dem PT-Faktorpreis berechnet werden. Für die Aktivitäten des Gussprozesses ist diese Vorgehensweise aber nicht mehr möglich, da für diese – mangels Datenerfassung – keine Ressourcen-bezogenen Faktorpreise mehr zur Verfügung stehen. Die Prozesskosten für die Aktivitäten müssen demnach auf eine andere Art berechnet werden.

Die Berechnung der Prozesskosten für die Aktivitäten erfolgt durch *Verrechnung*, welche möglichst *verursachungsgerecht*<sup>99</sup> sein sollte. Die erste Zeile von Tabelle 46 enthält den in Zeiteinheiten (ZE) gemessenen periodischen PERS-Einsatz aller drei Aktivitäten des Guss-Prozesses. Dieser wird in seiner prozentuellen Ausprägung  $R_{P,Gj}$  (%) verwendet, um die variablen PERS-Periodenkosten  $K_{vP,G}$  auf die drei Aktivitäten zu verrechnen. Die sich dabei für die Aktivitäten ergebenden Kosten  $K_{vP,Gj}$  werden – wie in der letzten Zeile der Tabelle zu sehen ist – durch die Anzahl der jeweiligen Prozesswiederholungen  $w_{Gj}$  dividiert, woraus sich die variablen PT-Prozesskosten  $\kappa_{vPT,Gj}$  für die beiden Aktivitäten Reinigen und Rüsten ergeben.

Durch die Verrechnung der anteiligen (aliquoten) variablen PERS-Periodenkosten auf die Rüst- und Reinigungsaktivitäten hat die Gießen-Aktivität diesbezüglich weniger Kosten als der Guss-Prozess in seiner Gesamtheit zu tragen. Die variablen PT-Prozesskosten sind folglich für die Aktivität Gießen  $\kappa_{vPT,G1}$  auch geringer als für den Guss-Prozess  $\kappa_{vPT,G}$ . Durch diese kostenmäßige Entlastung der Aktivität Gießen haben sich aber die variablen PT-Prozesskosten für den Guss-Prozess nicht verändert. Dies zeigt sich in Gleichung (K22), wo diese Kosten durch Addition der Prozesskosten der drei Aktivitäten des Guss-Prozesses berechnet<sup>100</sup> werden.

$$\begin{aligned} \kappa_{vPT,G} &= \kappa_{vPT,G1} + \kappa_{vPT,G2} + \kappa_{vPT,G3} / 2 \\ \text{(K22)} \quad \kappa_{vPT,Guss} &= \kappa_{vPT,Gießen} + \kappa_{vPT,Rüsten} + \kappa_{vPT,Reinigen} / 2 \\ &= 132.15 + 10.62 + 31.86 / 2 = 158,70 \end{aligned}$$

<sup>98</sup> Die PT-Einheitskosten bzw. der PT-Faktorpreis werden in der Regel aus den variablen PT-Periodenkosten des Guss-Prozesses berechnet, sodass die Kalibrierung des Prozesskostenmodells auf abstraktifizierten PERS- und TECH-Ressourcen aufsetzt.

<sup>99</sup> Eine *Verursachungsgerechtigkeit* liegt z.B. vor, wenn die die Ressourcen-bezogenen Periodenkosten nach ihren relativen Ressourcen-Einsätzen auf die Aktivitäten zugerechnet werden.

<sup>100</sup> Beachtenswert ist die Halbierung der variablen PT-Prozesskosten für die Reinigungsaktivität. Sie ist erforderlich, zumal diese Aktivität nicht mit jeder, sondern nur mit jeder zweiten Gieß- und Rüstaktivität anfällt.

## Prozesskosten-Modell: Prozesskosten-Funktion

Die betriebliche Kostentheorie spielt auch für die Produktionssteuerung eine wichtige Rolle. Im ECSI-Standard [ECSI08, S. 24] sind die Hauptfunktionen der Produktionssteuerung folgendermaßen definiert. *Die Produktionssteuerungsfunktionen umfassen die meisten der Funktionen, die mit der Steuerung der Herstellung verknüpft sind. Die Produktionssteuerungsfunktionen beinhalten typischerweise:*

- a) *Steuerung des Prozesses der Umwandlung von Rohmaterialien in das Endprodukt gemäß dem Produktionsplan und den Produktionsstandards;*
- b) *Ausführung von Anlagenengineeringaktivitäten und Aktualisierung von Prozessplänen;*
- c) *Herausgabe von Anforderungen für Rohmaterialien;*
- d) *Erstellen von Berichten über Leistung und Kosten;*
- e) *Auswertung von Kapazitäts- und Qualitätseinschränkungen;*
- f) *Selbstprüfung und Diagnostizieren von Produktion und Steuerungsausrüstung;*
- g) *Entwerfen von Produktionsstandards und Ausführungsanweisungen für den Einsatz in Standardoperationsanweisungen, Rezepten und Anleitungen zum Gebrauch der spezifischen Verfahrensausrüstung.*

*Die Hauptfunktionen der Produktionssteuerung beinhalten Prozess-Support, operative Steuerung der Produktion und deren<sup>101</sup> Planung.*

Um den Fertigungsprozess ökonomisch effektiv steuern zu können, bedarf es einer konkreten Vorstellung über die kostenmäßigen Wirkungsweisen der verschiedenen Eingriffsmöglichkeiten. Bei diesen Möglichkeiten handelt es sich um die Stellgrößen des Prozesses, welche im Sinne der Steuerungs- und Regelungstechnik im Zeitablauf gesetzt werden, um den Prozess über die Zeit technisch (z.B. produktivitätsmäßig) und wirtschaftlich (z.B. kosteneffizient) unter Kontrolle zu halten.

Für die Planung der Produktionssteuerung liefert die betriebliche Kostentheorie den notwendigen Einblick, indem sie die Kosten modellhaft begreift und sie als Funktion seiner verschiedenen Einflussgrößen darstellt. In Gleichung (62) werden die variablen Prozesskosten  $\kappa_{vi,j}$  für die  $i$ -te Ressource und den  $j$ -ten Prozess in Abhängigkeit der *technischen Stellgrößen*<sup>102</sup> Prozessintensität  $d_{i,j}$  und Losgröße  $x_j$  bzw. der *ökonomischen Stellgröße* Faktorpreis  $q_{i,j}$  dargestellt.

$$(62) \quad \kappa_{vi,j}(d_{i,j}, x_j, q_{i,j}) = r_{i,j}(d_{i,j}, x_j) \cdot q_{i,j}$$

wobei

$d_{i,j}$  Intensität der  $i$ -ten Ressource im  $j$ -ten Prozess

<sup>101</sup> Dieser Sichtweise zufolge gehört auch die Planung der operativen Steuerung der Produktion zur Produktionssteuerung.

<sup>102</sup> Neben der Intensität gibt es noch weitere Stellgrößen im technischen Bereich, welche die verschiedenen *Prozessbedingungen* spezifizieren. [Habe04, S. 37].

$\kappa_{vi,j}(d_{i,j}, x_j, q_{i,j})$	Funktion der variablen Prozesskosten der $i$ -ten Ressource im $j$ -ten Prozess
$x_j$	Losgröße im $j$ -ten Prozess
$q_{i,j}$	Preis der $i$ -ten Ressource (Faktorpreis) im $j$ -ten Prozess
$r_{i,j}(d_{i,j}, x_j)$	Einsatzfunktion der $i$ -ten Ressource im $j$ -ten Prozess

Dabei zeigt sich der Ressourcen-Einsatz als Funktion der Prozessintensität und der Losgröße. Der Faktorpreis ist insofern eine Stellgröße, als dass er beispielsweise über die Qualität und den damit verbundenen unterschiedlichen Preisen der im Prozess verwendeten Ressourcen gestalt- und veränderbar ist.

In Gleichung (63) wird ein gesamthafter Blick auf den  $j$ -ten Prozess geworfen, indem das generische 3-Ressourcen-Modell verwendet wird, um die variablen (MPT-)Prozesskosten  $\kappa_{v,j}$  in Abhängigkeit der technischen und ökonomischen Stellgrößen darzustellen.

$$(63) \quad \begin{aligned} \kappa_{v,j}(d_{i,j}, x_j, q_{i,j}, i) &= \sum_i r_{i,j}(d_{i,j}, x_j) \cdot q_{i,j} \\ &= r_{M,j}(d_{M,j}, x_j) \cdot q_{M,j} + r_{P,j}(d_{P,j}, x_j) \cdot q_{P,j} + r_{T,j}(d_{T,j}, x_j) \cdot q_{T,j} \end{aligned}$$

wobei

$\kappa_{v,i}(\dots)$  Variable Prozesskosten-Funktion im  $j$ -ten Prozess

Nachfolgend wird von der Prozess- zur betrieblichen Perspektive gewechselt. In Gleichung (64) wird dazu zuerst die Anzahl der Wiederholungen  $x_j$  des  $j$ -ten Prozesses eingefügt, um zu den mit der  $i$ -ten Ressource verbundenen variablen Periodenkosten  $K_{vi,j}$  zu gelangen. Dabei wird auch ersichtlich, dass die Periodenausbringung mit der Losgröße und der Anzahl der Prozesswiederholungen in (multiplikativer) Verbindung steht.

$$(64) \quad \begin{aligned} K_{vi,j} &= K_{vi,j}(d_{i,j}, \overbrace{x_j}^{x_j}, w_j, q_{i,j}) \\ &= r_{i,j}(d_{i,j}, x_j) \cdot q_{i,j} \cdot w_j \end{aligned}$$

wobei

$K_{vi,j}$  Variable Periodenkosten der  $i$ -ten Ressource im  $j$ -ten Prozess

In Gleichung (65) werden schließlich die gesamten variablen Periodenkosten  $K_{v,j}$  des  $j$ -ten Prozesses betrachtet, indem wiederum das generische 3-Ressourcen-Modell zum Aufzeigen aller Ressourcen-Einsätze verwendet wird.

$$(65) \quad \begin{aligned} K_{v,j}(d_{i,j}, \overbrace{x_j}^{x_j}, w_j, q_{i,j}, i) &= \sum_i r_{i,j}(d_{i,j}, x_j) \cdot q_{i,j} \cdot w_j \\ &= (r_{M,j}(d_{M,j}, x_j) \cdot q_{M,j} + r_{P,j}(d_{P,j}, x_j) \cdot q_{P,j} + r_{T,j}(d_{T,j}, x_j) \cdot q_{T,j}) \cdot w_j \end{aligned}$$

wobei

$K_{v,i}(\dots)$  Periodische, variable Prozesskosten-Funktion des  $j$ -ten Prozesses

## Kostenträgerstückrechnung (Kalkulation): Was kostet ein Produkt?

Nunmehr wird von der prozessorientierten Kostenrechnung in die klassische Kostenrechnung gewechselt. Diese Kostenrechnung besteht aus drei Teilrechnungen, u.z. die Kostenarten-, die Kostenstellen- und die Kostenträgerrechnung. In der Kostenartenrechnung werden im Rahmen des Betriebsüberleitungsbogens (BÜB) die Kosten aus den Aufwendungen abgeleitet. Die direkten Einzelkosten werden sodann direkt den Kostenträgern, wobei es sich um die erstellten Leistungen handelt, zugerechnet. Die indirekten Gemeinkosten werden auf den Kostenstellen (z.B. Fertigung-KOST und Lager-KOST) gesammelt und von dort indirekt den Kostenträgern zugerechnet. Die Zurechnung der Einzel- und Gemeinkosten auf die Kostenträger erfolgt in der Kostenträgerrechnung, welche es in zwei Varianten gibt, u.z. die Kostenträgerstück- und die Kostenträgerzeitrechnung.

Die Kostenträgerstückrechnung wird auch als *Kalkulation* bezeichnet. Aus rechentechnischer Sicht handelt es sich dabei um eine lineare Funktion, welche aus Ausbringung-bezogenen Einheitskosten für die verschiedenen Einzel- und Gemeinkosten besteht. Bei der *Kalkulationsfunktion* handelt es sich demnach um eine flexibel<sup>103</sup> ausgestaltbare *Ausbringung-bezogene Kostenfunktion*. Dem Umfang der einbezogenen Kostenarten entsprechend können über die Kalkulationsfunktion die Einzelkosten, die Teilkosten oder die Vollkosten ermittelt werden.

Erfolgt die Kalkulation auf Einzelkostenbasis, dann werden nur die Einzelkosten der MAT- und PERS-Ressourcen zur Ermittlung des Einzelkostensatzes  $k_{MP(n)}$  einbezogen, wobei sich die Einzelkosten aus dem E.MAT und G.MAT sowie dem E.PERS und G.PERS ergeben können.

$$(66) \quad \begin{aligned} k_{MP(n)} &= k_{M(n)} + k_{P(n)} \\ &= k_{E.M(n)} + k_{G.M(n)} + k_{E.M(n)} + k_{G.M(n)} \end{aligned}$$

**Hinweis** zur Notation:

Der Index  $n$  kennzeichnet den Leistungs- bzw. Kostenträger.

Bei der Kalkulation auf Teilkostenbasis werden zum Einzelkostensatz auch noch variable Einheitskosten der jeweiligen Haupt-KOST hinzugerechnet. Eine für die gesetzliche Kostenrechnung wichtige Größe sind die Herstellungskosten. Die variablen Herstellungskosten pro Mengeneinheit  $k_{VHK(n)}$  werden berechnet, indem zu den Einzelkosten  $k_{MP(n)}$  die variablen Gemein-

<sup>103</sup> Voraussetzung für eine derart flexible Einsetzbarkeit der Kalkulationsfunktion ist es, dass die Kosten nach dem REA- und dem generischen 3-Ressourcen-Modell unter Einbeziehung der ERP-Funktionalität in Form der Mengengerüste in der KLR des Management-Informationssystems erfasst und aufbereitet werden.

kosten der Material-KOST  $k_{vG,M(n)}$  und die variablen Gemeinkosten der Fertigung-KOST  $k_{vG,F(n)}$  hinzugerechnet werden.

$$(67) \quad k_{vHK(n)} = k_{MP(n)} + k_{vG,M(n)} + k_{vG,F(n)}$$

Werden die Teilkosten noch um die fixen Einheitskosten der Haupt-KOST erweitert, so ergibt dies eine Kalkulation auf Vollkostenbasis zu erstellen. Werden zu den variablen Herstellungskosten  $k_{vHK(n)}$  noch die fixe Einheitskosten für die Material-KOST  $k_{fG,M(n)}$  und die Fertigung-KOST  $k_{fG,F(n)}$  addiert, dann ergeben sich die (vollen) Herstellungskosten pro Mengeneinheit  $k_{HK(n)}$ .

$$(68) \quad k_{HK(n)} = k_{vHK(n)} + k_{fG,M(n)} + k_{fG,F(n)}$$

### Kalkulationsfunktion: Produktionswirtschaftliche Bewertung nach dem Baukasten-Prinzip

Bei den einzelnen Komponenten der Kalkulationsfunktion handelt es sich um Einheitskosten, womit jeweils spezielle Ressourcen-Einsätze in unterschiedlicher aggregierter Form bewertet werden. So beziehen sich die Einzelkostensätze EKS auf die MAT- und PERS-Ressourcen, während in den Gemeinkostensätzen GKS alle jeweils relevanten Ressourcen-Einsätze in ihrer Gesamtheit bewertet werden. Die der Bewertung dienende Kalkulationsfunktion ist letztendlich an den Ressourcen-Einsätzen, welche zur Leistungserstellung benötigt werden, ausgerichtet, weshalb in diesem Zusammenhang auch von einer *leistungswirtschaftlichen Bewertung*<sup>104</sup> gesprochen wird.

In Tabelle 47 ist die Kalkulationsfunktion bzw. das hinter dieser stehende Baukastenprinzip in tabellarischer Form dargestellt. Die dort einzeigene strichlierte Linie zeigt den Übergang von den Einzelkosten zu den Teil- bzw. Vollkosten an. Die Einzelkosten  $k_{MP(n)}$  umfassen die MAT- und die PERS-EK. Werden zu diesen noch die variablen GK der Material- und der Fertigung-KOST addiert, so ergeben sich die variablen Herstellungskosten  $k_{vHK(n)}$ . Durch Hinzufügung der fixen GK der Material- und der Fertigung-KOST ergeben sich die (vollen) Herstellungskosten  $k_{HK(n)}$ .

<sup>104</sup> Die *leistungswirtschaftliche Bewertung* (PROWI-Bewertung) unterscheidet sich von der *finanzwirtschaftlichen Bewertung* (FIWI-Bewertung), wobei die Bewertung nicht auf den Ressourcen-Einsätze, sondern auf den künftigen Zahlungsströme (Cash Flow) ansetzt.

			Gegossene K.	Gepresste K.	Gezogene K.	Gesamt		(in %)	Ko.
Einzelkosten	E.MAT-EKS	$k_{E,M(n)}$	1,0271	1,0769	1,3422	$k_{E,M}$	1,0739	38,66%	
	G.MAT-EKS	$k_{G,M(n)}$	0,5177	0	0	$k_{G,M}$	0,2683	9,66%	
	MAT-EKS	$k_{M(n)}$	1,5448	1,0769	1,3422	$k_M$	1,3422	48,32%	
	PERS-EKS	$k_{P(n)}$	0,4353	0,2280	0,5243	$k_P$	0,3609	12,99%	
	MP-EKS	$k_{MP(n)}$	1,9801	1,3049	1,8665	$k_{MP}$	1,7031	61,31%	EK
Gemeinkosten	v.Mat-GKS	$k_{vG,M(n)}$	0,1949	0,1949	0,1949	$k_{vG,M}$	0,1949	7,02%	
	v.Fert-GKS	$k_{vG,F(n)}$	0,3926	0,1636	0,3793	$k_{vG,F}$	0,3008	10,83%	
	v.HKS	$k_{vHK(n)}$	2,5677	1,6634	2,4407	$k_{vHK}$	2,1988	79,15%	TK
	f.Mat-GKS	$k_{fG,M(n)}$	0,0979	0,0979	0,0979	$k_{fG,M}$	0,0979	3,53%	
	f.Fert-GKS	$k_{fG,F(n)}$	0,4818	0,3897	0,8987	$k_{fG,F}$	0,4812	17,32%	
	HKS	$k_{HK(n)}$	3,1474	2,1510	3,4374	$k_{HK}$	2,7780	100,00%	VK

**Tabelle 47:** Leistungs- bzw. Kostenträger – PROWI-Bewertung

**Hinweis** zur Notation:

Der Ausdruck EKS bzw. GKS stehen für *Einzelkostensatz* und *Gemeinkostensatz*. In beiden Fällen handelt es sich um Einheitskosten.

Die in Tabelle 47 dargestellten Einheitskosten wurden im Rahmen der gesetzlichen Kostenrechnung abgeleitet. Deswegen können diese Einheitskosten auch zur *bilanziellen Bewertung*<sup>105</sup> von Halb- und Fertigprodukten verwendet werden. Welche Einheitskosten in der bilanziellen Bewertung zu verwenden sind, das hängt vom zugrunde gelegten Handelsrecht ab. Im nationalen bzw. lokalen Handelsrecht LHR (Local Generally Accepted Accounting Principles – kurz: local GAAP) werden den in vielen Ländern *Bewertungsspielräume*<sup>106</sup> eingeräumt, indem eine Bandbreite an möglichen Wertansätzen vorgegeben wird. So wird beispielsweise im österreichischem und deutschen Handelsrecht eine Unter- bzw. Obergrenze in Form der Einzelkosten und der vollen Herstellungskosten vorgegeben. Dieser Bewertungsspielraum wird in der internationalen Rechnungslegung nach IFRS nicht gegeben. Dort gilt das *Vollkostenprinzip*. Die IFRS-konforme Bewertung erfordert somit für die bilanzielle Bewertung den Ansatz der (vollen) Herstellungskosten.

**Handelsrecht-Compliance:** Bilanzielle Bewertung

Zur bilanziellen Bewertung dürfen nach dem Handelsrecht nur Kosten aus der gesetzlichen Kostenrechnung verwendet werden. Welche Kosten bilanziert werden dürften, das hängt vom verwendeten Handelsrecht ab. Im nationalen Handelsrecht wird üblicherweise ein Bewertungsspielraum gewährt, während im internationalen Handelsrecht das Vollkostenprinzip greift.

<sup>105</sup> Wären hingegen nach dem Schmalenbach'schen Balkenschema nicht nur pagatorische, sondern auch kalkulatorische Kosten einbezogen worden, dann dürften diese nicht mehr zu bilanziellen Bewertung eingesetzt werden.

<sup>106</sup> Die Wahlrechte hängen vom konkreten Handelsrecht ab. Im österreichischen Handelsrecht (UGB) und im deutschen Handelsrecht (dHGB) gibt es derartige Wahlrechte. Im amerikanischen Handelsrecht US-GAAP fehlen sie hingegen..

An dieser Stelle zeigt sich der Vorteil der nach dem generischen 3-Ressourcen-Modell flexibel konzipierten gesetzlichen Kostenrechnung. Diese Kostenrechnung kann nämlich nicht nur zur bilanziellen Bewertung verwendet werden. Vielmehr inkludiert sie auch eine Vielzahl an Bewertungsmöglichkeiten, welche im Rahmen der Unternehmens- und Betriebssteuerung verwendet werden können. So lässt sich das Ressourcen- und Kostenträger-spezifisch aufbereitete Datenmaterial der gesetzlichen Kostenrechnung problemlos zur Kalibrierung von unterschiedlich ausgestalteten Kostenfunktionen für das Kosten-Controlling einsetzen. Die Kalkulationsfunktion kann auch auf Einzel- oder Teilkostenbasis aufgesetzt werden, um die Deckungsbeitragsrechnung einzurichten bzw. um ganz allgemein ökonomisch fundierte Entscheidungen treffen zu können. Die diesbezüglichen Vorgehensweisen werden im Kapitel über die Plankostenrechnung eingehend erläutert.

### Ausbringung-bezogene Kalkulationsfunktion: Bewertung der Bestandveränderungen

Tabelle 47 enthält die aus der gesetzlichen Kostenrechnung abgeleiteten Einheitskosten für die verschiedenen Ressourcen-spezifischen Komponenten. Bei diesen Einheitskosten handelt es sich um die mit der gesetzlichen Kostenrechnung kalibrierten Parameter der in Gleichungen (66) bis (68) dargestellten Kalkulationsfunktionen zur leistungswirtschaftlichen Bewertung der verschiedenen Kostenträgern anhand ihrer Einzelkosten, Teilkosten und Vollkosten.

Nunmehr werden diese Kalkulationsfunktionen im Sinne einer Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion erweitert, um damit Veränderungen des Lagerbestandes der Kostenträger über eine Periode zu bewerten. Durch diese Erweiterung ergibt sich die *Ausbringung-bezogene Kalkulationsfunktion*. Dabei handelt es sich um einen Spezialfall einer Ausbringung-bezogenen Kostenfunktion. Der Spezialfallcharakter ergibt sich aufgrund der dabei konkret verwendeten Einheitskosten und den Bestandsveränderungen, welche als Kostentreiber bzw. als Bezugsgröße (Variable) der Funktion verwendet werden.

Die Ausbringung-bezogene Kalkulationsfunktion wird in Gleichung (69) exemplarisch zur Bewertung der Bestandsveränderungen nach dem Vollkostenprinzip dargestellt. Dabei ergeben sich die (vollen) Herstellungskosten  $K_{HK(n)}$  der Bestandsveränderung  $\Delta x_{L(n)}$  aus der Summe der variablen Herstellungskosten  $K_{vHK(n)}$  und den fixen Herstellungskosten  $K_{fHK(n)}$ . Die beiden Komponenten der Herstellungskosten setzen sich ihrerseits jeweils aus dem Produkt der jeweiligen Einheitskosten und der Bestandsveränderung zusammen.

$$\begin{aligned}
 K_{HK(n)} &= K_{vHK(n)} + K_{fHK(n)} \\
 (69) \quad &= \underbrace{(k_{MP(n)} + k_{vG,M(n)} + k_{vG,F(n)}) \cdot \Delta x_{L(n)}}_{K_{vHK(n)}} + \underbrace{(k_{fG,M(n)} + k_{fG,F(n)}) \cdot \Delta x_{L(n)}}_{K_{fHK(n)}}
 \end{aligned}$$

In Tabelle 48 werden die Leistungs- bzw. Kostenträger in Form der gegossenen, der gepressten und der gezogenen Kerzen mit der Ausbringung-bezogenen Kalkulationsfunktion bewertet. Dabei werden alle drei Varianten dieser Funktion verwendet, u.z. auf Einzelkosten-, auf Teilkosten- und auf Vollkostenbasis. In der letzten Spalte der Tabelle werden die bewerteten Bestandsveränderungen über die drei Kostenträger aggregiert, woraus sich ein einziger bilanzielle Wert für alle drei Bestandsveränderungen ergibt.

$$(70) \quad K_{HK} = \sum_n K_{HK(n)}$$

Bei dieser Aggregation ergibt sich aufgrund der gerade vorliegenden Konstellation eine bemerkenswerte Besonderheit. Obwohl der gesamte Lagerbestand leicht abnimmt, ergibt sich ein positiver Wert für die gesamte Bestandsveränderung. Der Grund ist im Detail ersichtlich. Die Bestandsveränderungen der einzelnen Kostenträger werden mit unterschiedlichen Ausbringung-bezogenen Kalkulationsfunktionen bewertet und die Bestandserhöhungen sich relativ stärker als die Bestandsreduktionen auswirken.

		Gegossene K.	Gepresste K.	Gezogene K.	Gesamt	
B.V. (ME)	$\Delta X_{L(n)}$	1.425	-2.170	717	$\Delta X_L$	-28
Vollkosten (VK)	$K_{HK(n)}$	4.485	-4.668	2.465	$K_{HK}$	2.282
Teilkosten (TK)	$K_{vHK(n)}$	3.659	-3.609	1.750	$K_{vHK}$	1.799
MP-EK (EK)	$K_{MP(n)}$	2.822	-2.832	1.338	$K_{MP}$	1.328

**Tabelle 48:** Bestandsveränderungen – Bewertung zu Einzel-, Teil- und Vollkosten

### Bestandsveränderungen: Verbuchung gemäß (IFRS-)Buchungsmatrix

Die bewerteten Bestandsveränderungen werden doppisch verbucht. Die Doppik ist das zentrale Konzept der REA-Ontologie, wobei es sich um die in der Buchungsmatrix<sup>107</sup> enthaltene ökonomische Logik<sup>108</sup> handelt. Sie fordert eine gleichzeitige Soll- und Haben-Buchung in Höhe des Werts der Bestandsveränderung.

<sup>107</sup> Die Ausgestaltung der Buchungsmatrix hängt von den handelsrechtlichen Bestimmungen ab. So reicht im nationalen Handelrecht zumeist die in Abbildung 11 dargestellte 9-Felder-Buchungsmatrix aus, wohin gegen im internationalen Handelsrecht die in Abbildung 14 abgebildete IFRS-Buchungsmatrix erforderlich ist.

<sup>108</sup> Von der ökonomischen Logik ist das *ökonomische Prinzip* zu unterscheiden, welches fordert, dass eine bestimmte Leistung mit minimalem Ressourcen-Einsatz bzw. dass bei gegebenem Ressourcen-Einsatz die maximale Leistung erbracht wird.

(7c) Vorräte
an Ertrag aus B.V.

**BS 18:** Verbuchung der Bestandszunahme

Ad BS 18) Durch die Soll-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Vorräte und die Haben-Buchung im Erfolgskonto Ertrag aus Bestandsveränderung (B.V.) wird ein nicht zahlungswirksamer Ertrag der Buchungskategorie 7 in der klassischen Buchungsmatrix bzw. 7c in der IFRS-Buchungsmatrix verbucht.

(5c) Ertrag aus B.V.
an Vorräte

**BS 19:** Verbuchung der Bestandsabnahme

Ad BS 19) Durch die Soll-Buchung im Erfolgskonto Ertrag aus Bestandsveränderung (B.V.) und die Haben-Buchung auf dem aktiven Bestandskonto Vorräte wird ein nicht zahlungswirksamer Aufwand der Buchungskategorie 5 in der klassischen Buchungsmatrix bzw. 5c in der IFRS-Buchungsmatrix verbucht.

**Kostenträgerzeitrechnung (Erfolgsrechnung): Woher kommt der GUV-Betriebserfolg?**

Wie in der voran gegangenen Kostenträgerstückrechnung erörtert wurde, liefert die gesetzliche Kostenrechnung das für die Kalkulation, d.h. die leistungswirtschaftliche Bewertung benötigte Zahlenmaterial. Darüber hinaus liefert sie aber auch die für die Erfolgsermittlung zentralen Informationen. In der Kostenträgerzeitrechnung geht es um die Bestimmung des über eine Periode erzielten Erfolgs. Dabei sind verschiedene Erfolgskategorien zu unterscheiden. Im Rahmen des externen Rechnungswesens wird bei der Gliederung der GUV zwischen dem Betriebserfolg  $BE_{GUV}$ , dem Finanzerfolg  $FE_{GUV}$  und dem Residualerfolg in Form des Ergebnisses der gewöhnlichen Tätigkeit EGT unterschieden. Diese *Erfolgskategorien* hängen aber wiederum vom zu verwendenden handelsrechtlichen Standard ab. Diese Abhängigkeit wird im Subindex zum Ausdruck gebracht, indem der generische GUV-Subindex durch den lokalen Handelsrecht-Subindex LHR bzw. den internationalen IFRS-Subindex ersetzt wird. Darüber hinaus werden im internen Rechnungswesen (Unternehmensrechnung), welches zur Unternehmenssteuerung auf Ebene 4 bzw. zur Betriebssteuerung auf Ebene 1, 2 und 3 verwendet wird, üblicherweise gegenüber dem externen Rechnungswesen auch noch unterschiedliche Bewertungsprinzipien verwendet. Zur Kennlichmachung der internen Erfolgskategorien sind wiederum eigene, kontextspezifische Subindizes zu verwenden.

### GUV-Gliederung nach GKV und UKV: Ausweis der Bestandsveränderungen

Die verbuchten Bestandsveränderungen werden bilanziell unter den Vorräten ausgewiesen. Der mit der Bestandsveränderung verbuchte Erfolg wird in der GUV zwar auch ausgewiesen. Seine Sichtbarkeit hängt allerdings vom zur Gliederung der GUV verwendeten Verfahren ab. Beim Gesamtkostenverfahren GKV wird er explizit ausgewiesen, während er beim Umsatzkostenverfahren UKV in den Umsatzkosten hinein gerechnet wird.

In Tabelle 49 wird die nach dem GKV gegliederte GUV dargestellt. Dabei zeigt sich die Bestandsveränderung mit einem negativen Vorzeichen, was in der ERP-Ontologie einer Haben-Position entspricht, welche als Ertrag das ebenfalls habenseitig ausgewiesene Eigenkapital erhöht.

GUV nach GKV	VK-Rechnung
Umsatzerlöse (Absatzleistung)	-1.000.000
Bestandsveränderung Fertigprodukte	-2.282
Gesamterlöse (Betriebsleistung)	-1.002.282
...	...

**Tabelle 49:** GUV – Ausweis von Bestandveränderungen im GKV (ERPC-Bericht)

In der nach dem UKV gegliederten GUV ist die Bestandsveränderung hingegen nicht zu sehen. Tabelle 50 enthält eine derart gegliederte<sup>109</sup> GUV. Die Bestandsveränderungen sind dabei in den Umsatzkosten enthalten, was aber nicht direkt angezeigt wird.

GUV nach UKV		VK-Rechnung
Umsatzerlöse	UMS	-1.000.000
Umsatzkosten	$K_{UMS}$	532.182
Umsatzergebnis	$UE_{GUV}$	-467.818
Vertriebskosten	$K_{Vtr}$	242.051
Verwaltungskosten	$K_{Vw}$	62.266
Sonstiger betrieblicher Aufwand	$K_{SONST}$	0
Betriebserfolg (BE)	$BE_{GUV}$	-163.501
Finanzerfolg (FE)	$FE_{GUV}$	35.624
Ergebnis der gewöhnl. Tätigk. (EGT)	$EGT_{GUV}$	-127.877

**Tabelle 50:** GUV – „Nicht“-Ausweis von Bestandveränderungen im UKV (ERPC-Bericht)

Bei den Umsatzkosten handelt es sich um die Herstellungskosten der in der Periode abgesetzten Leistungen. Die Umsatzkosten umfassen demnach die Herstellungskosten aller in der Periode erzeugten Leistungen korrigiert um den Wert der Lagerbestandsveränderung  $K_{HK}(\Delta x_L)$ . Die Herstellungskosten der gefertigten Leistungsmengen umfassen die MAT-EK  $K_M$  und die

<sup>109</sup> Eine weitere Besonderheit der UKV-Gliederung ist die Elimination des GUV-Postens *Sonstige Kosten*  $K_{SONST}$ , welche im GKV zumeist bedeutend ist. Der Grund liegt darin, dass die Bestandteile dieses Postens im UKV auf die jeweiligen KOST verrechnet werden und über diese in die UKV-GUV eingehen.

PERS-EK, welche vorzugsweise in der Fertigung-KOST als  $K_{P,F}$  anfallen, und die Gemeinkosten der Material-KOST  $K_{M,G,M}$  sowie der Fertigung-KOST  $K_{G,F}$ .

$$(71) \quad K_{UMS} = K_M + K_{P,F} + K_{G,M} + K_{G,F} + K_{HK}(\Delta x_L)$$

In Tabelle 51 ist die Berechnung der Umsatzkosten explizit eingefügt, sodass sich nunmehr auch die in den Umsatzkosten implizit enthaltenen Bestandsveränderungen zeigen.

GUV nach UKV		VK-Rechnung
Umsatzerlöse	UMS	-1.000.000
Bestandsveränderung Fertigprodukte	$K_{HK}(\Delta x_L)$	-2.282
MAT-EK	$K_M$	288.150
Fert-PERS-EK	$K_{P,F}$	61.914
Mat-GK	$K_{G,M}$	50.239
Fert-GK	$K_{G,F}$	134.160
Umsatzkosten	$K_{UMS}$	532.182
Umsatzergebnis	$UE_{GUV}$	-467.818
Vertr-PERS-EK	$K_{P,vtr}$	102.458
Vertr-GK	$K_{G,vtr}$	139.593
Vertriebskosten	$K_{vtr}$	242.051
Verw-GK	$K_{G,vw}$	62.266
Verwaltungskosten	$K_{vw}$	62.266
Sonstiger betrieblicher Aufwand	$K_{SONST}$	0
Betriebserfolg (BE)	$BE_{GUV}$	-163.501
Finanzerfolg (FE)	$FE_{GUV}$	35.624
Ergebnis der gewöhnl. Tätigk. (EGT)	$EGT_{GUV}$	-127.877

**Tabelle 51:** GUV – UKV auf Basis voller Kosten (ERPC-Bericht)

Neben den Bestandsveränderungen zeigen sich nunmehr aber auch die Ressourcen-spezifischen Komponenten in den Umsatzkosten. Bei den MAT-EK  $K_M$  handelt es sich um Einzelkosten in Form des Wareneinsatzes  $K_{M,F}$ , welcher symbolisch der Fertigung-KOST zugeordnet wird, und des Handelswareneinsatzes<sup>110</sup>  $K_{M,F}$ .

$$(K23) \quad \begin{aligned} K_M &= K_{M,F} + K_{HWE} \\ &= 230.261 + 57.889 = 288.150 \end{aligned}$$

wobei

- $K_M$  MAT-Periodenkosten
- $K_{M,F}$  Wareneinsatz: MAT-Periodenkosten der Fertigung-KOST
- $K_{HWE}$  Handelswareneinsatz

<sup>110</sup> Beim Handelswareneinsatz handelt es sich um den Wert der abgesetzten Handelswaren zu Einstandspreisen, welche aus dem Einkaufspreis und den Bezugskosten bestehen.

Darüber hinaus enthält die Tabelle 51 auch noch die Bestandteile der Vertriebs- und Verwaltungskosten. Dadurch werden Ressourcen-spezifische Einblicke gegeben. Bei den Vertriebskosten zeigen sich somit die mit der PERS-Ressource verbundenen EK. Bei diesen Einzelkosten handelt es sich um die Provisionen für das selbständig angestellten Vertriebspersonal. Die restlichen GK bestehen v.a. aus PERS- und TECH-GK. Diese zeigen sich, wenn in den ERCP-Bericht einen Schritt tiefer gezoomt wird.

GUV nach UKV		B.V.-Bewertung zu VK	B.V.-Bewertung zu TK	B.V.-Bewertung zu EK
Umsatzerlöse	UMS	-1.000.000	-1.000.000	-1.000.000
Bestandsveränderung Fertigprodukte	$K_x(\Delta X_L)$	-2.282	-1.799	-1.328
MAT-EK	$K_M$	288.150	288.150	288.150
PERS-EK	$K_{P,F}$	61.914	61.914	61.914
Mat-GK	$K_{G,M}$	50.239	50.239	50.239
Fert-GK	$K_{G,F}$	134.160	134.160	134.160
Umsatzkosten	$K_{UMS}$	532.182	532.664	533.135
Umsatzergebnis	$UE_{GUV(x)}$	-467.818	-467.336	-466.865
Vertr.PERS-EK	$K_{P,Vtr}$	102.458	102.458	102.458
Vertr-GK	$K_{G,Vtr}$	139.593	139.593	139.593
Vertriebskosten	$K_{Vtr}$	242.051	242.051	242.051
Verw-GK	$K_{G,Vw}$	62.266	62.266	62.266
Verwaltungskosten	$K_{Vw}$	62.266	62.266	62.266
Sonstiger betrieblicher Aufwand	$K_{SONST}$	0	0	0
Betriebserfolg (BE)	$BE_{GUV(x)}$	-163.501	-163.018	-162.547

**Tabelle 52:** GUV-BE – Abhängigkeit vom BV-Bewertungsprinzip (ERPC-Bericht)

In Tabelle 52 sind die Ergebnisse dargestellt, welche sich durch die Bewertung der Bestandsveränderungen mit unterschiedlichen Bewertungsprinzipien ergeben. Dabei zeigt sich, dass im vorliegenden Fall die Bewertung der Bestandsveränderungen zu Teil- bzw. Einzelkosten zu geringeren Erträgen führt. Durch diese Erträge werden die periodischen Herstellungskosten neutralisiert. Durch die Soll-Buchung bei den Vorräten geht mit der habenseitigen Ertragsbuchung auch eine Erhöhung der Vorratsposition in der Bilanz einher, womit die neutralisierten Herstellungskosten aktiviert werden. Die geringen Erträge bei der Bewertung nach dem EK- bzw. TK-Prinzip führen schließlich auch zu geringeren Betriebserfolgen im Vergleich zur Bewertung nach dem VK-Prinzip.

**Hinweis** zur Unterscheidung: Einzelkosten-, Teilkosten- bzw. Vollkostenprinzip  
 Das Bewertungsprinzip bestimmt die Höhe der im UKV ausgewiesenen Umsatzkosten. Im nationalen Handelsrecht gibt es diesbezügliche Spielräume, welche im internationalen Handelsrecht (IFRS) aufgrund der Vorschreibung des Vollkostenprinzips eliminiert werden. Diesen Umstand gilt es bei der Analyse von UKV-gegliederten GUV stets zu beachten.

BE nach UKV		TK-Rechnung
Umsatzerlöse	UMS	-1.000.000
Bestandsveränderung Fertigprodukte	$K_{HK}(\Delta x_L)$	-1.799
MAT-EK	$K_M$	288.150
Fert-PERS-EK	$K_{P,F}$	61.914
v.Mat-GK	$K_{vG,M}$	33.438
v.Fert-GK	$K_{vG,F}$	51.607
v.Umsatzkosten	$K_{vUMS}$	433.310
Umsatzergebnis	$UE_{GUV(TK)}$	-566.690
Vertr-PERS-EK	$K_{P,Vtr}$	102.458
v.Vertr-GK	$K_{vG,Vtr}$	51.091
v.Vertriebskosten	$K_{vVtr}$	153.549
v.Verw-GK	$K_{vG,Vw}$	15.905
v.Verwaltungskosten	$K_{vVw}$	15.905
v.Sonstiger betrieblicher Aufwand	$K_{vSONST}$	0
Betriebserfolg (TK-Basis)	$BE_{GUV(TK)}$	-397.236
Fixkosten (betriebl.)	$K_{f,GUV}$	234.218
Betriebserfolg	$BE_{GUV}$	-163.018

**Tabelle 53:** GUV – UKV auf Basis variabler Kosten (ERPC-Bericht)

Die flexible Ausgestaltung der gesetzlichen Kostenrechnung ermöglicht auch noch weitere Erfolgsdarstellungen, welche insbesondere für die Unternehmens- und Betriebssteuerung interessant sind. In Tabelle 53 wird beispielsweise die GUV nach dem UKV auf der Basis variabler Kosten, wobei es sich um eine konkrete Ausgestaltung des TK-Bewertungsprinzips handelt, gegliedert.

$$\begin{aligned}
 \text{(K24)} \quad UE_{GUV(TK)} &= UMS_{GUV(TK)} - K_{vUMS} \\
 &= 1.000.000 - 433.310 = 566.690
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(K25)} \quad BE_{GUV(TK)} &= UE_{GUV(TK)} - K_{vVtr} - K_{vVw} \\
 &= 566.690 - 153.549 - 15.905 = 397.236
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(K26)} \quad BE_{GUV} &= BE_{GUV(TK)} - K_{f,GUV} \\
 &= 397.236 - 234.218 = 163.018
 \end{aligned}$$

**Hinweis** zur Unterscheidung: Formel vs. ERPC-Bericht

In der formelhaften Darstellung werden zum anfänglich einfacheren Verständnis jeweils positive Werte für die Aufwands- und Erlöspositionen unterstellt, womit die Information über die Soll- und Habenseite unterschlagen wird. In diesem Fall ergibt sich der Erfolg als Differenz zwischen dem Erlös und den Kosten (Aufwand). Im ERP-CONTROL wird hingegen die Infor-

mation über die Soll- und Habenseite im *Vorzeichen* berücksichtigt, sodass der Erfolg durch Addition<sup>111</sup> gebildet wird. Diese Vorgehensweise reduziert mögliche Fehlerquellen und erhöht somit die Datensicherheit im REA-Management-Informationen-System ERP-CONTROL.

### Absatzsteuerung: Von den Herstellungs- zu den Selbstkosten

Für die Entscheidungen im Rahmen der *Absatzsteuerung* reichen die Herstellungskosten nicht aus, da noch wichtige Kostenbestandteile fehlen. Um für die im Rahmen der Absatzsteuerung zu treffenden Preisentscheidungen benötigten Informationen zu erhalten, wird die für die Ermittlung der variablen Herstellungskosten  $k_{vHK}$  erstellte Kalkulationsfunktion erweitert. Die Erweiterung besteht in der Hinzunahme von variablen Einheitskosten für die Vertriebs-KOST  $k_{vG,Vtr(n)}$  und Verwaltungs-KOST  $k_{vG,Vw(n)}$ , womit in Summe die variablen Selbstkosten  $k_{vSK(n)}$  gebildet werden.

$$(72) \quad k_{vSK(n)} = k_{vHK(n)} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)}$$

In Tabelle 54 zeigen sich die variablen Selbstkosten für die drei Kostenträger in Form der gegossenen, gepressten und gezogenen Kerzen.

		Gegossene K.	Gepresste K.	Gezogene K.	Gesamt	
v.HKS	$k_{vHK(n)}$	2,5677	1,6634	2,4407	$k_{vHK}$	2,1988
v.Vetr-GKS	$k_{vG,Vtr(n)}$	0,2978	0,2978	0,2978	$k_{vG,Vtr}$	0,2978
v.Verw-GKS	$k_{vG,Vw(n)}$	0,0927	0,0927	0,0927	$k_{vG,Vw}$	0,0927
v.SKS	$k_{vSK(n)}$	2,9582	2,0539	2,8313	$k_{vSK}$	2,5894

**Tabelle 54:** Von den variablen Herstellungs- zu den variablen Selbstkostensätzen

Weiters enthalten die beiden letzten Spalten der Tabelle auch noch die Bestandteile der variablen Selbstkosten, welche sich auf einer höheren Aggregatsstufe, also bei einer gesamthaften Betrachtung aller Kostenträger ergeben. Diese Betrachtungsebene wird in der *unternehmensweiten Planung und Steuerung* verwendet, wo die Kostenträger-bezogene Granularität zugunsten einer die *gesamthafte Perspektive* kennzeichnenden *gröberen Granularität* in den Hintergrund rückt.

$$(73) \quad k_{vSK} = k_{vHK} + k_{vG,Vtr} + k_{vG,Vw}$$

<sup>111</sup> In ERP-CONTROL kommt somit zur Erfolgsermittlung durchgängig das (+)-Rechenzeichen zum Einsatz.

## Produktionssteuerung: Offenlegung der betrieblichen Stellgrößen in der PROWI-Perspektive

Bei einer REA-konformen Ausgestaltung der klassischen Kostenrechnung ist im REA-Management-Informationssystem auch eine *feinere Informationsgranularität* verfügbar. Diese feiner Granularität ist für die Betriebs- und Prozesssteuerung wichtig, wofür der Ressourcen- bzw. Prozessbezug benötigt wird. Die Ressourcen- bzw. Prozess-bezogene Information zeigt sich, indem in die in Gleichung (72) dargestellte Kalkulationsfunktion das generische 3-Ressourcen-Modell bzw. der Prozess-Bezug exemplarisch für die variablen Herstellungskosten integriert wird.

$$\begin{aligned}
 k_{vSK(n)} &= k_{vHK(n)} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)} \\
 (74) \quad &= \sum_i \frac{R_{i,vHK(n)} \cdot q_{i,vHK(n)}}{X_F} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)}
 \end{aligned}$$

bzw.

$$\begin{aligned}
 k_{vSK(n)} &= k_{vHK(n)} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)} \\
 (75) \quad &= \sum_i \sum_j \frac{r_{i,vHK(n(j))} \cdot q_{i,vHK(n(j))}}{x_{n(j)}} \cdot w_{n(j)} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)} \\
 &= \sum_i \sum_j a_{i,vHK(n(j))} \cdot q_{i,vHK(n(j))} \cdot w_{n(j)} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)} \\
 &= \sum_i \sum_j a_{i,vHK(n(j))} (d_{i,vHK(n(j))}^*) \cdot q_{i,vHK(n(j))} \cdot w_{n(j)} + k_{vG,Vtr(n)} + k_{vG,Vw(n)}
 \end{aligned}$$

Auf der Betriebsebene (Ebene 0, 1, 2, 3) ist die PROWI-Perspektive vordergründig, wobei die betrieblichen sowie prozessbezogenen Informationen zur *Produktionssteuerung* benötigt werden. Diese Informationen umfassen die Losgrößen  $x_{n(j)}$  und die Prozesswiederholungen  $w_{n(j)}$  aller zur Herstellung des n-ten Kostenträgers  $n(j)$  eingesetzten Prozesse<sup>112</sup>, sowie die aggregierten Faktorpreise  $q_{i,vHK(n(j))}$  für die drei generischen Ressourcen. Darüber hinaus zeigt über die Verbrauchsfunktion auch noch die Abhängigkeit der jeweiligen Produktionskoeffizienten  $a_{i,vHK(n(j))}$  von den im besten Fall optimalen Prozessintensitäten  $d_{i,vHK(n(j))}^*$ .

<sup>112</sup> Auch bezüglich der Prozesse gibt es unterschiedliche Granularitäten. So kann die gesamte Funktion einer KOST als ein Prozess gesehen werden. Dabei handelt es sich aber um einen aggregierten Prozess, welcher wiederum in seine Teile zerlegt werden kann. Die einzelnen Teile können wiederum Teile besitzen, usw.

## Erweiterung der gesetzlichen Kostenrechnung: Einbeziehung kalkulatorischer Kosten

Bei der gesetzlichen Kostenrechnung handelt es sich um eine konkrete Ausgestaltung der klassischen Kostenrechnung. U.z. wird die klassische Kostenrechnung mit den im externen Rechnungswesen verwendeten pagatorischen Kosten kalibriert. Diese besondere Art der Kalibrierung ist erforderlich, um in der GUV-Gliederung vom GKV zum UKV wechseln zu können. Auf der anderen Seite wird die klassische Kostenrechnung REA-konform konzipiert, sodass die über sie bereit gestellten Informationen in Form von Periodenkosten, Betriebs- und Prozessdaten zur Kalibrierung des Prozess- bzw. reduzierten Kostenmodells verwendet werden kann. In einem sich solcherart konstruierten REA-Management-Informationssystem liefert die gesetzliche Kostenrechnung die Informationen, welche für die verschiedenen Steuerungszwecke insbesondere in der Produktion und im Vertrieb benötigt werden.

Das REA-Management-Informationssystem ist so flexibel eingerichtet, dass es auch mit anderen Daten als den pagatorischen Kosten der gesetzlichen Kostenrechnung kalibriert werden kann. Diese vielfältigen Kalibrierungsmöglichkeiten sind nicht Entweder/Oder-Entscheidungen, sondern vielmehr Sowohl/Als auch-Entscheidungen. Durch die klare Trennung der Mengen-, Zeit- und Preisgerüste im REA-MIS können nämlich verschiedene Preissysteme parallel geführt werden, sodass der PROWI-Perspektive folgend die Mengen- und Zeitgerüste mit verschiedenen Preisgerüsten bewertet werden können. Die jeweilige Bewertung richtet sich nach der Art des Unternehmens und dem Steuerungszweck.

So werden kleine Unternehmen häufig in Form von Einzelunternehmen geführt, wo der Eigentümer nicht nur zugleich auch der Geschäftsführer ist, sondern darüber hinaus auch noch operativ in den Geschäftsprozessen mitarbeitet. In solchen Unternehmen erhält der Unternehmer für seine Tätigkeit kein Entgelt, zumal ihm als Eigentümer das GUV-EGT zukommt. Im Rahmen der zur Preisfindung auf den Absatzmärkten durchgeführten Kalkulation, wird auch die vom Unternehmer selbst eingebrachten PERS-Ressource als kalkulatorische Größe in Form des *kalkulatorischen Unternehmerlohns* angesetzt.

### **Hinweis** zur Unterscheidung: Pagatorische vs. kalkulatorische Kosten

Im Rahmen der externen Rechnungslegung dürfen immer nur die pagatorischen Kosten angesetzt werden. Die Einbeziehung von kalkulatorischen Kosten dient nur für interne Kalkulations- bzw. interne Steuerungszwecke. Werden kalkulatorische Kosten berücksichtigt, dann sind zwei verschiedene Rechenwerke parallel zu führen.

Ein weiterer wichtiger Punkt, wo kalkulatorische Kosten häufig thematisiert werden, sind die *Abschreibungen*, also die TECH2-Kosten. Die Problematik stellt sich insbesondere im Rahmen der Kalkulation und des Betriebsvergleichs. Werden in der Produktion Fertigungsanlagen eingesetzt, welche steuerrechtlich bereits abgeschrieben sind, dann fallen keine Abschreibungen

mehr an. Die Abschreibungen zählen quasi als die große Ausnahme<sup>113</sup> zu den pagatorischen Kosten. In der Kalkulation wird in der Regel der ökonomischen Tatsache eines Ressourcen-Verbrauchs Rechnung getragen, welcher vorliegt, unabhängig, ob die Anlage steuerrechtlich abgeschrieben ist oder nicht. Aus diesem Grunde werden für Kalkulationszwecke anstelle der pagatorischen die kalkulatorischen Abschreibungen angesetzt. Auch zum Betriebsvergleich werden häufig kalkulatorische Abschreibungen angesetzt, um die ökonomische Vergleichbarkeit der Kosten des Betriebsbereichs herzustellen.

---

<sup>113</sup> Die finanzwirtschaftliche Betrachtung zeigt, dass mit den Abschreibungen keine Auszahlungen verbunden sind. Die Auszahlungen einer Fertigungsanlage, welche als Anschaffungskosten bezeichnet werden, fallen mit ihrer Anschaffung an. Gleiches gilt übrigens auch für die Bildung (Dotierung) von Rückstellungen, welche ebenfalls zu den pagatorischen Kosten zählen, obwohl sie nicht mit Zahlungen verbunden sind.

## Kontrolltheorie: Planung-, Kontrolle- und Lenkung-Aktivitäten

Im Controller-Leitbild der *International Group of Controlling* ([www.igc.controlling.org](http://www.igc.controlling.org)) wird *Controlling* definiert als die *Gestaltung und Begleitung von Managementprozessen*. Auf dieser Definition setzt auch das *Controlling unter Unsicherheit* auf. Zur konzeptionellen Präzisierung wird der Managementprozess darüber hinaus aus der kybernetischen Perspektive betrachtet und mit den jeweiligen Ausführungsprozessen in Form eines PDCA-Regelkreises modelliert.

### Kybernetisches Management-Modell: Integriertes PDCA-Rahmenwerk

**Definition:** Controlling (Institut für Managementwissenschaften/TUWien)

In Controlling<sup>114</sup> geht es um die inhaltliche und zeitliche Integration des Ausführungssystems (Do) mit dem Führungssystem, welches aus

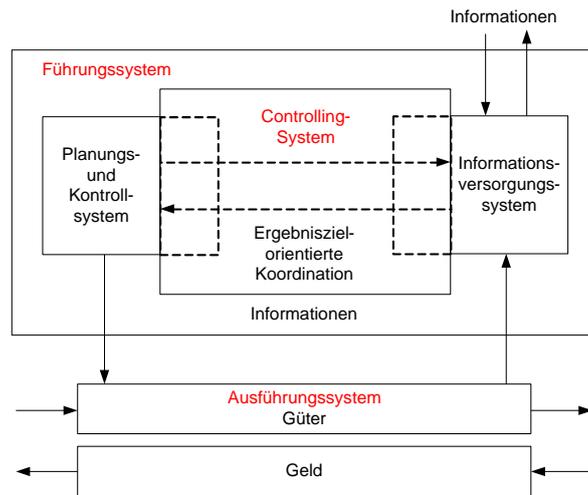
- dem Planungssystem (Plan),
- dem Kontrollsystem (Check) und
- dem Lenkungssystem (Act)

besteht, zu einer organisationalen Ganzheit. Dabei wird das Unternehmen als soziotechnisches System modelliert, welches es im Zeitablauf in einem stochastischen Umfeld bestmöglich zu führen gilt.

Die das Controlling charakterisierende *intertemporale systemische Integration* ist ein nicht leicht zu fassendes Konstrukt, welches eine abstrakte und in mehrfacher Hinsicht strukturierte Denkweise erfordert. Um dieses Konstrukt sukzessive aufbauen zu können, werden das Ausführungssystem und das in seine Teilsysteme zerlegte Führungssystem als *PDCA-System* bezeichnet. Das Ausführungssystem, welches aus den auf der ausführenden Ebene ablaufenden

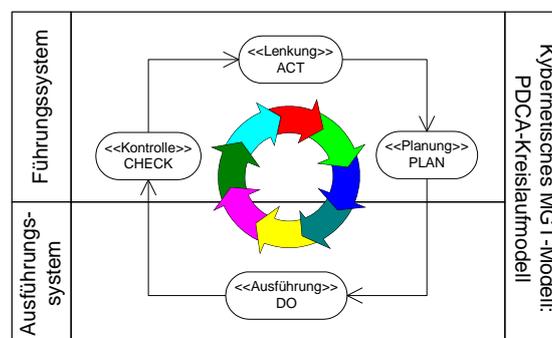
<sup>114</sup> Diese Controlling-Definition steht im Einklang mit der *umfassend koordinationsorientierten Controlling-Konzeption* von Küpper [Küpp08, S. 27], wobei das Controlling die fünf Komponenten des Führungssystems [Küpp08, S. 30] in Form des Planungssystems, Kontrollsystems, Informationssystems, Organisation und Personalführung koordiniert. Im Unterschied zu Küpper sollen durch die Darstellung des Controlling-Kreislaufs als integrierender PDCA-Prozess der prozessuale, der kybernetisch dynamische und insbesondere der informationale Aspekt von Controlling nachhaltiger betont werden. Die Organisation wird in der PDCA-Perspektive zweifach gesehen. Erstens bezieht sie sich über die Durch- bzw. Ausführung (Do) direkt auf den Ausführungsbereich, sodass dieser mit dem Führungssystem explizit verbunden ist. Zweitens zeigt sie sich in Form der integrierten (Aus-)Gestaltung des Gesamtsystems, indem der Controlling-Prozess aus der Metaperspektive betrachtet wird. Bei dieser Perspektive handelt es sich um die *Governance-Perspektive* im Controlling, wobei der PDCA-Prozess einer Beobachtung zugeführt wird. Diese Systembeobachtung wird im Sinne von Heinz von Foerster [Foer97] auch als *Controlling 2. Ordnung* bezeichnet. Auf der Governance-Ebene geht es um die Ausgestaltung des gesamten PDCA-Prozesses und dessen Adaptierungen im Zeitablauf. Weiters wird dabei auch der Aspekt der Personalführung einbezogen, um das Controlling im Sinne des auf Arrow [Arro64] zurück gehenden *organisationalen Controlling* (*Organizational Control*) auf soziotechnische Systeme aufzusetzen.

Prozessen besteht, wird als (P)D(CA)-System bezeichnet. Durch die Ausklammerung des Planungssystems (P) und des Kontroll- und Lenkungssystems (CA) bleibt nur noch das Ausführungssystem D, welches im (P)D(CA)-System vordergründig betrachtet wird. Durch die Ausgeklammerung der jeweils restlichen Teilsysteme bleibt aber die hintergründige Betrachtung des integrierten Gesamtsystems ersichtlich. Der gleichen Logik wird gefolgt, wenn das Planungssystem als P(DCA)-System, das Kontrollsystem als (PD)C(A)-System, das Lenkungssystem als (PDC)A-System und das Führungssystem in seiner Gesamtheit als P(D)CA-System bezeichnet wird.



**Abbildung 53:** Controlling-System – Subsystem des Führungssystems

Die inhaltliche und zeitliche Integration des PDCA-Regelwerks wird anhand des aus der *Kybernetik* stammenden *Kreislaufmodells* visualisiert. In Abbildung 54 wird das PDCA-Regelwerk zur Symbolisierung der damit verbundenen Dynamik als Kreislaufmodell dargestellt. Der Dynamik zufolge handelt es sich bei diesem Kreislauf allerdings nicht um einen geschlossenen Kreis, wobei das Ende des Kreises sich genau mit dem Kreisbeginn schließt. Vielmehr führt die Dynamik zu einer im Zeitablauf spiralförmigen Entwicklung, sodass der Kreisbeginn zeitlich vor dem Kreisende liegt. Zwischen dem Kreisbeginn und dem Kreisende liegt eine Periode, welche der zeitlichen Länge des periodischen Zyklus entspricht.



**Abbildung 54:** PDCA-Rahmenwerk – Intertemporal integriertes PDCA-/Controlling-System

Bei näherer Betrachtung der einzelnen Teilsysteme des Führungssystems und des Ausführungssystems zeigt sich, dass jeweils unterschiedliche Zyklen auftreten können. Das PDCA-System entwickelt sich somit im Zeitablauf als ein Ensemble von verschiedenen Prozessen, welche durch das Controlling integriert ineinander greifen und wirken. Um den dynamischen Charakter des systemischen Verhaltens aller Teilsysteme des PDCA-Systems besser zum Ausdruck zu bringen, wird dieses System auch als *PDCA-Prozess* bezeichnet.

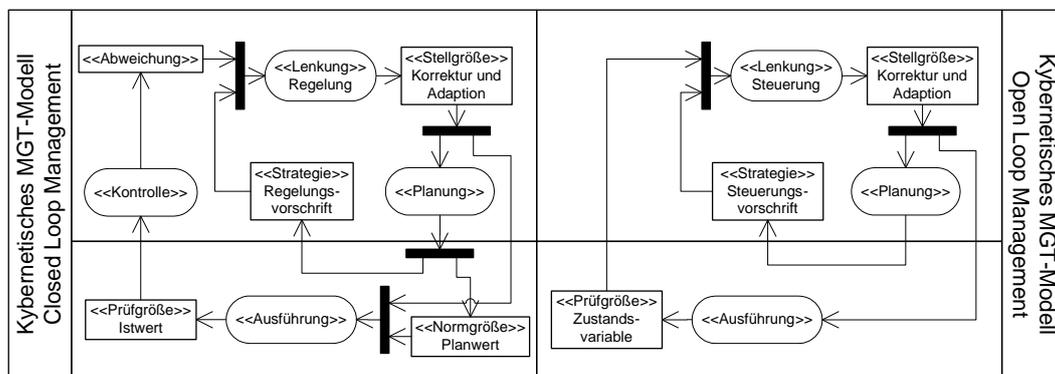
**Definition:** PDCA-Prozess als kybernetisches Regelwerk

Das aus der Kybernetik stammende Kreislaufmodell charakterisiert den iterativen, d.h. den sich im Zeitablauf wiederholenden PDCA-Prozess, wobei die Komponenten des Führungssystems in Form des Planungssystems (Plan), des Kontrollsystems (Check) und des Lenkungssystems (Act) mit dem Ausführungssystem in Form des Aus- bzw. Durchführungssystems (Do) intertemporal integriert sind.

Bei der Prozessdefinition gilt es eine Besonderheit zu beachten, welche es im klassischen Prozessmanagement nicht gibt. Aufgrund der ständigen Wiederholung im iterativ ablaufenden PDCA-Prozess hat dieser Prozess kein eindeutiges Ende.

**Definition:** Prozess

Ein Prozess ist ein Ereignis mit einer zeitlichen Ausdehnung, wobei Ressourcen transformiert werden. Ein Prozess hat somit einen Anfang und gegebenenfalls ein Ende.



**Abbildung 55:** PDCA-Rahmenwerk – Unterscheidung von Regelung und Steuerung

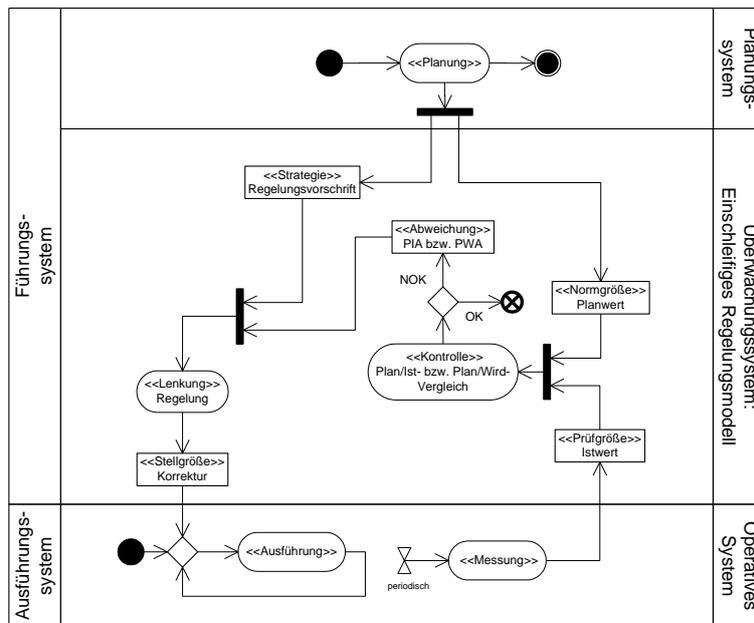
Liegen im Führungssystem alle drei Management-Aktivitäten vor, dann handelt es sich um eine *kybernetische Regelung*. Zentrales Kennzeichen des Regelungsmodells ist die *geschlossene Wirkungskette*, welche sich über den in der Kontrolle-Aktivität durchgeführten Vergleich von Prüfgröße und Normgröße ergibt. Fehlt die Kontrolle-Aktivität, dann liegt eine offene Wirkungskette vor. Dabei handelt es sich um eine *kybernetische Steuerung*.

**Definition:** Kybernetisches Regelungsmodell (Closed Loop Management)  
 Inkludiert der Management-Prozess eine Kontrolle-Aktivität, dann liegt eine geschlossene Wirkungskette und somit eine kybernetische Regelung vor.

**Definition:** Kybernetisches Steuerungsmodell (Open Loop Management)  
 Eine kybernetische Steuerung liegt vor, wenn im Management-Prozess die Kontrolle-Aktivität fehlt, was eine offene Wirkungskette begründet.

**X-Controlling-Modell: Modellierung als stereotypisiertes Aktivitätsdiagramm**

Die im kybernetischen Rahmenwerk symbolisierte Dynamik lässt sich als Aktivitätsdiagramm modellieren. Gegenüber einem einfachen Kreislauf beinhaltet das Aktivitätsdiagramm mehr Semantik, was in der Regel zu einem fundierteren Verständnis von PDCA-Prozessen führt.



**Abbildung 56:** X-Controlling-Modell – Einschleifiges Regelungsmodell

In Abbildung 56 wird das kybernetische Rahmenwerk als Aktivitätsdiagramm modelliert. Die Betrachtung des Aktivitätsdiagramms beginnt beim Startknoten in Form des ausgefüllten Krei-

ses links unten in der Grafik. Durch diesen Knoten wird ein Prozess<sup>115</sup>, wobei es sich um die Ausführung-Aktivität (*Do*) handelt, gestartet. In der sich zeitlich anschließenden Kontrolle-Aktivität (*Check*) wird ein Wert<sup>116</sup> gemessen, welcher mit der *Normgröße* in Form des Planwerts verglichen wird. Die sich daraus etwaig ergebende (*Norm-*)*Abweichung*<sup>117</sup> geht als Eingangsgröße die Lenkung-Aktivität (*Act*) ein und führt zu einer Lenkungsmaßnahme<sup>118</sup> in Form eines korrektiven Eingriffs in den ausführenden Aktivität des Ausführungssystem. Die in der Kontroll-Aktivität verwendete Normgröße und die in der Lenkung-Aktivität verwendete *Regelungsstrategie* kommen aus der Planung-Aktivität (*Plan*). Die Gesamtheit der drei Management-Aktivitäten im Führungssystem und der Ausführung-Aktivität im Ausführungssystem bilden das *PDCA-Rahmenwerk*.

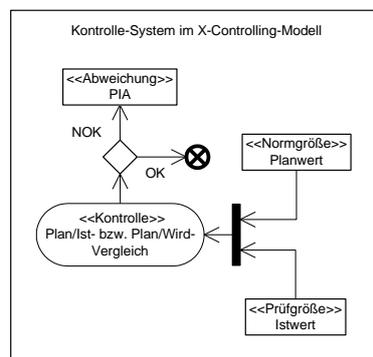


Abbildung 57: X-Controlling-Modell – Kontrolle-System

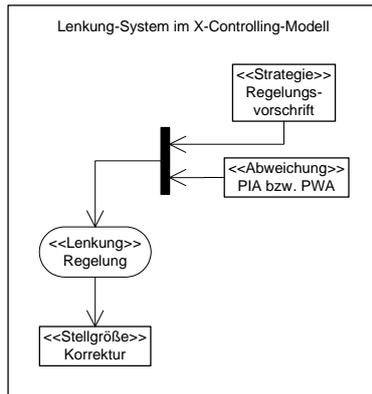
In der Kontrolle-Aktivität wird die gemessene Prüfgröße mit der Normgröße verglichen, um die Abweichung von der Normgröße zu bestimmen.

<sup>115</sup> Dieser Prozess befindet sich in einer Iterationsschleife, derzufolge der Prozess im Zeitablauf immer wieder durchlaufen wird. Dies kann beispielsweise ein sich täglich ereignender Fertigungsprozess sein. Andererseits kann es aber auch ein länger laufender Prozess sein, welcher in Teilprozesse zerlegt wird, sodass die einzelnen Teile im Zeitablauf durchlaufen werden. Diese mehrfache Interpretationsmöglichkeit überträgt sich auch auf die dem Prozess zeitlich anschließende Messungsaktivität. Handelt es sich um einen ganzen Prozess, so erfolgt die Messung nach der Prozessrealisation. Wird der Prozess hingegen im Zeitablauf schrittweise ausgeführt, dann erfolgt auch die Messung schrittweise. Die Messung setzt demnach vor der letztendlichen Realisation des gesamten Prozesses ein.

<sup>116</sup> Die Art des dabei gemessenen Werts spezifiziert das Lenkungssystem entweder als *Feedback-Regelungsmodell*, wenn der Istwert gemessen wird, oder als *Feedforward-Regelungsmodell*, wenn ein Wert zur Ermittlung des Wirdwerts ermittelt wird.

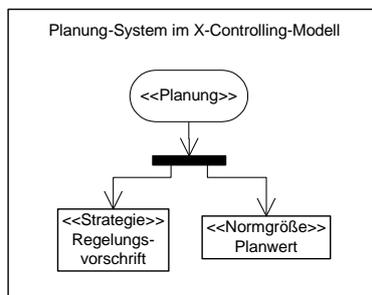
<sup>117</sup> In Abhängigkeit vom im Vergleich verwendeten Wert ergibt sich im Falle der Feedback-Regelung eine retrospektive Abweichung und im Falle der Feedforward-Regelung ist es eine prospektive Abweichung.

<sup>118</sup> In der Feedback- bzw. Feedforward-Regelung liegt eine reaktive bzw. eine proaktive Lenkungsmaßnahme vor.



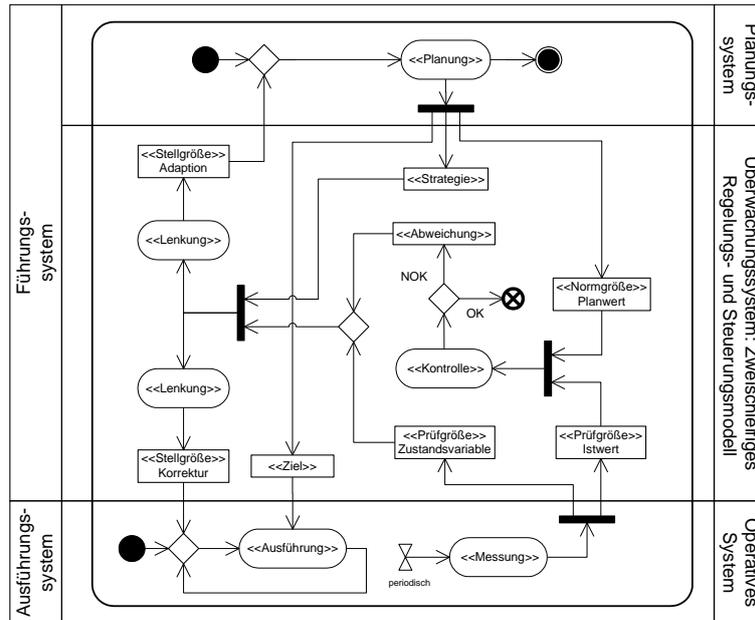
**Abbildung 58:** X-Controlling-Modell – Lenkung-System

In der Lenkung-Aktivität wird die in der Kontrolle-Aktivität bestimmte Abweichung gemäß der Regelungsstrategie in die korrektiv wirkende Stell-größe umgewandelt.



**Abbildung 59:** X-Controlling-Modell – Planung-System

In der Planung-Aktivität wird die in der Kontrolle-Aktivität verwendete Normgröße festgelegt und die in der Lenkung-Aktivität benötigte Regelungsstrategie bestimmt.



**Abbildung 60:** Controlling-Modell – Generisches Rahmenwerk

In Abbildung 60 ist ein generisches Controlling-Modell dargestellt, welches ein kombiniertes Regelungs- und Steuerungsmodell enthält. Weiters ist es zweischleifig konstruiert, was an den beiden Lenkung-Aktivitäten zu erkennen ist. Aus der Planung-Aktivität resultiert auch die Zielvorgabe für die Ausführung, was v.a. für das Prozess- und Risiko-Management benötigt wird.

**Absatz-Controlling: Design und Ausgestaltung des Controlling-Modells**

**Absatz-Controlling: Inhaltliche Beschreibung, Design und Ausgestaltung**

Im Rahmen der Planung werden die für die einzelnen Geschäftsbereiche erwarteten Absatzmengen und daraus die geplanten Absätze (Planabsatz) festgelegt. Im Zeitablauf werden die Ist-Absätze in den einzelnen Geschäftsbereichen gemessen. Im einfachsten Fall werden die Ist- mit den Plan-Absätzen im Rahmen von Endergebnis-Kontrollen verglichen. Mit Hilfe von Zwischenergebnis-Kontrollen lassen sich zudem auch proaktive Regelungsmodelle implementieren. Werden in den Vergleichen unerwünschte Abweichungen festgestellt, so werden die in der Regelungsstrategie festgelegten Maßnahmen ergriffen. Liefern die Vergleiche Hinweise, dass die Planung fehlerhaft war, so wird die Planung-Aktivität entsprechend adaptiert.

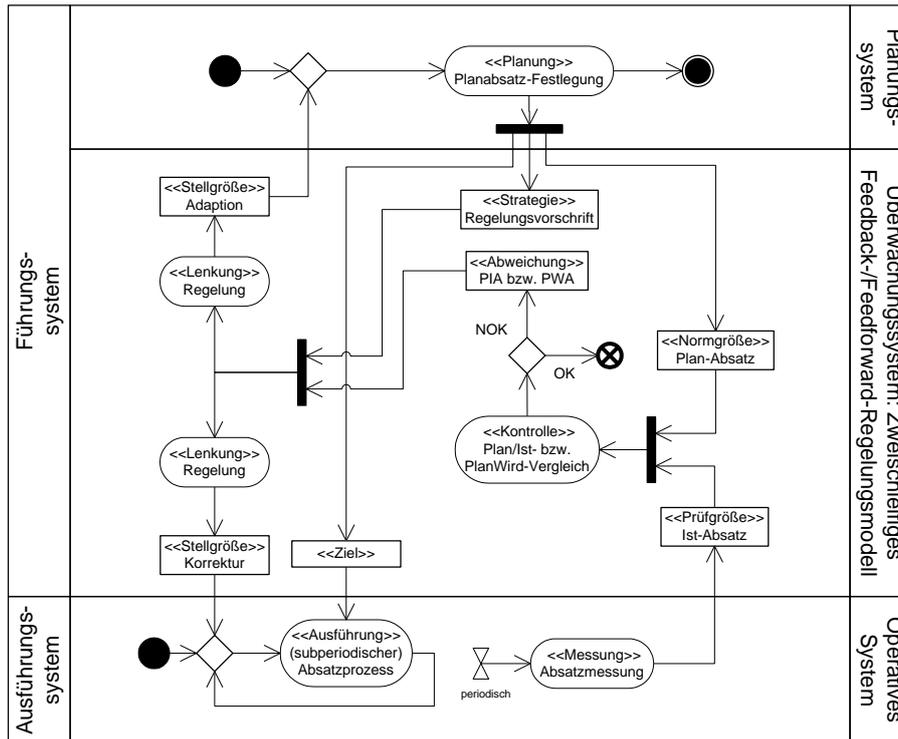


Abbildung 61: Absatz-Controlling – Zweischleifiges Regelungsmodell

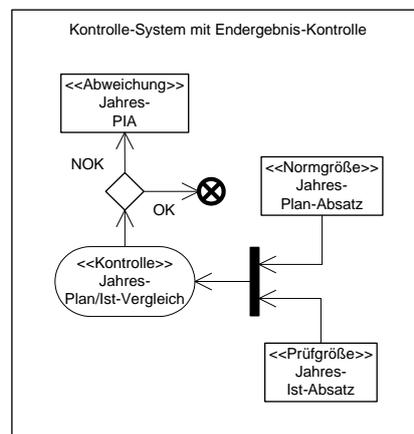
Ausgestaltung der dispositiven Management-Aktivitäten

- Ausführung-Aktivität: Absatzprozesse
- Planung-Aktivität: Modell-basierte, d.h. analytische Planung des geplanten Absatzes sowie Festlegung der Regelungsstrategie
- Kontrolle-Aktivität: Bestimmung etwaiger Abweichungen durch Vergleich der periodisch gemessenen Ist-Absätze bzw. der daraus berechneten Wird-Absätze mit den Planabsätzen. ACHTUNG: Die Kontrollform bestimmt das Regelungsmodell. Dem Feedback- bzw. Feedforward-Regelungsmodell liegt ein Plan/Ist-Vergleich bzw. ein Plan/Wird-Vergleich zugrunde.
- Lenkung-Aktivität: in Abhängigkeit der konkreten Abweichung werden Lenkungsmaßnahmen ergriffen, welche korrektiv in die Ausführung oder adaptiv in die Planung wirken (zweischleifiges Regelungsmodell).

Absatz-Controlling: Feedback-Regelung mit End- und Zwischenergebnis-Kontrollen

Feedback-Regelungsmodell: Ausgestaltung der dispositiven Management-Aktivitäten

- **Planung-Aktivität:** Ausgangspunkt ist die von der Marketing-Abteilung für das nächste Jahr erwartete Absatzmenge, woraus der Planabsatz festgelegt wird.
- **Messung-Aktivität:** Nach Ablauf des Jahres wird die realisierte Absatzmenge gemessen.
- **Kontrolle-Aktivität:** Beim Vergleich der realisierten Absatzmenge mit dem geplanten Absatz handelt es sich um einen Plan/Ist-Vergleich (Endergebnis-Kontrolle), was ein Feedback-Regelungsmodell begründet.
- **Lenkung-Aktivität:** Die sich aus dem Plan/Ist-Vergleich ergebende Feedback-Abweichung bildet die Basis für eine reaktive Lenkung-Aktivität, welche korrektiv in die Ausführung oder adaptiv in die Planung wirken kann.



**Abbildung 62:** Absatz-Controlling – Feedback-Regelung mit Endergebniskontrolle

Durch die Einführung von Zwischenergebnis-Kontrollen werden auch proaktive Lenkung-Aktivitäten möglich, zumal die Aktivitäten dann bereits vor der Realisation des Endergebnisses ergriffen werden können.

- **Planung-Aktivität:** Der geplante Jahresabsatz lässt sich z.B. quartalsweise auf auf die vier Quartals-Planwerte umlegen, welche die Zwischenziele für die Zwischenergebnis-Kontrollen darstellen.
- **Messung-Aktivität:** Nach Ablauf des Quartals wird der realisierte Quartalsabsatz gemessen.
- **Kontrolle-Aktivität:** Durch die quartalsweisen Plan/Ist-Vergleiche liegt weiterhin ein Feedback-Regelungsmodell vor.

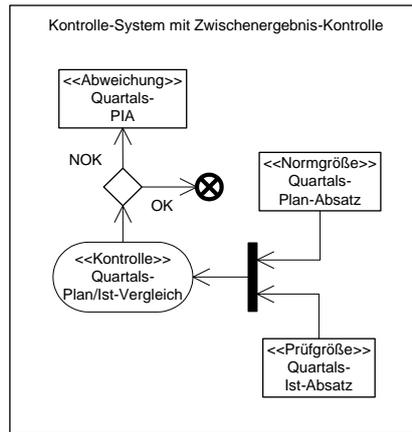


Abbildung 63: Absatz-Controlling – Feedback-Regelung mit Zwischenergebniskontrollen

Planung-Aktivität: Analytische Planung mit dem anteilsbasierten Planungsmodell

Anteilsbasierte Planung: Die quartalsweisen Planwerte werden berechnet, indem der geplante Jahresabsatz mit den jeweils geplanten Quartalsanteilen multipliziert wird. Die Quartalsanteile werden über die durchschnittlichen Quartalsanteile der letzten  $T$  Jahre statistisch kalibriert.

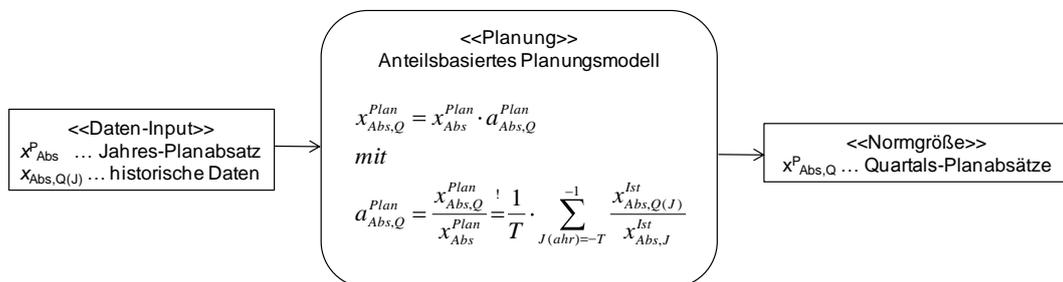


Abbildung 64: Planung-Aktivität – Anteilsbasiertes Planungsmodell

	Q1	Q2	Q3	Q4	p.a.	(Sub-)Perioden
$x_{Abs,Q(VJ)}$	41.158	33.397	39.794	57.233	171.582	VJ-Absatz
$a_{Abs,Q(VJ)} = x_{Abs,Q(VJ)} / \sum x_{Abs,Q(VJ)}$	23,99%	19,46%	23,19%	33,36%	100,00%	VJ-Anteil
$x_{Abs,Q(VVJ)}$	44.941	31.902	35.127	57.208	169.178	VVJ-Absatz
$a_{Abs,Q(VVJ)} = x_{Abs,Q(VVJ)} / \sum x_{Abs,Q(VVJ)}$	26,56%	18,86%	20,76%	33,82%	100,00%	VVJ-Anteil
$\bar{a}_{Abs,Q}^P = (\sum a_{Abs,Q(J)}) / T$	25,28%	19,16%	21,98%	33,59%	100,00%	Durchschnittswert des Anteils

Tabelle 55: Anteilsbasiertes Planungsmodell – Statistische Kalibrierung

Im einfachsten Fall werden die quartalsbezogenen Absatzanteile aus den prozentuellen Anteilen der 4 Quartale der letzten beiden Jahren statistisch kalibriert, u.z. aus dem letzten Jahr (= Vorjahr: VJ) und dem vorletzten Jahr (= Vor-Vorjahr: VVJ).

$$\begin{aligned}
 (76) \quad a_{Abs,Q}^{Plan} &= \frac{\sum_{J(ahr)=-T}^{-1} \frac{x_{Abs,Q(J)}^{Ist}}{x_{Abs,J}^{Ist}}}{T} \\
 &= \frac{44.941}{169.178} + \frac{41.158}{171.582} = 25,28\%
 \end{aligned}$$

	Q1	Q2	Q3	Q4	p.a.	(Sub-)Perioden
$x_{Abs}^P$	175.000					geplanter Jahres-Absatz
$a_{Abs,Q}^P$	25,28%	19,16%	21,98%	33,59%	100,00%	Quartals-Anteil
$x_{Abs,Q}^P = x_{Abs}^P * a_{Abs,Q}^P$	44.233	33.531	38.461	58.775	175.000	geplanter Quartals-Absatz

**Tabelle 56:** Anteilsbasiertes Planungsmodell – Ermittlung der Planwerte

Ausgehend vom geplanten Jahresabsatz ME 175.000 werden die für die nächsten vier Quartale geplanten Absätze über die Quartalsanteile berechnet.

HINWEIS: Die geplanten Quartalsabsätze werden somit aus einer Kombination der zukunftsgerichteten Jahresabsatzplanung und der historischen Quartalsentwicklungen ermittelt. Wird erwartet, dass aufgrund gravierender Änderungen die historischen Werte nicht prognosefähig sind, dann sind auch die Quartals-anteile zukunftsbezogen (z.B. durch Expertenbefragung) zu ermitteln.

Kontrolle-Aktivität: Zwischenzeitliche Informationsenthüllung durch Planfortschrittskontrollen

	Q1	Q2	Q3	Q4	p.a.	(Sub-)Perioden
$x_{Abs}^P$	175.000					geplanter Jahres-Absatz
$a_{Abs,Q}^P$	25,28%	19,16%	21,98%	33,59%	100,00%	Quartals-Anteil
$x_{Abs,Q}^P = x_{Abs}^P * a_{Abs,Q}^P$	44.233	33.531	38.461	58.775	175.000	geplanter Quartals-Absatz
$x_{Abs,Q}$	42.278					realisierter Quartals-Absatz
$PIA_Q = x_{Abs,Q} - x_{Abs,Q}^P$	-1.955					Plan/Ist-Abweichung

**Tabelle 57:** Kontrolle-Aktivität – Ermittlung subperiodischer Plan/Ist-Abweichungen

Kontrolle-Aktivität: Nach jeder (Sub-)Periode werden die quartalsweise realisierten Absätze den jeweils geplanten Quartalsabsätzen gegenüber gestellt, um die quartalsweisen Plan/Ist-Abweichungen zu ermitteln. Dabei handelt es sich um Zwischenergebnis-Kontrollen, sodass vor Realisation des gesamten Jahresabsatzes proaktive Lenkungsmaßnahmen möglich werden. Diese Maßnahmen sollen sicher stellen, dass der am Jahresanfang geplante Jahresabsatz am Ende des Jahres möglichst auch realisiert wird.

## Absatz-Controlling: Vom Feedback- zum Feedforward-Regelungsmodell

### Absatz-Controlling: Feedforward-Regelung mit Zwischenergebnis-Kontrollen

Feedforward-Regelungsmodell: Das Controlling-System wird zukunftsbezogener, wenn bei den Zwischenergebnis-Kontrollen nicht Plan/Ist- sondern Plan/Wird-Vergleiche durchgeführt werden.

$$\begin{aligned}
 \underbrace{E[\tilde{x}_{Abs} | s_{t,i}]}_{\text{Wird-Wert}} &= \underbrace{\sum_{Q <= t} x_{Abs,Q}}_{\substack{\text{aufgelaufene} \\ \text{Ist-Werte}}} + \underbrace{\sum_{Q > t} E[\tilde{x}_{Abs,Q} | s_{t,i}]}_{\substack{\text{Rest-Erwartungswert} \\ \text{(Need to Complete)}}} \\
 \text{(K27)} \qquad \qquad \qquad &= \sum_{Q <= t} x_{Abs,Q} + x_{Abs}^{Plan} \cdot \sum_{Q > t} E[\tilde{a}_{Abs,Q} | s_{t,i}]
 \end{aligned}$$

Anteilsbasiertes Prognosemodell: Mathematisch wird der Wird-Wert als bedingter Erwartungswert modelliert, um die sich im Zeitablauf sukzessive enthüllenden Informationen adäquat berücksichtigen zu können. Beim bedingten Erwartungswert wird die Bedingtheit durch einen geraden Strich und den die Bedingtheit charakterisierenden Zustand angegeben.

Der bedingte Erwartungswert wird für den Zeitpunkt  $t$  berechnet, indem die aufgelaufenen Ist-Werte der vorangegangenen Perioden ( $Q \leq t$ ) und der Rest-Erwartungswert der zukünftigen Perioden ( $Q > t$ ) summiert werden.

	Q1	Q2	Q3	Q4	(Sub-)Perioden
$x_{Abs}^P$	175.000				geplanter Jahres-Absatz
$x_{Abs,Q}$	42.278				realisierter Quartals-Absatz
$AIW(s_{t,i}) = \sum x_{Abs,Q}$	42.278				aufgelaufene Ist-Werte
$E[a_{Abs,Q}   s_{t,i}]$		19,16%	21,98%	33,59%	erwarteter Quartals-Anteil
$E[a_{Abs}   s_{t,i}] = \sum E[a_{Abs,Q}   s_{t,i}]$	74,72%				Rest-Anteil
$REW(s_{t,i}) = x_{Abs}^P \cdot E[a_{Abs}   s_{t,i}]$	130.767				Rest-Erwartungswert
$E[x_{Abs}   s_{t,i}] = AIW(s_{t,i}) + REW(s_{t,i})$	173.045				Wird-Wert
$PWA(s_{t,i}) = E[x_{Abs}   s_{t,i}] - x_{Abs}^P$	-1.955				Plan/Wird-Abweichung

**Tabelle 58:** Kontrolle-Aktivität – Plan/Wird-Vergleich

Nach dem ersten Quartal wird der Ist-Absatz von 42.278 ME gemessen. Dabei handelt es sich gleichzeitig auch um die bis zum Betrachtungszeitpunkt  $t1$  aufgelaufenen Ist-Werte ( $AIW$ ). Der Rest-Erwartungswert ( $REW$ ) wird gebildet, indem die von  $t1$  aus noch künftigen Anteile der Absätze mit dem ursprünglich erwarteten Jahresabsatz multipliziert und summiert werden.

$$\begin{aligned}
 E[\tilde{x}_{Abs} | s_{1,i}] &= \sum_{Q <= 1} x_{Abs,Q} + \sum_{Q > 1} E[\tilde{x}_{Abs,Q} | s_{1,i}] \\
 &= x_{Abs,Q1} + x_{Abs}^{Plan} \cdot \sum_{Q > 1} E[\tilde{a}_{Abs,Q} | s_{1,i}] \\
 \text{(K28)} \quad &= x_{Abs,Q1} + x_{Abs}^{Plan} \cdot (E[\tilde{a}_{Abs,Q2} | s_{1,i}] + E[\tilde{a}_{Abs,Q3} | s_{1,i}] + E[\tilde{a}_{Abs,Q4} | s_{1,i}]) \\
 &= 42.278 + 175.000 \cdot (19,16\% + 21,98\% + 33,59\%) \\
 &= 42.278 + 130.767 \\
 &= 173.045
 \end{aligned}$$

Der Wird-Wert bildet sich aus der Summe von *AIW* und *REW*. Die Plan/Wird-Abweichung ergibt sich durch Vergleich von erwartetem Jahres-Absatz und Wird-Wert.

	Q1	Q2	Q3	Q4	(Sub-)Perioden
$x_{Abs}^P$	175.000				geplanter Jahres-Absatz
$x_{Abs,Q}$	42.278	30.817			realisierter Quartals-Absatz
$AIW(s_{t,i}) = \sum x_{Abs,Q}$		73.095			aufgelaufene Ist-Werte
$E[a_{Abs,Q}   s_{t,i}]$			21,98%	33,59%	erwarteter Quartals-Anteil
$E[a_{Abs}   s_{t,i}] = \sum E[a_{Abs,Q}   s_{t,i}]$		55,56%			Rest-Anteil
$REW(s_{t,i}) = x_{Abs}^P \cdot E[a_{Abs}   s_{t,i}]$		97.236			Rest-Erwartungswert
$E[x_{Abs}   s_{t,i}] = AIW(s_{t,i}) + REW(s_{t,i})$		170.331			Wird-Wert
$PWA(s_{t,i}) = E[x_{Abs}   s_{t,i}] - x_{Abs}^P$		-4.669			Plan/Wird-Abweichung

**Tabelle 59:** Kontrolle-Aktivität – Plan/Wird-Vergleich im Zeitablauf

Eine Periode später befindet man sich im Betrachtungszeitpunkt *t2*. Die dann aufgelaufenen Ist-Werte bilden sich aus der Summe der in den ersten beiden Quartalen realisierten Absätze. Der Rest-Erwartungswert bildet sich aus der Summe der für die zwei noch verbleibenden Quartale erwarteten Absätze.

**HINWEIS:** Bei den Plan/Wird-Abweichungen handelt es sich nicht um einperiodige Größen, sondern um sich auf mehrere Perioden beziehende Größen.

Im Falle eines einschleifigen Regelungsmodells decken sich die bedingten Erwartungen bezüglich der Quartalsanteile im Zeitablauf mit den ursprünglich geplanten Quartalsanteilen, sodass die ursprüngliche Planung nicht adaptiert wird.

$$(77) \quad E[\tilde{a}_{Abs,Q2} | s_{1,i} = x_{Abs,Q1} = 42.278] = a_{Abs,Q2}^{Plan} = 19,16\%$$

## Stochastische Kontrolltheorie: Stochastisch optimale Steuerung (SOS)

*The scope of this book is a bit more ambitious than the title would indicate. Our aim has been to present an introduction to the **mathematical theory of processes**. The processes studied in physics, engineering, economics, biology, and operations research possess a bewildering array of special features: the state vector may be finite or infinite dimensional; the transition from one state to another may be deterministic or stochastic; it may be possible to influence the course of the process or not; competitive influences may be present or not; the controller may be able to learn about unknown aspects of the process or not.*

*It is essential for the successful analyst to know how to incorporate any or all of these features, and others, into mathematical models of the situations which he wishes to study. Furthermore, he must have an awareness of the capabilities and limitations of modern computing machines and of the interfaces between theoretical formulations and numerical solutions. In one sense, the building of realistic mathematical models is simple. Realistic models, however, have an unpleasant habit of quickly exceeding the memory and speed limitations of current computers. Progress can be made when adroit simplifications of the mathematical model permit a meaningful computational study or when analytical advances permit a class of processes, hitherto thought too complex, to be examined. [BeKa65, S. vii].*

### Stochastische Kontrolltheorie: Erweiterung der klassischen Entscheidungstheorie

Bei der stochastischen Kontrolltheorie (Stochastic Control Theory) geht es um die Bestimmung von optimaler Entscheidungen über einen mehrperiodigen Horizont mit zwischenzeitlichen Handlungsmöglichkeiten. Die stochastische Kontrolltheorie erweitert folglich die klassische Entscheidungstheorie, wobei die optimale Selektion der Entscheidungsvariable über eine Periode bzw. zu einem Zeitpunkt betrachtet wird. Durch die Erweiterung werden intertemporale und dynamische Aspekte in die Optimierung unter Unsicherheit einbezogen.

#### **Hinweis** zur praktischen Relevanz der stochastischen Kontrolltheorie:

Mit Hilfe der stochastischen Kontrolltheorie (Stochastic Control Theory) lassen sich PDCA-Regelwerke quantitativ hinsichtlich der unterstellten Zielfunktion optimieren. Für die Quantifizierung muss allerdings ein Preis bezahlt werden. Zumal die Grenzen der mathematischen Optimierung im organisationalen Kontext schnell erreicht sind, können eigentlich nur einfachere PDCA-Modelle optimiert werden. Der praktische Gültigkeitsbereich ist demnach eher gering. Andererseits erweist sich das durch die Kontrolltheorie thematisierte Denkgebäude der intertemporalen Optimierung unter Unsicherheit aber als ein guter Referenzpunkt zur qualitativen Beurteilung konkreter Optimierungsansätze. Hinsichtlich des qualitativen Verständnisses besitzt die stochastische Kontrolltheorie somit ein hohes praktisches Potenzial.

*Kennzeichen der (Stochastisch) Dynamischen Programmierung ist das rekursive Vorgehen (= Rückwärtsinduktion) zur Lösung des Optimierungsproblems, d.h. man beginnt am Ende des Planungshorizontes zu optimieren und arbeitet sich schrittweise zum Ausgangspunkt der Problemstellung vor... Bei der (Stochastisch) Dynamischen Programmierung wird das ursprüngliche mehrperiodige Entscheidungsproblem in eine Sequenz (von mehr oder minder stark verflochtenen) einperiodigen Problemen zerlegt. [Schw94, S. 110].*

*For an auto travel analogy, suppose that the fastest route from Los Angeles to Boston passes through Chicago. The principle of optimality translates to the obvious fact that the Chicago to Boston portion of the route is also the fastest route for a trip that starts from Chicago and ends in Boston. [Bert00, S. 18]*

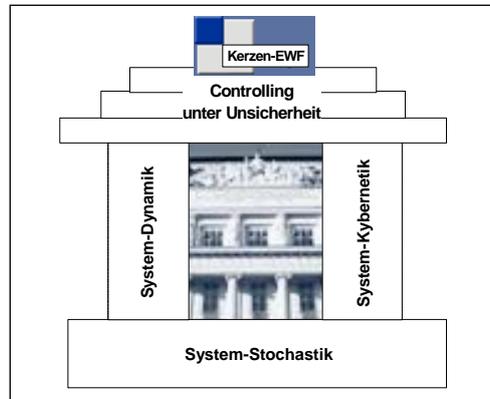
Das Bellman'sche Optimalitätsprinzip besagt, dass durch die Anwendung der Rückwärtsinduktion bei der intertemporalen Optimierung zu jedem Zeitpunkt die Optimalität aller nachfolgenden Entscheidungen gegeben ist, sodass durch die rekursive Vorgehensweise das intertemporale Optimum erreicht wird.

*Let us henceforth suppose that we are dealing with decision processes whose formulation permits us to restrict our examination of policies to those which depend only on current states. In this special, but extremely important, case the optimal policy is characterized very simply: PRINCIPLE OF OPTIMALITY. An optimal policy has the property that whatever the initial state and initial decision are, the remaining decisions must constitute an optimal policy with regard to the state resulting from the first decision. To illustrate this intuitive result, suppose that we have an  $N$ -stage process, possessing the required separation of past and future, starting in state  $p$ , with an optimal sequence of decisions  $q_0, q_1, \dots, q_{N-1}$ , so that  $p_1 = T(p_0, q_0)$ ,  $p_2 = T(p_1, q_1)$ , and so on. Then  $q_1, q_2, \dots, q_{N-1}$  must represent an optimal sequence of decisions for the  $(N-1)$ -stage process starting in state  $p_1$ . Using this observation, we shall derive equations which permit us to study, both analytically and computationally, the optimal policy and the maximum return. [BeKa65, S. 35].*

## Kosten-Controlling im Lichte der stochastischen Kontrolltheorie

Nunmehr wird das Kosten-Controlling im Lichte der stochastischen Kontrolltheorie betrachtet. Damit wird das Kosten-Controlling auf ein informationstheoretisches Fundament gestellt. Die im Zeitablauf enthüllten Informationen und deren Flüsse werden über *filtrierte Wahrscheinlichkeitsräume* modelliert. Die sich im Zeitablauf enthüllenden Informationen werden über das Kontrollsystem in Erfahrung gebracht. Im Planungssystem werden diese potenziellen Informationsenthüllungen antizipiert und darauf die optimalen Handlungsanweisungen in Form der *stochastisch optimalen Steuerungsstrategie* planerisch bestimmt. Im Zeitablauf spürt das Kontrollsystem den konkret realisierten Informationsfluss auf und gibt diese Informationen an das

Lenkungssystem weiter. Das Lenkungssystem führt das im Planungssystem *stochastisch geplante Regelwerk* aus, indem es im Zeitablauf die jeweils optimalen Lenkungsmaßnahmen ergreift.



**Abbildung 65:** Controlling u.U. – Stochastische Fundament

Im Rahmen der stochastischen Kontrolltheorie geht es um eine *stochastisch optimale Maßnahmenplanung* über einen mehrperiodigen Horizont, wobei die mit der unterschiedlich fernen Zukunft jeweils einher gehende Unsicherheit in der Entscheidungsfindung explizit berücksichtigt wird. In der zeit- und zustandsdiskreten Variante der stochastischen Kontrolltheorie besteht das *stochastisch optimale Entscheidungsverhalten* im Zeitablauf aus einem Entscheidungsbaum. Hinter jedem Knoten des stochastisch optimalen Entscheidungsbaums steht eine Funktion, welche die mit dem Knoten verbundene Information hinsichtlich des Zeitpunktes und des Systemzustandes in eine optimale Handlungsanweisung überträgt. Weiters haben die einzelnen Knoten eine jeweilige Eintrittswahrscheinlichkeit, sodass es sich um einen *stochastisch optimalen Entscheidungsbaum* handelt.

### Stochastische Mehrperioden-Planung: Bestimmung stochastisch optimaler Entscheidungsbäume

Die stochastische Kontrolltheorie basiert auf einer *flexiblen Planung* der Kosten, indem für jeden möglichen Zustand, wobei es sich um die Knoten im Entscheidungsbaum handelt, unter Einbeziehung aller jeweils möglichen eigenen Lenkungsmaßnahmen die optimale Maßnahme bestimmt wird. Im Planungssystem wird somit für alle Eventualitäten die jeweils optimale Lenkungsmaßnahme bestimmt. Aus der Gesamtheit aller im Planungssystem bestimmten Lenkungsstrategien wird im Zeitablauf in Abhängigkeit von der sukzessive realisierten Kostenentwicklung die diesbezüglich optimale Strategie ausgeführt. Über das Kontrollsystem wird die sich im Zeitablauf sukzessive enthüllende Information in Erfahrung gebracht, welche dem Lenkungssystem weiter geleitet wird, wo sie dann dem stochastisch geplanten Regelwerk konform mit proaktiven Lenkungsmaßnahmen belegt wird. Die in der stochastischen Kontrolltheo-

rie bestimmten Lösungen sind theoretischer Natur, welche nur im Kontext der in der konkreten Modellierung berücksichtigten Konzepte Gültigkeit erlangt. Im praktischen Kontext wird es immer Aspekte geben, welche im Modell nicht berücksichtigt wurden. Dies gilt v.a. für den soziotechnischen Bereich, wo der Faktor Mensch ein nicht-kausales und somit auch nicht mit Sicherheit vorhersehbares Verhalten zeigt. Deshalb ist das Modellrisiko im soziotechnischen Kontext besonders groß. Zur Entgegnung dieses Risikos sind Erweiterungen der ursprünglich für den technischen Bereich entwickelten stochastischen Kontrolltheorie in Richtung der *Kybernetik 2. Ordnung* angebracht. Dieser Schritt wird beispielsweise vollzogen, wenn im Führungssystem auch ein Überwachungssystem eingerichtet wird.

**Hinweis** zur Kontrolltheorie:

In der stochastischen Kontrolltheorie gibt es verwirrender Weise gar keine Kontrolle-Aktivität. In der Kontrolltheorie ist der Lenkungsaspekt, welcher in der korrektiv bzw. adaptiv wirkenden Verwendung der im Überwachungssystem generierten Information besteht, von zentraler Bedeutung. Im Mittelpunkt der stochastischen Kontrolltheorie steht die kybernetische Steuerung, weshalb die Stochastic Control Theorie vielleicht verständlicher als stochastische Steuerungstheorie übersetzt werden sollte.

Zum einfachen Einstieg in die stochastische Kontrolltheorie wird ein in Papageorgiou [Papa91, S. 467ff] angeführtes Beispiel verwendet. Im Unterschied zum Originalbeispiel wird es aber gleich im wahrscheinlichkeitstheoretischen Kontext erläutert, um den Konnex zu den filtrierten Wahrscheinlichkeitsräumen offen zu legen.

$\Omega \times T$	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$\Sigma K_i(\omega)$
$\omega_1$	0		0	0	10
$\omega_2$				0	10
$\omega_3$		10	0	1.200	1.210
$\omega_4$		0		0	10
$\omega_5$		10	0	1.200	1.200
$\omega_6$		0	0	0	0
$\omega_7$		12		12	
$\omega_8$		12	12		

**Abbildung 66:** Stochastische Kostenstruktur im Zeitablauf

Die Ausgangssituation ist aus Abbildung 66 ersichtlich, wo die zukünftig möglichen Entwicklungen der Kosten<sup>119</sup> über die vier Zeitpunkte ( $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$ ) eingetragen sind. Die letzte Spalte enthält die kumulierten Gesamtkosten, welche sich auf den insgesamt acht möglichen We-

<sup>119</sup> Im Beispiel sind nur die Werte für die künftigen Kosten aber nicht die dazu gehörigen Wahrscheinlichkeiten vorgegeben. Die Wahrscheinlichkeiten hängen von den im Zeitablauf getroffenen L/R-Entscheidungen ab. Diese Entscheidungen können als Maßnahmen gesehen werden, welche es in der Maßnahmenplanung stochastisch optimal zu planen gibt.

gen bzw. Pfaden ( $\omega_1$  bis  $\omega_8$ ) ergeben können. Das Problem besteht nun darin, den kostengünstigen Weg vom Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  durch sukzessive Auswahl von Links- bzw. Rechtsfahrt-Entscheidungen zu bestimmen. Im Falle von Sicherheit lässt sich der sechste Weg ( $\omega_6$ ), wobei die geringsten Kosten in Höhe von Null anfallen, einfach durch die Wahl der Fahrsequenz R-L-R erreichen. Nun wird Unsicherheit eingeführt, indem die Konsequenzen der Entscheidungen nicht mehr mit Sicherheit feststehen [Papa91]: *Wenn an einem Punkt L (Linksfahrt) entschieden wird, dann wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % auch links gefahren oder aber mit einer Wahrscheinlichkeit von 25 % rechts gefahren. Wird hingegen R (Rechtsfahrt) entschieden, so beträgt die Wahrscheinlichkeit einer Rechtsfahrt 75 % und die einer Linksfahrt 25 %. Unter diesen Gegebenheiten können wir zwar auf den Fahrweg von A nach B und auf die damit verbundenen Kosten mittels L- bzw. R-Entscheidungen Einfluss nehmen, eine vollständige Determinierung des Fahrweges und der Kosten bleibt uns aber verwehrt.*

$\Omega \times T$	t0	t1	t2	t3	$P_{3 0}(\omega)$
$\omega_1$	100% L	75% L	75% L	75%	27/64
$\omega_2$				25%	9/64
$\omega_3$			25% L	75%	9/64
$\omega_4$				25%	3/64
$\omega_5$		25% L	75% L	75%	9/64
$\omega_6$				25%	3/64
$\omega_7$			25% L	75%	3/64
$\omega_8$				25%	1/64
SoS-Strategie	L	L	L		LLL

**Abbildung 67:** Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von L/R-Entscheidungen

*Eine optimale Entscheidungsstrategie in dieser stochastischen Problemumgebung kann durch die Forderung definiert werden, dass der Erwartungswert der Kosten ... minimiert werden soll. Um eine stochastisch optimale Steuertrajektorie zu bestimmen, können alle acht Wege ... untersucht und derjenige gewählt werden, der die erwarteten Kosten minimiert.*

*Beispielsweise führt die Entscheidungsstrategie L-L-L mit einer Wahrscheinlichkeit von 27/64 zum Weg L-L-L, dessen Kosten sich auf 10 belaufen, mit einer Wahrscheinlichkeit von 9/64 zum Weg R-L-L mit Kosten 1.200 usw. Der Erwartungswert der Kosten bei der Entscheidung L-L-L beträgt:*

$$(K29) \quad E[\text{Kosten}_{LLL} | s_0] = \frac{27}{64} \cdot 10 + \frac{9}{64} \cdot (1.200 + 1.210 + 10) + \frac{3}{64} \cdot (10 + 0 + 12) + \frac{1}{64} \cdot 12 = 345,75$$

*Wenn wir diese Berechnung für alle möglichen Entscheidungssequenzen durchführen, erhalten wir die optimale Steuertrajektorie L-L-R mit den minimalen erwarteten Kosten von 120,75.*

Bei der optimalen Steuertrajektorie handelt es sich um die stochastisch optimale Steuerungsstrategie. Ihre Besonderheit darin besteht, dass sie zu den verschiedenen Zeitpunkten jeweils unterschiedliche Entscheidungen zulässt, weshalb derartige Strategien als zeitpunktabhängige bzw. als starre Strategien bezeichnet werden. Die Starrheit der Strategie ist gegenüber den flexiblen Strategien zu sehen, welche nicht nur zeitpunkt-, sondern darüber hinaus auch noch zustandsabhängig gewählt werden können [Papa91]: *Zur Bestimmung einer optimalen Regelungsstrategie wird vom Ziel B - dabei handelt es sich um den letzten Zeitpunkt  $t_3$  - anfangend, rückwärts fortschreitend die optimale Bewegungsrichtung an jedem Punkt bestimmt. Nehmen wir an, dass wir uns an einem Punkt C der Stufe  $k+1$  befinden und dass wir die minimalen Erwartungskosten der zwei Nachfolgepunkte D und E der Stufe  $k+1$  mit  $E_D^*$  und  $E_E^*$  bereits bestimmt haben. Dann berechnen sich die Erwartungskosten  $E_C^*$  bei L-Entscheidung zu  $0,75 E_D^* + 0,25 E_E^*$  und bei R-Entscheidung zu  $0,25 E_D^* + 0,75 E_E^*$ . Der kleinere dieser zwei Erwartungskosten ergibt  $E_C^*$  und die entsprechende Richtung ist die optimale Bewegungsrichtung am Punkt C.*

$\Omega \times T$	t0	t1	t2	t3	$\Sigma K_t(\omega)$	$P_{3 0}(\omega)$
$\omega_1$	100% R	25% L	75% L	75%	10	9/64
$\omega_2$				25%	10	3/64
$\omega_3$			25% R	25%	1.210	1/64
$\omega_4$				75%	10	3/64
$\omega_5$		75% R	25% R	25%	1.200	3/64
$\omega_6$				75%	0	9/64
$\omega_7$			75% L	75%	12	27/64
$\omega_8$				25%	12	9/64
SoR-Strategie	R	L/R	L/R/R/L			SoR
$E[\Sigma K_t   F_0]$					84,25	

**Abbildung 68:** Wahrscheinlichkeiten und Werte der SoR-Strategie

Das Resultat dieser Berechnung ist in Abbildung 68 zu sehen. Für die optimale zustandsbasierte Strategie, welche aufgrund der Zustandsabhängigkeit nunmehr selbst einen stochastischen Verlauf nimmt, ergibt sich ein Erwartungswert an Kosten in Höhe von  $E_A^* = 84,25$ . *Offenbar betragen die optimalen Erwartungskosten ... für die optimale Regelung (zustandsbasierte Strategie)  $E_A^* = 84,25$  und sind somit geringer als die optimalen Erwartungskosten der optimalen Steuersequenz (zeitbasierte Strategie). Das schlechtere Abschneiden der optimalen Steuersequenz führt daher, dass die einmal auf der Grundlage der bekannten Wahrscheinlichkeiten beschlossene Fahrsequenz stur - ohne Rücksicht auf den tatsächlich eintretenden Fahrweg - eingesetzt wird. Die optimale Regelung (zustandsbasierte Strategie) ist hingegen flexibler, macht sie doch ihre Entscheidung bei jeder Entscheidungsstufe von dem aktuell eingetretenen Zustand abhängig. [Papa91].*

**Hinweis** zur Unterscheidung: Zeit- vs. zustandsbasierte Strategie  
 Die von Papageorgiou gewählte Bezeichnung von *Steuerung* und *Regelung* deckt sich nicht mit der im Controlling verwendeten kybernetisch basierten Definition der beiden Konzepte. In der

CONTROL-Ontologie handelt es sich bei Pagageorgiou'schen Steuerung bzw. Regelung um zeit- bzw. zustandsbasierte Steuerungsstrategie.

### Theorie stochastischer Prozesse: Rationale Planung unter Unsicherheit

Die stochastische Modellierungstechnik ist mehr nur als die Einbeziehung von stochastischer Störgrößen in ein grundsätzlich deterministisches Modell. Die stochastische Modellierung kommt bei der Betrachtung von soziotechnischen Systemen, also insbesondere in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften zum Einsatz, um die in solchen Systemen untrennbar mit der der Zukunft verbundene Unsicherheit im Modell explizit zu erfassen. Die Unsicherheit ist dabei nicht bloß eine Störgröße, welche alle nicht bekannten Aspekte bzw. Unvollkommenheiten inkludiert. Die Unsicherheit ist vielmehr essentieller Bestandteil von soziotechnischen Systemen, welche den Agenten des Systems auch bewusst ist. Das Bewusstsein führt dazu, dass die Agenten bei der rationalen Planung ihrer künftigen Handlungen bzw. Entscheidungen von den verschiedenen künftigen Möglichkeiten ausgehen und dafür jeweils spezielle Maßnahmen vorsehen. Rational planende Agenten bestimmen demnach Eventualpläne für das künftige Handeln bzw. die künftigen Entscheidungen, welche sodann im Zeitablauf in Abhängigkeit der sich dann konkret verwirklichenden Ereignisse ausgeführt werden. Im Rahmen der stochastischen Kontrolltheorie werden sogar stochastisch optimale Steuerungen für die künftig möglichen Zustände<sup>120</sup> bestimmt, welche dann im Zeitablauf situativ ausgeführt werden.

Der stochastisch optimalen Steuerung liegt eine Idealwelt zugrunde. Solange die reale Welt mit der Idealwelt weitest gehend korrespondiert, besitzt die in der Idealwelt erzielte Optimalität auch praktische Relevanz. Bei größer werdenden Unterschieden zwischen beiden Welten muss insbesondere die Idealwelt adaptiert bzw. modifiziert werden, um nicht zur *l'art pour l'art* zu verkümmern.

### Wahrscheinlichkeitstheoretische Modellierung von Information: Begriffe und Konzepte

Bei genauer Betrachtung von Abbildung 66, Abbildung 67 und Abbildung 68 zeigt sich im linken oberen Eck jeweils das kartesische Produkt  $\Omega \times T$ . Dadurch wird angezeigt, dass es sich bei den in den Abbildungen ausgewiesenen Zahlungen jeweils um den Bildbereich von stochastischen Prozessen handelt. Interessant ist nun, wie der Bildbereich der stochastischen Prozesse aussieht. Um diesen zu erkunden, gilt es in die Theorie der stochastischen Prozesse einzutauchen.

---

<sup>120</sup> In der stochastischen Perspektive werden die Zustände als Ereignisse bezeichnet. Bei der Gesamtheit aller Ereignisse handelt es sich um den Ereignisraum, welcher somit alle künftigen Eventualitäten inkludiert.

Bei den stochastischen Prozessen handelt es sich um eine Verallgemeinerung von Zufallsvariablen. Die Verallgemeinerung bezieht sich auf die Hinzunahme des Zeitindex  $T$  zum Ergebnisraum  $\Omega$ . Die stochastischen Prozesse bauen auf Zufallsvariablen auf, sodass es zuerst diese wahrscheinlichkeitstheoretisch zu definieren gilt. Eine Zufallsvariable ist eine messbare Funktion, welche den Wahrscheinlichkeitsraum in die Zahlen abbildet. Der Wahrscheinlichkeitsraum ist das Triplet  $(\Omega, F, P)$ . Er besteht aus dem Ergebnisraum  $\Omega$ , dem Ereignisraum  $F$  und das sich auf  $F$  beziehende Wahrscheinlichkeitsmaß  $P$ . Beim Ereignisraum handelt es sich um eine abgeschlossene Mengenalgebra, welche auf die Elemente des Ergebnisraums gebildet wird. Die Elemente des Ereignisraums sind *Ereignisse*.<sup>121</sup> Über die Zufallsvariable werden den Ereignissen Zahlen zugeordnet. Aufgrund der Messbarkeit der die Zufallsvariable definierenden Funktion sind auch die Wahrscheinlichkeiten der Ereignisse mit den abgebildeten Zahlen verbunden.

Dem Papageorgiou-Beispiel liegt ein dreiperiodiger Binomialprozess, woraus sich über die drei Zeitperioden insgesamt  $2^3 = 8$  mögliche Entwicklungen des Prozesses ergeben. Die Prozessrealisationen werden auch als *Pfade* oder *Trajektorien* bezeichnet. Die Trajektorien sind die Elemente des Ergebnisraums  $\Omega$  des stochastischen Binomialprozesses.

$$(78) \quad \Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_7, \omega_8\}$$

Im Unterschied zu den Zufallsvariablen werden bei den stochastischen Prozessen den Elementen des Ergebnisraums  $\Omega$  nicht nur eine Zahl, sondern ein ganzer Vektor an Zahlen zugeordnet. Die Anzahl der zugeordneten Zahlen hängt von den Elementen im Zeitindex  $T$  ab. Im dreiperiodigen Binomialprozess werden folglich jedem Element drei Zahlen zugeordnet. Beispielsweise werden dem Pfad  $\omega_1$  in Abbildung 66 für die Zeitpunkt  $t1$ ,  $t2$  und  $t3$  die drei Kosten von 10, 0 und 0 zugeordnet.

Um dem stochastischen Prozess für jedes Element der Indexmenge, d.h. für jeden Zeitpunkt  $t$  eine Zahl zuordnen zu können, muss für jeden Zeitpunkt ein Ergebnisraum vorhanden sein. Im einfachsten Fall kann dem stochastischen Prozess zu jedem Zeitpunkt der gleiche Ergebnisraum zugeordnet sein. Eine solche Vorgehensweise ist in den technischen bzw. Naturwissenschaften auch häufig anzutreffen. In den Informations- und Wirtschaftswissenschaften finden hingegen ausgefeiltere Modellierungen Anwendung, um die der Zukunft immanente Unsicherheit sowie die im Zeitablauf stattfindenden Informationsflüsse bzw. Informationsenthüllungen realistischer adressieren zu können. So werden die Ergebnisräume, d.h. die Sigma-Algebren zu den verschiedenen Zeitpunkten mit einem Zeitindex  $F_t$  versehen.

<sup>121</sup> Die Ereignisse spielen auch im unternehmensweiten Risikomanagement nach dem COSO II-Standard ([www.coso.org](http://www.coso.org)) eine zentrale Rolle, zumal dort Risiko und Chance jeweils über Ereignisse definiert werden. Beim Risiko sind es die negativ wirkenden Ereignisse, welche die Erreichung der Ziele gefährden. Bei der Chance sind es die positiv wirkenden Ereignisse, welche der Zielerreichung förderlich sind. Im Risiko-Controlling wird der COSO II-Standard näher erläutert.

[Hüb03, S. 17f]: Definition 2.6. Ein System  $F$  von Teilmengen einer Menge  $\Omega$  heißt abzählbar abgeschlossenes Mengen-System oder (Mengen-)σ-Algebra über  $\Omega$ , wenn gilt:

- (1)  $\Omega \in F$ ,
- (2)  $A^c \in F$ , falls  $A \in F$
- (3)  $\cup_{i=1}^{\infty} A_i \in F$ , falls  $A_1, A_2, \dots, \in F$ .

Gelegentlich beschränkt man sich auf die Abgeschlossenheit gegenüber endlichen Verknüpfungen. Man erhält dann eine sogenannte "Mengen-Algebra". Endliche Mengen Algebren sind immer auch σ-Algebren, wie z.B.  $F = \{\emptyset, \Omega\}$  und  $F = \{\emptyset, \Omega, A, A^c\}$ , die einfachsten σ-Algebren.

[Hüb03, S. 17f]: Definition 2.7. Ist  $E$  ein System von Teilmengen von  $\Omega$ , dann heißt die kleinste σ-Algebra  $F$  (über  $\Omega$ ), die  $E$  enthält, die von  $E$  (über  $\Omega$ ) erzeugte σ-Algebra. Diese σ-Algebra wird mit  $F_{\Omega}(E)$  (kurz  $F(E)$ ) bezeichnet,  $E$  heißt der Erzeuger von  $F$ .

Die Sigma-Algebren zu den verschiedenen Zeitpunkten werden durch Partitionierungen des Ergebnisraums  $\Omega$  gebildet. Die dabei entstehenden Partitionen, welche für das Papageorgiou-Beispiel in Tabelle 60 zu sehen sind, sind die Erzeuger der jeweiligen Sigma-Algebren. In praktischen Controlling-Anwendungen definieren die Partitionen darüber hinaus den Zustandsbaum. Im Zustandsbau werden die durch die Partitionen entstandenen Teilmengen mit den Zuständen (s ... states) gleichgesetzt. Jeder Zustand im Zustandsbaum ist somit wahr-scheinlichkeitstheoretisch eindeutig definiert.

$\Omega \times T$	t0	t1	t2	t3
$\omega_1$	$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\} = S_{0,1}$	$\{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\} = S_{1,1}$	$\{\omega_1, \omega_2\} = S_{2,1}$	$\omega_1 = S_{3,1}$
$\omega_2$				$\omega_2 = S_{3,2}$
$\omega_3$			$\{\omega_3, \omega_4\} = S_{2,2}$	$\omega_3 = S_{3,3}$
$\omega_4$				$\omega_4 = S_{3,4}$
$\omega_5$		$\{\omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\} = S_{1,2}$	$\{\omega_5, \omega_6\} = S_{2,3}$	$\omega_5 = S_{3,5}$
$\omega_6$				$\omega_6 = S_{3,6}$
$\omega_7$			$\{\omega_7, \omega_8\} = S_{2,4}$	$\omega_7 = S_{3,7}$
$\omega_8$				$\omega_8 = S_{3,8}$

**Tabelle 60:** Partitionierungen des Ergebnisraums über die Zeit

Betrachtet man beispielsweise den Pfad  $\omega_1$  in Tabelle 60 so sieht man, dass der Pfad erst im Zeitpunkt  $t_3$  vollkommenen enthüllt ist. In den vorangehenden Zeitpunkten tritt er nicht isoliert, sondern nur gemeinsam mit anderen Pfaden auf. Die mit den anderen Pfaden gebildeten Mengen werden im Zeitablauf immer kleiner. Weiters ist zu erkennen, dass die Partitionen zu späteren Zeitpunkten die Partitionen der früheren Zeitpunkte immer nur verfeinern. Informationstheoretisch bedeutet das, dass die einmal in Erfahrung gebrachte Information fortan immer bekannt ist. Dieses Informationssystem und die sich daraus im Zeitablauf ergebende Informationsenthüllung wird wahrscheinlichkeitstheoretisch als *Filtration* bezeichnet. Bei der Filtration

handelt es sich somit um die über die Indexmenge geordnete Menge der *isotonen* Sigma-Algebren  $\{F_t\}$ .

[Baue02, S. 138]: Die Familie  $(F_t)_{t \in T}$  heißt eine *Filtration* (in  $\Omega$ ), wenn sie isoton ist, wenn also gilt

$$(16.6) \quad s \leq t \Rightarrow F_s \subset F_t \quad (s, t \in T).$$

Die Familie  $(X_t)_{t \in T}$  heißt der Filtration  $(F_t)_{t \in T}$  *adaptiert*, wenn  $X_t$  für jedes  $t \in T$   $F_t$ -messbar ist.

Dem Papageorgiou-Beispiel liegt die in Gleichung (79) spezifizierte Filtration zugrunde. Sie wird durch die zur Bildung der abgeschlossenen Mengensysteme erforderlichen Komplement- und Vereinigungsoperationen aus den in Tabelle 60 für die jeweiligen Perioden enthaltenen Partitionen des Ergebnisraums gebildet.

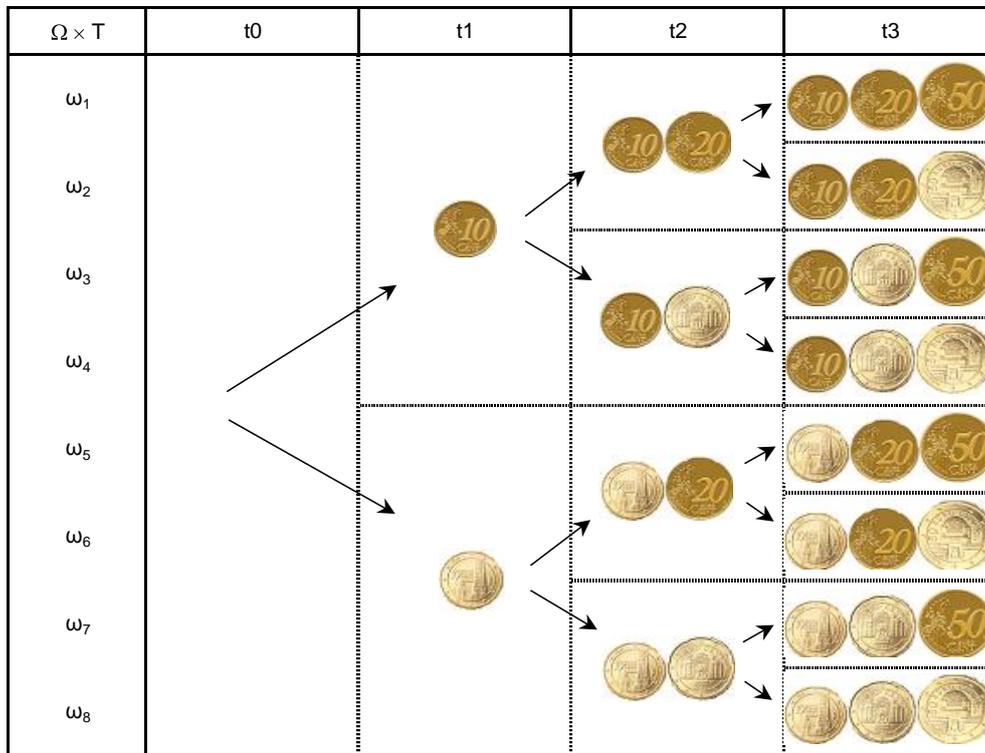
$$\begin{aligned}
 (79) \quad & F_0 = \{\Omega, \emptyset\} \\
 & F_1 = \{\Omega, \emptyset, \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}, \{\omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\}\} \\
 & F_2 = \{\Omega, \emptyset, \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}, \{\omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \{\omega_1, \omega_2\}, \{\omega_3, \omega_4\}, \{\omega_5, \omega_6\}, \{\omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \{\omega_1, \omega_2, \omega_5, \omega_6\}, \{\omega_1, \omega_2, \omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \{\omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6\}, \{\omega_3, \omega_4, \omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6\}, \{\omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \{\omega_1, \omega_2, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\}, \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_7, \omega_8\}\} \\
 & F_3 = \{\Omega, \emptyset, \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}, \{\omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \{\omega_1, \omega_2\}, \{\omega_3, \omega_4\}, \{\omega_5, \omega_6\}, \{\omega_7, \omega_8\}, \\
 & \quad \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8, \dots\} \\
 & \text{sodass} \\
 & F_0 \subset F_1 \subset F_2 \subset F_3
 \end{aligned}$$

In Gleichung (80) werden die Partitionen des Ergebnisraums mit den Kurzbezeichnungen für die Zustände im Zustandsbaum angegeben, um das wahrscheinlichkeitstheoretische Fundament der Zustandsbaum-Modellierung offensichtlich zu machen.

$$\begin{aligned}
 (80) \quad & F_0 = \{\Omega, \emptyset\} = \{s_{0,1}, \emptyset\} \\
 & F_1 = \{F_0, s_{1,1}, s_{1,2}\} \\
 & F_2 = \{F_1, s_{2,1}, s_{2,2}, s_{2,3}, s_{2,4}, \dots\} \\
 & F_3 = \{F_2, s_{3,1}, s_{3,2}, s_{3,3}, s_{3,4}, \\
 & \quad s_{3,5}, s_{3,6}, s_{3,7}, s_{3,8}, \dots\}
 \end{aligned}$$

Den Ergebnisraum, welcher dem Papageorgiou-Beispiel zugrunde liegt, kann man sich gut in Form eines *indexierten Kollektivmünzwurfs* von drei Münzen vorstellen. Werden unterschiedli-

che Münzen verwendet, so lässt sich die Indexierung innerhalb des Kollektivwurfs durch eine Anordnung der Münzen entsprechen den Nennwerten der Münzen erreichen.



**Abbildung 69:** Indexierter Kollektiv-Münzwurf – Sukzessive Informationsenthüllung

In Abbildung 69 sind die 8 möglichen Realisationen, welche sich aus den drei Münzen ergeben können, ganz rechts im Zeitpunkt  $t_3$  zu sehen. Zu diesem Zeitpunkt wird nämlich die gesamte Realisation des Münzwurfs enthüllt. In früheren Zeitpunkten werden nur Teilinformationen gegeben. Im Zeitpunkt  $t_1$  bezieht sich diese Information nur auf die Realisation der ersten Münze im Kollektivwurf. Die sich aus dieser Information ergebende Partionierung des Ergebnisraums wird anhand der beiden Münzen im Zeitpunkt  $t_1$  dargestellt. In Abbildung 70 ist diese Partionierung anhand der beiden Teilmengen, welche die linke und rechte Spalten bilden, zu sehen.

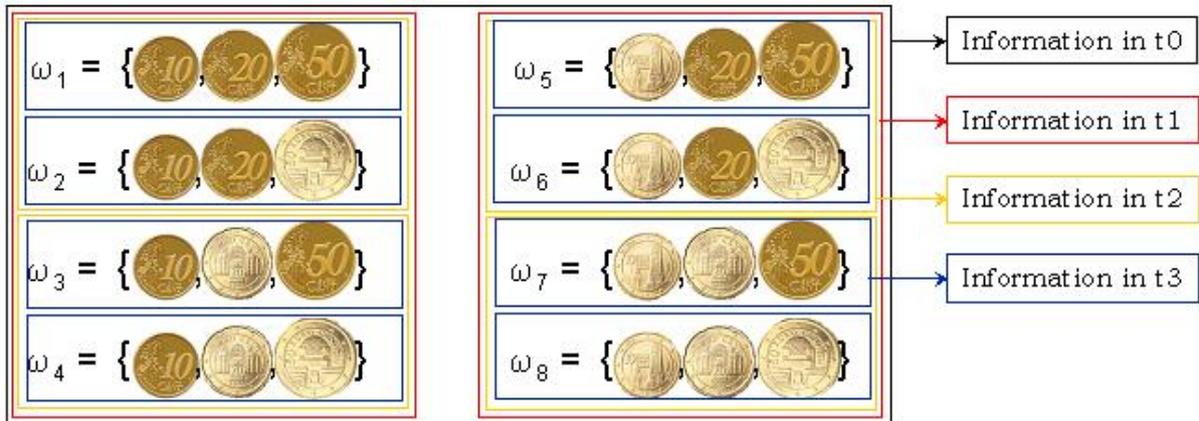


Abbildung 70: Indexierter Kollektiv-Münzwurf – Erzeugung der Pfade

Zustandsbaum-Modell: Repräsentation der Partitionen des Ergebnisraums

Nach den Überlegungen des vorangegangenen Abschnitts sollte nunmehr die wahrscheinlichkeitstheoretische Definition der stochastischen Prozesse klar verständlich sein.

[Baue02, S. 304]: 35.1. Definition. Stochastischer Prozess (oder kurz: Prozess) heiÙe jedes Quadrupel  $(\Omega, F, P, (X_t)_{t \in T})$ , wobei  $(\Omega, F, P)$  ein W-Raum und  $(X_t)_{t \in T}$  eine Familie von Zufallsvariablen auf diesem W-Raum mit Werten in einem gemeinsamen Messraum  $(Z, B)$  ist. Man nennt die Indexmenge  $T \neq \emptyset$  die *Parameter- oder Zeitmenge* und den Messraum  $(Z, B)$  (oder kurz  $Z$ ) den *Zustandsraum* des stochastischen Prozesses. Für jedes  $\omega \in \Omega$  heiÙt die durch  $t \rightarrow X_t(\omega)$  definierte Abbildung von  $T$  in  $Z$  ein *Pfad* des Prozesses. ... Statt von Pfaden spricht man auch von Trajektorien oder den Realisierungen des Prozesses...

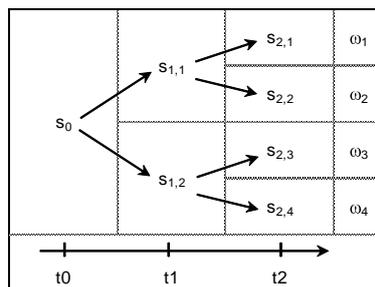
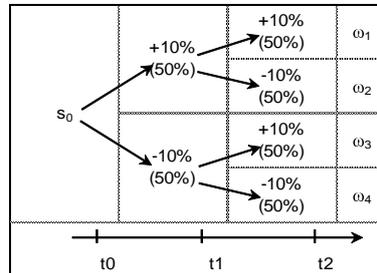


Abbildung 71: Zustandsbaum – Partitionen des Ergebnisraums

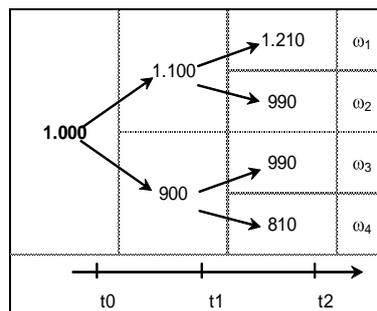
Der Binomialprozess lässt sich als binärer Baum darstellen, wobei jedem Zustand genau zwei weitere Zustände folgen. Der binäre Baum der exogenen Größe bildet die Partitionen des Ergebnisraums in den verschiedenen Zeitpunkten ab. In den praktischen Controlling-Anwendungen wird der Zustandsbaum als Ausgangspunkt für die stochastischen Prozesse verwendet.

In jedem Controlling-Modell gibt es sodann einen Zustandsbau, auf den alle stochstischen Prozesse des Modells Bezug nehmen.



**Abbildung 72:** Stochastischer Prozess – Abbildung des Zustandsbaums in Zahlen (1/2)

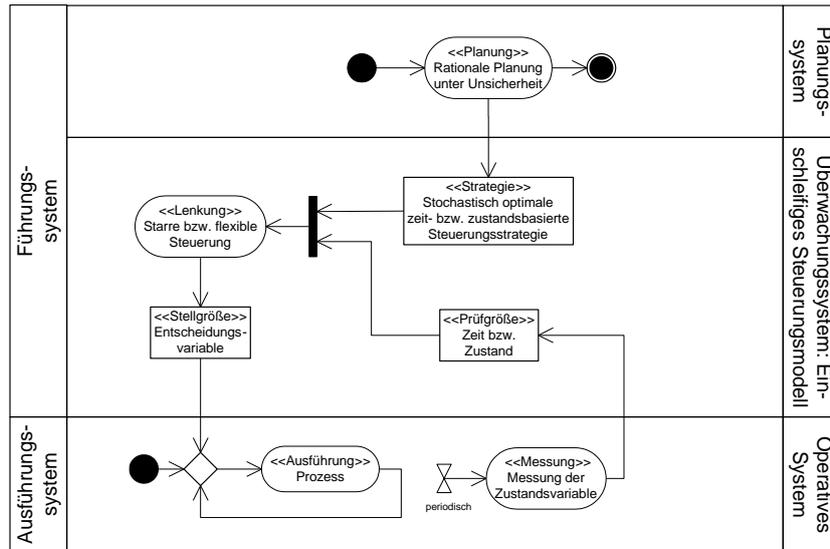
Die stochastischen Prozesse werden sodann definiert als Funktionen, welche den Zustandsbaum in Zahlen abbilden. Beim z.B. geometrischen Random Walk-Modell ist die prozentuelle Veränderung des Prozesses als identisch und unabhängig verteilte Zufallsvariable definiert. Durch Vorgabe eines Startwerts ist dann die gesamte Entwicklung definiert.



**Abbildung 73:** Stochastischer Prozess – Abbildung des Zustandsbaums in Zahlen (2/2)

### Stochastisches Rahmenwerk: Design zeit- bzw. zustandsbasierter SOS-Modelle

In der stochastisch optimalen Steuerung wird die optimale zeit- bzw. zustandsbasierte Steuerungsstrategie bestimmt, welche den Wert der intertemporal ausgelegten Zielfunktion optimiert. Als Ergebnis der Optimierung ergibt sich aus der Erstplanung eine optimale Entscheidungssequenz oder ein optimaler Entscheidungsbaum als <<Strategie>>. Diese stochastisch optimalen Strategien werden sodann im Zeitablauf in Abhängigkeit von der Zeit bzw. den sich konkret enthüllenden Ereignisse (Zuständen) ausgeführt.



**Abbildung 74:** SOS-Modell – 1-stufiges Steuerungsmodell

In Abbildung 74 wird ein einschleifiges Steuerungsmodell dargestellt. Bei der Prüfgröße kann es sich entweder um die Zeit oder um Zustände handeln. Wird die Zeit zur Steuerung verwendet, dann liegt eine zeitbasierte Steuerung vor. Die zustandsbasierte Steuerung stellt eine Erweiterung dar, indem in den verschiedenen Zuständen die Ausprägungen der der Steuerung zugrunde liegenden Zustandsvariable gemessen werden.

Im Rahmen der Planung-Aktivität wird auf dem Fundament der stochastischen Kontrolltheorie die stochastisch optimale Steuerungsstrategie bestimmt, welche im Zeitablauf ausgeführt wird. Die zeit- bzw. zustandsbasierte Steuerung wird auch als *starre* bzw. *flexible Steuerung* bezeichnet.

Der für die exogene Variable bestimmte Zustandsbaum fungiert auch für die flexible, d.h. zustandsbasierte Handelsstrategie als Definitionsbereich. Im Rahmen der prospektiven Ex ante-Betrachtung, welche z.B. bei der rationalen Planung unter Unsicherheit und der Simulation zur Anwendung kommt, werden alle möglichen Entwicklungen berücksichtigt. Im Unterschied dazu, zeigt sich in der retrospektiven Ex post-Betrachtung immer nur die konkret realisierte Entwicklung. Diese unterschiedlichen Betrachtungsweisen beziehen sich auch auf das in Abbildung 74 dargestellte SOS-Modell. Ex ante werden alle möglichen Pfade durchlaufen, während sich bei der Ex post-Betrachtung die im Zeitablauf realisierte Entwicklung enthüllt.

## Management-Informationssystem: Design und Implementierung

**Hinweis** zur *ERP-gestütztes Controlling-LVA* (VU 320.191):

ERP-gestütztes Controlling ist eine eigene Lehrveranstaltung, welche jeweils im Sommersemester am Institut für Management-Wissenschaften angeboten wird. In der Lehrveranstaltung geht es um das ökonomische sowie informatische Verständnis von Enterprise Resource Planning-, d.h. ERP-Systemen. Dieses Verständnis ist notwendig, um sich in ERP-Systemen orientieren und sodann arbeiten zu können. Als ERP-Prototyp wird ERP-CONTROL verwendet. Bei ERP-CONTROL handelt es sich um eine am Institut für Management-Wissenschaften entwickelte Web2.0-basierte Applikation, wobei nicht nur die Planung von dezentral organisierten Unternehmen, sondern auch deren Steuerung adressiert wird. Insofern handelt es sich bei ERP-Control um die Integration einer klassischen ERP-Applikationen und einer Business Performance Management-, d.h. BPM-Applikation.

Die Verwendung des integrierten ERP-Applikation (ERP-CONTROL) bietet den Vorteil, dass ohne Rücksicht auf kaufmännische Interessen von speziellen ERP- und BPM-Anbietern alle Aspekte von ERP- und BPM-Systemen thematisiert werden können. Dies soll ein generisches ERP- und BPM-Verständnis fördern, welches sich auch zum fachkundigen Benchmarking bestehender ERP- und BPM-Produkte einsetzen lässt. Über das Benchmarking lassen sich die Grenzen, Stärken und Schwächen in Erfahrung bringen. Die Beseitigung der sich dabei zeigenden Baustellen in den verschiedenen ERP- und BPM-Produkten könnte durchaus ein interessanter und lukrativer Job werden.

**Hinweis** zu ERP-CONTROL:

Beim ERP-CONTROL handelt es sich um den am IMW/TUWien entwickelten Prototyp für ein *REA-Management-Informationssystem*, wobei der Unternehmensbereich dem ECSI-Standard folgend mit dem Betriebsbereich informational verbunden ist. Die REA-Konformität gibt der Software eine durchgängige Semantik, sie sichert die Kompatibilität ihrer einzelnen Subsysteme und sie implementiert den Grundsatz *IT follows Business* aus dem COBIT-Standard. ERP-CONTROL wird im JavaEE-Framework unter Verwendung von jBoss-Seam inklusive des Java Business Process Management jBPM webbasiert implementiert.

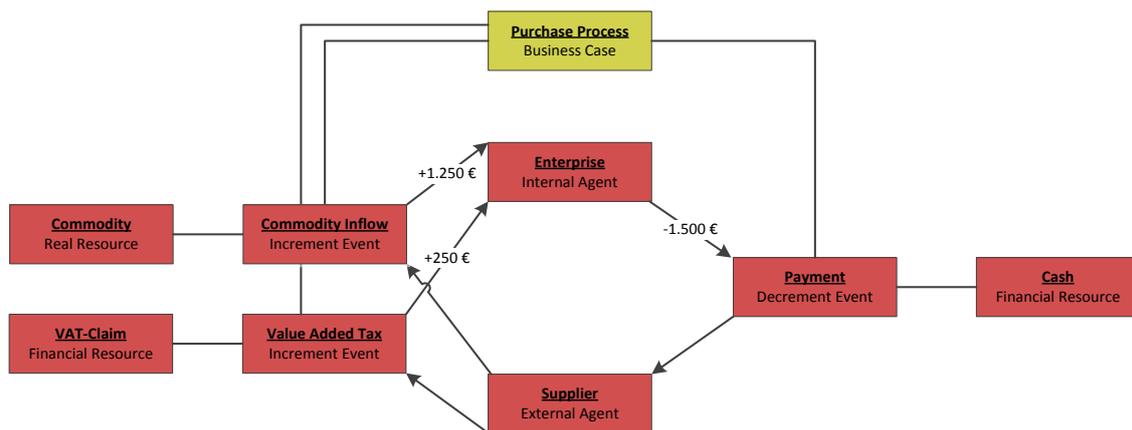
In the year 2008 the market leading providers of ERP systems expanded their businesses by buying business intelligence providers. The market leader SAP bought e.g. Business Objects for USD 4,9 bn and increased thereby its balance sheet assets by 1/3. Mergers like these require a huge effort to integrate the ERP functionalities with the BPM functionalities.

In this article the main ideas of the design and the prototypical implementation of an integrated ERP information system are presented. The integrated ERP information system is based on the

*REAv2* model due to Greets and McCarthy [GrMc02]. The management functionalities are integrated by the planning and control cycle which Shewhart introduced roughly 100 years ago in the quality management literature. The *PDCA* framework is used as the generic model for the business process management. Finally the enterprise context is modeled according to the *Integrated COSO-Framework* [COSOII04] and the IEC standard on *Enterprise Control System Integration* [ECSI08]. These ingredients are integrated in the business model and in the thereof driven enterprise architecture that is prototypically implemented in the Java EE framework.

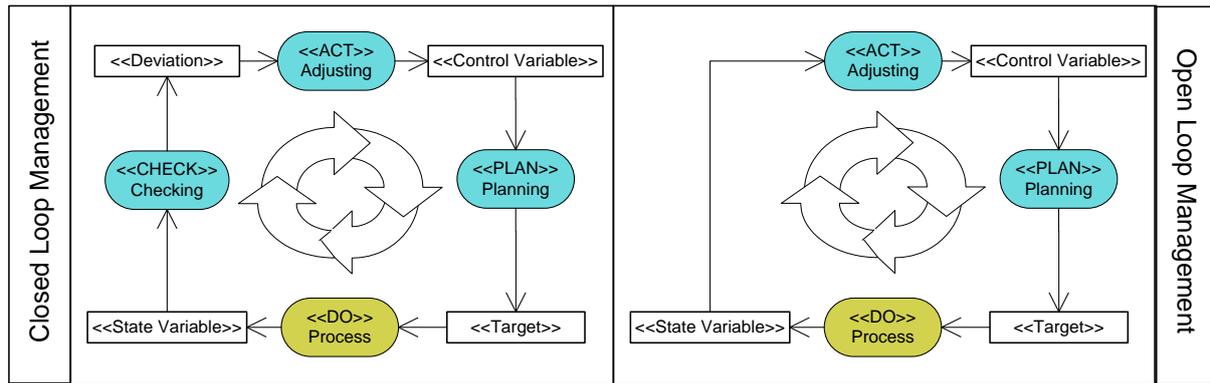
### Ingredients: REA Model, Business Process Management, ...

The integrated ERP information system is based on the REA ontology. This business ontology gives the integrated ERP information system a solid economic foundation such that “IT follows business”. Figure 1 contains a purchase process modeled as a *business case*. In the business case the duality principle is modeled as e.g. in Hruby [Hruby06] by increment and decrement events that are balanced in their economic values.



**Figure 1:** Business Process – REA Business Case Modeling

In the *REAv2* model [GeMc02] derivative financial resources which are defined as contracts, committed plans and control strategies can be modeled consistently. The real resources, the financial resources and the internal agents are modeled according to the ECSI-standard [ECSI08] so that the enterprise and the control systems are integrated. The business processes are modeled via business cases so that they fulfill the duality principle and the commitments fulfill the reciprocity principle. Such economic restriction are absent in the managerial plan, check and act processes. The managerial processes generate and process planning and control information that is distinct from the double entry accounting information. *Management control systems provide information that is intended to be useful to managers in performing their jobs and to assist organizations in developing and maintaining viable patterns of behaviour* [Otley99].

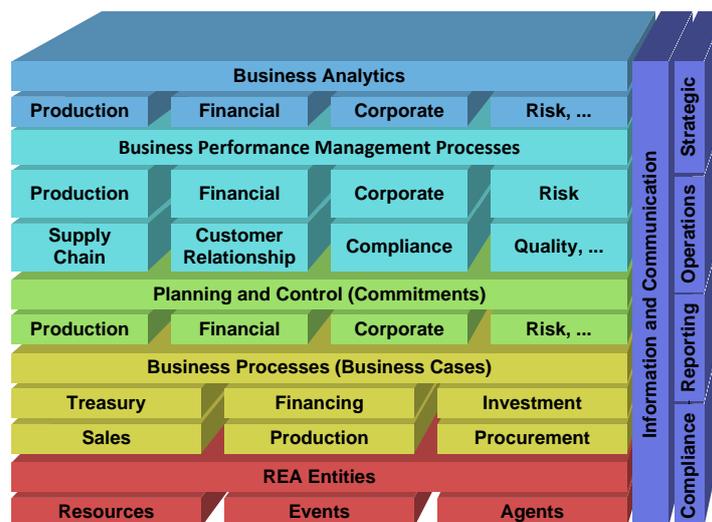


**Figure 2:** Business Process Management – Closed Loop and Open Loop Management

Figure 2 shows the PDCA framework that is used to model the business process management. It allows closed as well as open loop management systems. The closed loop management is characterized by the existence of a check activity. It is the traditional model used in business performance management. The open loop management lies at the heart of the stochastic control theory which is implemented predominantly in the strategic domain and the intertemporal portfolio optimization.

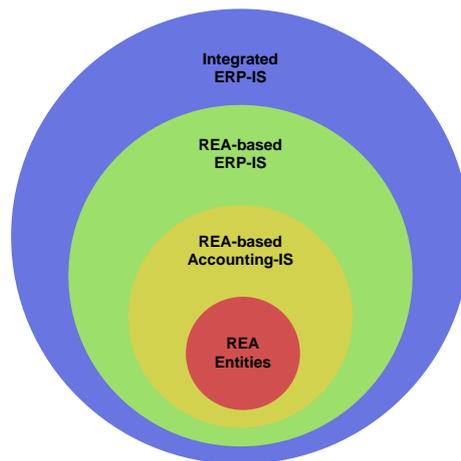
### Integrated ERP: REA based Management Information Systems

The business process management is embedded in an enterprise context. Figure 3 shows the *enterprise management system* that is built upon the REA entities. The business processes and the planning and control commitments are founded upon REA entities. In the business performance management processes *business analytical functionalities* are used establish commitments. For a fully compliance and risk integrated governance additional analytical functionalities based on *internal events*, *plan events* and *risk events* have to be provided.



**Figure 3:** Enterprise Management System – Business Management Model

The management information system related to enterprise management systems is based on the decision oriented framework developed by Gorry/Scott Morton [GoSM71]. The *Integrated Framework* of the COSO II standard [COSOII04 and COSOII04a] is used in designing the different managerial processes related to the strategic, operations, reporting and compliance objectives. In the right columns of Figure 3 the resulting management information system is indicated.

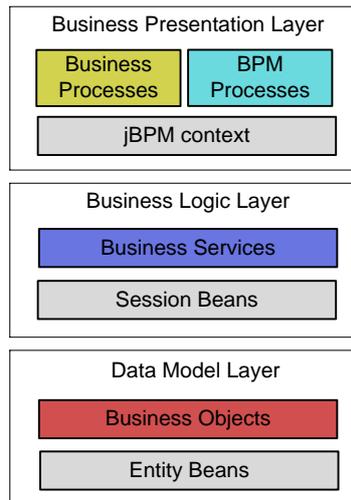


**Figure 4:** Business Model Driven Management Information Systems

In Figure 4 a Venn diagram is taken to illustrate different information systems that are based upon REA entities: The REA-based accounting information system is distinct from traditional accounting systems as the accounting information is not stored in accounts but in REA entities. The inclusion of commitments extends the information system to a REA-based ERP information system. The integration of the BPM functionalities defines the integrated ERP information system.

### **Integrated ERP: Business Model Driven Enterprise Architecture**

Up to now only economic and managerial considerations were addressed. To implement the integrated ERP information system as web-based software application it is framed in a 3 layer enterprise architecture. Figure 5 shows the 3 layer architecture for the business model behind the integrated ERP information system. Most of the business objects are REA entities. The business and the BPM processes are elements of the business presentation layer. The business logic consists out of business services which are the basic building blocks out of which the processes at the presentation layer are composed.



**Figure 5:** Business Model Driven Enterprise Architecture

### ERP-Control: Integrated ERP – JBossSeam Implementation

Next to the business model driven enterprise architecture Figure 5 also includes the main components of the Java EE framework in the 3 layers. The entity beans and session beans as well as the Java Business Process Manager jBPM are used to implement the integrated ERP information system in the *ERP-Control* application. Figure 6 contains a screenshot of ERP-Control that was developed over the last years at the Institute of Management Sciences of the Vienna University of Technology. The navigation tree on the right hand side shows the thereby implemented functionalities that were presented in business management model of Figure 3.

The prototypical implementation of the integrated ERP information system in the JBoss Seam framework within Java EE is important for two reasons. First it helped to organize the selection of the different ingredient standards in a consistent way. Second it proves the employability of the proposed design for the integrated ERP information system.

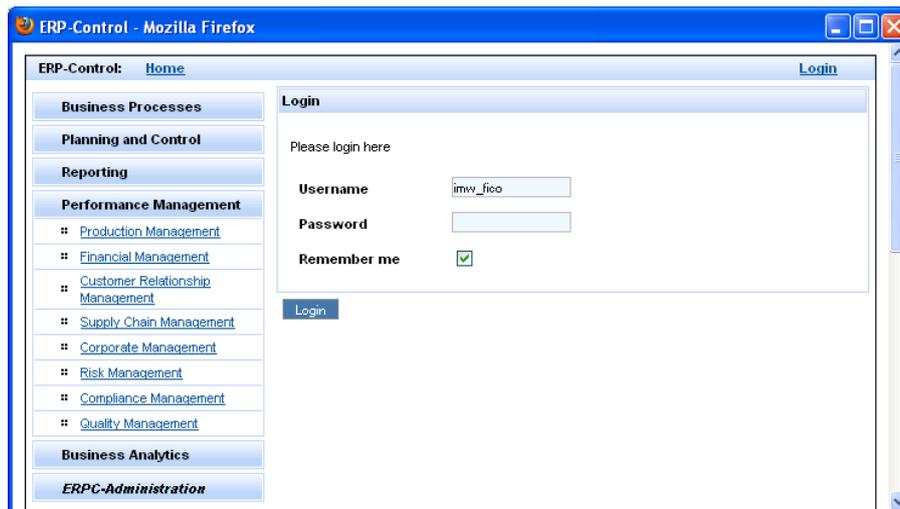


Figure 6: ERP-Control – JBoss Seam Application

## Verzeichnisse und Anhänge

### Literaturverzeichnis

#### Basisliteratur

**Enterprise/Control-System Integration-Standard [ECSI08]** (DIN EN 62264 bzw. ANSI ISA 95): Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen –Teil 1: Modelle und Terminologie (IEC 62264-1:2003); Deutsche Fassung EN 62264-1:2008

**Franke G./Hax H. [FrHa88]**: Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt, Springer, Berlin et al., 1988

**Haberstock L. [Habe04]**: Kostenrechnung II - (Grenz-)Plankostenrechnung mit Fragen, Aufgaben und Lösungen, 9., neu bearbeitete Auflage (bearbeitet von Volker Breithecker), Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2004

**Hoitsch H.J./Lingnau V. [HoLi07]**: Kosten- und Erlösrechnung - Eine controllingorientierte Einführung, 6. Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg, 2007

**Horváth P. [Horv02]**: Controlling, 8. Auflage, Vahlen, München, 2002

**Internationale Group of Controlling (Hrsg.) [IGoC05]**: Controller-Wörterbuch: Die zentralen Begriffe der Controllerarbeit mit ausführlichen Erläuterungen – Deutsch-Englisch/Englisch-Deutsch, 3. Überarbeitete und erweiterte Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2005

**Kilger W./Pampel J./Vikas K. [KPV07]**: Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung, Gabler Verlag, 12. Auflage, Wiesbaden, 2007

**McCarthy W. [McCa82]**: The REA Accounting Model, A Generalized Framework for Accounting Systems in a Shared Data Environment, The Accounting Review, Vol. LVII, No. 3, July 1982, 554-578

#### Bücher

**Bauer H. [Baue02]**: Wahrscheinlichkeitstheorie, 5. Auflage, de Gruyter, Berlin

**Baus J. [Baus96]**: Controlling, in: Birker K. (Hrsg.): Praktische Betriebswirtschaft, Cornelsen, Berlin, 1996

**Bellman R./Kalaba R. [BeKa65]**: Dynamic Programming and Modern Control Theory, Academic Press, Boston et al.

**Bertsekas D. [Bert00]**: Dynamic Programming and Optimal Control - Volume 1, 2. Auflage, Athena Scientific, Belmont (MA), 2000

**Bertsekas D. [Bert01]:** Dynamic Programming and Optimal Control - Volume 2, 2. Auflage, Athena Scientific, Belmont (MA), 2001

**Coenenberg A. G. [Coen99]:** Kostenrechnung und Kostenanalyse, 4. Auflage, Schäffer/Poeschel, Landsberg, 1999

**Heinen E. (Hrsg.) [Hein81]:** Industriebetriebslehre, 7. Auflage, Gabler, Wiesbaden, 1981

**Hruby P. [Hruby06]:** Model-Driven Design Using Business Patterns. Springer Verlag (2006)

**Hübner G. [Hüb03]:** Stochastik - Eine anwendungsorientierte Einführung für Informatiker, Ingenieure und Mathematiker, 4. Auflage, vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 2003

**JBoss Seam [Seam08]:** Java EE 5 Application Framework für WEB 2.0 Anwendungen, 2008

**Küpper H.-U. [Küpp08]:** Controlling - Konzeption, Aufgaben, Instrumente, Schäffer Poeschel, 5. Auflage, Stuttgart, 2008

**Lucey T. [Lucey05]:** Management Information System, 9th edition, Thomson, London, 2005

**Mesarovic M./Macko D., and Takahara Y. [MMT70]:** Theory of Hierarchical, Multilevel, Systems, Academic Press, New York/London, 1970

**Nusairat J. [Nusa07]:** Beginning JBoss® Seam - From Novice to Professional, apress, Berkeley, 2007

**Papageorgiou M. [Papa91]:** Optimierung, Oldenburg, München, 1991

**Schwaiger W.S.A. [Schw01]:** Finanzwirtschaftlich basierte Unternehmenssteuerung, Gabler Edition Wissenschaft, DUV, Wiesbaden, 2002

**Schwaiger W.S.A. [Schw94]:** Stochastische Abhängigkeiten in Aktienmarktzeitreihen - Eine gleichgewichtstheoretische Erklärung, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1994

**Shiller R. [Schi00]:** Irrationaler Überschlag - Warum eine lange Baisse an der Börse unvermeidlich ist, Campus, Frankfurt/New York, 2000

**Varian H. [Vari92]:** Microeconomics Analysis, 3rd Edition, Norton, New York/London, 1992

**Woods D./Mattern T. [WoMa06]:** Enterprise SOA - Designing IT for Business Innovation, O'Reilly, Sebastopol (CA), 2006

## Standards

**Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission [COSOII04]:** Enterprise Risk Management - Integrated Framework, September 2004, [www.cpa2biz.com](http://www.cpa2biz.com)

**Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission [COSOII04a]:** Enterprise Risk Management - Integrated Framework, Application Techniques, September 2004, [www.cpa2biz.com](http://www.cpa2biz.com)

**Enterprise/Control-System Integration-Standard [ECSI08]** (DIN EN 62264 bzw. ANSI ISA 95): Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen –Teil 1: Modelle und Terminologie (IEC 62264-1:2003); Deutsche Fassung EN 62264-1:2008

### **Internationale Financial Reporting Standards [IFRS]**

**ISO/IEC 15944-4 [AEO06]**: Information Technology – Business Operational View -- Part 4: Business Transaction Scenarios – Accounting and Economic Ontology (2006)

**Richtlinie über die Verbraucherkredite [RLVK05]**: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Verbraucherkreditverträge und zur Änderung der Richtlinie 93/13/EWG des Rates, Brüssel, 7.10.2005

**Unified Modeling Language [UML07]**: Superstructure, [www.uml.org](http://www.uml.org), 2007

### **Zeitschriften**

**Adams M./Kühn W./Stör T./Zelm M. [AKSZ07]**: DIN EN 62264. Die neue Norm zur Interoperabilität von Produktion und Unternehmensführung – Teil 1, Automatisierungstechnische Praxis (atp), 49. Jg., Heft 5, 2007, S. 52-57

**Geerts L./McCarthy W. [GeMc02]**: An ontological analysis of the economic primitives of the extended-REA enterprise information architecture, International Journal of Accounting Information Systems, 3, 2002, 1–16

**Gorry, A. G., Scott Morton, M. S. [GoSM71]**: A Framework for Management Information Systems, Sloan Management Review 13(1), 1-22 (1971)

**Lucas R. [Luca78]**: Asset Prices in an Exchange Economy, Econometrica, Vol. 46, No. 6, S. 1429-1445

**McCarthy W. [McCa82]**: The REA Accounting Model – A Generalized Framework for Accounting Systems in a Shared Data Environment, The Accounting Review, Vol. LVII, No. 3, July, 1982, 554-578

**Otley D. [Otley99]**: Performance management: a framework for management control systems research, Management Accounting Research, Volume 10, Issue 4, December 1999, Pages 363-382

## Anhang: Die blinden Menschen und der Elefant

The Blind Men and the Elephant - John Godfrey Saxe (1816-1887)

It was six men of Indostan  
To learning much inclined,  
Who went to see the Elephant  
(Though all of them were blind),  
That each by observation  
Might satisfy his mind.

The First... God bless me! but the Elephant  
Is very like a wall!

The Second... To me 'tis mighty clear  
This wonder of an Elephant  
Is very like a spear!

The Third ... I see, quoth he, the Elephant  
Is very like a snake!

The Fourth... 'Tis clear enough the Elephant  
Is very like a tree!

The Fifth... This marvel of an Elephant  
Is very like a fan!

The Sixth... I see, quoth he, the Elephant  
Is very like a rope!

And so these men of Indostan  
Disputed loud and long,  
Each in his own opinion  
Exceeding stiff and strong,  
Though each was partly in the right  
And all were in the wrong!

Moral  
So oft in theologic wars,  
The disputants, I ween,  
Rail on in utter ignorance  
Of what each other mean,  
And prate about an Elephant  
Not one of them has seen!

### Anhang: Programmierung in ERP-Control

The department of Corporate Finance, Planning and Control<sup>122</sup> develops a new ERP<sup>123</sup> and BPM<sup>124</sup> system, named ERP-Control, which integrates established industrial standards and is built upon up to date software technology.

ERP-Control is designed to fulfil the comprehensive business requirements of modern enterprises in economic as well as in technological view. In the first project stage the proven standards for accounting (REA<sup>125</sup> and AEO<sup>126</sup>), business objects as well as business and managerial processes (ECSI<sup>127</sup>) were the starting concepts for the design of ERP-Control, some other essential components (financial resources, business case and advanced planning functionalities) were added by the department. The second important stage was the realization of the developed concepts into an executable prototype. The frameworks JavaEE with EJB 3.0, Hibernate, JSF and JBoss Seam have been taken for implementing the theoretical models into an operational web application.

To organize the further development, the business and software engineering contribution in practical trainings, seminars, thesis, etc. are separated into four different levels:

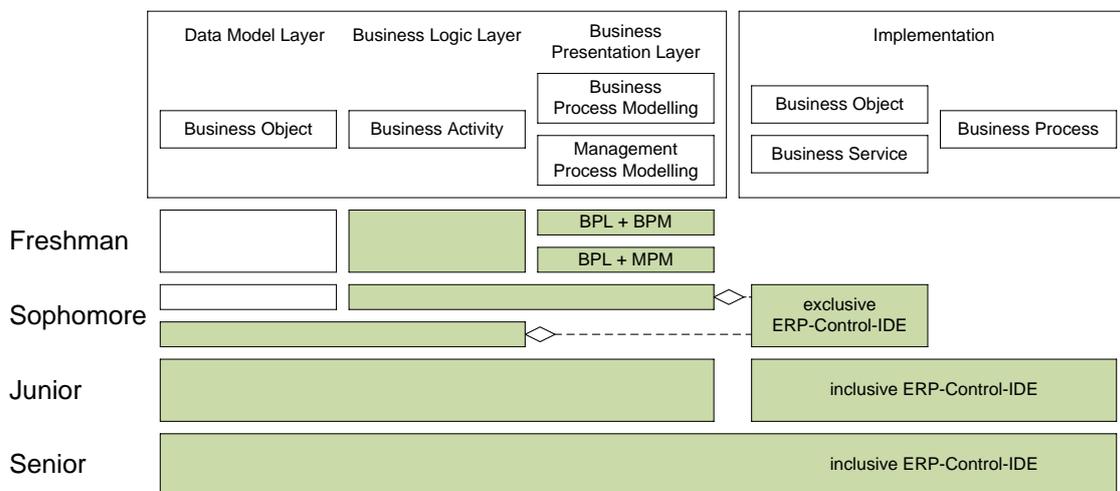


Abbildung 75: ERP-Control – Business and Software Engineering Contribution

<sup>122</sup> Institute of Management Sciences, Vienna University of Technology, Favoritenstraße 9-11, A-1020 Vienna, [www.imw.tuwien.ac.at](http://www.imw.tuwien.ac.at)

<sup>123</sup> Enterprise Resource Planning

<sup>124</sup> Business Performance Management

<sup>125</sup> Resource/Event/Agent: McCarthy, W.E. 1982. The REA accounting model: A generalized framework for accounting systems in a shared data environment. The Accounting Review (July): 554-578.

<sup>126</sup> ISO/IEC 15944-4:2006 Information technology – Business Operational View -- Part 4: Business transaction scenarios – Accounting and economic ontology

<sup>127</sup> IEC 62264 Enterprise-Control System Integration

According to the educational level the students get corresponding problems to solve in the context of the ERP-Control framework:

- At the Freshman-level business activities as well as business and managerial processes are designed in the business modelling framework.
- At the Sophomore-level selected business models are specified in the business model driven enterprise architecture and business as well as managerial activity models are implemented as POJO's without<sup>128</sup> using the ERP-Control integrated development environment (ERP-Control-IDE).
- At the Junior-level all kinds of business and management processes are specified in the business model driven enterprise architecture and implemented in the ERP-Control-IDE<sup>129</sup>.
- At the highest level, the Senior-level, the ERP-Control-IDE gets developed itself.

In the different fields different modelling concepts are used:

- The class diagram presents the business objects and their associations, which are modelled in the data model layer.
- The sequence diagram displays how the business activities in the business logic layer interact with one another.
- The use case diagram and the activity diagram show the application functionality as result of the business as well as the management process modelling.

#### Task examples:

**Freshman** – Design of the valuation of fixed income financial instruments in the business modelling framework

**Sophomore** – Design of the valuation process in the business model driven enterprise architecture and implementation of the valuation functionality as POJO

**Junior** – Design and implementation of the valuation process in the ERP-Control-IDE

**Senior** – Extending the ERP-Control-IDE by designing and implementation hedge-accounting processes

---

<sup>128</sup> To simplify the implementation at the Sophomore-level, the programming at this level is done without integrating the business activities in the ERP-Control-IDE. The business objects and business services run stand-alone to verify their functionality, but afterwards they get integrated in the project.

<sup>129</sup> At the Junior- and Senior-level the students use and develop ERP-Control-IDE, respectively.

## Übungsbeispiele

### Theorie-Fragen

**Hinweis:** Die Multiple Choice-Fragen dienen zur Lokalisierung ausgewählter Aspekte bzw. Konzepte. Primär geht es also nicht um die Beantwortung der Fragen, sondern vielmehr um ein Verständnis der dahinter stehenden Konstrukte. Wenn die jeweiligen Konstrukte verstanden werden, dann sollten analoge Fragen keine Probleme bereiten.

**Anmerkung:** Die korrekte Musterlösung der Multiple Choice-Fragen zeigt sich in einer klar erkennbaren Reihenfolge der richtig/falsch-Konstellationen.

	richtig	falsch
Auf der Passivseite der Bilanz stehen Eigen- und Fremdkapital	0	0
Der Verkauf von Sach- und Dienstleistungen führt zu einem Aufwand	0	0
Liquidität wird über Ein- und Auszahlungen definiert	0	0
Die Dualität wird im REA-Modell über Commitments abgebildet	0	0
Bei der Prozess-orientierten Kostenechnung handelt es sich um ein strukturiertes Kostenmodell	0	0
Die historisch-implizite Kalibrierung basiert auf Expertenbefragungen	0	0
Im REA-Management-Informationssystem sind alle Teilsysteme des Führungssystems REA-konform ausgestaltet	0	0
Die Heinen-Produktionsfunktion stellt einen Spezialfall einer Leontief-Funktion dar	0	0
Eine Pari-Notierung liegt vor, wenn bei einer fixierten Finanzinvestition Barwert und Nennwert deckungsgleich sind	0	0
Eine Disagioauflösung nach der Effektivzinsmethode führt im Zeitablauf zu konstanten Veränderungen der fortgeführten Anschaffungskosten	0	0
Die Zinssätze leiten sich über Bootstrapping aus den Swapsätzen ab	0	0
Beim Interbanken-Barwertmodell ist der Barwert eine Funktion von Zahlungen, Fristigkeiten und einem Abzinsungssatz	0	0
In Regelungsmodellen gibt es eine Kontrolle-Aktivität	0	0
Beim Vergleich der Ist-Risiken mit den Risiko-Limiten handelt es sich um einen Plan/Ist-Vergleich	0	0
Der Produktionskoeffizient spezifiziert den Ressourcen-Einsatz pro Ausbringungseinheit	0	0
Der stochastisch dynamischen Programmierung liegt eine Vorwärtsinduktion zugrunde	0	0

## Rechenbeispiele

1. Berechnen Sie den Betriebserfolg, den Finanzerfolg, den Gewinn vor Steuern und den Gewinn nach Steuern bei Vorliegen folgender alphabetisch geordneter Positionen: Abschreibung 50, Materialaufwand 100, Personalaufwand 300, Steuern 125 Umsatzerlöse 1.000, Zinsaufwand 50. Begründen Sie, ob es sich bei diesem Unternehmen eher um ein Produktions- oder ein Dienstleistungsunternehmen handelt.
2. Die analysierte Bilanz besteht aus folgenden Positionen, wobei die Zahlen in Klammern für die Vorjahreswerte stehen: Anlagevermögen 200 (210), Umlaufvermögen 300 (280), Fremdkapital 250 (250) und Eigenkapital 250 (240). Beim Anlagevermögen gab es während des Jahres Zugänge 15, Abgänge 10 und Abschreibungen 15. Die Eigenkapitalveränderung resultiert aus dem Jahresüberschuss 30 und der Dividendenzahlung 20. Berechnen Sie den operativen, Investitions- und Finanzierungs-Cash Flow sowie die Veränderung des Zahlungsmittel-Fonds.
3. Erstellen Sie die REA-Modelle für
  - a) Aufnahme eines Kredits eines Unternehmens bei einer Bank
  - b) Zahlung der Zinsen des Unternehmens an die Bank
  - c) Tilgung des Kredits seitens des Unternehmens
  - d) Barbezahlte Investition in ein Finanzinstrument
  - e) Produktion von Fertigprodukten aus den MAT-, PERS- und TECH-Ressourcen
  - f) Barverkauf
  - g) Zielverkauf
4. Die Technologie-bezogene Intensität des Gussprozesses beträgt 65 kg/h. Das Faktoreinsatzverhältnis zwischen den beiden Potenzialfaktoren Personal und Technologie beträgt 2. Stellen Sie die Leontief-Produktionsfunktion für den Gussprozess auf und berechnen Sie damit den Output, welcher sich ergibt, wenn Sie 3, 6 und 8 Maschinenstunden paarweise mit 5, 12 und 18 Personenstunden kombinieren.
5. Die Realinvestition in eine neue Maschine kosten EUR 10.000,-. Durch die Verwendung der neuen Maschine erwarten Sie für die kommenden 3 Jahren Einsparungen in Höhe von EUR 5.000,- im ersten, EUR 3.000,- im zweiten und EUR 4.000 im dritten Jahr. A) Berechnen Sie den Kapitalwert der Investition unter Verwendung eines Abzinsungssatzes 5 % p.a.. B) Würden Sie die Investition durchführen oder nicht? Begründen Sie Ihre Antwort.
6. Die beobachtete Swap-Kurve hat Swap-Sätze von 4 %, 5 % und 6 %. Berechnen Sie die entsprechenden Zinssätze mit dem Bootstrapping-Verfahren.

7. Die 1- bzw. 2-jährigen Zinssätze der aktuellen Zinskurve betragen 5 bzw. 6 %. Eine Nullkupon-Anleihe zahlt Ihnen in zwei Jahren den Nennwert von 100 GE. Führen Sie die aktuelle Erstbewertung und die Folgebewertung in einem Jahr mit der Effektiv(ab)zins-Methode durch. Welche Buchungen fallen heute, in einem bzw. in zwei Jahren an, wenn Sie die Nullkuponanleihe heute kaufen und die nächsten beiden Jahre halten?
  
8. Die Forderungen aus Lieferungen und Leistungen werden als „Loans and Receivables“, die Aktien bzw. die Anleihen des langfristigen Finanzvermögens als „Available for Sale“ bzw. als „Held to Maturity“ und die Wertpapiere des kurzfristigen Finanzvermögens als „Fair Value Through Profit and Loss“ kategorisiert. Weiters gibt es noch derivative Finanzinstrumente mit positivem Marktwert. Erfolgt die jeweilige Folgebewertung zum Fair Value oder zu den fortgeführten Anschaffungskosten? Wird die jeweilige Wertänderung im Jahresabschluss erfolgswirksam (GUV-Effekt) oder erfolgsneutral (RL-Effekt) dargestellt?
  
9. Die Gesamtkosten belaufen sich auf EUR 100.000, wovon EUR 10.000 Fixkosten sind, bei einer produzierten Menge von 10.000 ME. Die Produktionskoeffizienten für Material, Personal und Technologie betragen 1, 4 und 2. Die Faktorpreise für Material und Personal EUR 2 und EUR 1. Wie hoch ist der Faktorpreis für Technologie?
  
10. Bestimmen Sie für die gegossenen Kerzen die anteilsbasierten Planabsätze der vier Quartale, wenn Sie davon ausgehen, dass im kommenden Jahr der Absatz des letzten Jahres um 10 % gesteigert werden kann. Führen Sie die Plan/Wird-Vergleiche in den ersten drei Quartale durch, wenn folgende Quartalsabsätze realisiert wurden: 17.000 (Q1), 22.000 (Q2) und 26.000 (Q3). Schlagen Sie proaktive Lenkungsmaßnahmen für die einzelnen Quartale vor, um die ursprüngliche Jahresplanung bestmöglich zu erreichen.

Quartal Jahr	Q1		Q2		Q3		Q4		p.a.	
	VJ	VVJ								
Gegossene Kerzen	17.876	16.968	20.957	19.560	26.057	23.066	22.581	23.104	87.471	82.698

### Aufgaben-/Problemstellungen

1. Tragen Sie bei den nachfolgenden Geschäftsfällen die jeweiligen Veränderungen von „Vermögen“, „Schulden“ und „Eigenkapital“ durch entsprechende Einträge auf der Soll- bzw. Habenseite ein. (Mehrwert-)Steuerüberlegungen werden der Einfachheit halber übergangen.

Geschäftsfall	Soll	Haben
Kauf einer Software auf Ziel, d.h. mit späterer Zahlung		
Barbezahlung von Mitarbeitergehältern		
Barbezahlung der Telefonrechnung		
Kundenauftrag wird bar bezahlt		
Schuld gegenüber dem Lieferanten wird bar bezahlt		

2. Geschäftsfall „Barverkauf mit Gewinn“: Sie verkaufen das um EUR 1.500 angeschaffte Notebook um EUR 1.600. Stellen Sie diesen Geschäftsfall im REA-Modell dar.
3. Bewerten Sie ein fest verzinstes Finanzinstrument anhand der aktuellen Zinskurve und berechnen Sie die verschiedenen Kenngrößen

fest verzinstes Finanz-Investition	t0	t1	t2	Zeitpunkt
$NW_0$	100,00			Nominale (Nennwert)
$R_0^N$	5,00%			Nominalzinssatz
$I_0 = BW_0$				Kaufpreis
$TZ_T (= NW_0)$				Tilgungszahlung
$K_t = NW_0 * R_0^N$				Zinszahlung
$C_t$				<b>künftiger Cash Flow</b>
$T_{0,t}$		1	2	Fristigkeit (in y)
$R_{0,t}$				Zinssatz
$DF_{0,t} = (1+R_{0,t})^{-T_{0,t}}$				Diskontfaktor
$C_t BW_0 = C_t * DF_{0,t}$				<b>Erstbewertung</b>
$BW_0 = \sum C_t BW_0$				
$(D)A_0 = NW_0 - BW_0$				(Dis-)Agio
$R_0^E$				Effektivzinssatz

4. Erstellen Sie die REA-Modelle für

- a) Aufnahme eines Kredits eines Unternehmens bei einer Bank
  - b) Zahlung der Zinsen des Unternehmens an die Bank
  - c) Tilgung des Kredits seitens des Unternehmens
5. Bestimmen Sie von den Faktorpreisen und Faktoreinsätzen ausgehend die Ausbringung-bezogene Kostenfunktion für den Zug- und Press-Prozess.

**Master Theses/Diplomarbeiten – Beispiele**

1. Business Analytics: Implementierung finanzwirtschaftlicher Bewertungsfunktionalitäten (z.B. Pfadweise Barwertfunktion, Informationsenthüllung und Bootstrapping) in ERP-Control.
2. Business Analytics: Implementierung produktionswirtschaftlicher Bewertungsfunktionalitäten (z.B. Einsatz- und Ausbringung-bezogene Kostenfunktionen) in ERP-Control.
3. Design und Implementierung des Absatz-Controllings in ERP-Control.
4. Erweiterung der REA-Kernel-Funktionalitäten (z.B. Control Strategies als Commitments).
5. Haben Sie einen eigenen Vorschlag, dann kommen Sie in die Sprechstunde.