

**Mehrdimensionale Optimierung der Lifecycle Costs von
komplexen (Industrie-) Anlagen und Systemen unter
Beachtung von Wissensmanagement-Ansätzen**

**Dissertation
zur Erlangung des Grades
Doktor-Ingenieur**

**des Fachbereiches Maschinenwesen
der Universität GH Essen**

vorgelegt von:

**Techn. Dipl. Kaufmann Holger Uhl
aus Heubach**

Essen 2002

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand in der Zeit von 2000 bis 2002 unter der Betreuung des Institutes für Prozess- und Datenmanagement (IPD) des Fachbereiches Maschinenwesen an der Universität – GH Essen. Dem verantwortlichen Hochschullehrer für Ingenieurinformatik und Leiter des IPD, Herrn **Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans J. Stracke**, möchte ich dafür danken, dass er mir das Thema dieser Dissertation zur selbständigen Bearbeitung überlassen hat und mir in zahlreichen Diskussionen beratend zur Seite stand. Er erstellte das Erstgutachten meiner Dissertation und war mir ein äußerst hilfreicher Doktorvater.

Herrn **Univ.-Prof. Dr.-Ing. Diethard Bergers**, ebenfalls Leiter des IPD, danke ich für seine uneingeschränkte Gesprächsbereitschaft, den hilfreichen Hinweisen im Verlaufe der Arbeit sowie für die Erstellung des zweiten Gutachtens.

Bedanken möchte ich mich ferner auch bei **Dipl.-Ing. Olaf Assmann**, Mitarbeiter am IPD, für seine Unterstützung bei zahlreichen organisatorischen Fragen meinerseits.

Herrn **Dr. rer. nat. Georg Elsner**, Geschäftsführer der ORISA GmbH, danke ich für seine Unterstützung bei der softwaretechnischen Umsetzung des LCC-Simulators. Für die hilfreichen Hinweise möchte ich mich an dieser Stelle bedanken.

Herrn **Dipl.-Ing. Erich Friedrich Pantele** erkenne ich seinen väterlichen Beitrag zu meiner beruflichen und persönlichen Entwicklung im Laufe der letzten drei Jahre dankbar an. Insbesondere seine kreativen Anmerkungen und Denkanstöße bei der vorliegenden Arbeit möchte ich hierbei besonders würdigen.

Meiner Freundin **Andrea Anette** möchte ich insbesondere danken, da sie die Zeit der Vorbereitung und der Entstehung dieser Arbeit mit viel Geduld, Verzicht und Entgegenkommen ertragen hat.

Das am weitesten zurückreichende Dankbarkeitsgefühl möchte ich an dieser Stelle meinen Eltern **Gerlinde** und **Karlheinz Uhl** aussprechen, die mir ihre Werte vermittelten und in den prägenden Jahren meiner Entwicklung mir Ihre Werte vorlebten. Opferbereitschaft, Fleiß, Ausdauer und Selbstvertrauen haben mir auch bei der Bewältigung der Herausforderung dieses Promotionsvorhabens geholfen - vielen Dank für meine Erziehung und die Ermöglichung meiner Ausbildung.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	I
1. EINLEITUNG	1
2. DEFINITIONEN DER BEGRIFFE	3
3. IST-ZUSTAND IM ANLAGENGESCHÄFT	15
3.1 BESONDERHEITEN DES ANLAGEN- UND SYSTEMGESCHÄFTS.....	15
3.2 BEURTEILUNGSKRITERIEN BEIM KAUF EINER ANLAGE - STATE OF THE ART	17
3.3 BESCHREIBUNG DES HEUTIGEN STANDARDPROZESSES ANLAGENVERKAUF	20
3.4 ZUSAMMENFASSUNG DER DEFIZITE	23
4. ANFORDERUNGEN AN EIN RECHNERGESTÜTZTES LCC.....	26
4.1 ALLGEMEINES	26
4.2 EINFLÜSSE DURCH DIE VARIANTENVIELFALT DES PRODUKTPROGRAMMS	27
4.3 ANFORDERUNGEN AUS DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE VON ANLAGENHERSTELLER UND ANLAGENBETREIBER.....	32
4.4 GEGENÜBERSTELLUNG VON ANSCHAFFUNGS- UND BETRIEBSKOSTEN EINER ANLAGE	34
4.5 EINFLUSS DER INSTANDHALTUNGSKOSTEN	37
4.6 AUSWIRKUNGEN IM ZUSAMMENSPIEL VON MARKT, TECHNOLOGIE UND PRODUKT	39
4.7 FAZIT	40
5. GRUNDLAGEN DER LEBENSZYKLUSKONZEPTE.....	43
5.1 ALLGEMEINES	43
5.2 LEBENSZYKLUSMODELLE FÜR PRODUKTE.....	45
5.3 LEBENSZYKLUSMODELLE FÜR POTENTIALE	49
5.3.1 <i>Technologielebenszyklusmodelle</i>	49
5.3.2 <i>Anlagenlebenszyklusmodell</i>	51
5.3.3 <i>Personallebenszyklusmodelle</i>	52
5.3.4 <i>Lebenszyklusmodelle für immaterielle Potenziale</i>	53
5.4 LEBENSZYKLUSMODELLE FÜR UNTERNEHMEN UND ORGANISATIONEN	55
5.5 WAHL DES GEEIGNETEN LEBENSZYKLUSMODELL FÜR DEN LCC-SIMULATOR	55

6. ENTWICKLUNG EINES LCC-SIMULATORS ZUR OPTIMIERUNG DES (INDUSTRIE-) ANLAGENGESCHÄFTES	58
6.1 OPTIMIERUNG VON LIFECYCLE-COSTS BEI ANLAGEN: DAS DREI EBENEN MODELL	58
6.1.1 <i>Maschinen-Ebene</i>	59
6.1.1.1 Beschreibung des Maschinen- und Modulbaukastens	61
6.1.1.2 LCC-Parameter	75
6.1.1.3 (Produkt-) Konfiguration	78
6.1.1.4 Nutzenbetrachtung eines Konfigurators in der Wertschöpfungskette eines Anlagenherstellers	81
6.1.2 <i>Anlagen-Ebene: Einbindung von Kosten- und Referenzszenarien</i>	82
6.1.2.1 Kostenparameter im LCC-Rechenwerk	82
6.1.2.2 Entwicklung von Referenzszenarien	83
6.1.3 <i>Simulationsebene: Entwicklung der Simulationssoftware zur LCC-Optimierung</i>	90
6.1.3.1 Architektur und Module des LCC-Simulators	90
6.1.3.2 Entwicklung des Kosten- und Performance- Rechenwerkes	91
6.1.3.3 Lifecycle Cost- und Performance Auswertungen	99
6.2 ITERATIONSSCHLEIFEN BEI DER OPTIMIERUNG DER LCC	102
6.3 BRANCHEN IN DENEN DER LCC-SIMULATOR EINGESETZT WERDEN KANN	105
7. FALLBEISPIEL GETRÄNKEABFÜLLANLAGE	109
7.1 ANFORDERUNGEN DES ANLAGENBETREIBERS AN DIE ANLAGE	110
7.2 ENTSCHEIDUNG FÜR EINE GEEIGNETE GETRÄNKEABFÜLLANLAGE	119
7.3 ZUSAMMENFASSUNG	130
8. FAZIT	132
ANHANG	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VIII
TABELLENVERZEICHNIS	XI
LITERATURVERZEICHNIS	XII

1. Einleitung

Das Thema Kosten beherrscht das Anlagen- und Systemgeschäft von Beginn seiner Geschichte an. Heute steht beim Verkauf einer Anlage nicht alleine die technische Realisierbarkeit im Vordergrund, sondern das Verhandeln über den Verkaufspreis. Zusätzlich ist das Anlagengeschäft eine sehr schwierige Branche, da sich die Anlagenhersteller in der Anlagenperformance und dem Service rund um die Anlagen nur noch sehr wenig gegeneinander abgrenzen. Technologievorsprünge sind oftmals marginal und deshalb nicht der entscheidende Faktor für die Beschaffung einer Anlage.

Dies führt dazu, dass bei Kaufentscheidungen von Systemen und Anlagen seitens der Investoren oft nur die einseitige Sichtweise des günstigeren Beschaffungspreises als das entscheidende Kriterium für den Kauf einer Anlage herangezogen wird. Das Geschäft kommt somit nur durch große Preisnachlässe und den damit verbundenen Gewinneinbußen beim Anlagenhersteller zu Stande. Aus diesem Grunde fordert die Praxis des Anlagenvertriebs in zunehmenden Maße die Entwicklung eines Konzeptes, die den Anlagenhersteller aus diesen Zwängen befreit. Mit einem derartigen Konzept muss es möglich werden, Unterschiede und Informationen rund um die gewünschte Anlage im Verkaufs- und Projektierungsgespräch ad hoc aufzuzeigen und somit dem Anlagenverkäufer eine bessere Argumentationsgrundlage während des Verkaufs zu geben. Dies verlangt auch, dass neben den technischen Daten auch die betriebswirtschaftliche Seite einer Anlage kritisch beleuchtet und auch mit einbezogen wird. Der Einsatz von einfachen Kennzahlen, wie ROI, Verfügbarkeit, usw. allein reichen heute nicht mehr aus, da Kennzahlen einen statischen Charakter haben und somit die Komplexität und Interaktionen der verschiedenen Einflüsse im Anlagen- und Systemgeschäft nicht aufzeigen können.

Zielsetzung dieser Arbeit muss sein, den Anlagenherstellern ein leicht verständliches Instrument zur Visualisierung von komplexen Zusammenhängen an die Hand zu geben, um das Verkaufsgespräch aus dem Fokus der Boni, Skonti und Rabatte herauszuführen. Dies lässt sich nur realisieren, wenn zukünftig beim Verkauf von Anlagen und Systemen die Lebenszykluskosten aus Betreiber-Sicht einen entscheidenden Faktor in der Argumentationskette spielen. Für diese Vorgehensweise fehlen dem Vertrieb des Anlagenherstellers allerdings geeignete Lebenskostenrechnungen (LCC) der jeweils zu konfigurierenden Anlage einschließlich der notwendigen Berechnungs-, Simulations- und Demonstrationsinstrumente. Letzteres erfordert eine Wissensdatenbank, in der die vernetzten Zusammenhänge von Konstruktionslösungen, Anlagenbetriebsmo-

dell, Maintenance-Modell, Servicemodell, Bediener-Konzepte und das Produktionsprogramm zu einer optimalen Anlagenauslegung hinterlegt sind.

Für die Entwicklung einer neuen Methode muss die Analyse und Bewertung der Einsatzmöglichkeiten der in der Literatur beschriebenen Lebenszykluskonzepte für ein strategisches Marketing- und Technologiemanagement zugrundegelegt werden. Anschließend sind die theoretischen Einsatzmöglichkeiten der Lebenszykluskostenrechnung aus der Literatur mit praxisnahen, technischen Gegebenheiten des Anlagen- und Systemgeschäftes zu verknüpfen und als neues Instrumentarium zu konzipieren, welches nicht nur die Kostenprognose, sondern auch die Prognose von Leistungsdaten und sonstigen konfigurationsabhängigen Daten, wie z.B. den sich ergebenden Energiebedarf, ermöglicht.

Diese Zielvorstellungen lassen sich nicht mit der bisher üblichen konventionellen Vorgehensweise im Anlagenvertrieb realisieren. Hier kann nur der Einsatz eines rechnergestützten Systems Abhilfe schaffen. Zum besseren Verständnis des neu zu entwickelnden Konzeptes werden zunächst eine ganze Reihe von Definitionen und Begriffen (Kap. 2.) wiedergegeben. Anschließend wird die heutige Vorgehensweise des Anlagen-Verkaufs (Kap. 3.) ausführlich analysiert. Diese Analyse bildet dann die Grundlage für die Anforderungen (Kap. 4.) an ein rechnergestütztes LCC. Angesichts der relativ hohen Anzahl vorgefundener Lebenszykluskonzepte in der Literatur sollen die Unterschiede der wichtigsten Modelle aufgezeigt und deren Vor- und Nachteile sowie ihre Interdependenzen und ihre Einsatzfähigkeit in der Praxis (Kap. 5.) erläutert und gegenübergestellt werden. Dies führt anschließend dann zu der Entwicklung eines Konzeptes für einen LCC-Simulator (Kap. 6.) auf der Basis einer Lebenszykluskostenrechnung in Verbindung mit einer mehrdimensionalen Optimierung und unter Einbeziehung einer Wissensdatenbank für eine bessere Handhabung des Industrie-Anlagengeschäftes. Am Beispiel einer Getränkeabfüllanlage (Kap. 7.) werden die hier aufgestellten Thesen nachgewiesen. Im Fazit (Kap. 8.) soll die Richtigkeit der vorweg getroffenen Annahmen bestätigt und Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden.

2. Definitionen der Begriffe

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Arbeit sollen im Folgenden die verschiedenen Begriffe definiert werden:

- Anlagen
- Anlagenbetreiber
- Anlagenhersteller
- Anlageninvestor
- Instandhaltungsbegriff
- Lebenszyklus
- Lebenszykluskostenrechnung (Lifecycle-Costing)
- System
- Terotechnologie
- Variantenvielfalt
- Wissensmanagement

(1) Anlagen:

Anlagen sind im Sinne des Bilanzrechts nach §247 Abs. 2 HGB alle langfristig investierten, dauerhaft dem Geschäftsbetrieb dienenden, materiellen, immateriellen und finanziellen Vermögensgegenstände. Unter anlagentechnischen und produktionstheoretischen Gesichtspunkten werden als Anlagen nur materielle Gegenstände wie Bauten, Grundstücke, technische Anlagen, Maschinen und Transportmittel sowie die Betriebs- und Geschäftsausstattungen erfasst.¹ In der Literatur werden die verschiedenen Arten von Anlagen unter anderem nach ihrer Funktion oder ihrem Verhalten unterschieden (vgl. Tab. 2.1).

Bei einer genaueren Betrachtung der Gliederung der Anlagearten wird deutlich, dass nicht ihre Funktionsausübung, sondern eher die Merkmale Verschleißverhalten, leistungswirtschaftliche Verbundenheit, Neuigkeitsgrad und die Länge der Lebensdauer für das zu entwickelnde Konzept eine bedeutende Rolle spielen werden.

¹ vgl. Männel (1992a), S. 11

Gliederung der Anlagen nach ihrer Funktionsausübung	Gliederung der Anlagen nach ihrem Verschleißverhalten
<p>1) Art der Funktionsausübung a) statische Anlagen b) dynamische Anlagen - Kraftmaschinen - Arbeitsmaschinen</p> <p>2) Rhythmus der Funktionsausübung a) kontinuierlich arbeitende Anlagen b) diskontinuierlich arbeitende Anlagen</p> <p>3) Ort der Funktionsausübung a) ortsgebundene Anlagen b) bewegliche Anlagen</p> <p>4) Bedeutung der Funktionsausübung a) Hauptzweck dienende Anlagen b) Nebenzwecken dienende Anlagen</p> <p>5) Bereich der Funktionsausübung a) fertigungsspezifische Anlagen - betriebsbezogene Anlagen - repertoirebezogene Anlagen - erzeugnisbezogene Anlagen - auftragsbezogene Anlagen</p> <p>6) Grad der Spezialisierung der Funktionsausübung a) Universalanlagen - Vielzweckanlagen - Mehrzweckanlagen b) Spezialanlagen - materialspezialisierte Anlagen - erzeugnisspezialisierte Anlagen - prozessspezialisierte Anlagen</p> <p>7) Dauerhaftigkeit der Funktionsausübung a) plötzlich versagende Anlagen b) allmählich versagende Anlagen</p> <p>8) Bezug zum Produktionsprozess a) eingesetzte Anlagen b) Reserveanlagen</p>	<p>1) gebrauchtsbedingt verschleißende Anlagen</p> <p>2) zeitbedingt verschleißende Anlagen a) Verschleiß während der Nutzungszeit b.) Verschleiß während der Stillstandszeit</p> <p>3) gebrauchts- und zeitbedingt verschleißende Anlagen.</p>
	Gliederung der Anlagen nach ihrer leistungswirtschaftlichen Verbundenheit
	<p>1) in verschiedenen Betriebsbereichen eingesetzte Anlagen</p> <p>2) in einen Betriebsbereich arbeitende Anlagen</p> <p>3) leistungswirtschaftlich verbundene Anlagen a) lose verkettete Anlagen b) starr verkettete Anlagen</p>
	Gliederung der Anlagen nach ihrem Neuheitsgrad
	<p>1) neue Anlagen</p> <p>2) gebrauchte Anlagen</p> <p>3) veraltete Anlagen</p>
	Gliederung der Anlagen nach der Länge ihrer Lebensdauer
	<p>1) kurzlebige Anlagen</p> <p>2) langlebige Anlagen</p>

Tab. 2.1: Definition der Anlagenarten²

² vgl. Männel (1992a), S. 21

Während beim Material als „Verbrauchsgut“ durch den Einsatz im Produktionsprozess häufig ein sogenannter vollkommener Verzehr eintritt, können Anlagen als „Gebrauchsgüter“ sukzessive genutzt werden. Anlagen sind aus produktionstheoretischer Sicht langfristig nutzbare Potenzialfaktoren, die ihr Leistungspotenzial zeitbedingt, nutzungsbedingt oder sowohl zeit- als auch nutzungsbedingt sukzessive im Zeitraum ihrer Nutzung abgeben.³

Im weiteren Verlauf der Arbeit soll der Terminus „Anlagen“ auf die unmittelbar im Fertigungsprozess eingesetzten Betriebsmittel und somit auf Produktionsanlagen eingeschränkt und verstanden werden.

(2) Anlagenbetreiber:

Ein Anlagenbetreiber ist eine natürliche oder juristische Person, die eine Anlage entsprechend ihrer Spezifikationen in seinen Wertschöpfungsprozess einbezieht und nutzt. Ein Anlagenbetreiber und ein Anlageninvestor müssen nicht zwingend die gleichen (juristischen) Personen sein, da der Finanzierungsaspekt derartiger Anlagen eine immer größere Bedeutung erfährt.

(3) Anlagenhersteller:

Ein Anlagenhersteller ist eine Unternehmung, die eine vorab spezifizierte Anlage auf Anforderung eines Kunden entwickelt, plant, großteils produziert, montiert und vertreibt.

(4) Anlageninvestor:

Unter einem Anlageninvestor wird eine private oder juristische Person verstanden, die eine Anlage kauft oder mietet. Diese Person muss aber nicht identisch mit dem Anlagenbetreiber sein. Ein Anlageninvestor ist oftmals auch eine Bank oder eine Leasinggesellschaft.

³ vgl. Männel (1974), Sp. 139

(5) Instandhaltungsbegriff

In der DIN 31.051 steht das Wort Instandhaltung als Oberbegriff für die zugeordneten Begriffe Wartung, Inspektion und Instandsetzung.⁴ Die genannten Begriffe sollen hier kurz erklärt werden.⁵

Unter dem Begriff Wartung sind die Teilmaßnahmen reinigen, konservieren, schmieren, ergänzen, auswechseln und nachstellen subsumiert. Reinigen bedeutet eine Betrachtungseinheit von Fremd- und überflüssigen Hilfsstoffen zu befreien. Unter konservieren wird die Durchführung von Schutzmaßnahmen gegen Fremdeinflüsse zum Zwecke des Haltbarmachens einer Betrachtungseinheit verstanden. Schmieren beinhaltet das Zuführen von Schmierstoffen zur Schmierstelle einer Betrachtungseinheit und/oder zur Reibstelle zur Erhaltung der Gleitfähigkeit. In der Betriebspraxis wird mit dem Begriff in der Regel auch das „ergänzen“, „auswechseln“ und „nachstellen“ verbunden. Unter „ergänzen“ versteht man das Nach- und Auffüllen von Hilfsstoffen. „Auswechseln“ bedeutet das Aussetzen von Hilfsstoffen und Kleinteilen bei einer Betrachtungseinheit mit einfachen Werkzeugen und/oder Vorrichtungen. Der Begriff „nachstellen“ beinhaltet die Beseitigung einer Abweichung mit Hilfe der dafür vorgesehenen Einrichtungen.

Inspektionen sind an allen Betrachtungseinheiten möglich. Der Istzustand sollte stets unter konstanten Betriebs- und Umweltbedingungen festgestellt und unter Beibehaltung von Maßstäben und Toleranzen in denselben Dimensionen wie der Sollzustand angegeben werden. Andernfalls ist kein direkter Soll-/Istvergleich möglich, das heißt, es kann nur bedingt eine Sollzustandsabweichung ermittelt werden. Die Inspektionsmaßnahmen lassen sich in folgende Teilmaßnahmen gliedern:

- Istzustand von technischen Einrichtungen feststellen
- Auswerten der Istzustandsinformationen durch Vergleich und Abweichung ermitteln
- Beurteilung des Istzustandes
- Die aufgrund des beurteilten Istzustandes erforderlichen weiteren Maßnahmen veranlassen, insbesondere die Instandhaltungsmaßnahmen.

⁴ vgl. DIN 31.051

⁵ vgl. Warnecke (1995), S. 152

Die Instandsetzung ist in die Teilmaßnahmen „ausbessern“ und „austauschen“ gegliedert. Ergänzend hierzu wird der Zeitpunkt und die Planbarkeit der Instandsetzung berücksichtigt. Oftmals wird die Wiederherstellung des Sollzustandes nur schrittweise erreicht, indem beispielsweise vor einer endgültigen Instandsetzung zunächst eine vorläufige Instandsetzung durchgeführt wird. Eine Instandsetzung von Maschinen oder Anlagen kann nur im Stillstand geschehen. Diese Instandsetzung gliedert sich in die Teilsegmente „intervallabhängig“, „zustandsabhängig“ und „schadensbedingt“. Intervallabhängig bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Einleitung von Maßnahmen von der Zeit, Betriebszeit, Stückzahl oder ähnlichen Parameter abhängig sind, wenn diese ein vorgegebenes Intervall überschreiten. Zustandsabhängigkeit bedeutet, dass die Einleitung von Maßnahmen aufgrund des bei der Inspektion festgestellten Istzustandes durchgeführt wird. Der Zeitpunkt kann aus dem jeweiligen Istzustand oder seinem wahrscheinlichen Verlauf in der nächsten Zukunft (Trend) bestimmt werden. Schadensbedingt bedeutet, dass eine Maßnahme erst bei Eintritt des Schadens durchgeführt wird, aber durchaus nach Art und Umfang vorgeplant werden kann. Weiter kann die Instandsetzung gegliedert werden in die Punkte geplante Instandsetzung, vorbereitete Instandsetzung und unvorhergesehene Instandsetzung. Von einer geplanten Instandsetzung spricht man wenn Maßnahmen nach Zeit, Art und Umfang geplant werden und zur Wiedererlangung der vollen Betriebsfähigkeit begriffen werden, bevor ein Schaden zum Ausfall führt. Dies kann auf Grund von Erfahrungen geschehen (intervallabhängig) oder bei erkennbarer zu erwartender Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit (zustandsabhängig). Eine vorbereitete Instandsetzung beinhaltet alle Maßnahmen die nach Art und Umfang geplant werden, für die jedoch der Zeitpunkt der Durchführung noch zunächst offen bleibt. Bei einer unvorhergesehenen Instandsetzung sind alle Maßnahmen gemeint, deren Einsatzzeit, Art und Umfang vor dem Ausfall der Anlage nicht bekannt sind.

Diese Abgrenzung in Betrachtungseinheiten, ist jeweils vom Betrachter vorzunehmen. Im Allgemeinen werden die Betrachtungseinheiten nach ihrer Größe und/oder Funktion als Anlage, Teilanlage, Baugruppe und Bauelement bezeichnet.⁶ In Anlehnung an diese Unterscheidung sollen in der vorliegenden Arbeit die Begriffe System und Anlage, Maschinenblock, Maschine, Komponente und Einzelteil eingeführt werden.

⁶ vgl. Warncke (1995); S. 153

(6) Lebenszyklus:

Unter dem Begriff Lebenszyklus wird die Abfolge des Lebens von natürlichen Organismen verstanden, die bestimmte Entwicklungsphasen durchlaufen.⁷ Diese Abfolge wird in der Wissenschaft auf Produkte, Potenziale und Unternehmen bzw. Organisationen übertragen.

(7) Lebenszykluskostenrechnung (Lifecycle-Costing):

Ausgangspunkt der Lebenszykluskostenrechnung war der angloamerikanische Raum. Diese Ansätze werden unter dem Begriff „Lifecycle Costing“ behandelt. Die deutsche Ausprägung des Begriffes ist die sog. Lebenszykluskostenrechnung oder das Lebenszykluskostenmanagement. In Großbritannien wird dafür oft der Terminus „Terotechnology“ (vgl. Punkt 9) verwendet.⁸ Lebenszykluskosten sind die kumulierten Kosten, die eine Anlage oder ein System über seinen gesamten Lebenszyklus verursacht. Dieses Konzept beruht auf der Prämisse, dass jedes Produkt nur eine begrenzte Lebensdauer besitzt und während dieser Zeit unterschiedliche Phasen wie die Initiierung, Planung, Realisierung, Nutzung und Außerbetriebnahme durchläuft.

Zur Vorbereitung produktorientierter, langfristig strategischer Entscheidungen wird auf der Basis des Produktlebenszykluskonzepts im LCC eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.⁹ Das LCC berücksichtigt dabei alle Kosten des betrachteten Produktes über den gesamten Lebenszyklus. Der Grundgedanke der Lebenszykluskostenrechnung besteht darin, dass die Anfangskosten und Folgekosten zu analysieren und zu optimieren sind. Die periodenübergreifende Sicht der Lebenszykluskostenrechnung ist erforderlich, weil bei immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen die Vorlaufkosten und Nachlaufkosten stark ansteigen. Die Kosten würden bei einer periodisch orientierten Kostenrechnung nicht dem Produkt direkt zugerechnet, sondern als Gemeinkosten umgelegt.¹⁰ Dieses Konzept wurde ursprünglich in den USA zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung komplexer Großprojekte des industriellen Anlagenbaus, im militärischen Bereich, und in der Luft- und Raumfahrt entwickelt. In den USA ist Lifecycle Costing bei bestimmten öffentlichen Aufträgen vorgeschrieben.¹¹ Lebenszykluskostenrechnungen sind vorrangig bei

⁷ vgl. Zehbold (1995), S. 2

⁸ vgl. Zehbold (1995), S. 1f

⁹ vgl. Riezler (1996), S. 51ff

¹⁰ vgl. Horvath (2002), S. 513

¹¹ vgl. Männel (1992b), S. 7f

Investitionsgütern sinnvoll, bei denen während der Nutzungsphase ein wesentlicher Gesamtkostenanteil entsteht.¹²

Das Systemdenken ist Kern des Konzeptes. Es beinhaltet die integrierte Betrachtung der Systemelemente Kosten, Performance und Zeit.¹³ Die Erlösseite (Rückflüsse) hingegen wird in der Literatur im LCC nur zum Teil explizit berücksichtigt, was folgende Zitate verdeutlichen:

- „Lifecycle Costing includes the costs associated with acquiring, using and caring for disposing physical assets, including the feasibility studies, research, design, development, production, maintenance, replacement and disposal as well as support, training and operating costs generated by the acquisition, use, maintenance and replacement of permanent physical assets.”¹⁴
- “Lifecycle Costing (LCC), by definition, refers to an analysis technique which encompasses all costs associated with a product from its inception to its disposal”¹⁵
- “Lifecycle Costing may be described as a forecasting tool used to compare or evaluate alternative planned capital expenditures with the aim of ensuring the optimum value from capital assets.”¹⁶

Unter der Lebenszykluskostenrechnung wird im engeren Sinne verstanden, wenn die Fokussierung sich im wesentlichen auf die Kosten bezieht. Jedoch werden die Begriffe Lebenszykluskostenrechnung und LCC vermehrt mit einem weiter gefassten Begriffsinhalt versehen, d.h., nicht nur die Kosten, sondern sämtliche Erfolgsvariablen sollen in das Rechensystem eingehen. In diesem Zusammenhang wird dann von einer Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne gesprochen: „Unter Lebenszykluskostenrechnung im weiteren Sinne ist eine objektorientierte, aperiodische und langfristig ausgerichtete Kosten-, Erlös- und Ergebnisrechnungskonzeption zu verstehen, für die das Gesamtkosten- und Gesamrentabilitätsdenken hinsichtlich eines Objektes charakteristisch ist.“¹⁷ Die Sicherstellung der Effektivität steht bei diesem Konzept im Vordergrund.¹⁸ Mit dieser ganzheitlichen Sichtweise wird eine durchgehende Steuerung und abschließende Gesamtkontrolle der strategischen Entscheidungen gewährleistet. Die Orientierung der

¹² vgl. IEC (1996), S.5f

¹³ vgl. Pfohl, Wübbenhorst (1983), S. 146

¹⁴ Woodward (1990), S.20

¹⁵ Sherif, Kolarik (1981), S. 287

¹⁶ Taylor (1981), S. 33

¹⁷ Zehbold (1995), S. 4

¹⁸ vgl. Czyzewski, Hull (1991), S. 20ff

Kostenrechnung an den verschiedenen Lebensphasen des Objektes stellt darüber hinaus sicher, dass Informationen aus verschiedenen Unternehmensbereichen (strategische Planung, Marketing, Forschung und Entwicklung, Produktion) zusammengestellt und in einem einheitlichen System dargestellt werden.

(8) System:

Unter dem Begriff „System“ wird die Gesamtheit technischer, organisatorischer und anderer Mittel zur Erfüllung eines Aufgabenkomplexes verstanden. Der Begriff „Anlage“ beherbergt die Gesamtheit der technischen Mittel eines Systems. Ein Beispiel hierfür ist eine Getränkeabfüllanlage. Ein „Maschinenblock“ ist die Zusammenfassung oder Verbindung von mehreren eigenständigen Maschinen mit jeweils einer eigenständigen Funktion innerhalb einer Anlage zu einem Maschinenverbund. Als Beispiel hierfür dient eine Füllmaschine in Kombination Rinser, Füller und Verschleißmaschine. Unter dem Begriff „Maschine“ wird eine Einheit verstanden, die bei einer weiteren Aufteilung die für ihren jeweiligen Verwendungszweck notwendige Eigenschaft verlieren würde. Ein Beispiel hierfür könnte eine Flaschenreinigungsmaschine sein. Als „Komponente“ wird ein teilfunktionsgebender Bestandteil einer Maschine verstanden. Ein Beispiel hierfür wäre der Motor der Flaschenreinigungsmaschine. Als „Einzelteil“ wird in dieser Systematik ein nicht weiter trennbarer Bestandteil einer Komponente betrachtet.¹⁹ Hier kann als Beispiel die Einfüllanlagen einer Füllmaschine angeführt werden.

(9) Terotechnologie:

Die Terotechnologie geht weit über den kostenrechnerischen Ansatz hinaus und weist auf ein umfassendes Managementkonzept hin.²⁰ In der Literatur ist Terotechnologie definiert als

„ A combination of Management, financial, engineering and other practices applied to physical assets in pursuit of economic ends. It is concerned with the set of actions and decisions which control the specification, provision, installation, commissioning, maintenance and disposal of plant, machinery, and economic and technical performance.“²¹

¹⁹ vgl. ATV 8.1.1 (1998) S. 568f.

²⁰ vgl. Sizer, (1981), S. 136f

²¹ vgl. Bull (1993), S. 86ff

Bei dem neu zu entwickelnden LCC-Simulator wird in mehreren Punkten der Ansatz der Terotechnology berücksichtigt werden.

(10) Variantenvielfalt:

Unter Varianten eines Grundtyps werden in dieser Arbeit vorwiegend Endprodukte verstanden, die sich in untergeordneten Merkmalen, aber nur wenig in ihrer Grundstruktur unterscheiden. Aufgrund der Kombinationsvielfalt der Unterscheidungsmerkmale können sehr viele Varianten eines Endproduktes entstehen. Die Erhöhung der Anzahl der Produktvarianten hat positive aber auch negative Auswirkungen auf den Unternehmenserfolg. Mehr Produktvarianten ermöglichen die Erfüllung zusätzlicher Kundenwünsche und tragen somit zur Bedienung neuer Marktsegmente oder zum Erschließen weiterer Kundenkreise und letztlich zur Steigerung des Unternehmensumsatzes bei. Demgegenüber stehen die kostenerhöhenden Wirkungen der Vielzahl der Varianten in einem Unternehmen. Diese treten funktionsübergreifend über alle Prozessschritte der Auftragsabwicklung auf.

(11) Wissensmanagement:

Daten werden durch Zeichen repräsentiert und sind Gegenstand von Verarbeitungsprozessen. Sie setzen sich aus einzelnen Zeichen oder aber aus einer Folge von Zeichen zusammen. Ein sinnvoller Zusammenhang ist entweder schon bekannt oder er wird unterstellt, so dass die Zeichen mit einem Code gleichgesetzt werden können. Eine Aussage über den Verwendungszweck wird allerdings auf dieser Stufe der Begriffshierarchie noch nicht getroffen.²²

Daten werden zu Informationen, indem sie in einen Problemzusammenhang gestellt und zum Erreichen eines Ziels verwendet werden. Wissen ist demnach das Ereignis der Verarbeitung von Informationen durch das Bewusstsein und kann als verstandene Information bezeichnet werden. Wissen ist die Vernetzung von Informationen, welche es dem Träger ermöglicht, Handlungsvermögen aufzubauen und Aktionen in Gang zu setzen. Es ist das Resultat einer Verarbeitung der Informationen durch das Bewusstsein.²³

Formal betrachtet ist Wissen ein Begriff mit weitem Umfang und kann hinsichtlich Erkenntnisquelle, Inhalt, Ursprung, Qualität, Struktur und Funktion differieren. Deshalb erscheint es be-

²² vgl. Bullinger, Wörner, Prieto (1997), S. 7f

²³ vgl. Nonaka, Takeuchi (1995), S. 10

rechtigt, von verschiedenen Arten und Formen von Wissen zu sprechen. Die verschiedenen Formen weisen meist eine enge Korrelation auf und können daher nicht eindeutig einander zugeordnet bzw. voneinander abgegrenzt werden. Folgende Wissensarten werden in der Literatur unterschieden:²⁴

- **Prozedurales Wissen:** Handelt von festen Vorgehensweisen oder Strategien. (Know-how)
- **Erfahrungswissen:** Durch Sinneswahrnehmungen gewonnenes Wissen, welches in eine bestimmte Situation eingebettet ist. Dieses Wissen ist oftmals schon öfter durchwandert und somit relativ resistent gegen das Vergessen. Das Erfahrungswissen einer Tätigkeit steigt somit auch mit dem Lebensalter.
- **Deklaratives, faktisches Wissen:** Kenntnisse über die Realität. Feststehende Tatsachen, Gesetzmäßigkeiten sowie bestimmte Sachverhalte sind hier repräsentiert. (Know-that)
- **Statisches Wissen:** Wissen das aus Fallsammlungen stammt.
- **Kausales Wissen:** Beweggründe und Ursachen werden in Kombination zueinander festgehalten (Know-why).
- **Heuristisches Wissen:** Bestimmte Sachverhalte werden in Regeln festgehalten.
- **Klassifizierungs- und Dispositionswissen:** Wissen welches es dem Wissenden ermöglicht, komplexe Gegenstände aufzuschlüsseln und bestimmte Sachverhalte richtig zuzuordnen.
- **Relationenwissen:** Wissen das dem Wissenden ermöglicht, Strukturen und Zusammenhänge zu sehen.

Ferner ist eine Differenzierung in implizites und explizites Wissen sinnvoll.²⁵

- Implizites Wissen ist aktionsgebunden, stillschweigend und höchst subjektiv. Es beinhaltet sowohl eine technische als auch eine kognitive Komponente. Zum technischen impliziten Wissen zählen beispielsweise das prozedurale Wissen (Know-how). Das kognitive Wissen ist geprägt durch ein hohes Maß an Selbstverständlichkeit, ist tief im Innern von Personen manifestiert und beeinflusst nachhaltig die Art und Weise, wie wir die Welt sehen und wahrnehmen. Implizi-

²⁴ vgl. Schüppel (1996), S. 25ff

²⁵ vgl. Bullinger, Wörner, Prieto (1997), S. 8

tes Wissen ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich nur unvollständig formalisieren lässt.

- Explizites Wissen ist beschreibbares, formalisierbares und zeitlich stabiles Wissen, welches standardisiert, strukturiert und methodisch in sprachlicher Form in Dokumentationen, Datenbanken, Patenten, Produktbeschreibungen, Formeln aber auch Systemen, Prozessen oder Technologien angelegt werden kann. Wenn explizites Wissen mehreren Personen im Unternehmen zugänglich ist, so ist es kollektiv. Eine Übersicht der Zusammenhänge der verschiedenen Wissensarten ist in Abb. 2.1 dargestellt

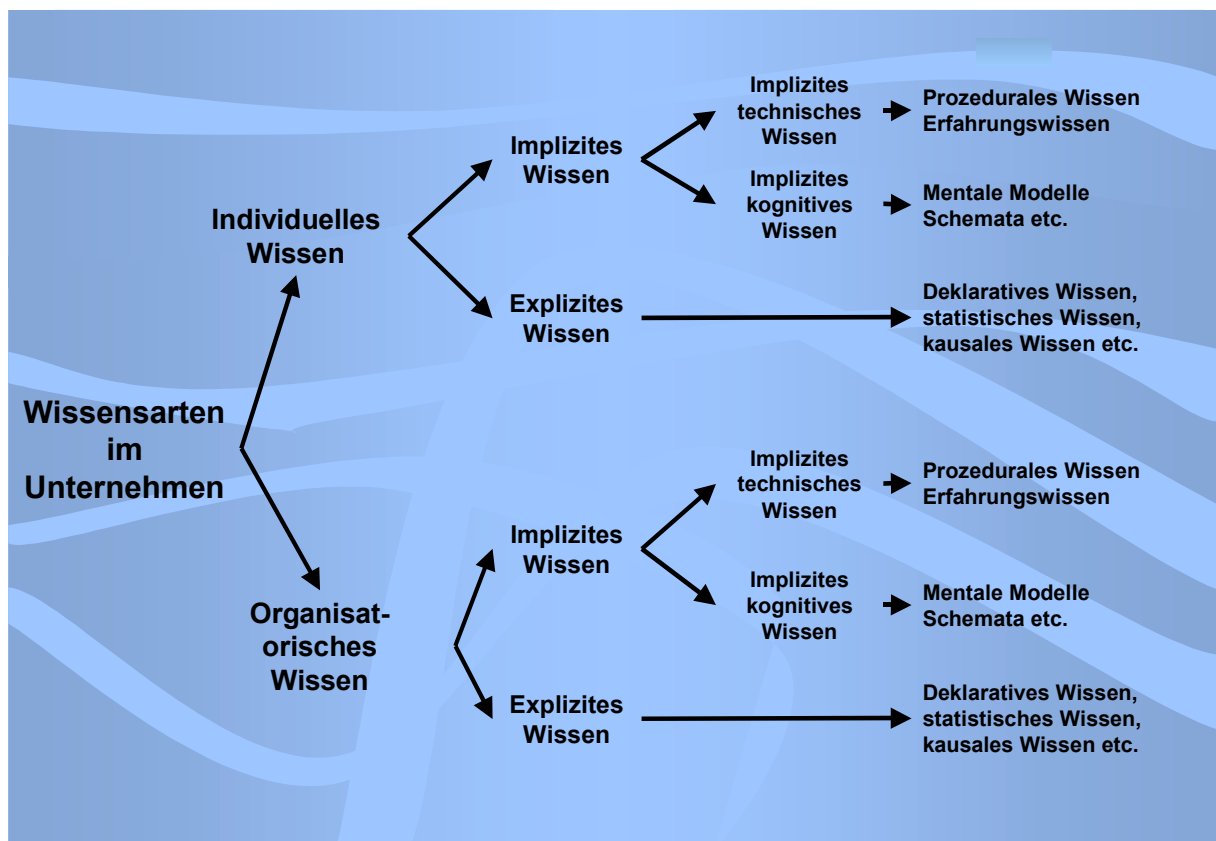


Abb. 2.1: Wissensarten im Unternehmen

Das Management von Wissen gliedert sich nach Probst in zahlreiche Einzelaufgaben.²⁶ Die Anordnung der Bausteine lassen sich in einem Kreislauf abbilden (vgl. Abb. 2.2).

²⁶ vgl. Probst. (1996), S.2ff

Die Definition von Bausteinen des Wissensmanagements hat mehrere Vorteile bei der Erschließung von Wissenslücken im Unternehmen und wird deshalb bei der Entwicklung des LCC-Simulators zwangsläufig eine wichtige Rolle spielen.

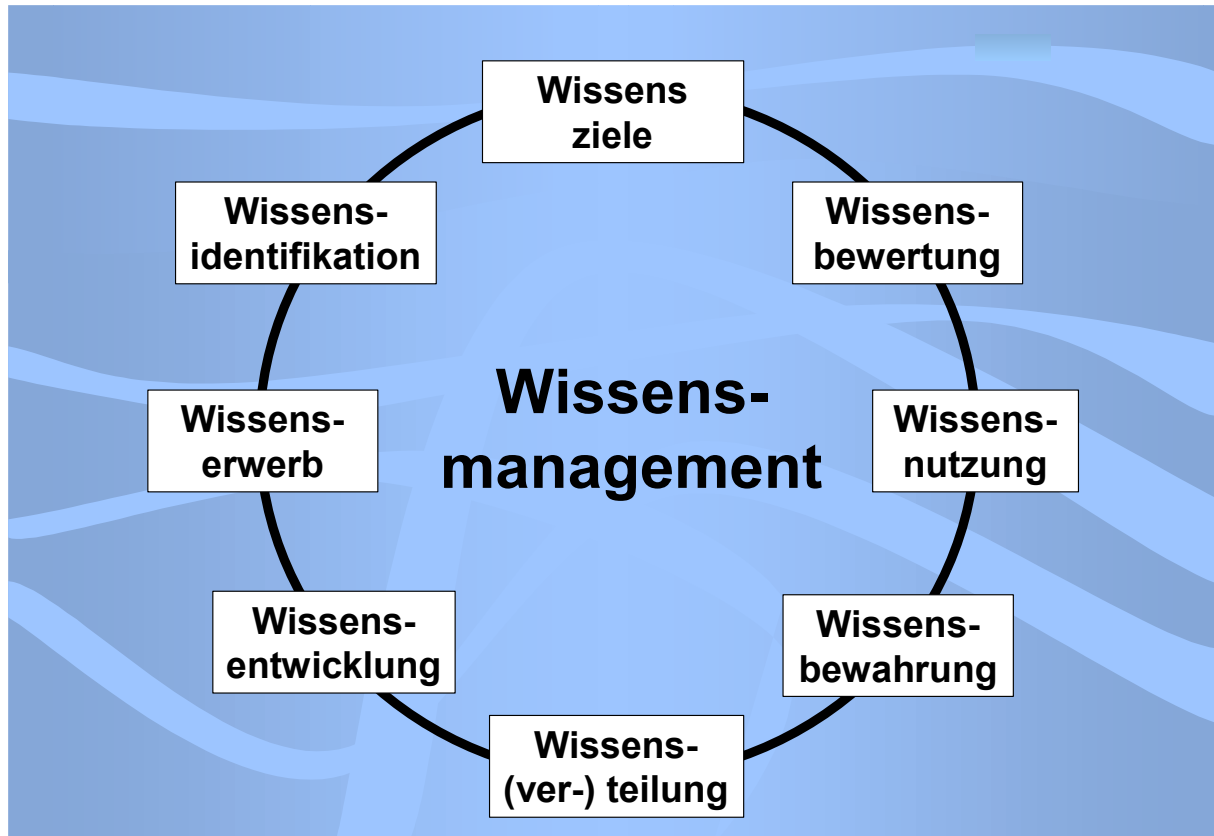


Abb. 2.2: Bausteine des Wissensmanagement

Zum erfolgreichen Management des Produktionsfaktors Wissen gehört demnach mehr, als nur die Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien. Der Einsatz von unternehmensinternen Netzen (Intranet) und Datenbanksystemen ist zwar ein relevantes Element des Wissensmanagements, ohne die begleitenden Maßnahmen jedoch wenig erfolgversprechend. Strukturen und Prozesse sind im Kontext des Wissensmanagements so zu gestalten, dass eine eindeutige Zuordnung zu den Themen Verantwortung und Kompetenz innerhalb einer Organisation eindeutig und vollständig definiert sind. Dies soll jedoch hier im Rahmen dieser Arbeit nicht näher erläutert werden. Darüber hinaus sind im Unternehmen die Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Mitarbeiter im Unternehmen dazu veranlassen, ihr Wissen zu (ver-)teilen. Voraussetzung dafür ist die Implementierung eines geeigneten Anreizsystems.²⁷

²⁷ vgl. Bullinger, Wörner, Prieto (1997), S. 9f

3. Ist-Zustand im Anlagengeschäft

Im Folgenden soll nun die augenblickliche Vorgehensweise im konventionellen Anlagengeschäft ausführlich analysiert werden, woraus die Anforderungen an einen rechnergestützten LCC-Simulator abgeleitet werden können.

3.1 Besonderheiten des Anlagen- und Systemgeschäfts

Das Marketing für Investitionsgüter zeichnet sich durch eine Reihe von Besonderheiten aus, die eine spezifische Gestaltung der Marketinginstrumente in diesem Bereich erforderlich machen.²⁸ Die wesentlichen Rahmenbedingungen des Investitionsgütermarketing sind unter anderem darin begründet, dass Unternehmen als Nachfrager auftreten. An den Beschaffungsentscheidungen ist je nach Komplexitätsgrad entweder ein gesamtes Team (Buying-Center)²⁹ beteiligt, d.h. es werden je nach Sachverstand sowohl Mitarbeiter aus technischen als auch aus den kaufmännischen Abteilungen bei der Beurteilung einer Investition mit herangezogen, oder es werden Projekte gestartet, die sich ausschließlich mit der Anlagen- oder Systembeschaffung beschäftigen. Ein grundlegendes Problem dieser Organisationsformen ist die Tatsache, dass das Wissen für eine Investitionsentscheidung in der Regel erst erarbeitet werden muss, da das Wissen nicht ad hoc abrufbar und in der richtigen Granulierung vorliegt.

Darüber hinaus war in den vergangenen 10 Jahren der Anlagen- und Systembau bedingt durch die Globalisierung einem erhöhten Wettbewerb ausgesetzt.³⁰ Traditionelle heimische Märkte waren einer Sättigung unterworfen. Dieser Sättigung versuchten die Anlagen- und Systemhersteller durch Diversifikation bekannter und neuartiger Produkte entgegen zu wirken. Hierdurch sollten national wie international wachsende Märkte beliefert werden. Dies bewirkte eine Risikostreuung und einen Ausgleich von inländischen Marktschwankungen. Als nachteilig wirkte sich hier allerdings aus, dass in den Marktnischen durch die Individualisierung der Produkte mit geringen Stückzahlen gerechnet werden muss. Dies führt bei den Anlagenherstellern weniger zu einem Auslastungsproblem, da jede Anlage im Prinzip (durch die Individualisierung) einer Neuentwicklung entspricht, sondern die Unternehmen haben vielmehr mit der einhergehenden steigenden Variantenvielfalt zu kämpfen. Die negativen Auswirkungen der aus dem Markt in das Unterneh-

²⁸ vgl. Backhaus (1998), S. 39ff

²⁹ vgl. Richter (1992), S. 98ff

³⁰ vgl. Wälti (1999), S.1ff

men hineingetragenen Variantenvielfalt verursacht viele Änderungen in den Funktionsbereichen des Anlagenherstellers (vgl. Tab. 3.1).

Bereich	Auswirkungen
Einkauf Logistik	<ul style="list-style-type: none"> • Erschwerte Materialbedarfsermittlung • Geringe Rabatte durch geringe Stückzahlen • Erhöhte Anzahl an Bestellvorgängen • Hohe Lagerbestände zur Aufrechterhaltung der Lieferbereitschaft • Zusätzliche Lieferanten für neue Bauteile
Rechnungswesen	<ul style="list-style-type: none"> • Anspruchsvollere Kalkulation • Kalkulation über Zuschlagssätze problematisch, da zu viele Varianten • Kostenrechnung ist nicht verursachungsgerecht
Konstruktion Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand durch neue Konstruktion der Teile • Verwalten zusätzliche Unterlagen und Dokumente • Erhöhter Änderungsaufwand • Pflege zusätzlicher Teilestammdaten.
Fertigung Montage	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Rüstkosten bei der Erstellung der Anlagen, geringe Losgrößen • Geringere Produktivität • Zusätzliche Werkzeuge und Vorrichtungen
Vertrieb Marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Mehraufwand für Schulungen, Varianten mit unterschiedlichen Funktionen • Grosse Fehlerhäufigkeit bei der Auftragsabwicklung • Erhöhte Anzahl an Verkaufsdokumenten
Kundendienst Service	<ul style="list-style-type: none"> • Anspruchsvollere Ausbildung des Kundendienstes • Vergrößertes Reklamationsrisiko • Erhöhte Ersatzteilbevorratung

Tab. 3.1: Auswirkungen der Variantenvielfalt auf die Funktionsbereiche des Anlagenherstellers

Die Auswirkungen der Variantenvielfalt gemäß Tabelle 3.1 macht besonders deutlich, dass alle Bereiche gleichermaßen betroffen sind. Hier wird später darauf zu achten sein, dass der erhöhte Mehraufwand bzw. das größere Risiko durch die neue Methode insgesamt minimiert werden kann, d.h., durch geeignete Maßnahmen muss die Variantenvielfalt eingegrenzt werden.

Ein weiteres Kennzeichen des industriellen Kaufverhaltens ist dadurch geprägt, dass in vielen Fällen die gewünschte Investition in Form eines mehrstufigen Beschaffungs- und Entscheidungsprozess durchgeführt wird, der auch mehrere Monate oder Jahre dauern kann. Für diesen häufig langwierigen Prozess soll der hier neu zu generierende Lösungsweg eine Antwort finden.

Bevor ein neues Konzept zu einem rechnergestützten Anlagenverkauf konzipiert werden kann, muss zunächst die heute übliche Vorgehensweise bei der Tätigung einer Anlageninvestition sowohl aus der Sicht des Investors als auch aus der Sicht des Anlagenvertreibers eingehend analysiert werden. Die Analyse soll die vorhandenen Defizite aufzeigen.

3.2 Beurteilungskriterien beim Kauf einer Anlage - State of the Art

Nachfolgend sind gemäß Tab. 3.2 die Bedürfnisse des Investors genannt, die beim Kauf einer Anlage in Abhängigkeit des Investitionsvorhabens zu berücksichtigen sind:

Investitionsvorhaben	Gründe für die Investition
Neuinvestition	Der Anlageninvestor beabsichtigt die Erschließung eines neuen Produktfeldes und benötigt für die Produktion eine Anlage
Ersatzinvestition	Der Anlageninvestor tauscht eine alte durch eine neue Anlage aus. Die Ursachen des Anlagenersatzes können sein: technischer Fortschritt, technische Abnutzung oder Veränderungen auf dem Absatzmarkt.
Rationalisierungsinvestition	Die Input-Output-Beziehungen (Produktivitätserhöhung) ³¹ sollen verbessert werden.
Erweiterungsinvestition	Die Investition dient der Vergrößerung der betrieblichen Kapazität.

Tab. 3.2: Investitionsarten

Diesen Forderungen nach einer Investitionstätigkeit müssen geeignete Beurteilungskriterien für den Kauf einer Anlage sowohl aus technischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht gegenübergestellt werden.

Die bisherigen Beurteilungskriterien bezüglich der Eignung einer Anlage bzw. seines Eignungswertes ergeben sich als Mittel-Zweck-Relation aus der Beziehung zwischen den verschiedenen

³¹ vgl. Middendorff (1995), S. 16f

Beschaffenheitsmerkmalen (stofflich-technischen Beschaffenheit) und dem jeweiligen Betriebsmittel zur Erfüllung der Anforderungen. Im Wesentlichen wird zwischen technischer und ökonomischer Eignung unterschieden. Im technischen Sinne ist eine Produktionsanlage dann als geeignet zu bezeichnen, wenn deren Beschaffenheitsmerkmale genau den an dieses Betriebsmittel gestellten Anforderungen entsprechen. Bei einer Beurteilung der ökonomischen Eignung sind zusätzlich das Niveau und die Änderungsrate der Kosten bei Veränderungen der Anforderungen zu berücksichtigen.

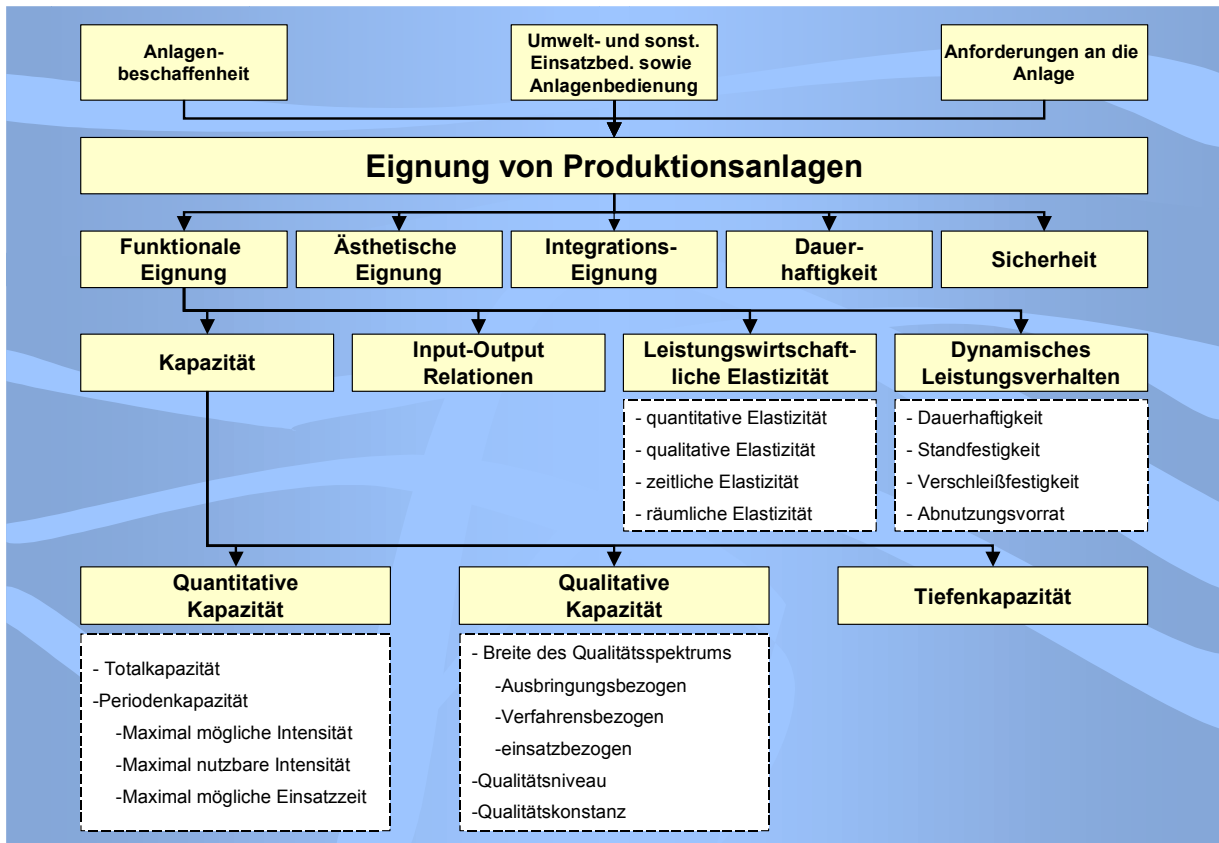


Abb. 3.1: Eignung von Produktionsanlagen³²

Im Rahmen der Betrachtung von Anlagen kommt der funktionalen Eignung einer Anlage eine besondere Bedeutung zu (vgl. Abb. 3.1). Liegt die an eine Produktionsanlage zu stellende Anforderung fest, so ergibt sich die funktionale Eignung primär aus der Ausprägung sämtlicher wirtschaftlich relevanter Beschaffenheitsmerkmale, die in der Regel konstruktionsbedingt kurzfristig nicht veränderbar sind. Auf längere Sicht lässt sich die Eignung einer Produktionsanlage aller-

³² vgl. Männel, (1992a), S. 22

dings meistens noch beeinflussen, so z.B. durch technische Ergänzungen, Umbauten oder ähnliche Maßnahmen.

Die funktionale Eignung von Anlagen findet ihre Ausprägung in folgenden Determinanten:

- Der Kapazität der Anlagen, die in das quantitative und qualitative Leistungsvermögen sowie die Anzahl der Fertigungsstufen aufgeteilt wird,
- der Produktionsfunktion als technisch-wirtschaftliches Verhältnis von Einsatzmengen und Ausbringungsmengen,
- der vor dem Hintergrund zunehmender kundennaher Produktionen erforderlichen Elastizität bzw. Flexibilität von Anlagen und
- dem Leistungsverhalten von Anlagen im Zeitablauf ihrer Nutzung.

Die quantitative Kapazität ist das mengenmäßige Leistungsvermögen einer Anlage. Dabei ist zwischen der die Dauerhaftigkeit eines Produktionsmittels determinierenden Totalkapazität und der Periodenkapazität zu unterscheiden. Die qualitative Kapazität determiniert die Einsetzbarkeit von Produktionsanlagen für bestimmte Verwendungszwecke, so etwa für die Herstellung spezieller Artikel oder Sorten. Bei der Erfassung dieser Eignungsdimensionen ist weiter zu differenzieren nach der Breite des Qualitätsspektrums, dem Qualitätsniveau und der Qualitätskonstanz. Die Tiefenkapazität einer Produktionsanlage ergibt sich aus einer Anzahl der aufeinanderfolgenden Produktionsvorgänge, die das betreffende Betriebsmittel (Anlage) auszuführen vermag. Sie ist Ausdruck der vertikalen anlagenwirtschaftlichen Integration.

Für das Treffen von Entscheidungen über den Einsatz von Produktionsanlagen sind Informationen über die funktionalen Beziehungen zwischen den Faktoreinsatzmengen und der Leistung bzw. Ausbringung erforderlich. Nur die Kenntnis der jeweiligen Produktionsfunktion ermöglicht die Beurteilung, ob eine Produktionsanlage unter Faktoreinsatz und damit letztlich unter Kostengesichtspunkten für die Erstellung einer bestimmten Leistung geeignet ist.

Die leistungswirtschaftliche Elastizität ist Ausdruck dafür, ob, inwieweit, wie schnell und unter welchen Bedingungen die Leistung von Produktionsanlagen an die Bewältigung anderer Produktionsaufgaben angepasst werden kann. Als Synonym zum Begriff der leistungswirtschaftlichen Elastizität wird auch der Terminus „Flexibilität“ verwendet. Die quantitative Elastizität kennzeichnet den Grad der Reagibilität einer Produktionsanlage gegenüber mengenmäßigen Veränderungen des Produktionsvolumens. Die als Anpassungsfähigkeit bezüglich der veränderten Produktionsaufgaben zu verstehende qualitative Elastizität ist ebenfalls ein mehrdimensionaler Beg-

riff. Zum einen resultiert der Begriff unmittelbar aus der qualitativen Kapazität der betreffenden Produktionsanlagen, und zum anderen soll dieser Begriff aber auch die Zeitdauer umschreiben, die für eine Umstellung (oder Rüstung) von Produktionsanlagen für andere Verwendungszwecke erforderlich ist. Eine hohe qualitative Elastizität ist speziell für jene Mehrproduktunternehmen wünschenswert, deren Produktions- und Absatzprogramm relativ häufig strukturellen Veränderungen unterworfen ist.

Die räumliche Elastizität kennzeichnet die Ortbeweglichkeit von Produktionsanlagen, die z.B. im Hinblick auf Veränderungen des Fertigungssystems von großer Bedeutung sein kann. Speziell für die Programmplanung und die Ablaufplanung ist bedeutsam, dass viele Dimensionen der Eignung von Produktionsanlagen mit fortschreitendem Alter dieser Betriebsmittel nicht konstant bleiben, da sich mit zunehmendem Anlagenverschleiß einzelne Merkmale der stofflich-technischen Beschaffenheit verändern. Ob, inwieweit, in welcher Form und wie schnell sich der Eignungswert von Produktionsanlagen aus den eben genannten Gründen reduziert, beschreibt das dynamische Leistungsverhalten. Bei Produktionsanlagen mit allmählich abnehmender Nutzenstiftung kommt es mit fortschreitendem Anlagenverschleiß zu einer Verminderung der Leistungsqualität und/oder zu einem Rückgang des quantitativen Leistungsergebnisses oder zu einem Anstieg des Verbrauches von Elementarfaktoren, bzw. zu einer stärkeren Inanspruchnahme von Potentialfaktoren.

3.3 Beschreibung des heutigen Standardprozesses Anlagenverkauf

Der Verkauf einer Anlage lässt sich gemäß Abb. 3.2 in mehrere Phasen unterteilen. Die einzelnen Phasen sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Anbahnungs-Phase

Der Beginn eines Anlagenverkaufs orientiert sich an der Art der vorzunehmenden Investition (vgl. Tab. 3.2). Bei einer Neuinvestition beginnt der Anlagenverkauf mit der Position 1, d.h., der Investor hat eine ungefähre Vorstellung von seiner Anlage, aber u. U. keine genaue Kenntnis bzgl. des Anlagenherstellers und seinem Produktionsprogramm. Bei allen anderen Arten der Investition (Position 2) sind die Anforderungen an die Anlage gesetzt und der Kontakt zu einem Hersteller ist aufgenommen.

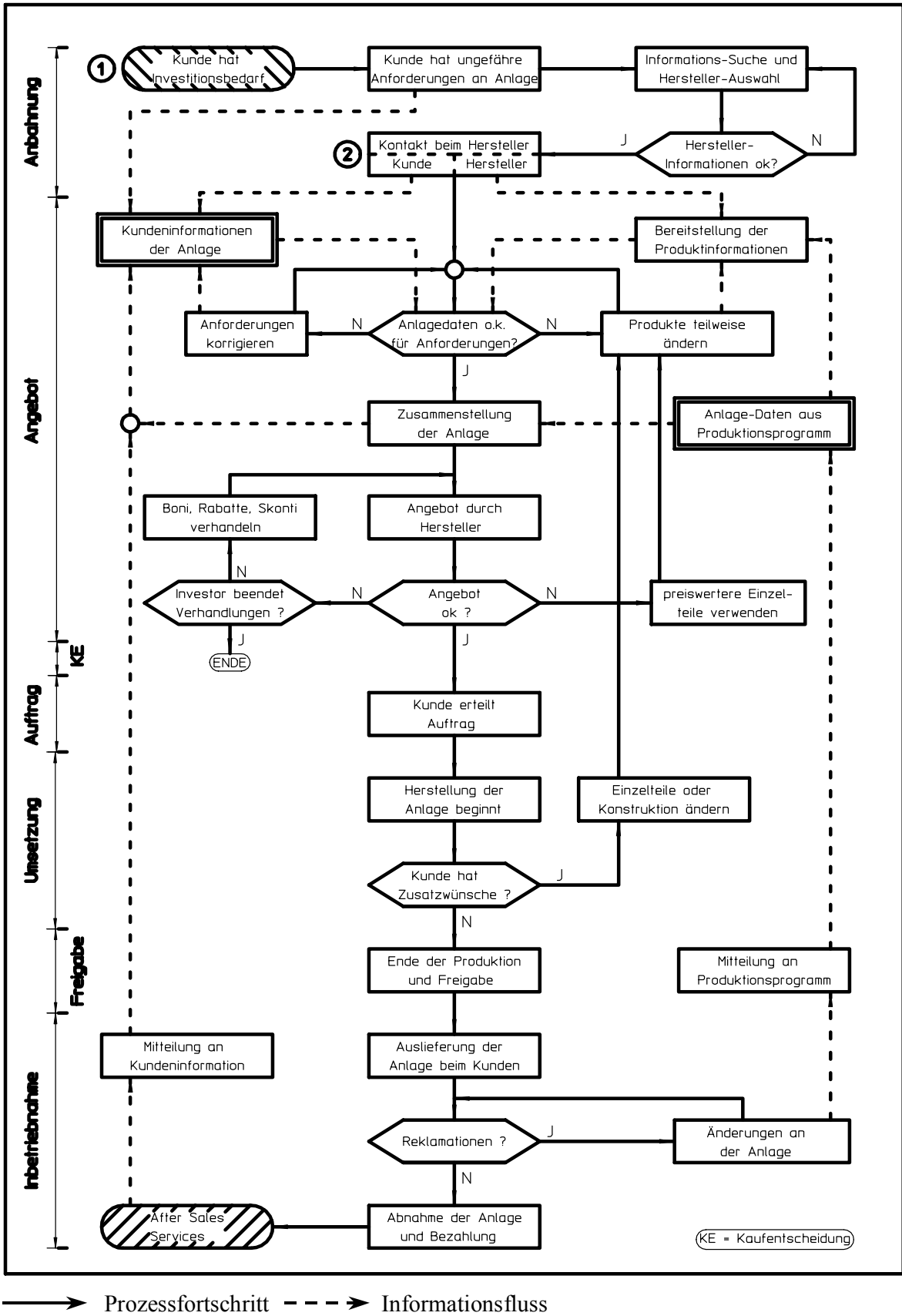


Abb. 3.2: Standardprozess beim Anlagenverkauf

Angebots-Phase

In der Angebots-Phase werden die Anforderungen des Investors durch die Maschinenauslegung abgebildet. Kann die Anlage die technischen Anforderungen der Investoren abdecken, so werden die Einzelmaschinen zu einer Anlage zusammengestellt. Aufgrund dieser Zusammenstellung wird dann das Angebot für den potentiellen Kunden erstellt. Dieses Angebot wird dem Kunden überreicht und er kann es hausintern prüfen. Ist der Angebotspreis zu hoch, so findet eine erste Verhandlungsphase zwischen Anlagenhersteller und Anlageninvestor statt. Hier werden Boni, Skonti, Rabatte, kostenlose Ersatzteillieferungen usw. verhandelt. Sind diese Erlösschmälerungen ausgeschöpft, so werden preiswertere Einzelteile in die Anlage eingebaut um den vom Investor vorgegebenen Zielpreis zu erreichen. Diese kurzfristige Sichtweise der Minimierung des Einkaufspreise führt zu einer Vielzahl von Komplikationen beim Anlagenverkauf.

Kaufentscheidungs-Phase

Die Kaufentscheidungs-Phase ist eine Phase, in der der Anlageninvestor das Angebot bei sich im Einkauf einsteuert, die Finanzierung der Anlage fixiert und die Auftragserteilung beschlossen oder abgelehnt wird. Bei einer Ablehnung des Angebotes beendet der Investor die Verhandlungen. Für den Anlagenhersteller ist die Kaufentscheidungsphase im Standardprozess nicht spürbar.

Auftrags-Phase

In der Auftrags-Phase werden die juristischen Sachverhalte des Anlagenverkaufes abgeklärt. Die vertraglichen Rahmenbedingungen wie Lieferzeit, -ort, -umfang aber auch der Anlagenpreis und die Zahlungsart werden vertraglich fixiert.

Umsetzungs-Phase

In der Umsetzungs-Phase erfolgt die Fertigung der Anlage. Die Fertigung der Anlage wird von den Experten des Anlageninvestors begleitet. Dies hat zur Folge, dass bestimmte Spezifizierungen die bei der Auftragserteilung noch nicht definiert waren, nochmals nachgereicht werden können. Diese Änderungen und Zusatzwünsche können sich auf die Herstellung der Anlage mit verschiedener Intensität auswirken. Bestimmte Zusatzwünsche können ohne eine Überarbeitung des Angebotes und der Anlagenzusammenstellung ausgeführt werden, andere hingegen verlangen Neukonstruktionen einzelner Maschinen und Komponenten. Dies ist oftmals der Ausgangspunkt für die Variantenvielfalt in einem Unternehmen.

Freigabe-Phase

Die Freigabe-Phase ist eine Qualitätssicherungsphase nach der Produktion, die die Fehlerfreiheit der produzierten Anlage bestätigen soll. Mit der Freigabe ist automatisch auch die Produktion der Anlage abgeschlossen und die Auslieferung der Anlage kann beginnen.

Inbetriebnahme-Phase

Die Inbetriebnahme-Phase findet beim Anlageninvestor statt. Nachdem die Anlage beim Kunden aufgestellt und installiert ist, beginnen die ersten Testphasen und Probeläufe der Anlage. Treten Reklamationen auf, so werden diese vom Anlagenhersteller beseitigt. Übergeben wird die Anlage durch die Abnahme des Anlageninvestors. Mit der Abnahme beginnt auch gleichzeitig die Garantiephase der Anlage.

3.4 Zusammenfassung der Defizite

Damit die Anforderungen an das neue Konzept besser herausgearbeitet werden können, ist es sinnvoll, die Defizite in den einzelnen Phasen kurz zu beschreiben.

Anbahnungs-Phase:

Das größte Defizit in der Anbahnungs-Phase ist, dass der Kunde sich mit dem angeforderten Datenmaterial bzgl. jeder einzelnen Maschine nicht zurecht findet. Dies begründet sich dadurch, dass die Vielzahl der Varianten einzelner Maschinen einer Anlage die Investoren überfordert. Verkaufsfördernde Informationen, wie z.B. Hochglanzbroschüren, eignen sich in der Regel für eine Zusammenstellung einer Anlage gemäß ihren technischen Anforderungen nicht. Beim Anlageninvestor entstehen viele Irritationen und irrtümliche Vorstellungen bzgl. der Anlage, da die mitgelieferten Detailinformationen meistens nicht kundengerecht aufbereitet sind. In einem ersten Gespräch muss deshalb der Vertrieb zuerst die irrtümlichen Vorstellungen beim Kunden beseitigen. Ein weiterer Nachteil bei diesem ersten Gespräch ist, dass die hohe Datenflut aus vielen Datenblättern gelesen werden muss. Darüber hinaus liegen viele der benötigten Informationen nicht in Form von Datenblättern oder anderen Dokumentationen vor und es müssen deshalb zusätzlich verschiedene Experten befragt werden. Dies wirkt auf den Anlageninvestor unprofessionell.

Angebots-Phase

In der Angebots-Phase werden die Anforderungen des Anlageninvestors aufgenommen und abgestimmt. Dies ist jedoch derartig komplex, dass hierzu viele Personen aus den verschiedenen Funktionsbereichen beider Parteien notwendig sind. Die heutige manuelle Zusammenstellung einer Anlage ist sehr zeitintensiv, fehleranfällig und unkoordiniert. Ebenso ist die manuelle Erstellung eines Angebotes bedingt durch die vielen möglichen Änderungsschleifen zusätzlich eine hohe Belastung für den Vertrieb und das Controlling des Anlagenherstellers. Die Höhe des Angebotes ist der alles entscheidende Faktor bei einem Anlagenverkauf, da sich die Anlagenhersteller einer Branche rein von der Anlagenperformance nur selten extrem voneinander unterscheiden. Preisverhandlungen dominieren den Anlagenverkauf und führen zu einem ruinösen Wettbewerb unter den Anlagenherstellern.

Kaufentscheidungs-Phase

In der Kaufentscheidungs-Phase finden beim Anlageninvestor Auswahlentscheidungen zwischen den verschiedenen Angeboten der Anlagenhersteller statt. Diese Entscheidungsprozesse beim Anlageninvestor können vom Anlagenhersteller bisher nicht gezielt beeinflusst werden.

Auftrags-Phase

Die Beauftragung ist ein rein juristischer Prozess, der bisher nicht automatisiert abläuft.

Umsetzungs-Phase

Die in der Umsetzungs-Phase getätigten Änderungen der Zusammenstellung einer Anlage werden nicht in die Angebots-Phase zurückgeführt. Dies beinhaltet den Nachteil, dass die in der Produktion getätigten Erfahrungen nicht dem Vertrieb bereit gestellt werden und somit auch nicht bei einer später erfolgenden Beratung für andere Anlageninvestoren umgesetzt werden. Die in der Umsetzungs-Phase getätigten konstruktiven Veränderungen an der Anlage verursachen oftmals einen großen Zeitverlust bei der Produktion der Anlage.

Freigabe-Phase

Durch das Einfließen vieler Änderungen in der Produktion wird die Freigabe-Phase und damit die Qualitätssicherung sehr komplex, da viele Bauteile und Komponenten bei einer Produktion zum ersten Mal hergestellt werden. Häufig werden die Anforderungen an eine Anlage bei der

Freigabe neu definiert bzw. erweitert, wodurch neue Qualitätsmängel entstehen können. Diese Mängel in der Freigabe-Phase bewirken, dass viele Fehler erst bei der Inbetriebnahme der Anlage beim Kunden auftreten und auch nur dort behoben werden können.

Inbetriebnahme-Phase

In der Inbetriebnahme-Phase werden die entstandenen Reklamationen beim Test und der Abnahme durch den Kunden oftmals nicht zum Anlagenhersteller zurück gemeldet. Dies führt dazu, dass die gleichen Fehler immer wieder auftreten. Das dort erlangte Wissen wird nicht auf jede einzelne Maschine oder Komponente zurückgeführt, was letztendlich zu einem Problem im Bereich des Wissensmanagements führt. Die Informationsrückführung zum Anlagenhersteller ist gestört. Ein weiteres Problem stellt der After-Sales-Service dar, da der Anlagenhersteller nicht in der Lage ist, den Verbrauch der ausgelieferten Ersatzteile den jeweiligen Anlagen bzw. Maschinen zuzurechnen. Dies führt zu einer völlig chaotischen Informationsversorgung der Anlagenentwicklung, die anhand der Ersatzteilverbräuche sonst ihre konstruierten Maschinen validieren könnten.

Die kritische Betrachtung der Analyse macht deutlich, dass die heutige manuelle Vorgehensweise bei der Beschaffung und Herstellung einer Anlage zu keiner befriedigenden Lösung sowohl beim Anlageninvestor als auch beim Anlagenhersteller führen kann. Insbesondere die häufig auftretenden Änderungen führen gemäß Abb. 3.2 zu einem hohen zeitlichen Aufwand, der auch zwangsläufig höhere Kosten verursacht. Die rechnergestützte Simulation in Verbindung mit einer Wissensdatenbank bringt für alle an diesem Prozess beteiligten Personen eine permanente Informationssicherheit, und ist damit Basis für eine optimale Zusammenarbeit.

Ausgehend von der hier durchgeführten Analyse, werden nun anschließend die Anforderungen formuliert, die die Grundlage für das Konzept zur Entwicklung eines LCC-Simulators bilden.

4. Anforderungen an ein rechnergestütztes LCC

4.1 Allgemeines

Die Anforderungen an ein neues Konzept sind vor allem in der Erzeugung von zuverlässigen Prognosen hinsichtlich technischer und betriebswirtschaftlicher Aussagen in den frühen Phasen der Anlagenbeschaffung begründet. Ein Anlageninvestor benötigt schon zu Beginn des Investitionsprozesses eine vollständige Transparenz der Anlage bezüglich des technischen Leistungsspektrums und der betriebswirtschaftlichen Kenngrößen.

Aus psychologischer Sicht hat der Anlagenhersteller, der seinem Kunden gleich im ersten Gespräch die vom Kunden gewünschten Auswertungen seiner konfigurierten Anlage mit an die Hand geben kann, einen erheblichen Vorteil gegenüber seinem Wettbewerber. Dies äußert sich dadurch, dass in Gegenwart des potentiellen Kunden eine eigens für ihn angepasste und für seine Bedürfnisse konfigurierte Anlage zusammengestellt werden kann und somit der Kunde (Anlageninvestor) das Gefühl hat, dass seine Anlage eigentlich schon vorhanden ist und sofort geliefert werden kann.

Diese Vorgehensweise führt unter anderem dazu, dass

- der Anlagenhersteller kompetenter gegenüber dem Anlageninvestor auftreten kann und damit sehr häufig die für den Verkauf notwendige Vertrauensbasis schafft,
- der Kunde sich äußerst mündig sieht und nicht das Gefühl bekommt, dass er die Anlage nur durch das Verhandlungsgeschick des Verkäufers erwirbt,
- der Kunde im Beratungsgespräch bezüglich seiner Bedürfnisse (Anforderungen) optimal zufrieden ist,
- die Wiederverkaufsrate bei dem Anlagenhersteller mit der kompetenten Betreuung steigt und
- die Produktionsplanung (Mengenplanung) besser getätigt werden kann.

Zusammenfassend lässt sich hier feststellen, dass die technische und organisatorische Komplexität heutiger Anlagen und Systeme ein Kernproblem im Anlagen- und Systemgeschäft darstellt. In technischer Hinsicht muss eine Vielzahl von Teilen im Zuge des Entwicklungsprozesses zu ei-

nem funktionierenden Ganzen zusammengefügt werden, aus organisatorischer Sicht eine Vielzahl von Aktivitäten organisiert, zeitlich koordiniert und auf verschiedene Aufgabenträger verteilt werden.³³ Offensichtlich spiegelt die technische Komplexität von Anlagen und Systemen unmittelbar auch die organisatorische Komplexität insgesamt wieder. Das führt zu einer Reihe von Schwierigkeiten, von denen hier einige exemplarisch genannt seien:³⁴

- Als Ganzes ist eine Anlage oder ein System nur sehr schwer überschaubar wegen der hohen Anzahl an Komponenten und Einzelteilen und deren Interaktionen.
- Zwischen den Komponenten und Einzelteilen sind nur sehr schwer zu identifizierende Interaktionseffekte möglich, welche die Funktionalität der Anlage und der Systeme beeinträchtigen.
- Die Zuständigkeiten für die Komponenten und Einzelteile über die Wertschöpfungskette sind bei den Anlagenherstellern oftmals unklar definiert.
- Der Koordinations- und Abstimmungsbedarf zwischen den einzelnen internen und externen Aufgabenträgern – wie z.B. unterschiedliche Lieferanten und Entwicklungspartner – ist sehr groß, weil zu viele technische, organisatorische und betriebswirtschaftliche Interdependenzen vorliegen.

4.2 Einflüsse durch die Variantenvielfalt des Produktprogramms

Aufgrund des zunehmenden Wettbewerbsdrucks stehen viele Anlagen- und Systemhersteller vor der Herausforderung, ein differenziertes Produktprogramm mit vielen Varianten zu niedrigen Preisen anbieten zu müssen. In der Praxis ist deshalb oftmals jede beauftragte Anlage eine Neuentwicklung, da jeder Anlagenbetreiber versucht, seine Wünsche und Vorstellungen von einem Anlagenhersteller realisieren zu lassen. Dies bedeutet nicht, dass der Anlageninvestor einer derartigen Anlage auch gewillt ist, diese Sonderwünsche und Sonderanfertigungen zu bezahlen.³⁵ Der Preisdruck ist nach wie vor vorhanden. Diese zum Anlagenhersteller hineingetragene Variantenvielfalt verursacht beim Anlagenhersteller zusätzliche Kosten bei der Verwaltung und Pflege der Variante sowie steigende Komplexitätskosten. Daraus resultierend ist eine Erhöhung der Produktkosten zu verzeichnen.

³³ vgl. Baldwin, Clark (1998), S. 39

³⁴ vgl. Göpfert, Steinbrecher (2000), S.21

³⁵ vgl. Baldwin, Clark (1998), S. 40f

Ausgehend von diesen Thesen ist es um so wichtiger, die Produktprogrammplanung des Anlagenherstellers als ein wichtiges strategisches Instrument anzusehen, um die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zu sichern. Deshalb muss durch eine variantenorientierte Produktprogrammplanung eine marktgerechte Produktdifferenzierung bei gleichzeitiger Vermeidung einer Erhöhung der Variantenzahl durchgeführt werden.³⁶ Die Identifikation der vom Kunden wahrgenommenen Differenzierungsmerkmale für die Entwicklung eines marktgerechten Produktprogramms und damit eine Vermeidung unnötiger Produktvarianten ist sehr wichtig.

Daher gilt es, die Komplexität im Anlagen- und Systemgeschäft besser zu beherrschen und so weit wie möglich durch die folgenden Weichenstellungen zu reduzieren:³⁷

- Reduzierung der Variantenvielfalt und eine möglichst hohe Standardisierung der Einzelteile und Produkte durch den Einsatz von Plattformkonzepten und sogenannten Baukastensystemen.
- Übergang zur Modularisierung, sowohl nach der technischen als auch nach der organisatorischen Seite.
- Anwendung geeigneter Methoden und Instrumente um diese Standardisierung und Modularisierung im Anlagen- und Systemgeschäft zu implementieren und zu leben.

In diesem Zusammenhang soll allerdings auch darauf hingewiesen werden, dass die Implementierung der Modularisierung für die einzelnen Phasen der Entwicklung, der Produktion, des Vertriebs und der Nutzungsphase der Anlage nicht nur Vorteile sondern auch Nachteile mit sich bringt (vgl. Tab. 4.1).

³⁶ vgl. Baldwin, Clark (1998), S. 42

³⁷ vgl. Göpfert, Steinbrecher (2000), S.21

Anforderungen

Effekte der Modularisierung	Vorteile in der Entwicklung	Vorteile in der Produktion	Vorteile im Vertrieb	Vorteile in der Nutzungsphase	Nachteile
Entkopplung	Weniger Schnittstellen durch Parallelisierung der Entwicklung	Geringer Montageaufwand durch weniger Schnittstellen	Schnittstellen sind bei Fragen im Verkaufsprozess genau definiert	Montage und Demontage oftmals durch den Nutzer möglich	Aufwendige Konstruktion, Spezifikation und Realisierung der Schnittstellen
Wiederverwendung	Geringerer Entwicklungsaufwand durch Verwendung bereits entwickelter Module	Kostensenkung und geringere Fehlerrate durch Lernkurveneffekte	Große Erfahrung durch gleichzeitige Verwendung der Module in versch. Anlagen	Weiterverwendung der Module in anderen Anlagen möglich	Geringere Produktdifferenzierung
Austauschbarkeit	Einfache Veränderung der Produktarchitektur durch Austausch einzelner Module	Vereinfachter Austausch von fehlerhaften Modulen in der Produktion	Gutes After-Sales-Geschäft durch leichtere Identifizierbarkeit der fehlerhaften Teile	Vereinfachte Reparatur durch Austausch defekter Module	Beschränkung der Reparaturmöglichkeiten auf den Modulaustausch
Erweiterbarkeit	Erweiterung der Produktfunktionalität durch Hinzufügen von Modulen	Eine Produkterw. erfordert keine produktionstechnischen Veränderungen in der Prod. des Herstellers	Im Vertrieb können die Erweiterbarkeiten der Anlage schon im Verkaufsprozess geplant werden	Möglichkeiten einer nachträglichen Produkterweiterung	Fehlende Produktintegrität
Standardisierbarkeit	Verwendung existierender Lösungen durch vereinheitlichen von Modulen und Schnittstellen	Einschränkung der Komponentenvielfalt, Verwendung marktverfügbarer Komponenten	Transparenz über das Produktprogramm im Vertrieb	Bessere Verfügbarkeit und günstigere Preise der Module durch Mengendeckung in der Fertigung	Geringe Originalität, Substituierbarkeit von Modulen, suboptimale Produktleistung
Kontrollierbarkeit	Vereinfachter Funktionstest im Entwicklungsprozess	Weniger Fehler infolge Prüfung der Module vor dem Einbau	Verbesserung und Erleichterung des Anlagenabnahmeprozesses	Vereinfachte Identifikation defekter Module	Einzelkontrolle von Modulen garantiert nicht die Funktionstüchtigkeit des Gesamtproduktes
Kombinierbarkeit	Kombination von Modulen im Baukastenprinzip	Einfache Herstellung von Produktvarianten und Produktfamilien	Online Konfiguration im Verkaufsgespräch wird möglich	Individuelle Zusammenstellung und Gestaltung des Produktes	Aufwändige Erstellung von baukastenkombinierbaren Modulen

Tab. 4.1: Vor- und Nachteile der Modularisierung

Prinzipiell lässt sich die Komplexität einer Anlage oder eines Systems verringern, indem die Zahl der Systemelemente sowie die Zahl der Intensität der Beziehungen zwischen diesen Elementen verringert wird. Methodisch gesehen liegt hier das Prinzip der Modularisierung vor. Für modulare Systeme sind demzufolge zwei Aspekte kennzeichnend:

- Die Anlagen bestehen aus einer möglichst überschaubaren Zahl von Einheiten und werden derart definiert, dass zwischen ihnen nur relativ wenige und schwache Beziehungen existieren.
- Die internen Beziehungen der Komponenten sind relativ stark ausgeprägt.

Werden Anlagen und Systeme auf diese Weise modularisiert, so ergibt sich der Vorteil, dass mit den Komponenten überschaubare „Inseln der Komplexität“ entstehen, die sich mehr oder weniger autark voneinander bearbeiten lassen. In einem weiteren Schritt müssen dann die Schnittstellen zwischen den Modulen gestaltet werden.

In technischer Hinsicht bedeutet Modularisierung also das Beherrschen der Produktkomplexität. Bei materiellen Produkten sind zwei Dimensionen der Unabhängigkeit der Komponenten untereinander besonders wichtig:

- Funktionale Unabhängigkeit: Sie ist dann gegeben, wenn eine Komponente eine bestimmte Funktion (Aufgabe) unabhängig von anderen Komponenten erfüllt.
- Physische Unabhängigkeit: Sie liegt vor, wenn sich eine Komponente durch eine entsprechende Schnittstellengestaltung von anderen Komponenten physisch trennen lässt.

Je höher der Grad der Unabhängigkeit der Komponenten eines Produktes hinsichtlich der beiden genannten Dimensionen ausfällt, desto größer ist das Maß an Modularität. Unter Zugrundelegung dieser Dimensionen lassen sich verschiedene Typen von Produktarchitekturen klassifizieren (vgl. Abb. 4.1). An dieser Stelle soll dies nicht weiter ausgeführt werden, denn für die in Kap. 6 beschriebene Methodik ist allein der II. Quadrant (Abb. 4.1.) von entscheidender Bedeutung.

Durch die funktionale und physische Abgeschlossenheit der einzelnen Module wird auch deren separate Entwicklung ermöglicht. Der Entwicklungsprozess kann weiter vereinfacht werden, wenn sich bereits entwickelte Module wiederverwenden lassen. Und darüber hinaus eröffnet sich die Möglichkeit, modulare Produktarchitekturen durch den Austausch einzelner Module auf einfache Weise zu modifizieren beziehungsweise durch Hinzufügen neuer Module zu erweitern. So ergeben sich alleine durch Kombination vorhandener Module (konfigurieren) – nach dem Bau-

kastenprinzip - neue Anlagen und Systeme. Mit relativ wenig Entwicklungsaufwand können dann weitere Anlagen und Systeme kundenindividuell zusammengestellt werden. Weitere Vorteile der Modularisierung erschließen sich, wenn es gelingt, Module und ihre Schnittstelle zu standardisieren, d.h. unternehmensintern oder sogar unternehmensübergreifend zu vereinheitlichen. Die Wiederverwendung dieser standardisierten Komponenten senkt die Zahl der neu zu entwickelnden Komponenten deutlich. Beim Übergang von einer Anlagenfertigung zum modularen Vorgehen werden folgende Effekte erreicht:³⁸ (vgl. Tab. 4.2)

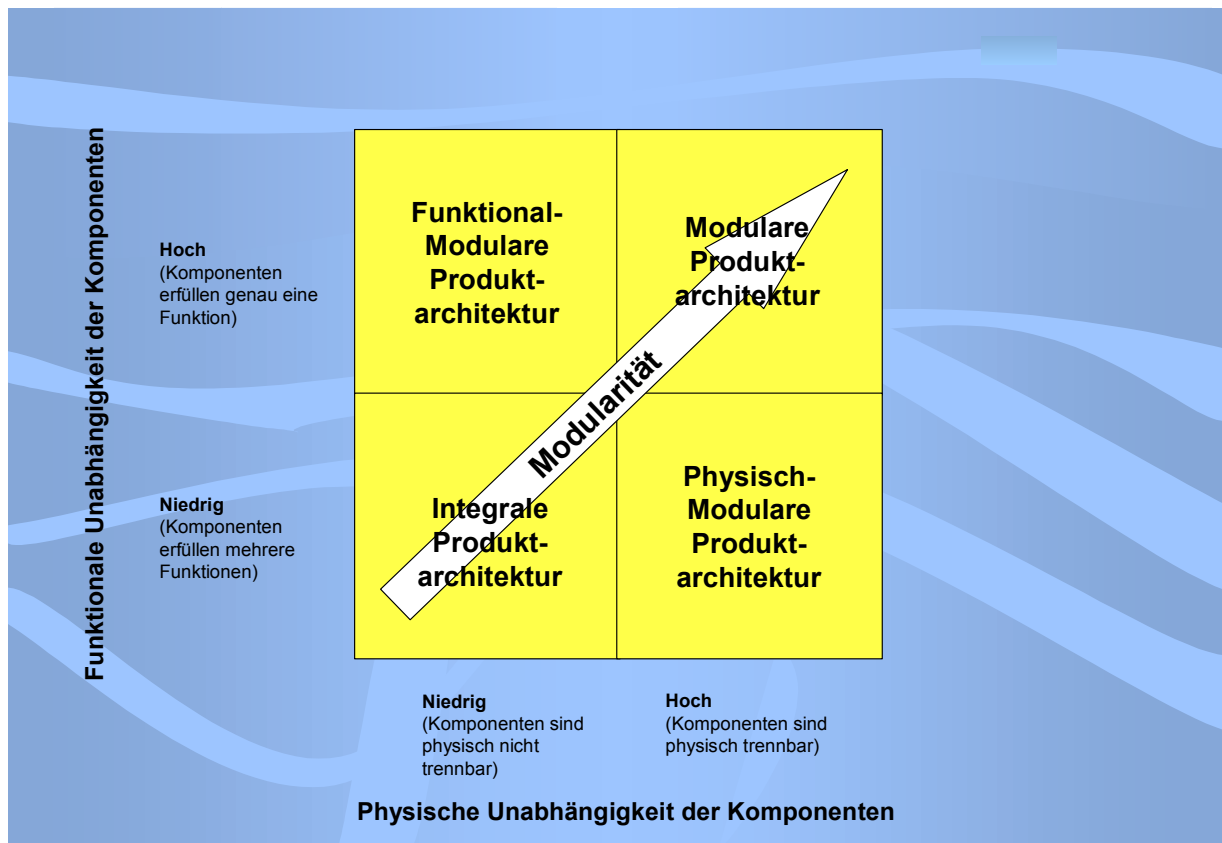


Abb. 4.1: Funktionale und Physische Unabhängigkeit von Komponenten

Prinzipiell bringt Modularisierung allerdings auch Nachteile. Da die Module jeweils eigenständige und möglichst wiederverwendbare Einheiten bilden, fallen modulare Produkte oft größer oder schwerer aus als integrale Produkte, bei denen die Komponenten produktspezifisch optimiert und aufeinander abgestimmt werden können. Weiter besteht der Nachteil, dass bei einer Modularisierung dem Kunden Funktionalitäten der Module dazu gegeben werden, die der Kunde unter Umständen nicht haben will und dafür auch nicht bezahlen möchte. Dies zeigt sich z.B. dadurch,

³⁸ Diese Werte sind anhand eines Beratungsprojektes bei einem namhaften, international tätigen Anlagenhersteller ermittelt worden.

dass ein Modul „Speichererweiterungen eines Computers“ nur in den Schritten von jeweils 128 MB gibt. Ein Kunde der nur 64 MB Speichererweiterung benötigt kann diese dann nicht erwerben. Die Verwendung derselben Module in verschiedenen Produkte beschränkt zudem auch die Chance für die Produktdifferenzierung. Weitere Vor- bzw. Nachteile der Modularisierung in den Wertschöpfungsstufen eines Anlagenherstellers ergeben sich aus der Tab. 4.1.

Modularisierung	Verhältnis	Standardisierung	Verhältnis
Senkung Teileanzahl Senkung Lieferantenzahl	1:10 1:10	Senkung Teilevielfalt	1:3
Senkung Assembly-Aufwand Senkung Vertriebsaufwand	1:4 1:2	Senkung Einmalaufwand Engineering	1:3
Senkung der Durchlaufzeiten	1:4	Senkung Produktkosten Senkung Bestände	-25% -30%

Tab. 4.2: Effekte von Modularisierung und Standardisierung

Eine weitere wichtige Strategie um die Komplexitätskosten zu reduzieren, ist die Beherrschung der Vielfalt in den Planungs- und Produktionsprozessen. Geeignete Maßnahmen sind beispielsweise: Trennung der Produktion für Standard- und Exoten-Produkte, Verschiebung des Variantenentstehungspunktes an das Ende der Wertschöpfungskette, Einführung von Prozessentkopplungslager sowie die Veränderung der Losgrößen- und Bestellgrößenoptimierung. Die Modifikation und Umsetzung der jeweils optimalen Strategien und Maßnahmen setzt eine verursachungsgerechte Kostenbewertung zur Entscheidungsunterstützung voraus. Dazu ist es notwendig, Transparenz über die komplexitätsrelevanten Einflussgrößen und die Wirkungszusammenhänge im Unternehmen zu schaffen sowie die Wirkung monetär zu bewerten. Dieses Teilgebiet der Reduktion der Komplexitätskosten soll hier in dieser Arbeit nicht näher betrachtet werden.

4.3 Anforderungen aus der Wertschöpfungskette von Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber

Nachfolgend soll an Wertschöpfungsketten (Abb. 4.2.) von charakteristischen Anlagenherstellern und Anlagenbetreibern aufgezeigt und verdeutlicht werden, in welchen Bereichen durch den Einsatz eines LCC-Simulators Verbesserungen erzielt werden können.

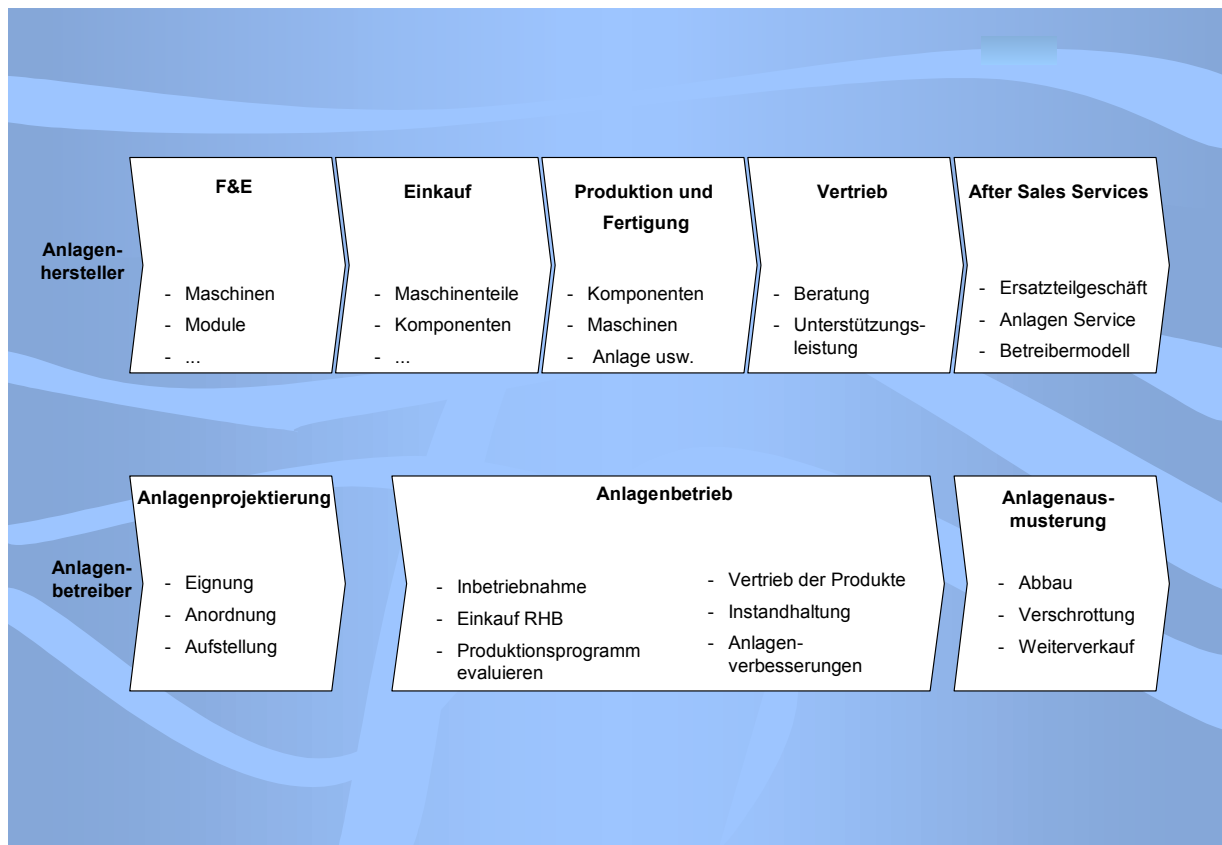


Abb. 4.2: Wertschöpfungsketten von Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber

Im F&E-Bereich eines Anlagenherstellers werden Maschinen und Module nicht transparent verwaltet. Hier muss eine Datenbank eingeführt werden, die die F&E-Leistungen bzgl. erstellter Maschinen und Module verwaltet und visualisiert.

Im Einkauf eines Anlagenherstellers können Zukaufteile und Komponenten nicht rechtzeitig bestellt werden, was zur Folge hat, dass die Montage nach der Produktion der Komponenten stark verzögert wird. Der Einkauf benötigt demnach ein System, mit welchem die geforderten Teile frühzeitig identifiziert werden können und somit die Bestellung „Just-in-Time“ getätigt wird.

Für die Produktionsstufe bzw. Fertigung der Anlage hat die Standardisierung und Modularisierung den Vorteil, dass keine Individualanfertigungen produziert werden müssen, sondern Kleinserien hergestellt werden.

Im Vertrieb soll das System die Beratung der Anlageninvestoren beim Kauf einer Anlage unterstützen. Weitere Unterstützungsleistungen bzgl. der Anlagenoptimierung (wie z.B. Wartungsoptimierung) werden möglich.

Im After-Sales-Service sollte das Ersatzteilgeschäft und somit die kritischen Bauteile im rechnergestützten LCC verwaltet werden können. Der Anlagen-Service sollte geplant und prognostiziert werden können. Kalkulationen zu einem Betreibermodell werden durch die Kenntnis des Ersatzteilgeschäftes und den Anlagenservice erst planbar und kalkulierbar.

In der Wertschöpfungskette eines Anlagenbetreibers soll ein rechnergestütztes LCC die Anlagenprojektierung hinsichtlich der Eignung einer Anlage, der Anordnung der Maschinen in der Produktionsreihenfolge und die Layoutplanung (Aufstellung) unterstützen.

Im Anlagenbetrieb sollen die Inbetriebnahme, der Einkauf von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, das Bestimmen des optimalen Produktionsprogramms, die Prognose der Vertriebskosten der Produkte der Anlage, die Instandhaltung der Anlage und eine Anlagenverbesserung (Wirkungsgrad und Output) unterstützt werden.

Bei der Anlagenausmusterung werden die Kosten für den Anlagenabbau, die Verschrottungskosten oder –erlöse sowie der Verkaufserlös beim Weiterverkauf der Anlage unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten prognostiziert.

4.4 Gegenüberstellung von Anschaffungs- und Betriebskosten einer Anlage

Hinsichtlich der Kostenbeeinflussbarkeit und Kostenentstehung sind die Lebensphasen einer Anlage unterschiedlich zu charakterisieren. Abb. 4.3 veranschaulicht schematisch die Zusammenhänge im Lebenszyklus.

Obwohl die Kostenverursachung bis zum Beginn der Fertigung einer Anlage gering ist, ist der Festlegungsgrad der zukünftigen Anschaffungs- und Nutzungskosten sehr hoch. Zum Zeitpunkt der Anlagenanschaffung bzw. -herstellung entstehen die ersten größeren Kosten. Hier ist deren Beeinflussbarkeit schon gering und auf das Controlling des Bauablaufes beschränkt. An die Anschaffungs- bzw. Herstellungsphase schließt sich die meist lange dauernde Nutzungsphase an. Hier sind nur noch geringe Möglichkeiten zur Beeinflussung der Betriebs- und Instandhaltungskosten gegeben. Kostenoptimierungen sind durch laufende Kontrolle und gegebenenfalls Verbesserung der technischen und organisatorischen Abläufe möglich.

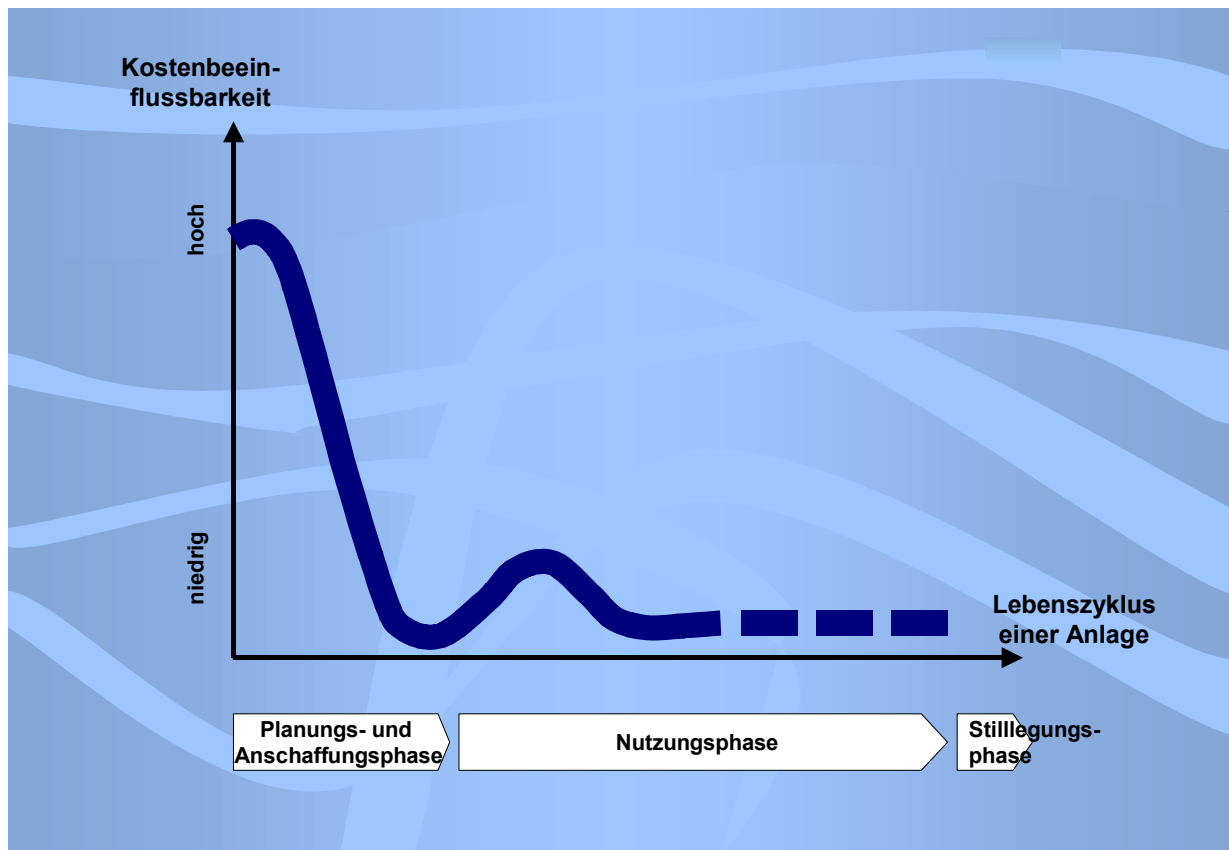


Abb. 4.3: Kostenbeeinflussbarkeit über den Lebenszyklus einer Anlage³⁹

Anschaffungskosten und Betriebskosten einer Anlage können in unterschiedlichen Abhängigkeiten zueinander stehen (vgl. Abb. 4.4):

- (A) Hohe Anschaffungskosten bei gleichzeitigen hohen Betriebs- und Nutzungskosten.
- (B) Niedrige Anschaffungskosten bei gleichzeitig hohen Betriebs- und Nutzungskosten
- (C) Niedrige Anschaffungskosten bei gleichzeitig niedrigen Betriebs- und Nutzungskosten
- (D) Hohe Anschaffungskosten bei gleichzeitig niedrigeren Nutzungs- und Betriebskosten

Die in **Fall A** beschriebene Beziehung wird sich langfristig auf dem Markt nicht durchsetzen können, da diese Form als Verschwendung anzusehen ist. Kein Investor wird einen hohen Anschaffungspreis akzeptieren, wenn hohe Betriebs- und Nutzungskosten damit einhergehen.

³⁹ vgl. Bäumer (2000), S. 6

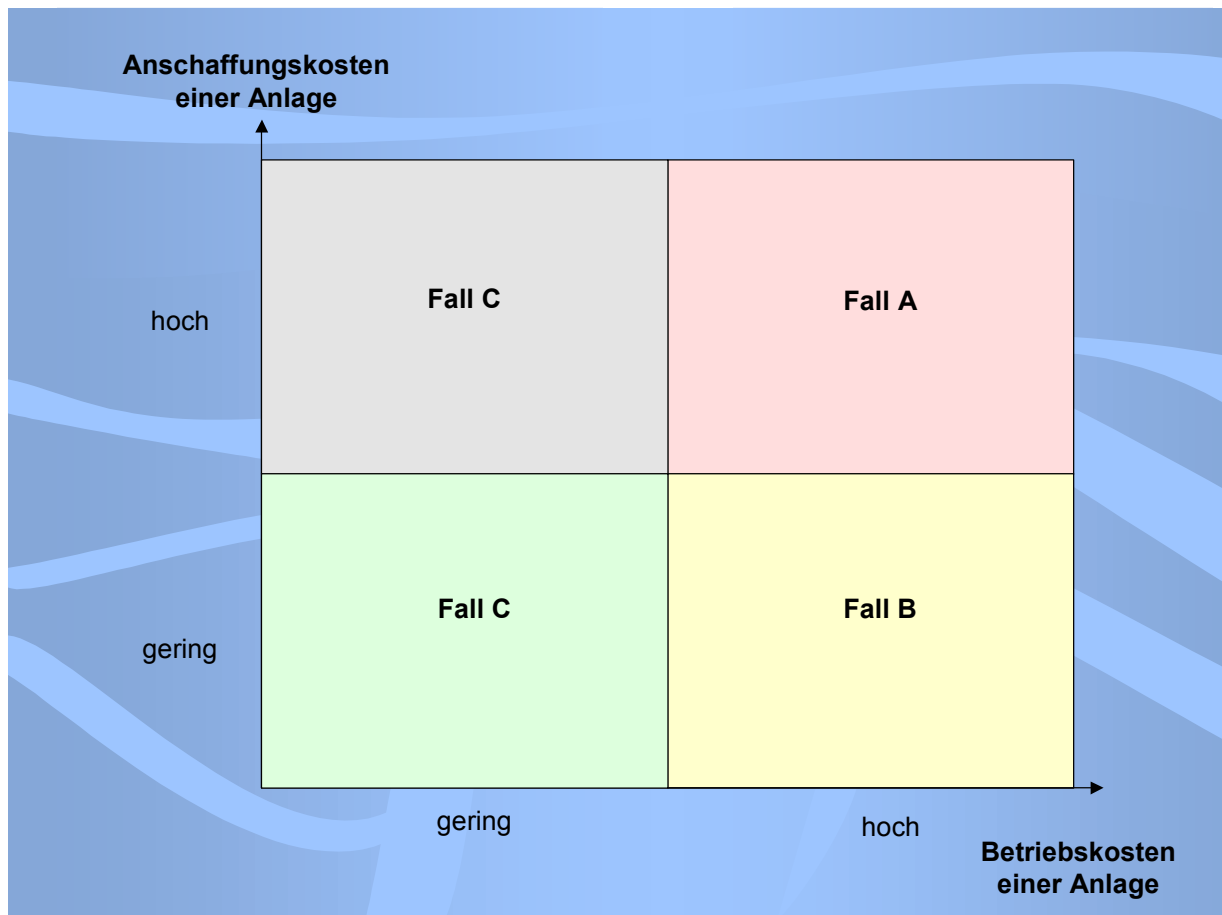


Abb. 4.4: Gegenüberstellung von Anschaffungs- und Betriebskosten einer Anlage

Fall B beschreibt einen Investor der kurzfristig seine Liquidität behalten möchte und damit verhältnismäßig hohe Betriebs- und Nutzungskosten einkalkuliert. Langfristig gesehen macht diese Verhaltensweise jedoch keinen Sinn, da sie dem Lebenszykluskostenkonzept völlig widerspricht. Diese Verhaltensweise ist leider die alltägliche Realität im Anlagengeschäft.

Die in **Fall C** beschriebene Lösung (Kostenminimierung) ist der Idealtypus aus der Sicht des Investors und stellt das Optimum dar. Diese Vorgehensweise ist in der Realität häufig nicht zu verwirklichen, da konstruktiv aufwendige Lösungen und Zusatzmaschinen in der Anlage die Anschaffungskosten in die Höhe treiben, aber dann in der Nutzungsphase geringere Betriebskosten durch niedrigere Verbräuche usw. verursachen.

Die in dieser Arbeit gewünschte Verhaltensweise der Investoren wird charakterisiert durch den **Fall D**. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass Anlagenhersteller mit qualitativ hochwertigen Produkten vom Kunden auch relativ hohe Anschaffungskosten verlangen. Beim Kunden (Käufer) fehlt dann allerdings das Bewusstsein, dass sie mit den höheren Anschaffungskosten gleichzeitig den Vorteil der niedrigeren Nutzungs- und Betriebskosten einkaufen.

In heutigen Verkaufsgesprächen ist es nach wie vor gängige Praxis, aus der Sicht eines Einkäufers eine Anlage mit einem möglichst minimalen Anschaffungspreis zu realisieren, obwohl die Betriebs- und Nutzungskosten einen weitaus größeren Anteil an den Gesamtkosten und ein Vielfaches der Anschaffungskosten ausmachen.⁴⁰

In der Praxis sind auch nicht - monetäre Aspekte für eine Lösung oftmals entscheidend wie z.B. persönliche Neigungen eines Einkäufers, Sympathie zwischen Verhandlungspartnern, der Kauf eines Statusobjektes (Porsche-Effekt) und andere nicht quantifizierbare Faktoren sein. Die Betrachtung von Lebenszykluskosten nach getätigter Anfangsinvestition scheint auf Grund der gezeigten Zusammenhänge (80 Prozent der Nutzungskosten und Betriebskosten werden bei der Kaufentscheidung festgelegt) paradox. Das Lebenszykluskostenkonzept kann aber auch während der Nutzungsphase einen ökonomischen Beitrag zur Quantifizierung und Beeinflussung (Controlling) der Nutzungs- und Betriebskosten leisten. Dies resultiert aus folgenden Annahmen:

- Optimierung der Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung eines optimalen Produktionsprogramms,
- Betreiben eine Anlage im optimalen Bereich, d.h., Minimierung der Einsatzfaktoren, Minimierung von Ausschuss, optimaler Ressourceneinsatz,
- Veränderungen der Rahmenbedingungen unter denen eine Anlage gekauft wurde (Beschaffungskosten der Ressourcen).

4.5 Einfluss der Instandhaltungskosten

Neben den Beschaffungs- und den Folgekosten für Betrieb und Nutzung sind auch Maßnahmen für eine optimale Standzeit der Anlage vorzusehen. So werden z.B. bei einer Anlage, die mit 120 Prozent betrieben wird, die Instandhaltungskosten erwartungsgemäß überproportional ansteigen, wohingegen bei einer Anlage die nur mit 80 Prozent betrieben wird, die Instandhaltungskosten dementsprechend sinken können. Ein weiteres Ziel der neuen Methode muss es sein, den optimalen Punkt zu ermitteln, bei dem eine möglichst hohe Stückzahl (Output) von der Anlage abgefordert werden kann, ohne das die Instandhaltungskosten dramatisch in die Höhe gehen. Insbesondere müssen die folgenden Rahmenbedingungen bei der Optimierung der Instandhaltungskosten berücksichtigt werden. Der Instandhaltungsbedarf einer Anlage lässt sich in drei Phasen unterteilen (vgl. Abb. 4.5):

⁴⁰ vgl. Günther, Kriegbaum (1997), S. 900

Der Anfang einer Betriebszeit (**Phase I**) ist gekennzeichnet durch sog. Anlaufschwierigkeiten, die häufig auf Konstruktions-, Werkstoff-, Montagefehler, aber auch auf Fehler beim Betrieb (Handlingfehler) und der Wartung der Anlage zurückzuführen sind. Die Instandhaltungskosten dieser Phase können nur durch das Vorhandensein ausgereifter Produkte (Einzelmaschinen), einer guten Betreuung seitens des Anlagenherstellers und einer optimalen Schulung des Betriebspersonals minimiert werden.

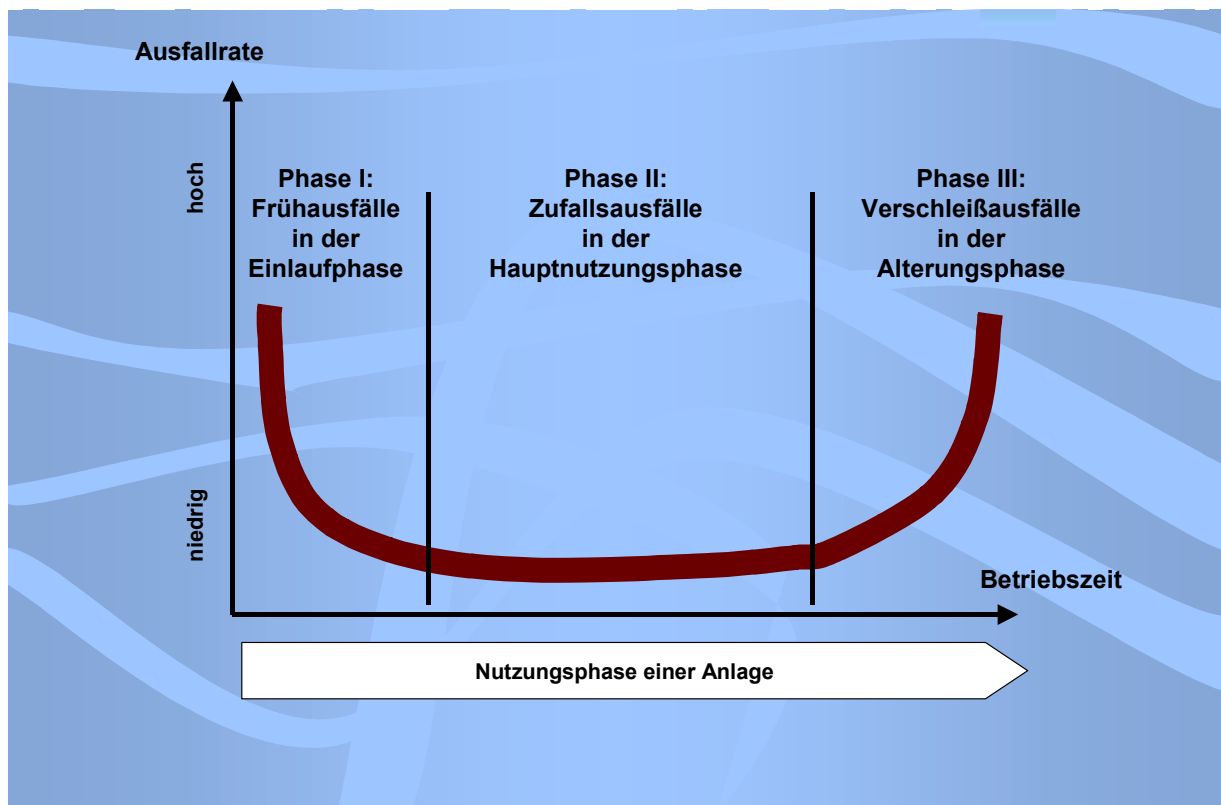


Abb. 4.5: Ausfallverteilung bei Anlagen⁴¹

Die **Phase II** ist vorwiegend durch Zufallsausfälle geprägt, die nicht prognostizierbar und oftmals auch nicht reproduzierbar sind. Hier befindet sich die Anlage in einem sog. eingeschwungenen Zustand, der bei einer charakteristischen Anlagenlaufzeit von 10 Jahren oftmals acht Jahre dauert. Bei der Analyse von verschiedenen Instandhaltungsprozessen (vorbeugend oder Crash-Mentalität (Schadenseintritt)) in unterschiedlichen Branchen wurden sowohl steigende als auch fallende Instandhaltungskosten nachgewiesen.

⁴¹ vgl. Etteldorf (2000), S. 6 und Warnecke (1995), S.179

Ob steigende oder fallende Instandhaltungskosten bei einer Anlage zu Buche schlagen, ist im Wesentlichen auch davon abhängig, mit welcher Philosophie ein Anlagenbetreiber das Thema „Instandhaltung“ sieht. Hierzu gibt es drei Vorgehensweisen:⁴²

- Philosophie der vorbeugenden Instandhaltung: Wartung
- Philosophie eine Anlage zu fahren bis zum Schadensfall: Instandsetzung
- Philosophie eine Anlage mit vorbeugender Instandhaltung und gleichzeitiger Modernisierungen zu versehen.

Eine steigende Ausfallrate in der **Phase III** resultiert aus der Häufung von altersbedingten Ausfällen infolge von technischen Restriktionen wie zum Beispiel Verschleiß, Korrosion, Erosion usw. der Anlage. Die Berücksichtigung dieser Phase ist eingeschränkt im neuen Lebenszykluskonzept zu realisieren. Zumindest müssen die Methoden der strategischen Planung und des Controlling berücksichtigt werden, da diese für die Erhebung und Bewertung relevanter Umfeldfaktoren verantwortlich sind und somit Trendbrüche oder Unausgewogenheiten frühzeitig erkennen lassen. Erkennbare Lücken können so zum Beispiel durch den Anstoß entsprechender Entwicklungsprojekte geschlossen werden.

4.6 Auswirkungen im Zusammenspiel von Markt, Technologie und Produkt

Wie der LCC-Simulator im Zusammenspiel von Markt/Kunde, Technologie und Produkt konzipiert werden muss, zeigt die Abb. 4.6. Ausgehend von der Markt- und Kundensicht ist es möglich, den Produktentwicklungsprozess in der Produktfindungs- und Definitionsphase in eine Richtung zu beeinflussen, die es ermöglicht, Maschinen und Module mit minimierten Lebenszykluskosten zu entwickeln. Um diese Forderung zu realisieren sind u.U. neue Technologien erforderlich, die auf den ersten Blick teurer, aber bei einer ganzheitlichen Betrachtung in Summe (im Betrieb auf lange Sicht) wieder günstiger sind.

In der Segmentierungs- und Marktforschungs-/Testphase sollen mit dem Konzept die unterschiedlichen Prototypen, Produkte und Fertigungsabläufe bewertet werden können. Dies hätte den Vorteil, dass schon in den frühen Phasen des Produktenstehungsprozesses die gewünschten und realisierten Produkte einer Bewertung unterzogen werden, und somit die Entwicklung bei Nicht - Erreichen der Anforderungen gestoppt wird. In dieser Phase kann letztenendes auch die Technologie bewertet werden, mit welcher die Produkte hergestellt werden. Erfolgt eine Freigabe

⁴² vgl. Rösger (2000), S. 304ff

Anforderungen

der Produkte in Richtung Fertigungsphase, so soll mit dem Konzept anhand einer Durchführbarkeitsstudie bewertet werden, ob die Vorgaben der Entwicklung auch wirtschaftlich zu produzieren sind.

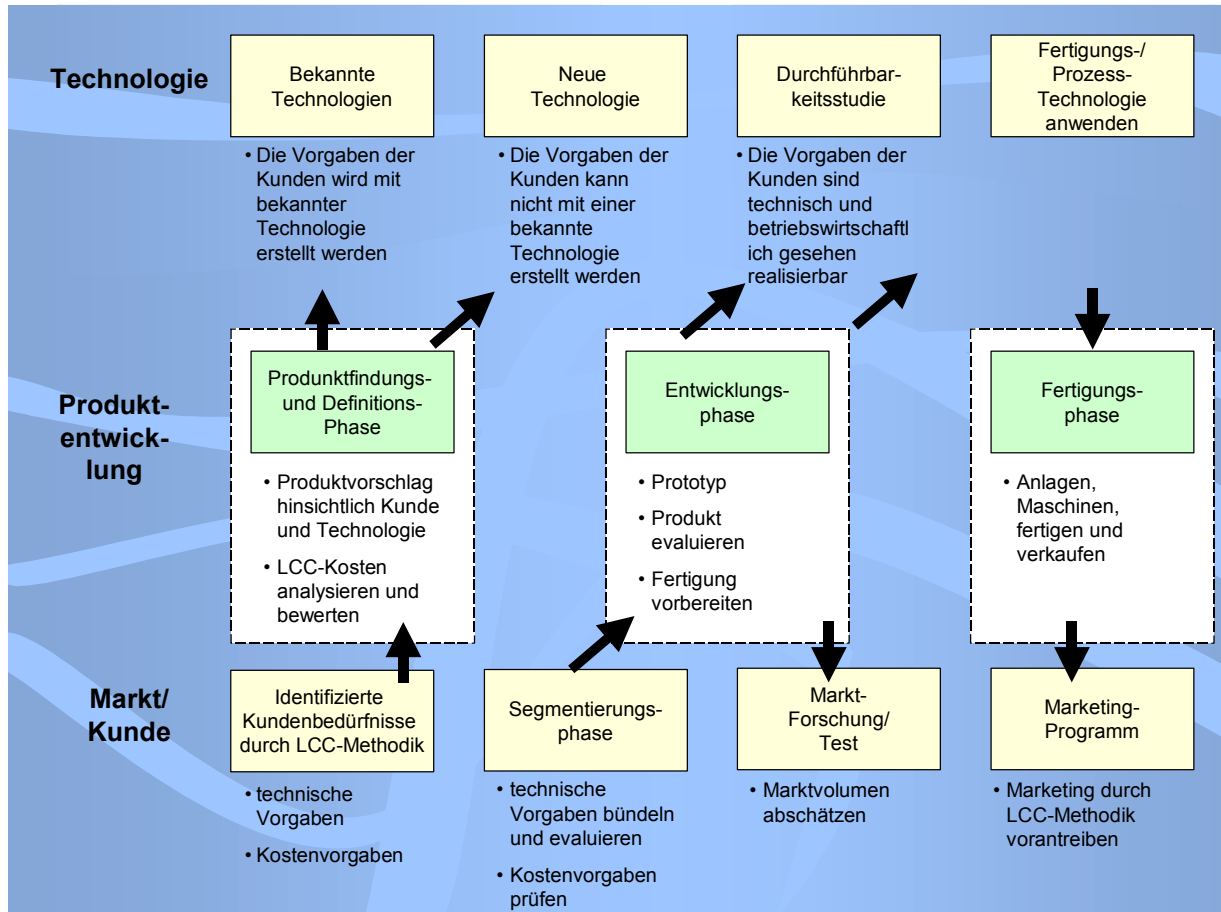


Abb. 4.6: Zusammenspiel von Technologie, Produktentwicklung und Markt/Kunde bei der LCC-Simulation

Das Marketing unter Anwendung der Lebenszyklusmethodik beinhaltet die Vorgehensweise, die marketingrelevanten Erkenntnisse und das Wissen rund um die Maschinen und Module einzeln, oder auch im Verbund in eine Wissensdatenbank einzubringen, damit dieses Wissen wiederum im Kundengespräch zielgerecht angewendet werden kann. Die Befähigung, in Kundengesprächen ad hoc auf Kundenfragen und Anforderungen rund um eine Anlage oder Maschine reagieren zu können, birgt erhebliche marketingtechnische Vorteile.

4.7 Fazit

Alle hier aufgeführten Anforderungen und die damit verbundenen Einflüsse lassen sich nur durch den Einsatz einer rechnergestützten Lebenszykluskostenrechnung (LCC) realisieren. Zur

Beurteilung des möglichen Zusammenwirkens der Planung und des Controlling mit der Lebenszykluskostenrechnung sollen zunächst noch einmal die prinzipiellen Anforderungen am Beispiel der Vertragsphasen im Anlagengeschäft (vgl. Abb. 4.7) betrachtet werden.

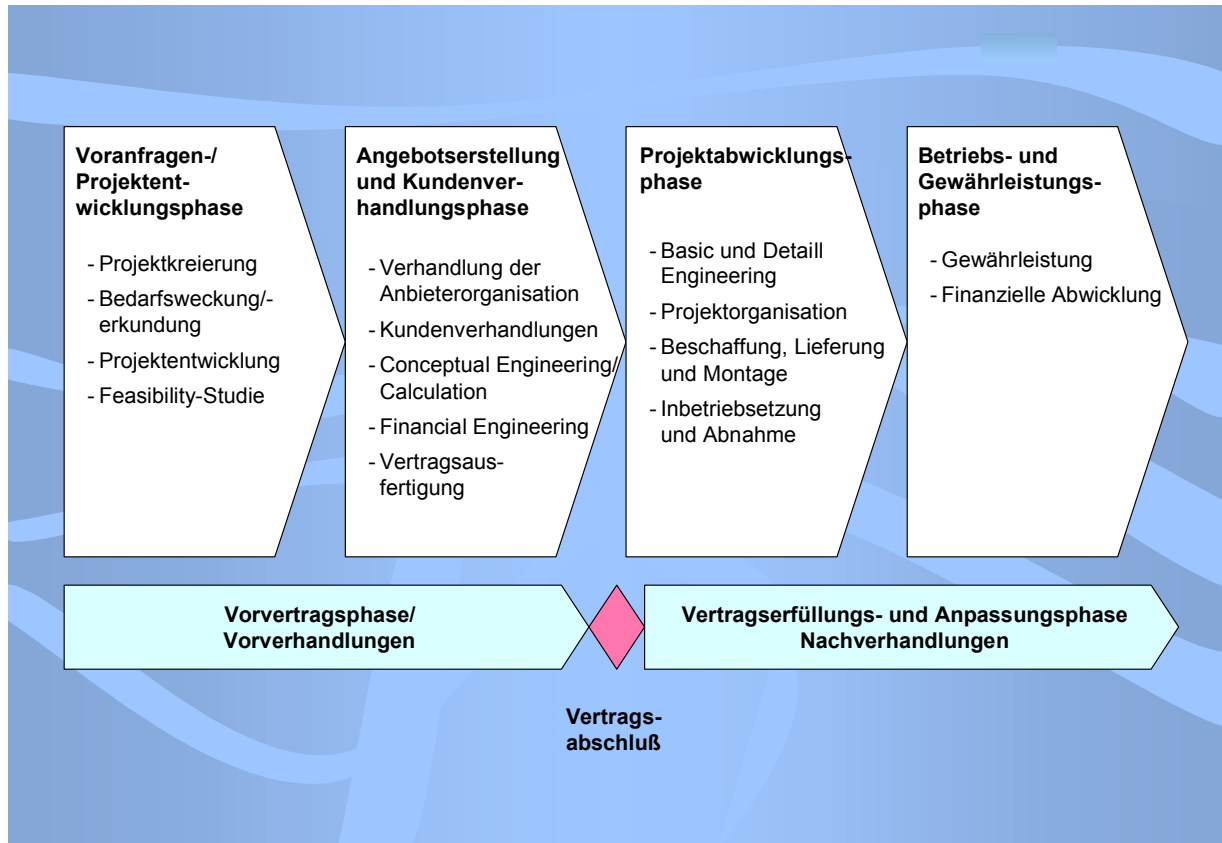


Abb. 4.7: Prinzipielle Vertragsphasen im Anlagengeschäft

In der Vorvertragsphase ist die Bedarfsweckung bei den Kunden durch ad hoc Konfigurationen auf Messen und Verkaufsveranstaltungen und damit die Lieferung von Grundlagen der Feasibility-Studie ein wichtiger Gesichtspunkt. Die Projektentwicklung muss durch das Vorantreiben kundenfähiger Konfigurationen und Optimierungen tatkräftig unterstützt werden. In der Angebotserstellungsphase müssen die Kundenverhandlungen erleichtert und die Vertragsausfertigung durch die Ermittlung verschiedener Daten unterstützt werden, wodurch das Conceptual Engineering Calculation positiv beeinflusst werden kann.

Der Vertragsabschluss wird durch die verschiedenen Vorvertragsphasen beeinflusst und diese sind Bestandteile der späteren Vertragsausfertigung. Mit dem LCC-Simulator sollen diese Vorvertragsphasen gefördert und somit der Vertragsabschluss beschleunigt werden.

In der Vertragserfüllungs- und Anpassungsphase muss vor allem eine Unterstützung beim Basic und Detail Engineering stattfinden. Bei der Beschaffung von Zukaufteilen müssen Verbesserungen erzielt werden. Die Unterstützung bei der Rückführung von Informationen der Inbetriebsetzungs- und Abnahmephase sowie aus der Gewährleistungsphase sind zwingend erforderliche Anforderungen bei der Gestaltung des LCC-Simulators.

Die Gesamtheit dieser Forderungen lassen sich nur durch die Entwicklung eines LCC-Simulators erledigen. Welches der in der Literatur bekannten Lebenszykluskonzepte für diese Entwicklung berücksichtigt werden soll, wird in dem nachfolgenden Kapitel ausführlich untersucht. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass das Spektrum der Anwendungen der Lebenszykluskonzepte in der Theorie mittlerweile sehr vielfältig dargestellt wird. Allen Theorien gemeinsam ist, dass die Anwendung der Lebenszyklusmodelle in der Wertschöpfungskette der Anlagenhersteller und der Anlagenbetreiber als Instrument

- des strategischen Managements und der strategischen Planung (Anlagenhersteller / Anlagenbetreiber),
- des strategischen Marketings (Anlagenhersteller),
- des Produktmanagements und der Produktplanung (Anlagenhersteller / Anlageninvestor),
- der Produktionsplanung und des Produktionsmanagements (Anlagenbetreiber) und
- des strategischen Forschungs- und Entwicklungsmanagements⁴³ (Anlagenhersteller)

verstanden werden.

⁴³ vgl. Höft (1992) S. 17

5. Grundlagen der Lebenszykluskonzepte

5.1 Allgemeines

Zunächst werden die in der Literatur vorgefundenen Lebenszykluskonzepte im Hinblick auf eine mögliche Anwendung im Industriebauunternehmensgeschäft untersucht, die theoretischen Grundlagen der verschiedenen Modelle betrachtet und auf ihre Eignung hinsichtlich der Einsatzfähigkeit für die Entwicklung eines LCC-Simulators kritisch beurteilt. Hierbei sollen die folgenden Fragestellungen näher betrachtet werden:

- Welche Lebenszyklusmodelle sind in der Literatur vorzufinden und wie lassen sie sich gliedern?
- Welche Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken bezüglich ihrer Einsatzfähigkeit im Industriebauunternehmensgeschäft weisen die einzelnen Lebenszykluskonzepte in der Literatur auf?
- Wie lassen sich die verschiedenen Lebenszykluskonzepte der Literatur verbessern bzw. optimieren und somit für den Einsatz im Industriebauunternehmensgeschäft nutzen.

Laut Höft sind in der Literatur vier grundsätzliche Lebenszykluskonzepte vorzufinden:⁴⁴

- Produktlebenszykluskonzept
- Technologielebenszykluskonzept
- Lebenszyklus von Organisationen
- Branchen- oder Industriebauunternehmenslebenszykluskonzept

Alle weiteren in der Literatur genannten Lebenszykluskonzepte (betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche) spielen für die Entwicklung des LCC-Simulators keine nennenswerte Rolle und werden deshalb auch nicht näher betrachtet. Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, dass die Anwendung der Lebenszyklusmodelle in der Literatur teilweise äußerst kritisch betrachtet wird. So gibt es eine ganze Reihe von allgemeinen Kritikpunkten, die hier im Wesentlichen exemplarisch genannt werden sollen:

- Eine empirische Validierung der verwendeten Eingangsdaten für die Berechnung der LCC findet nur eingeschränkt statt.

⁴⁴ vgl. Höft (1992), S. 20ff

- Softfacts sind in der Rechnung nicht ausreichend quantifiziert.
- Hoher Einführungsaufwand in der Praxis.
- Hohe Defizite bzgl. des Datenmaterials zur Simulation und eine unstrukturierte Sammlung der Daten in der Praxis führen zu einem hohen Aufwand bei der Einführung des Lebenszykluskonzepts.

Darüber hinaus muss die Lebenszykluskostenrechnung zwei Probleme lösen: Das Verrechnungs- und das Prognoseproblem.⁴⁵

Das Verrechnungsproblem hat folgende Fragestellungen zum Inhalt:

Wie und in welcher Form können die identifizierten Vorlauf- bzw. Nachlaufkosten auf die Produkte (Anlagen) verursachungsgerecht verrechnet werden? Gleiches gilt für die Vorlauf- bzw. Nachlaufgemeinkosten, die nicht einem Produkt, sondern einer gesamten Produktgruppe oder Produktpalette zuzuordnen sind. Diese Fragestellungen haben eindeutig den Fokus der Istkostenrechnung. Verwendet man das Lebenszykluskostenkonzept jedoch ausschließlich zur Prognose (technisch bzw. betriebswirtschaftlich), so bekommt das Verfahren eine völlig neue Ausrichtung. Nicht mehr nur die Genauigkeit einer Aussage rückt in der Mittelpunkt, sondern eine qualitative Aussage bzgl. eines Referenzpunktes ist das neue Ziel.

Das Prognoseproblem besteht darin, dass das zukünftige Produktvolumen einer Anlage, die zu erwartenden Produktpreise (RHB, Personalkosten...) sowie deren Entwicklung geschätzt werden müssen. Diese fehlenden Informationen lassen sich durch die Zahlen vom Statistischen Bundesamt der vergangenen Jahre ersetzen und auf die zukünftigen Trends prognostizieren. Der eigentliche Vorteil in der Anwendung eines Lebenszykluskonzeptes liegt darin, dass dem Anlageninvestor und dem Anlagenbetreiber ein Gefühl vermittelt wird, wie sich ihre unternehmerischen Handlungen positiv oder negativ auf die Lebenszykluskosten eines Investitionsobjektes auswirken. Die Anwendung des Konzeptes soll also ein Bewusstsein für gut überlegte strategische Handlungen vermitteln. Damit steht nicht die exakte Voraussage der LCC im Vordergrund, sondern der qualitative und quantitative Vergleich verschiedener Anlagenkonfigurationen von einem oder mehreren Herstellern.

⁴⁵ vgl. Horvath (2002), S. 515

Für die Entwicklung eines LCC-Simulators ist nicht von Bedeutung, wieviele Arten von Lebenszyklusmodellen in der Literatur aufgeführt werden, sondern es soll vielmehr untersucht werden, welche der Lebenszyklusmodelle sich für das angestrebte Ziel, der Verbesserung des Industrie-Anlagengeschäftes, besonders eignen. Deshalb werden im Folgenden nur noch die Lebenszyklusmodelle für:⁴⁶

- Produkte,
- Potenziale und
- Unternehmen bzw. Organisation⁴⁷

untersucht.

5.2 Lebenszyklusmodelle für Produkte

Bei Lebenszyklusmodellen für Produkte sind die betrachteten Objekte regelmäßig in einer gewissen Häufigkeit am Markt abgesetzte Produkte im Sinne von zielkonformem Output. In der Regel stehen Sachleistungen im Vordergrund. Lebenszyklusmodelle von Produkten können:

a) sowohl auf unternehmensindividueller Ebene für eine einzige Produktart (Getränkabfüllanlagen usw.), für eine Produktgruppe (Reinigungsmaschine, Füllmaschine usw.) oder ein bestimmtes Produktprogramm (Einend Reinigungsmaschine, Doppellend Reinigungsmaschine usw.) benannt werden,

b) als auch branchen- oder industrieweit (Anlagenbau) definiert sein.

Im **Fall a)** wird der abgebildete sachlich-zeitliche Ausschnitt „Verlauf der über den Absatzprozess hergestellten Beziehung zwischen einem einzelnen Unternehmen und dem mit ihm in Verbindung stehenden Kundensystem“⁴⁸ aus dem Gesamtsystem verstanden. Bei Baureihen in der Serienfertigung ist auch der Terminus „Modellzyklus“ gebräuchlich.

⁴⁶ Weitere Lebenszyklusmodelle z.B. für Joint Ventures, Projekte usw. finden sich in der Ausarbeitung von Höft (1992), S.126ff

⁴⁷ vgl. Zehbold (1995), S. 16ff

⁴⁸ vgl. Susman (1990), S.225

Im **Fall b)** liegt dem Modell eine gesamtwirtschaftliche Perspektive zu Grunde. Beschrieben wird die Entwicklung des Absatzes sämtlicher Anbieter mit allen Abnehmern des betrachteten Produktes. In dieses hoch aggregierte Modell sind die einzelwirtschaftlich identifizierbaren Produktlebenszyklen eingebettet.

Bei der Bildung von Produktlebenszyklusmodellen können vier unterschiedliche Perspektiven Berücksichtigung finden und je nach Dominanz die Modellbildung bestimmen:⁴⁹

- Produktionsperspektive
- Marketingperspektive
- Kundenperspektive
- Gesellschaftsperspektive

Je nach vorherrschender Absatzstruktur werden unterschiedliche Ansätze zur Modellbildung und Modellverfeinerung herangezogen. Die dominierende Betrachtungsperspektive der nachfrageorientierten Produktion ist die Produktionsperspektive. Auch die Kundenperspektive und die Gesellschaftsperspektive findet bei dieser Betrachtungsperspektive Anklang. Eine eher unbedeutende Rolle spielt bei der nachfrageorientierten Produktion die Marketingperspektive.

Bei einer angebotsorientierten (marktorientierten) Produktion ist die dominierende Perspektive bei der Modellbildung die Marketingperspektive. Die anderen drei Perspektiven werden nur zum Teil bei der Modellbildung berücksichtigt.⁵⁰

Das Produktlebenszykluskonzept hat jedoch den entscheidenden Nachteil, dass diese Konzepte sich ausschließlich auf den Marktzyklus eines Produktes fokussieren. Der integrierte Produktlebenszyklus (vgl. Abb. 5.1) wurde zunächst ausgeweitet auf vorangehende und auch nachgelagerte Vorgänge. Der Betrachtungshorizont des Produktlebenszyklus wird somit konsequent um den immer bedeutsameren, d.h. kostenintensiveren

- Beobachtungs-,
- Entstehungs- und
- Entsorgungszyklus

⁴⁹ vgl. Shields, Young (1990)

⁵⁰ vgl. Zehbold (1995), S. 18

erweitert⁵¹. In das Modell ist momentan auch in stark aggregierter Weise die Konsumentensichtweise eingegangen, so dass die anfängliche Ergänzung der Marketingperspektive durch die Produktionsperspektive, die Kunden- und Gesellschaftsperspektive erweitert wurde.

Im Beobachtungszyklus werden technologische und allgemein wissenschaftliche Neuerungen sowie sozio-gesellschaftliche Veränderungen verfolgt. Das Ziel ist es, relevante strategische Informationen zur Unternehmensumwelt und zu den eigenen Stärken und Schwächen zu erwerben und auf der Grundlage derartig erweiterten Wissens Entscheidungsprozesse zu initiieren, die für den Beginn eines neuen Produktlebenszyklus notwendig sind.⁵² Chancen und Risiken, die aus internen und externen Veränderungen resultieren, sollen möglichst frühzeitig erkannt werden.

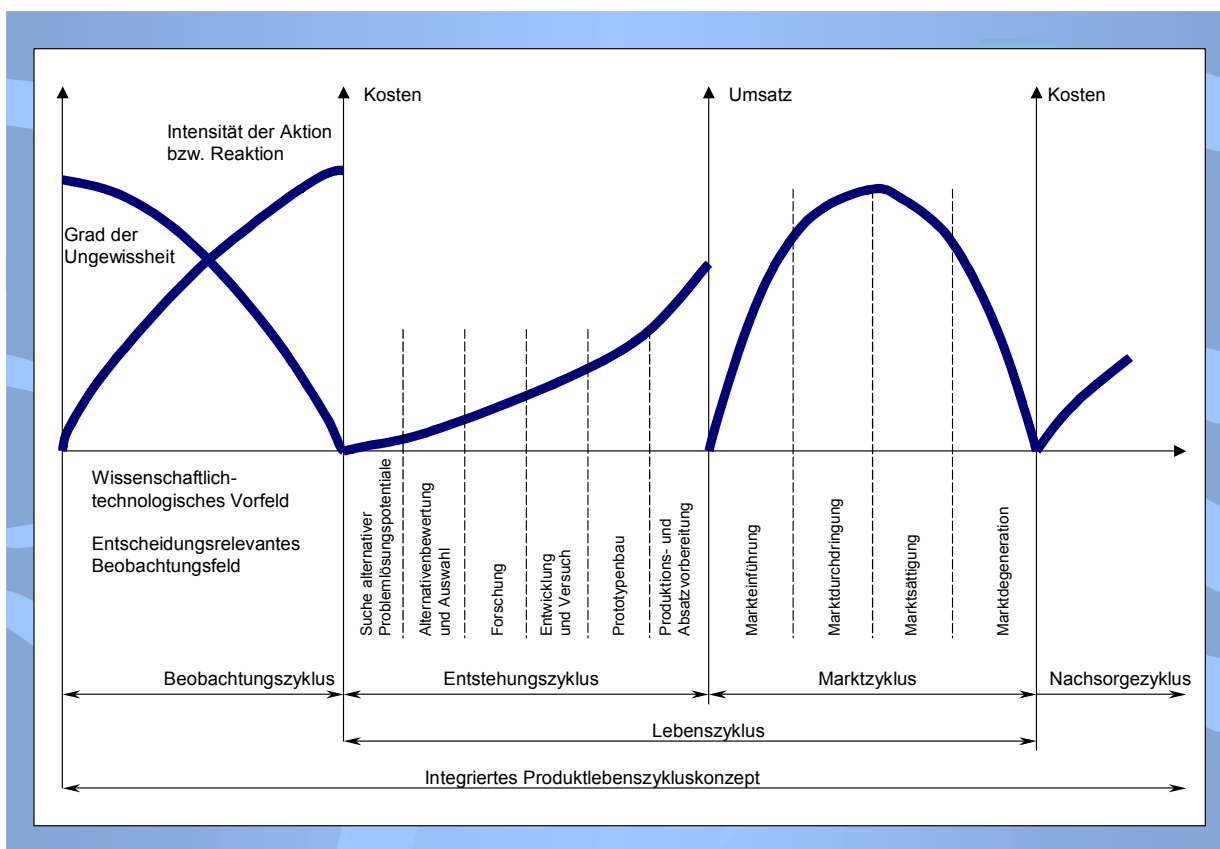


Abb. 5.1: Integriertes Produktlebenszykluskonzept⁵³

⁵¹ vgl. Pfeiffer, Dörrie, Gerharz, von Götze (1992), S. 868,

⁵² vgl. Pfeiffer, Bischof, (1982), S. 137f.

⁵³ vgl. Zehbold (1995), S. 34

Den Entstehungszyklus bilden die Alternativensuche, -bewertung und -auswahl sowie Aktivitäten der Forschung, Entwicklung, Konstruktion und die verschiedenen produktions- und absatzvorbereitenden Tätigkeiten. Vordergründig ist es so, dass für produktbezogene, technologische Innovationen anfallende Ressourcenverbräuche in das Modell eingehen. Mit der Produktinnovation gehen oftmals auch Verfahrensinnovationen parallel einher.

Der Marktzyklus ist charakterisiert durch die Phasen der Markteinführung, die Marktdurchdringung, die Marktsättigung und die Marktdegeneration. In wertmäßiger Hinsicht ist der Entstehungszyklus vorrangig durch den Anfall und die Festlegung von Kosten bestimmt und im Marktzyklus ist eine Umsatz- und Gewinnbetrachtung dominierend.

Eine weitere Ausweitung fand das Modell auch durch die Integration und stärkere Gewichtung des Entsorgungszyklus bzw. eines umfänglicheren, den Entsorgungszyklus beinhaltenden, und als Nachsorgezyklus bezeichneten Aktivitätenbündels.⁵⁴ Die Einbeziehung der Entsorgung in das Konzept ergibt sich daraus, dass die Kosten für Entsorgung und Recycling in den letzten Jahren zugenommen haben. Unter Entsorgung versteht man die Rückstandsentsstehung durch systematisches, integriertes Handeln zu vermeiden, beziehungsweise zu vermindern, angefallene Rückstände zu nutzen, sowie nicht zu vermeidende und nicht nutzbare Rückstände in einen qualitativ, räumlich und zeitlich möglichst umweltschonenden Zustand in den Wirkungsbereich der Natur zu überführen. Die Integration des Entsorgungszyklus in das Produktlebenszykluskonzept bedeutete eine Ausweitung des Modells auf zumeist nicht erwünschte und nicht beachtete Nebenwirkungen der Entstehung, Herstellung und Vermarktung sowie Nutzung und Beseitigung eines Produktes. Bei diesen Nebenwirkungen handelt es sich um Rückstände, die sowohl bei der Produktion selbst, als auch beim Gebrauch und Verbrauch der Produkte und der Beseitigung von Altprodukten anfallen können.

Unter Entsorgung im weiteren Sinne sind sowohl Maßnahmen der Rückstandsvermeidung und Rückstandsverminderung als auch der Rückstandsbewältigung zu verstehen. Diese Anforderung ist auch im Kreislaufwirtschaftsgesetz wiederzufinden.⁵⁵ Als Nachsorgezyklus wird der Aktivitätsbereich bezeichnet, der der Leistungserstellung und -verwertung eines Produktes nachgelagert ist. Dieser Nachsorgezyklus umfasst alle primär nach der Herstellung und dem Verkauf der Pro-

⁵⁴ vgl. Horneber (1994), S. 115

⁵⁵ vgl. AbfG 1986

dukte gekoppelten Leistungen. Dies können entgeltliche (z.B. Kundendienst) und unentgeltliche (z.B. Garantieleistungen) Serviceleistungen sein.⁵⁶

5.3 Lebenszyklusmodelle für Potentiale

Bei den Lebenszyklusmodellen für Potenzialfaktoren steht die Verbindung über Einsatzfaktoren zum Lieferantensystem und zu den Beschaffungsmärkten und damit die Versorgung und der Leistungserstellungsprozess im Vordergrund. Einsatzfaktoren dienen als Input zur Erreichung des jeweiligen Betriebsziels. Für die zur Nutzung bestimmten materiellen Betriebsmittel, die hier als technisches Potenzial bezeichnet werden, wird synonym auch der Begriff Anlagen verwendet.⁵⁷ Für die Anlagen wurden verschiedene Lebenszyklusmodelle entwickelt. In Anlehnung an das traditionelle Produktlebenszykluskonzept wurden verschiedene Technologielebenszyklusmodelle entworfen. Neben den gesamtwirtschaftlichen Modellen existieren auch Lebenszyklusmodelle für technische Potentiale mit einem explizit einzelwirtschaftlichen Anwendungsbezug. Es handelt sich hierbei um sog. Anlagenlebenszyklusmodelle. Personallebenszyklusmodelle werden immer wichtiger und werden als 3. Gruppe zu den Lebenszyklusmodellen für Potentiale zugeordnet.

5.3.1 Technologielebenszyklusmodelle

Ein Technologielebenszyklus, der die Phasen der Entstehung, des Wachstums, der Reife und des Alters einer Technologie umfasst, ist definiert als der Grad der Erreichung des Wettbewerbspotenzials und ist eine von der Zeit abhängige Variable.⁵⁸ Eine Charakterisierung der einzelnen Phasen kann hierbei über Indikatoren erfolgen. Die Analyse der technologischen Position in Beziehung zur Wettbewerberposition lässt Rückschlüsse über die Antizipation von Veränderungen der Wettbewerbsposition eines Unternehmens, über die Identifikation von Differenzierungsmöglichkeiten gegenüber Wettbewerbern und über die Absetzung des Risikos von Investitionen im Forschungs- und Entwicklungsbereich zu.⁵⁹

⁵⁶ vgl. Back-Hock (1988), S. 168

⁵⁷ vgl. Männel (1974), S. 139f

⁵⁸ vgl. Sommerlatte, Deschamps (1985), S. 53

⁵⁹ vgl. Sommerlatte, Deschamps (1985), S. 53

Ford und Ryan unterscheiden 6 Phasen im Technologielebenszyklus:⁶⁰

- Technology development (Technologieentwicklung)
- Technology application (Entwicklung zur Anwendungsreife)
- Application launch (Erstanwendung der Technologie)
- Application growth (zunehmende Technologieanwendung)
- Technology maturity (Reife der Technologie)
- Degraded technology (Rückgang der Technologie)

Durch die Einbeziehung der verschiedenen Kritikpunkte kommt Höft zu dem Schluss, hier ein erweitertes Technologie-Technik-Lebenszyklusmodell (Abb. 5.2) zu entwickeln. Dies begründet er vorwiegend damit, dass bei der Abgrenzung zwischen Technologie und Technik definitionsgemäß die Technik als konkrete Umsetzung der Technologie fungiert.

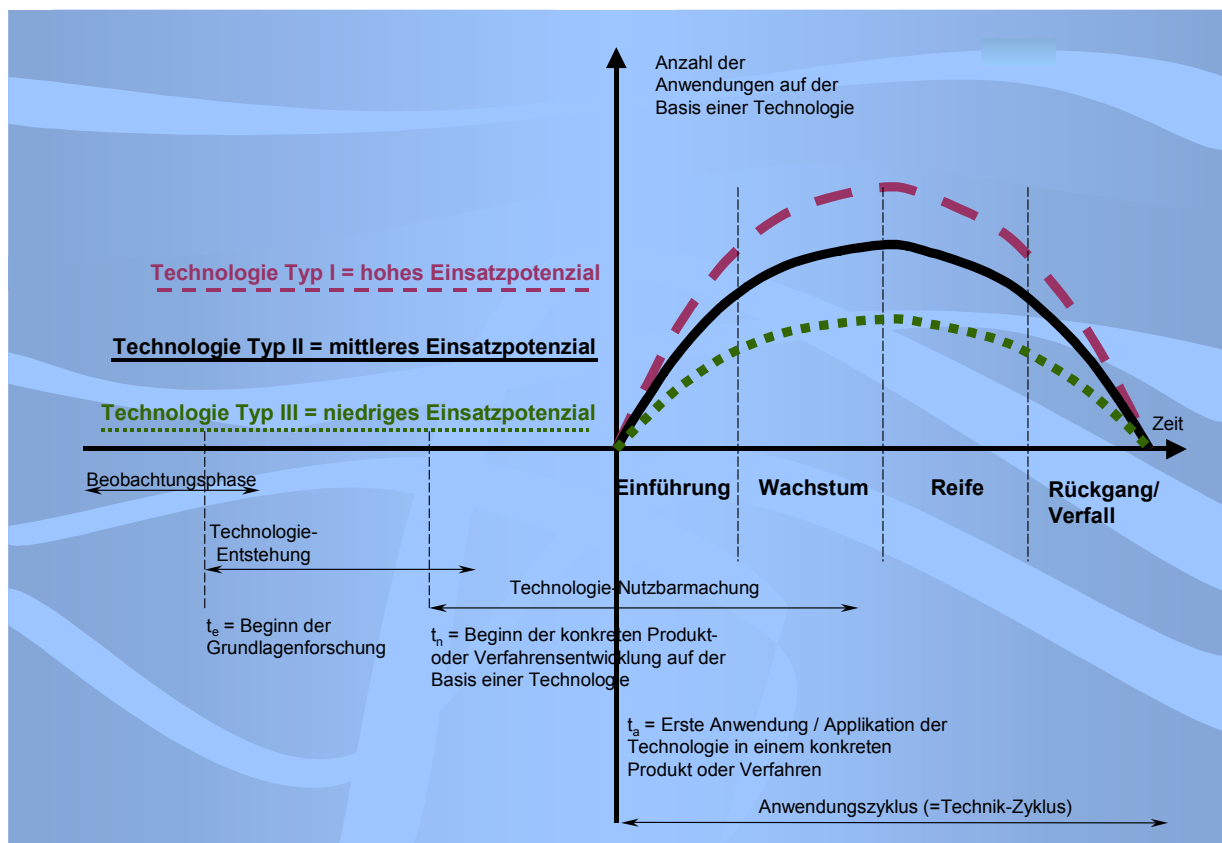


Abb.: 5.2: Erweitertes Technologie-Technik-Lebenszyklusmodell⁶¹

⁶⁰ vgl. Ford, Ryan (1981), S.119ff

⁶¹ vgl. Höft (1992), S. 82

5.3.2 Anlagenlebenszyklusmodell

Ein Anlagenlebenszyklus besteht aus den idealtypischen Phasen des Aufbaus, der Nutzung und des Abbaus des Potenzials, die sich nach Meyer noch folgendermaßen unterteilen lassen:

- Anlagenprojektierung, -bereitstellung und -anordnung vor Beginn der Nutzungsphase
- Anlagenbereithaltung und -einsatz/-betrieb, -instandhaltung und -verbesserung während der Nutzungsdauer
- Anlagenausmusterung und -verwertung, -entsorgung und -ersatz nach Beendigung der Nutzungsdauer.⁶²

Ziel der Anlagenprojektierung ist die Erstellung eines Sollkonzepts, das die Anforderungen an die bereitzustellende Anlage beinhaltet. Bei der Anlagenprojektierung wird die Anlage komplett spezifiziert. Bei der Anlagenbereitstellung wird versucht, die Betriebsmittel zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort und in der erforderlichen, quantitativen und qualitativen Beschaffenheit bereitzustellen.⁶³ Zu den weiteren Aufgabengebieten gehören vor allem die Wahl zwischen Eigenerstellung, Kauf, Miete oder Leasing einer neuen oder gebrauchten Anlage. Bei der Anlagenanordnung wird die Anlage installiert und auf technische Funktionsfähigkeit überprüft.

In der Nutzungsphase finden neben dem Bereithalten und dem Einsatz der Anlage auch Aktivitäten zum Erhalt und zur Verbesserung des Leistungspotenzials statt. Hierbei handelt es sich um wiederkehrende, teils abwechselnd, teils parallel ablaufende Aktivitäten. Der Anlageninstandhaltung werden alle Maßnahmen zugerechnet, die zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit dienen. Während die Anlageninstandhaltung das Ziel hat, die Leistungsfähigkeit einer Anlage zu erhalten, so hat die Anlagenverbesserung das Ziel, das Leistungspotenzial der Anlage im Laufe der Nutzungsphase zu erhöhen.

In der als Desinvestitionsphase bezeichneten letzten Phase des Anlagenlebenszyklus findet die Verwertung, Weiterverwendung oder Entsorgung einer Anlage statt. Im Ausmusterungsvorgang werden der Anlage ihre bisherigen Aufgaben entzogen. Ist eine Anlage für einen Aufgabenbereich noch gebrauchsfähig, so wird sie für das Unternehmen wiederhergestellt (Anlagenverwertung) und damit endet nur der funktionsbezogene aber nicht der betriebsbezogene Anlagenle-

⁶² vgl. Mayer (1986), S. 46f

⁶³ vgl. Männel (1988), S. 8

benszyklus. Der betriebsbezogene Anlagenlebenszyklus endet mit der außerbetrieblichen Weiterverwendung durch Verkauf, Vermietung und Leasing. Die innerbetriebliche Beendigung des Lebenszyklus kann durch Entsorgung oder unternehmensinternes Recycling zur Gewinnung von Ersatzteilen beendet werden.

5.3.3 Personallebenszyklusmodelle

Das Modell des unternehmerbezogenen Personallebenszyklus gehört auch noch zu den Lebenszyklusmodellen für Potenzialfaktoren. In Zeiten in denen steuernde und administrative Tätigkeiten in einem Unternehmen in den letzten Jahren stetig zugenommen haben, wird gutes Personal immer wichtiger. In einer ähnlichen Sichtweise wie für die Anlagenwirtschaft gibt es auch eine lebenszyklusorientierte Sichtweise in der Personalwirtschaft. In der Personalwirtschaft kann eine lebenszyklusorientierte Strukturierung personalwirtschaftlicher Aktivitäten folgendermaßen vorgenommen werden:

- Personalplanung und -beschaffung
- Personaleinsatz, -entwicklung und -erhalt
- Personalfreistellung⁶⁴

Unter Personalplanung und -beschaffung ist die quantitative und qualitative Personalbedarfsermittlung in seiner zeitlichen Struktur zu bestimmen. Analog zur Nutzungsphase im Anlagenlebenszyklus wird beim Personallebenszyklus auch von der Phase des Personaleinsatzes, der Personalerhaltung und der Personalentwicklung gesprochen. Es besteht jedoch ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Lebenszyklen in der Nutzungsphase. Während eine Anlage innerhalb der Nutzungsphase Alterungserscheinungen durchlebt, ist dies beim Humankapital durch den Zugewinn an Erfahrungswissen nicht so.⁶⁵ Mit der Beendigung des Arbeitsverhältnisses endet der betriebsbezogene Personallebenszyklus noch nicht endgültig. Je nach Art der Personalfreisetzung fallen unterschiedlich hohe und sich über einen unterschiedlich langen Zeitraum erstreckende Verpflichtungen (Sozialpläne) an.

Für eine lebenszyklusbezogene Zuteilung der verschiedenen Arten von Kosten des Faktors Personal ist eine differenzierte Kostenstrukturierung im Unternehmen notwendig. Die Kosten in der Phase vor der Nutzung verursachen einen kleinen Teil der Kosten. Jedoch wird hier bereits in

⁶⁴ vgl. Fröhling (1990), S. 118

⁶⁵ vgl. Küpper (1988), S. 47

großem Umfang das zukünftige Kostenniveau für die Phase der Personalnutzung bestimmt. Die in diesem Zusammenhang anfallenden Aktivitäten bzw. entsprechende Kosten haben zum größten Teil investiven Charakter und fallen einmalig an. Die anfallenden Personalkosten während der Nutzungsphase sind in zunehmendem Umfang als Fixkosten zu klassifizieren, da ein Unternehmen mit der Einstellung eines Mitarbeiters häufig eine langfristige Bindung eingeht.⁶⁶ In rezessiven Phasen sehen sich Unternehmen verstärkt mit Kosten der Personalfreistellung konfrontiert. Derartige Kosten können zum Beispiel Kosten für Abfindungen, Frühpensionierungen u.ä. sein.

Fairerweise muss erwähnt werden, dass die kostenrechnerischen Arbeiten auf diesem Gebiet noch nicht so weit fortgeschritten sind, als dass hier von einem umfassenden und geschlossenen Konzept für eine lebenszyklusorientierte Personalkostenrechnung gesprochen werden kann. Wichtig ist die Erkenntnis, dass bei den Personalkosten während des Anlagenbetriebes nicht nur die Lohnkosten, sondern wie oben beschrieben, noch zusätzlich Vor- und Nachlaufkosten anfallen.

5.3.4 Lebenszyklusmodelle für immaterielle Potenziale

In der Literatur gibt es auch Lebenszyklusmodelle für immaterielle Potenziale wie zum Beispiel Rechte für Lizenzen, Methoden und Software.⁶⁷ Auch den immateriellen Potenzialen liegt ein Entstehungs-, Nutzungs- und Desinvestitionsprozess zugrunde. In der Nutzungsphase liegt der Unterschied zu den materiellen Gütern darin begründet, dass kein physischer Verschleiß eintreten kann. Demgegenüber treten hier ein wirtschaftlicher Alterungsprozess, ein technischer Fortschritt und ein Fristablauf ein. Exemplarisch soll für diese immateriellen Güter hier der Softwarelebenszyklus genauer betrachtet werden.

In den letzten Jahren hat der Einsatz und die Bedeutung von Software in Unternehmen stetig zugenommen. Die hier anfallenden Kosten stiegen während dieser Zeit an. Softwarelebenszyklusmodelle haben, wie schon angesprochen, auch eine Entstehungs- und Nutzungsphase, jedoch wird in der Literatur die nachgelagerte Abbauphase nicht beachtet.⁶⁸ In der Praxis ist es jedoch so, dass der Entsorgungszyklus bei Software eine immer größere Bedeutung bekommt. Dies äußert sich dadurch, dass bei der Ausmusterung von Altsystemen in einem Unternehmen die Daten

⁶⁶ vgl. Heinrich (1990), S. 29

⁶⁷ vgl. Männel (1992c), S. 122

⁶⁸ vgl. Back-Hock (1988), S. 17

des Systems aus rechtlichen Gründen noch einige Jahre zu archivieren sind. Ein weiteres Beispiel hierfür ist das Thema Software-Migration. Unter Software-Migration soll hier die Tatsache verstanden werden, dass die Daten und die Funktionalitäten eines untergeordneten Systems in ein führendes System überführt werden. Hier tritt also der Fall ein, dass das untergeordnete System abgeschaltet werden muss und somit nicht unwesentliche Kosten entstehen wie z.B. Deinstallationen auf lokalen Rechnern oder Archivierung alter Daten. Als kostenrechnerische Besonderheit spielen bei der Software die Änderungskosten eine große Rolle. Dies soll jedoch hier nicht weiter verfolgt werden, da es im weiteren Verlauf der Arbeit keine tragende Rolle einnimmt.

Als weitere spezifische Kategorie immaterieller Potenziale beschreibt die Literatur Lebenszyklusmodelle für externe Potenziale. Hierbei handelt es sich um Lieferantenlebenszyklusmodelle und Kundenlebenszyklusmodelle. Bei Kunden- bzw. Lieferantenlebenszyklusmodellen unterscheidet Männel die Phasen⁶⁹

- Suche,
- Nutzung (Entwicklung, Optimierung sowie Pflege und Erhaltung) und
- Abbau.

Als Kundenlebenszyklusmodell wird die zeitliche Dimension einer Geschäftsbeziehung bezeichnet.⁷⁰ Das für die Geschäftsbeziehung mit Kunden im business-to-business-Geschäft Lebenszyklusmodelle identifiziert werden können, wurde in einer empirischen Studie für ein größeres Zulieferunternehmen von Diller/Lücking/Prechtel nachgewiesen.⁷¹

Die Aufnahme von Geschäftsbeziehungen ist bereits im Vorfeld mit umfangreichen Investitionen verbunden, die über die Zeitdauer der Beziehung amortisiert werden müssen. In Zeiten von Produktions- und Dienstleistungstiefenverringern und den zunehmend längerfristigen und intensiveren Bindungen stellt die Suche, die Entwicklung, die Erhaltung, die Pflege und der Abbau von Zuliefer-Abnehmer-Beziehungen für viele Unternehmen einen bedeutsamen Kosten-, aber auch Erfolgsfaktor dar. Es handelt sich bei derartigen Kooperationen um langlebige externe Potenziale, für die der Kostenanfall ebenso wie die positiven Erfolgsvariablen über das gesamte Bestehen der Beziehung erfasst und gesteuert werden muss. Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sprechen auch in Bezug auf Kundenlebenszyklen dafür, lebenszyklusbezogene Kalküle nur für

⁶⁹ vgl. Männel (1991), S. 39ff

⁷⁰ vgl. Diller, Küsterer (1988), S. 211

⁷¹ vgl. Diller, Lücking, Prechtel (o.Jg.), S. 2

besonders wichtige Kooperation aufzustellen. Dies ist in der vorliegenden Arbeit von Bedeutung, da durch den Einsatz des LCC-Simulators bei einem Anlagenhersteller genau diese Kosten verringert werden können.

5.4 Lebenszyklusmodelle für Unternehmen und Organisationen

Organisationen selbst unterliegen auch einem Lebenszyklusprozess, dem sog. Unternehmenslebenszyklus. In zeitlicher Hinsicht begrenzt der Unternehmenslebenszyklus die zeitliche Erstreckung der unternehmensinternen und unternehmensexternen Potenziallebenszyklen sowie die Lebenszyklen, die sich aus den zu anderen Systemen vorhandenen Beziehungen ergeben. Der Unternehmenslebenszyklus besteht aus fünf Phasen, für die der zeitbezogene Verlauf des Umsatzes, des Marktanteils, der Kapazität und des Gewinns in der Lebenszykluskurve beschrieben werden kann. Es handelt sich dabei um die Phasen der Kindheit, der Jugend, des Erwachsenen, des Alters und des Todes.

In der Literatur wird jedoch noch eine Erweiterung des oben aufgeführten Unternehmenslebenszyklus beschrieben, indem diese Methode um die Beobachtungs- und Vorbereitungsphase zur Gründung eines Unternehmens erweitert wird.⁷²

Für die Marktphase, die wiederum in Anlehnung an den traditionellen Produktlebenszyklus in vier Phasen unterteilt wird, erfolgt die Abbildung des zeitbezogenen Verlaufes des Umsatzes und der Anzahl der Beschäftigten. Sofern das Modell in Bezug auf ein Geschäftsfeld Anwendung findet, ist es fast identisch mit einem Produktlebenszyklusmodell, jedoch auf höherer Aggregatensebene.

5.5 Wahl des geeigneten Lebenszyklusmodell für den LCC-Simulator

Abschließend bleibt festzustellen, dass alle betrachteten Lebenszyklusmodelle sich charakteristisch in drei Phasen einteilen lassen und zwar in die Vorlauf-, die Nutzungs- beziehungsweise Marktphase und die Nachlauf- oder Entsorgungsphase. Die größten Unterschiede bei den Modellen gibt es vorwiegend nur im Detaillierungsgrad, in der Bezeichnung der Lebenszyklusphasen, dem Bezugsobjekt und der Interessensposition.

⁷² vgl. Höft (1992), S. 97ff

Anhand der aufgeführten Lebenszyklusmodelle müsste eigentlich die Wahl auf das Anlagenlebenszyklusmodell für die Umsetzung fallen. Aufgrund der beschriebenen Anforderungen macht es jedoch keinen Sinn, eine Trennung von Produktlebenszyklus und Potenziallebenszyklus (Anlagenlebenszyklus) für die Praxis vorzunehmen. In einem Anlagenlebenszyklusmodell herrscht die einzelwirtschaftliche Betrachtung vor und es wird eine über die eigentliche Anlagennutzung hinausgehende Sichtweise des Anlagenlebens primär vom Standpunkt des Anlagenbetreibers aus eingenommen. Die der Nutzung vor- und nachgeschalteten Phasen und die hier anfallenden Kosten werden durch die Integration von Produktionsperspektive und teilweise auch der gesellschaftlichen Perspektive gleichermaßen berücksichtigt. Zum anderen besteht eine sehr enge Beziehung zum Produktlebenszyklusmodell insbesondere dann, wenn die für die Produktherstellung benötigten technischen Potenziale sehr speziell sein müssen. In diesem Fall müssen die Produktionstechnologien und damit vor allem die eingesetzten technischen Potenziale kapazitiv und qualitativ sowie hinsichtlich der rechtzeitigen und laufend benötigten Verfügbarkeit besonders eng mit dem erwarteten Produktlebenszyklus abgestimmt werden. Wechselwirkungen und Verbindungen zwischen Anlagenlebenszyklus und Produktlebenszyklus werden in Abb. 5.3 sichtbar.

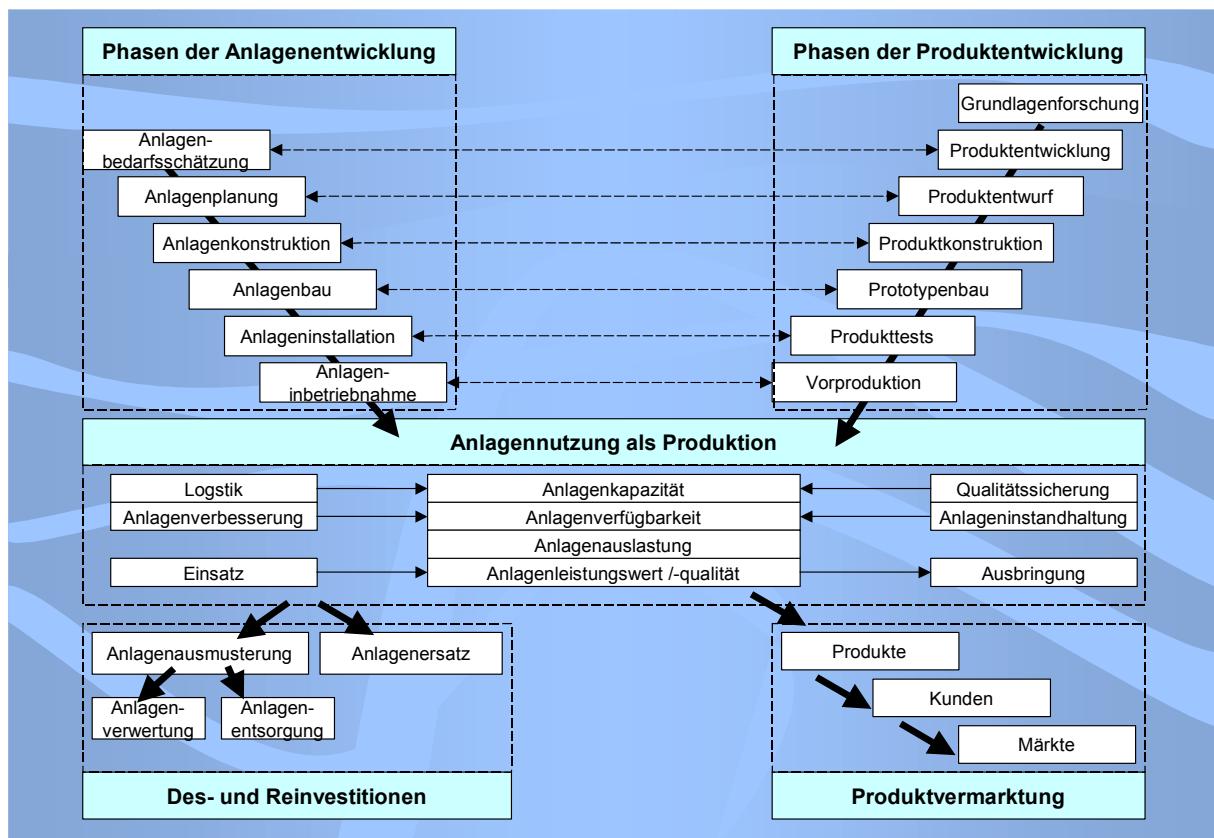


Abb. 5.3: Zusammenführung von Anlagen- und Produktlebenszyklus

Unter dem Gesichtspunkt einer möglichst exakten Erfassung der Anlagenkosten in der Praxis ist die Unterscheidung in Phasen des Anlagenlebenszyklus erforderlich.⁷³ Durch eine präzise Phasentrennung und unter Zuhilfenahme eines zweckmäßigen Aggregationsniveaus lassen sich sämtliche im Anlagenlebenszyklus anfallenden Kosten den anlagenwirtschaftlichen Aktivitäten gemäß strukturieren. Dadurch werden die Voraussetzungen geschaffen, die Wechselwirkungen einer integrierten Anlage zu beherrschen und zu optimieren. Dies ist das Grundanliegen der integrierten Anlagenwirtschaft. Hierzu sind die Beziehungen zwischen den einzelnen Kategorien von Anlagenkosten innerhalb eines anlagenbezogen Gesamtmodells aufzudecken.

Zusammenfassend ergibt sich, dass für die Umsetzung der formulierten Anforderungen nicht ein einzelnes Lebenszyklusmodell für die Praxis tauglich ist. Es ist daher notwendig, Anlagenlebenszyklusmodell und Produktlebenszyklusmodell ineinander zu integrieren bzw. zu verknüpfen und zur Anwendung zu bringen.

⁷³ vgl. Männel (1993), S. 305

6. Entwicklung eines LCC-Simulators zur Optimierung des (Industrie-) Anlagengeschäftes

6.1 Optimierung von Lifecycle-Costs bei Anlagen: Das drei Ebenen Modell

Eine Optimierung der Lebenszykluskosten einer Anlage kann anhand von drei Ebenen erfolgen (vgl. Abb. 6.1). In der Maschinen- und Modul-Ebene werden die Daten gespeichert und mit Praxisdaten validiert. Aus dem Maschinenbaukasten wird eine Anlage oder System konfiguriert und in der Anlagenebene mit Referenzszenarien und Kostenparametern beaufschlagt, die ihre Verifizierung und Validierung in der Praxis erfahren. Die projektierte Anlage wird in der Lifecycle-Ebene über das Lifecycle Cost- und Performance Regelwerk berechnet, durch Variation der Eingangsparameter beurteilt und anschließend visualisiert. In folgenden Abschnitten sollen die Ebenen der Optimierung näher betrachtet werden.

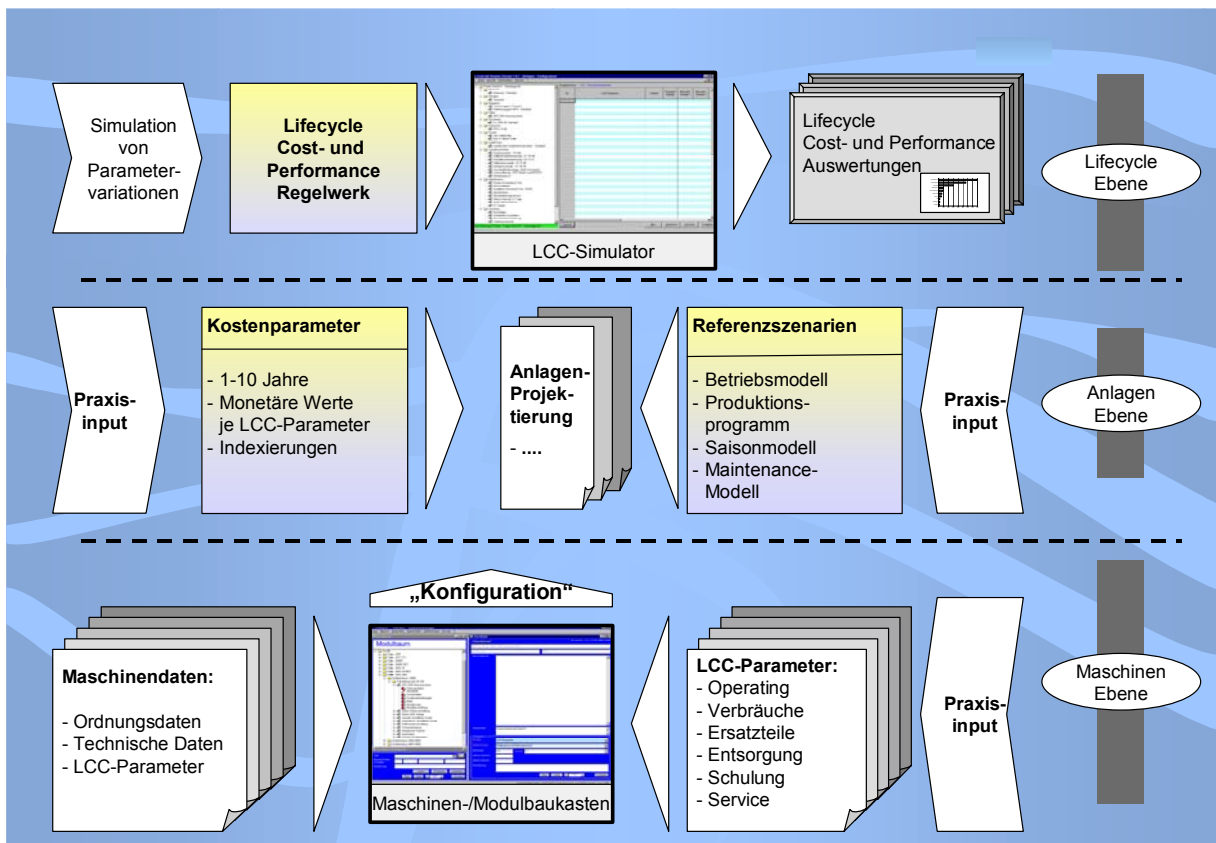


Abb. 6.1: Optimierung von Lifecycle-Costs

6.1.1 Maschinen-Ebene

Um bei der Optimierung der Lebenszykluskosten und der Anlagenperformance die notwendige Flexibilität zu erhalten, ist es notwendig, durch Modularisierung und Standardisierung die Austauschbarkeit der Maschinen und Module untereinander zu gewährleisten.

Die Beachtung folgender zwei Prinzipien sichert den Erfolg der Modularisierung:

- Das Plug&Play-Prinzip und das
- Prinzip der optimalen Modulreichweite.⁷⁴

Das **Plug&Play-Prinzip** beinhaltet, dass alle Module die im Modulbaukasten (vgl. Kap. 6.1.1.1) sind, so genau spezifiziert sind, dass sie beliebig in ihrer Leistungsklasse (Menge und Qualität des Outputs) untereinander kombiniert werden können. Dies beinhaltet in der einfachsten Form, dass die Anschlüsse (mechanisch/elektrisch) der Maschinen und Module genau zueinander passen, aber auch dass die Maschinen und Module in ihrer Leistungsklasse miteinander harmonisiert, (z.B. Maße und Toleranzen) sind. Eine Abstimmung der Schnittstellen (vgl. Kap. 6.1.1.1) ist daher von besonderer Bedeutung. Dies hat darüber hinaus noch den Vorteil, dass es in der Montage weniger Abstimmungsbedarf beim Zusammenbau der Maschinen und Module gibt, die Durchlaufzeiten gesenkt werden und als dritter Effekt Fehler beim Zusammenbau reduziert werden. Dadurch können in der betrieblichen Praxis unter Verwendung des Plug&Play-Prinzips die auftragsbezogenen konstruktiven Anpassungen/Änderungen und somit eine Erhöhung der Variantenanzahl erheblich reduziert werden.

Das Prinzip der **optimalen Modulreichweite** bedeutet, dass im Vorfeld der Entwicklung ein Quality Function Deployment (QFD) durchgeführt werden muss, in der die Kundenwünsche bezüglich einer Anlage auf Modulfunktionen abgebildet werden. Der Maschinenbaukasten muss die Bandbreite der Kundenwünsche optimal abdecken. Dies bedeutet, dass es für eine quantifizierte Kundenforderung im optimalen Fall genau ein definiertes Modul gibt, das diese Anforderung abdeckt. Am Beispiel einer Getränkeabfüllanlage ist oftmals der Wunsch nach einer Reduzierung des Wasserverlustes beim Etikettenauswurf in der Reinigungsmaschine durch die Anbringung einer Etikettenpresse abgebildet. In der Praxis ist es so, dass für gewünschte Kundenanforderungen eine ganze Baureihe von Modulen diese Anforderungen abdeckt. Am Beispiel einer Getränkeabfüllanlage ist der Wunsch vorhanden, möglichst wenig Personaleinsatz an der Füllma-

⁷⁴ vgl. Elsner, Krüger, Uhl (2001), S140ff

schine zu verwirklichen. Dies wird durch den Einsatz mehrerer Module wie z.B. einer automatischen Reinigung und einer automatischen Umrüstvorrichtung an der Maschine realisiert. In der Praxis ist es leider so, dass häufig mehrere verschiedenartige Kundenforderungen in einem Modul abgebildet werden müssen. Dies hat den entscheidenden Nachteil, dass die Kunden beim Kauf einer Anlage für bestimmte Anforderungen bezahlen wollen und für andere Anforderungen nicht. Hier wird der Einsatz des Modulbaukastens mit seiner optimalen Modulreichweite dadurch eingeschränkt, in dem eine zu feingliedrige Aufteilung der Funktionen auf die Module enorme Kosten verursacht. Dieser Umstand muss optimiert werden. Korrespondierend mit einer optimalen Modulreichweite ist auch die Tatsache, dass der Maschinenbaukasten nicht alle Kundenwünsche befriedigen kann. Kundenwünsche die nicht aus dem Modulbaukasten zu realisieren sind, müssen nach wie vor neu entwickelt werden.

Hierarchieebene	Definition / Erklärung	Beispiel
1. System / Anlage	Gesamtheit technischer, organisatorischer und betriebswirtschaftlicher Mittel zur Erfüllung eines Aufgabenkomplexes. Eine Anlage ist demzufolge die Gesamtheit der technischen Mittel eines Systems.	Getränkeabfüllanlage, Transferstraße, Verkehrsflugzeug, Wehrtechnik
2. Maschinenblock	Zusammenfassung verschiedener Maschinenvarianten zu einer Gesamtheit.	Abfüllmaschine mit verschiedenen Varianten- ausprägungen
3. Maschinengruppe	Varianten des Maschinenblocks.	Abfüllmaschine (Füllmaschinen inkl. Rinser)
4. Element / Einheit / Größenklasse	Gruppierung, bei der eine weitere Unterteilung für eine Spezifikation von anderen Gruppierungen nicht zielführend für die Lebenszykluskostenberechnung ist.	Größenklasse bei Füllanlagen (60.000 Fl./min.)
5. Komponente	Entscheidend für die Berechnung der Lebenszykluskosten.	Füllstellenanzahl
6. Modulebene: Basismaschinen mit optionalen Anbauteilen	Die Basismaschine beinhaltet die Lifecycle-Parameter. In Verbindung mit verschiedenen Anbauteilen werden dann automatisch die Lebenszyklusparameter angepasst.	Automatische Reinigung der Füllmaschine

Tab. 6.1: Hierarchiestufen des Maschinen-/Modulbaukastens

Durch die Anwendung der Modularisierung ist die Austauschbarkeit der Maschinen und Module innerhalb ihrer Art gegeben wobei anschließend noch eine geeignete Struktur gefunden werden muss, die das Auffinden der Maschinen und Module im Baukasten gewährleistet.

Der Maschinen-/Modulbaukasten ist in 6 Hierarchieebenen unterteilt (vgl. Tab. 6.1). Die strukturierte und sinnvolle Unterteilung der Maschinen und Module in eine übersichtliche Form hat für den Vertrieb eines Anlagenherstellers den Vorteil, dass in dieser Struktur implizites Wissen versteckt ist. Dieses „Implizite Wissen“ führt dazu, dass bei einer manuell durchgeführten Konfiguration jeder Angestellte des Vertriebes sofort weiß, wie und vor allem wo die einzelnen Maschinen und Module im Maschinenbaukasten zu finden sind.

6.1.1.1 Beschreibung des Maschinen- und Modulbaukastens

Unter einem Maschinenbaukasten⁷⁵ wird eine Datenbank verstanden, in der Maschinenblöcke, Maschinengruppen, Elemente, Komponenten und Module als Bausteine abgespeichert werden. Der hier zu generierende Maschinenbaukasten wird auf der Basis der vorab genannten Hierarchiestufen aufgebaut (vgl. Tab. 6.1). In Abb. 6.2 ist der sogenannte Modulbaum einer Füllmaschine (Getränkeabfüllung) veranschaulicht. Anhand dieser Strukturierung ist es möglich, Module zu ordnen und problemlos (auch ohne die Verwendung einer Suchmaschine) aufzufinden.

Baukastensysteme sind aus Bausteinen aufgebaut. Es bietet sich an, sie nach wiederkehrenden Funktionsarten zu orientieren und zu definieren, die – als Teilfunktionen kombiniert – unterschiedliche Gesamtfunktionalitäten erfüllen. Je nachdem, ob ein Baustein in allen Funktionsvarianten eines Bausteinsystems vorkommen muss oder nur kann, werden die jeweiligen Bausteine als „Muss- oder Kann-Bausteine“ bezeichnet.

Es gibt definierte Bauprogramme mit endlicher, vorhersehbarer Variantenzahl (geschlossene Baukastensysteme) und Baumusterpläne mit einer großen Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten, die nicht im vollen Umfang geplant und dargestellt werden (offene Baukastensysteme) können.

⁷⁵ vgl. Beitz, Grote (2001), F23

Produkte aus Baukastensystemen haben jedoch nicht nur Vorteile, sondern sie haben auch den Nachteil, dass die Maschinen und Anlagen in der Regel schwerer und raumaufwändiger als eine spezielle Einzelanfertigung sind.

Im Folgenden soll nun der für den LCC-Simulator entwickelte Maschinen- und Modulbaukasten näher beschrieben werden: Jede Basismaschine und die hinzugehörigen Anbauteile bedienen sich zur genaueren Beschreibung verschiedener „Karteikarten“ (vgl. Abb. 6.2).

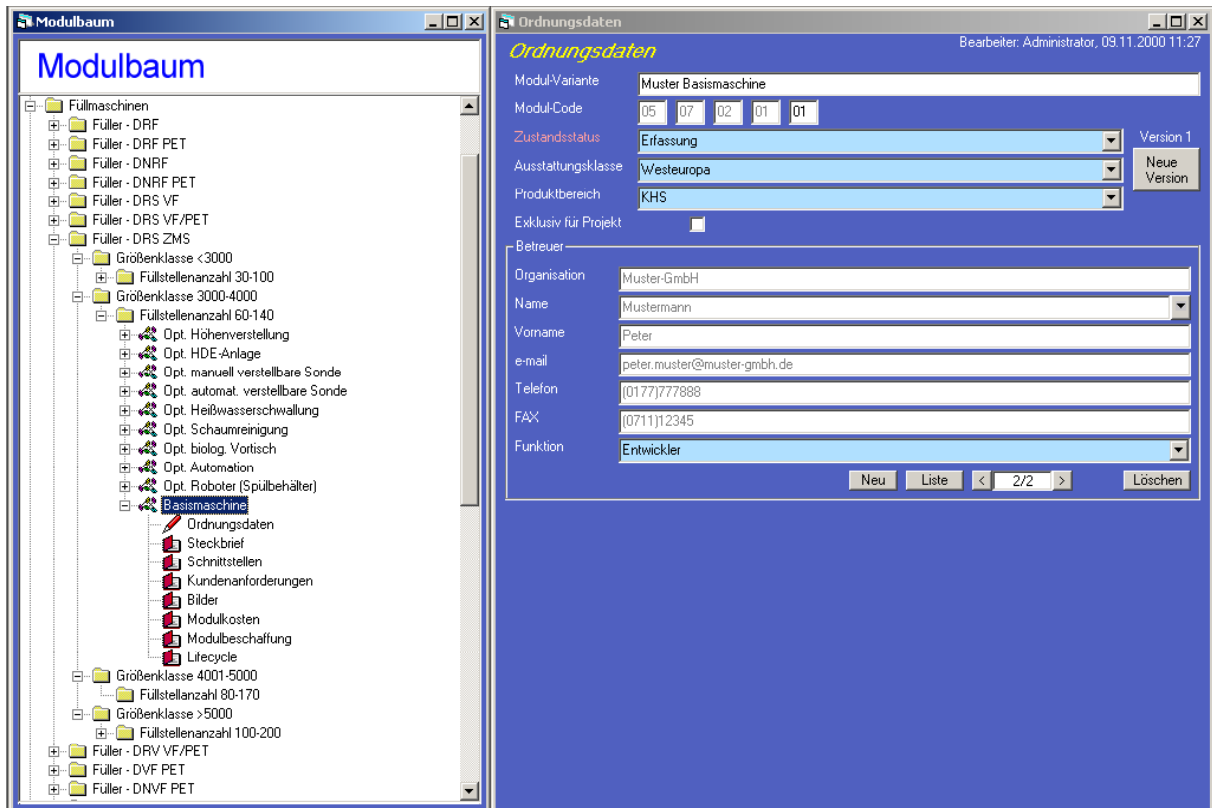


Abb. 6.2: Ordnungsdaten im Modulbaukasten

Die Ordnungsdaten beinhalten die Beschreibung der Modulvariante. Diese Modulvariante wird durch einen eigens entworfenen Modul-Code eindeutig beschrieben. Dieser Modul-Code ist 10stellig, wobei für jede Hierarchieebene 2 Stellen reserviert sind. Hier im Beispiel (vgl. Abb. 6.2) bedeutet dies, dass es sich hier um den 5. Maschinenblock, die 7. Maschinengruppe, die 2. definierte Größenklasse, die erste Komponentenausprägung und um das 1. Modul handelt. Die Angabe des Zustandsstatus gibt Auskunft über den Reifegrad innerhalb des Modulbaukastens. Im Wesentlichen gibt es drei Zustandsstatus:

- Erfassung: Das Modul ist technisch noch nicht ausgereift. Es ist zwar schon im Maschinenbaukasten angelegt, jedoch noch nicht zum Verkauf freigegeben. Diese Maschinen/Module haben noch nicht die konstruktive Reife einer Freigabe erreicht.
- Freigabe: Die Maschinen/Module sind für den Verkauf freigegeben, da alle internen Qualitätssicherungsmaßnahmen abgeschlossen sind.
- Sperrung: Aufgrund von verschiedenen Voraussetzungen kann es notwendig werden, ein Modul zu sperren.

Die Ausstattungsklasse des Moduls gibt an, an welche Standards, Vorschriften und Qualitätsmerkmale sich das jeweils betrachtete Modul anlehnt. Dies ist z.B. ausschlaggebend, wenn ein Modul für den westeuropäischen Markt erbaut wurde und auf Grund der Anschlüsse und der Steuergeräte z.B. nicht ohne Weiteres nach Amerika ausgeliefert werden kann, da es dort andere elektrische Spannungsvorgaben und Volumeneinheiten gibt.

Der Produktbereich wird hier zur Vollständigkeit angegeben, um bei Rückfragen der Anlagenbetreiber im Vertrieb sofort entscheiden zu können, bei welchem Mitarbeiter des Anlagenherstellers die entsprechenden Informationen einzuholen sind.

Da es in der Entwicklung des Anlagenherstellers Fortschritte gibt, können die neuen Versionen eines Moduls relativ leicht aktualisiert werden. Die Unterscheidung der verschiedenen Versionen ist deshalb von größter Bedeutung, da dies ausschlaggebend für die Anlagenkonfiguration ist und nicht jede Neuentwicklung eines Moduls einer Basismaschine mit der vorgelagerten Maschine im Anlagenfluss harmonisieren muss. Dies wird durch das Versionenmanagement transparent, wenn man die hierfür benötigten Schnittstellendokumentation betrachtet.

Jede(s) Modul/Maschine im Modulbaukasten bekommt einen Betreuerstab zugeordnet, damit bei auftretenden Problemen sofort der Verantwortliche oder die zu informierenden Personen bekannt sind. Gibt es z.B. Probleme bei der Weiterentwicklung oder bei einer Applikation für einen bestimmten Kunden, so ist hierfür immer ein Entwickler, Produktbetreuer und Vertriebsmann namentlich benannt. Die Betreuer werden in der Stammdatenverwaltung des Maschinenbaukastens angelegt. Somit ist es möglich, jedem Modul aus den verschiedenen Abteilungen und Wertschöpfungsstufen des Anlagenherstellers einen Ansprechpartner zuzuordnen.

Der Steckbrief ist aus Marketinggesichtspunkten das Herzstück des Modulbaukastens (vgl. Abb. 6.3). Hier werden wie bei den Ordnungsdaten der Modulcode und die Ausstattungsklasse ange-

geben. Dies hat eine ordnungspolitische Bedeutung, damit die einzelnen Maschinen/Module eindeutig identifiziert werden können. Das Beschreibungsfeld im Steckbrief ist bewusst offen und unstrukturiert gehalten, damit der Kreativität bei der Beschreibung eines Moduls keine Grenzen gesetzt werden. Hier sollten vor allem sog. Softfacts wie z.B. die Farbe des Moduls oder die Lieferbedingung per LKW oder Bahn beschrieben werden.

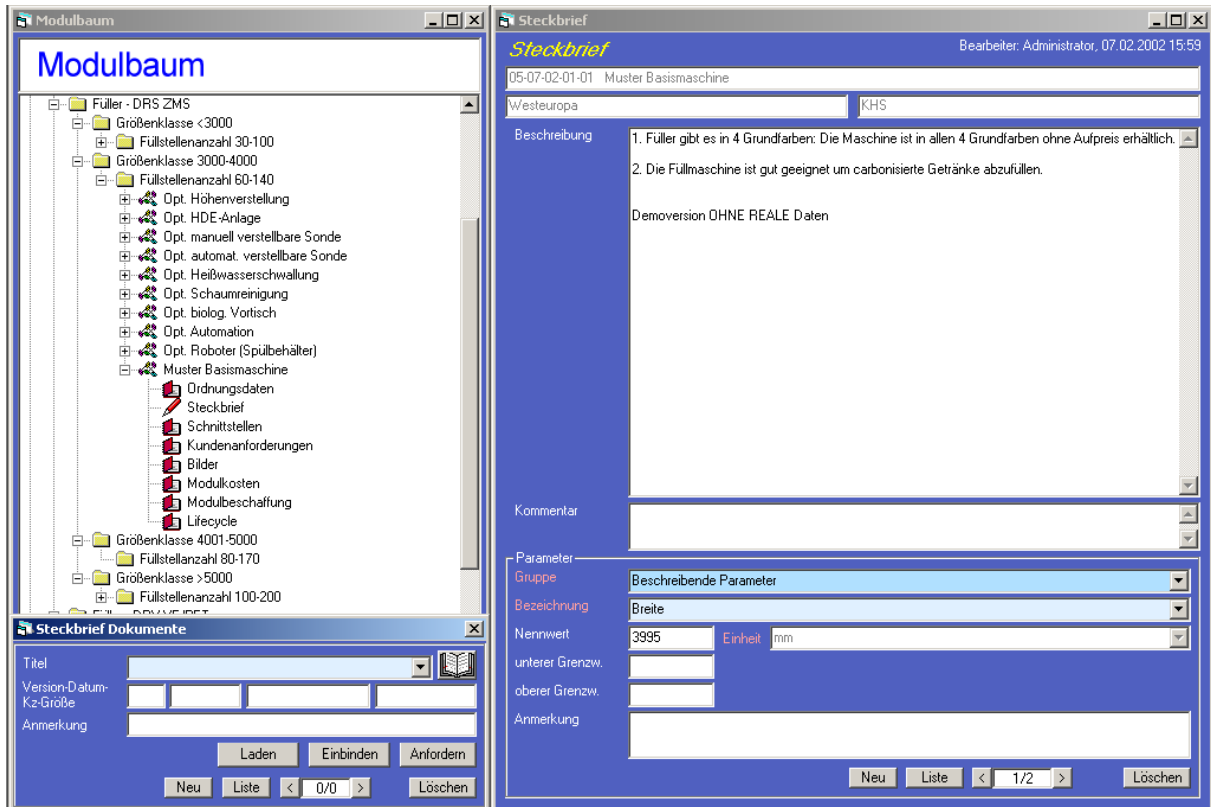


Abb. 6.3: Steckbrief im Modulbaukasten

Im Kommentarfeld werden z.B. die Anmerkungen eines Entwicklers bei kurzfristigen Änderungen oder des Vertriebs bei Feedbacks von Anlagennutzern benutzt. Dieses Feld ist für kurze priorisierte Informationen geeignet, die nicht im großen Feld der „Beschreibung“ untergehen sollen. Zu jedem Modul können sogenannte beschreibende Parameter mit angegeben werden. Dies können z.B. die Abmessungen des Moduls (wichtig für die Anordnung der Maschine im Verbund) wie Länge, Breite und Höhe sein, aber auch die Anschlussbedingungen der Maschine z.B. ein 4-poliger Starkstromstecker oder beim Wasseranschluss ein 1-Zoll Rohr sein. Die Liste der Parameter ist in der Stammdatenpflege beliebig erweiterbar und somit keinen Beschränkungen unterworfen. Bestimmte beschreibende Parameter sind jedoch auch für die systematische Auswertung der LCC bestimmend. Diese Parameter müssen zusätzlich bei den LCC-Parametern eingepflegt oder importiert werden.

Zusätzlich verfügt die Maske noch über die Funktion Steckbrief-Dokumente. Diese Dokumente sind z.B. Testberichte des Moduls, aber auch Dokumente, die aus Kundensicht das Modul beurteilen. Somit kann der Maschinenbaukasten auch als ein optimales Instrument zur Einführung einer Backwardkette (Rückführung von Feldergebnisse in die Entwicklung) im Unternehmen Anwendung finden. Die Dokumente können über das System per e-Mail angefordert, aber auch über den Server eingebunden werden. Das System verfolgt hier klare Dokumentenmanagement-eigenschaften. Der Vorteil des Systems liegt darin, dass die Dokumente nicht nach Schlagwörtern abgelegt und über Suchmaschinen gesucht werden müssen, sondern modulspezifisch hinterlegt werden. Hier wird ein implizites Wissen der Ablagestruktur vorausgesetzt.

Im Schnittstellendokument wird das Verhältnis eines Moduls/Maschine zu anderen Modulen/Maschinen beschrieben (vgl. Abb. 6.4). Basis des Schnittstellendokuments ist wieder der Dokumentenkopf, in dem der Modulcode, die Ausstattungsklasse und der Produktbereich angeführt sind.

Bei der Definition der Schnittstelle wird zuerst die Schnittstellengruppe angegeben. Im Wesentlichen gibt es 8 Schnittstellengruppen:

- Design Schnittstelle: z.B. Farbkombinationen der Module zueinander
- Elektrische Schnittstelle: z.B. Stromversorgung Modul B durch Modul A
- Hydraulische Schnittstelle: z.B. Öldruckversorgung Modul A zu Modul B
- Pneumatische Schnittstelle: z.B. Luftversorgung Modul A zu Modul B
- Informatorische Schnittstelle: z.B. Inputdaten von Modul A an Modul B
- Mechanische Schnittstelle: z.B. Bahnigkeit Modul A zu Modul B
- Optische Schnittstelle: z.B. Infarotaustausch von Daten über Module hinweg
- Umwelt-Schnittstelle: z.B. Emissionen an die Umwelt

Die Beschreibung der Schnittstelle wird über den Schnittstellentitel vorgenommen. Hierbei wird zunächst das Modul aufgeführt, welches im Alphabet zuerst genannt wird, z.B. „Füller an Transporteur“. Dies sagt jedoch noch nichts darüber aus, ob sich die Schnittstelle am Einlauf oder am Auslauf des Füllers befindet. Dies wird durch die Definition von sogenannten Geber- oder Nehmer-Schnittstellen erreicht. In dem obigen Beispiel handelt es sich um eine Geber-Schnittstelle, da hier der Flaschenauslauf nach der Befüllung formuliert wird. Die alphabetische Reihenfolge der gespeicherten Daten der Schnittstelle hat den Vorteil, dass bei der Stammdatenpflege ein Standard eingeführt wird. Neben den hier genannten Schnittstellen gibt es auch noch

sog. neutrale Schnittstellen. Mit Hilfe dieser Schnittstellen können Geber oder Nehmer nicht einfach identifiziert werden. Bei der Beschreibung dieser Schnittstelle können ebenfalls sämtliche Eigenarten berücksichtigt werden. Spezielle Schnittstellendokumente können auch wieder per e-Mail angefordert, oder vom Server eingebunden werden.

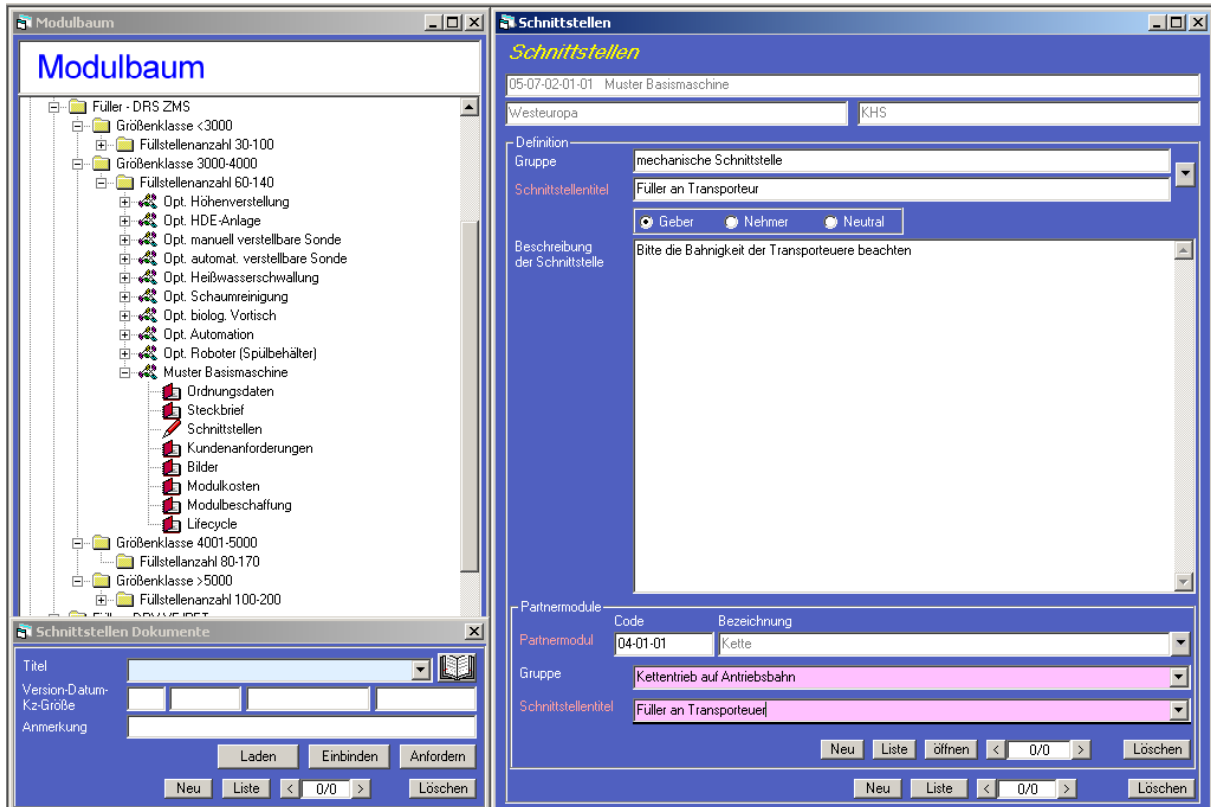


Abb. 6.4: Schnittstellen im Modulbaukasten

Zum Schnittstellendokument gehört natürlich noch die Angabe eines oder mehrerer Partnermodule. Bei dem Beispiel Abfüllmaschine hat beispielsweise die Schnittstelle Füller an Transporteur (mechanische Schnittstelle, Geberschnittstelle) nicht nur den Kettentrieb als Partnermodul, sondern auch noch verschiedene Schraub- und Steckverbindungen die zueinander passen müssen. Dies muss hier dokumentiert werden und ist für die Konfiguration von essentieller Bedeutung. Die Schnittstellendokumentation bringt auch sehr große Vorteile für die Entwicklung. Wenn die Entwicklung z.B. bestimmte Änderungen an einer Maschine/Modul vornimmt, so ist die Dokumentation ein Anhaltspunkt dafür, an welchen Partnermodulen die Änderungen ebenfalls einfließen müssen.

Bei den Kundenanforderungen soll die Backwardkette verwirklicht werden (vgl. Abb. 6.5). Ziel des Systems ist der Einsatz im Vertrieb. Dies bietet eine optimale Möglichkeit, die Erfahrungen des Vertriebs beim Kunden zeitnah in die Entwicklung und Produktion zurückzuführen. Wenn

demnach der Vertrieb bestimmte Anforderungen des Kunden an einem konkreten Modul/Maschine festmachen kann, so ist dies der geeignetste Ansatzpunkt für die Weiterentwicklungen an diesem Modul/Maschine.

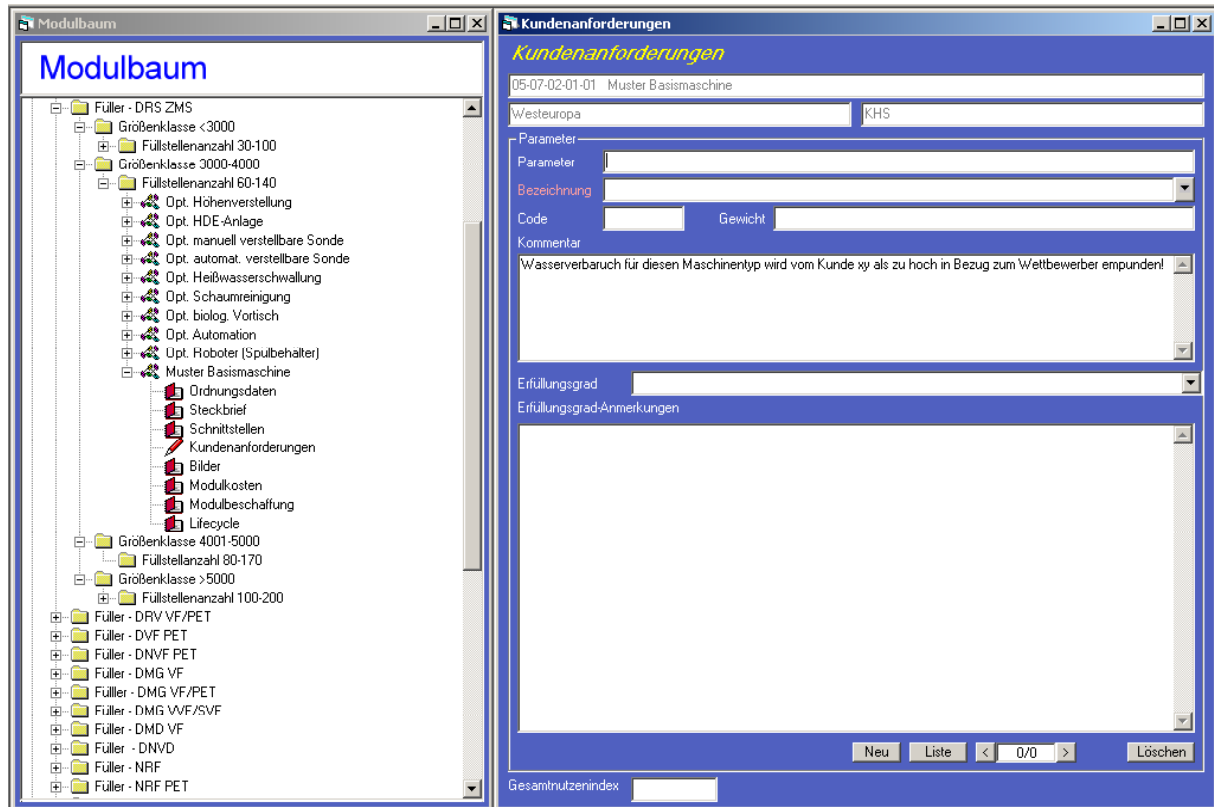


Abb. 6.5: Kundenanforderungen im Modulbaukasten

Diese Vorgehensweise bietet die Grundlage für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess und ist ein unerlässliches Instrument für den Erhalt oder die Gewinnung von Marktanteilen. Im Kundengespräch kommen spezielle Aussagen immer wieder vor, von denen hier einige am Beispiel Abfüllmaschine exemplarisch genannt werden sollen:

- Der Füller xy hat einen zu großen Energieverbrauch.
- Die Abmessungen des Füllers sind zu groß.
- Die Wartungsintervalle sind zu kurz.
- Die Umrüstzeiten sind bei der Basisversion zu lang.
- usw.

Diese oben beschriebenen Aussagen sind häufig genannte Kundenwünsche, die dann mit einem Erfüllungsgrad vom Kunden zwischen 0 und 10 rein subjektiv bewertet werden. Je geringer die Punktezahl vom Kunden angegeben wird, um so höher ist der Handlungsdruck auf die Entwick-

lung. Im Feld Erfüllungsgrad-Anmerkungen können diese subjektiven Einschätzungen zusätzlich verbal beschrieben werden.

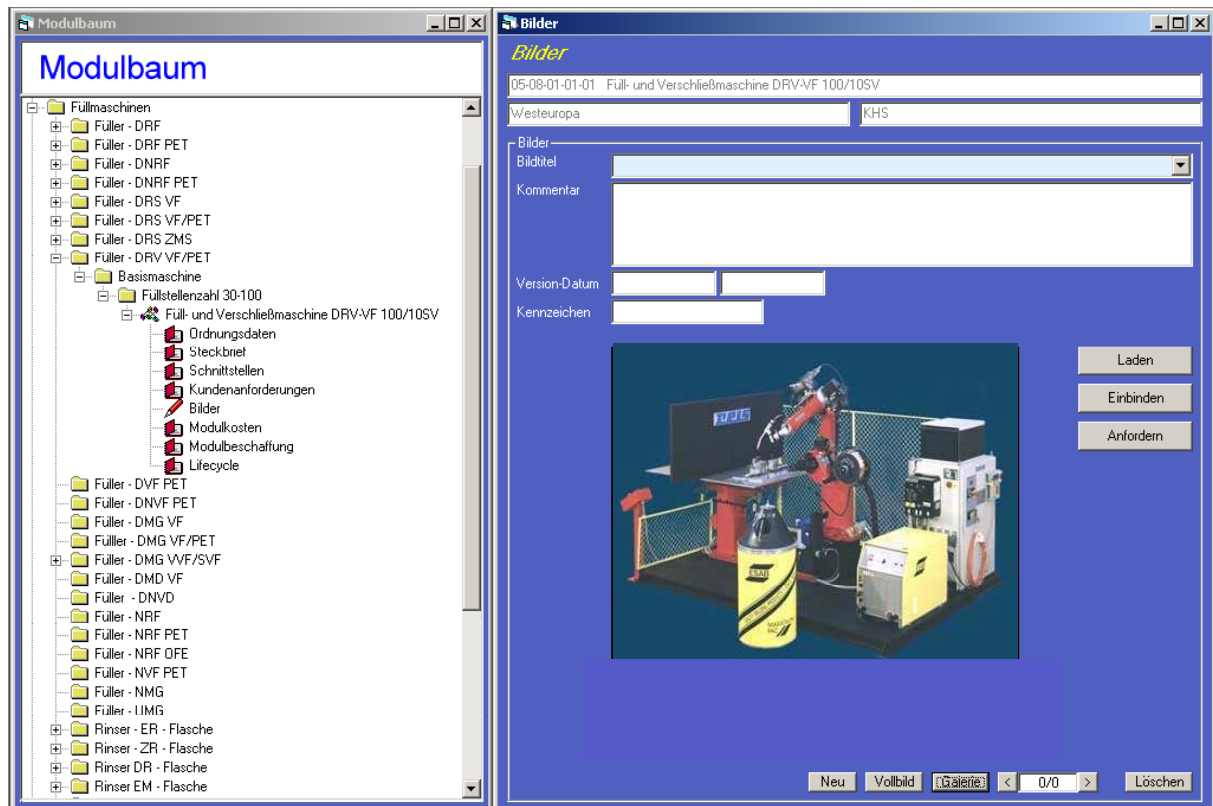


Abb. 6.6: Bilder im Modulbaukasten

Der Gesamtnutzenindex ist eine Aussage sämtlicher Kundenbewertungen gemessen am idealen Erfüllungsgrad. Er liefert eine Aussage über die Akzeptanz des Moduls im Markt. Mit diesem Instrument lässt sich sehr leicht das gesamte Produktprogramm durch den Kunden bewerten. Allerdings ist hier auch Vorsicht geboten, da Kunden die Eigenschaft besitzen, von einem Produkt oftmals das Unmögliche zu verlangen.

Bilder sind im Modulbaukasten deshalb von besonderer Bedeutung, da man mit dieser Funktion im Verkaufsgespräch Anschauungsmaterial präsent hat (vgl. Abb. 6.6). Die Bilder können über e-Mail-Anforderungen oder mittels eines Digitalfotos direkt eingebunden werden. Im Kommentarfeld lässt sich für das Verkaufsgespräch spezifisches Wissen hinterlegen. Die Funktion der Galerie beinhaltet, dass das vorhandene Modul aus verschiedenen Ansichten betrachtet werden kann. Die angesprochene Funktion der Bilder hat sehr starken Marketingcharakter und ist in einem Verkaufsgespräch für den Vertrieb unerlässlich. Sollten z.B. neue Konfigurationen einer Anlage aus Sicht des Kunden oder des Verkäufers notwendig werden, so kann online visualisiert werden wie sich das Gesamtbild einer Anlage verändert.

Die Modulkosten haben im Verkaufsgespräch einen hohen Stellenwert, da hier der Verkäufer sofort die Transparenz über sein Tun und Handeln betrachten kann (vgl. Abb. 6.7). Im Kosteneditor müssen für die Kostenrechnung für den jeweils angegebenen Modultyp die Material- und Fertigungskosten eingetragen werden. Weiterhin sind die sog. Einmalkosten anzugeben. Diese Angabe ist jedoch nicht ausschlaggebend für die Berechnung der Lebenszykluskosten einer gesamten Anlage, da diese hier auf Modul-Basis angegebenen Kosten sog. Grenzkosten sind. Für die Lebenszykluskostenbetrachtung sind jedoch die Anschaffungskosten einer Anlage einzubeziehen, und die setzen sich im günstigsten Fall aus der Summe der modulabhängigen Listenpreise zusammen. Sollte an den Vertrieb eine Anfrage bezüglich Boni, Skonti usw. kommen, wenn z.B. ein Investor mehrere Module einer Konfiguration abnimmt, so sind die angegebenen Grenzkosten ein Richtwert für eine Angebotskalkulation. Die Kostendegression wird hier mit hinterlegt.

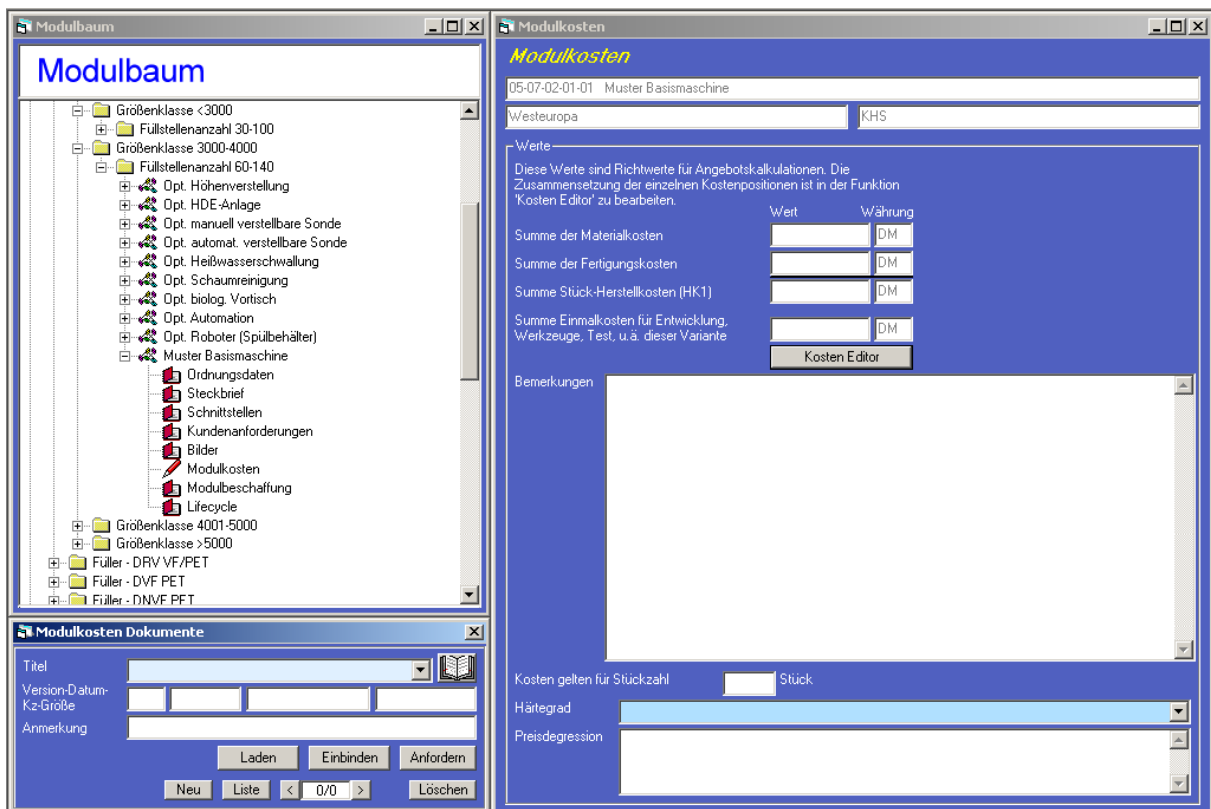


Abb. 6.7: Modulkosten im Modulbaukasten

Darüber hinaus ist es möglich, die entsprechenden Angebotskalkulationen der Kostenrechnung als Datei zu hinterlegen, damit die Berechnungsgrundlagen und Zuschlagssätze jederzeit nachvollzogen werden können. Hier wird der Vertrieb mit in die Verantwortung genommen, wenn z.B. der Vertrieb den Kunden Preiskonditionen zusichert, die durch die Kostenrechnung nicht

mehr zu rechtfertigen sind. Es lässt sich somit genau beurteilen, welchen Anteil der Vertrieb dem Unternehmen am Operating Profit eingebracht hat.

Der Härtegrad in der Maske gibt an, wie belastbar die Kostendaten im Modulbaukasten sind. Im Wesentlichen lassen sich hier 3 Härtegrade (HG) unterscheiden:

- HG 1: Kosten sind prognostiziert (geschätzt)
- HG 2: Kosten von der Kostenrechnung (Controlling) berechnet.
- HG 3: Kosten durch ein abgeschlossenes Projekt ermittelt.

Die Karteikarte „Modulbeschaffung“ dient dazu, eine Übersicht zu schaffen, welche Module hauptsächlich zugekauft sind (vgl. Abb. 6.8). Der Einkäufer wird in dieser Maske explizit angegeben und ist auch für diese Umfänge komplett verantwortlich. Sollten Fragen bezüglich der Lieferung auftreten, so besteht über die gesamte Wertschöpfungskette sofort die Transparenz, wer für die Beschaffung verantwortlich ist. Die Gliederung des Modulbaukastens lässt auch die Möglichkeit zu, einen kompletten Modulblock „Zukaufmaschinen“ aufzunehmen. Diese zwei Möglichkeiten sind vorgesehen und es ist in der Entscheidung des Anwenders, wie er die Module verwalten will.

Bei der Modulbeschaffung werden nicht nur der Lieferant und die zugehörige Adresse aufgeführt, sondern auch die Einstufung des Lieferanten. Bisher wurden folgende Lieferanteneinstufungen vorgelegt:

- Vorzugslieferant: Das Modul oder einzelne Bestandteile des Moduls werden vorwiegend hier beschafft.
- Ergänzungslieferant: Sollte der Vorzugslieferant nicht die geforderte Menge des Produktes liefern können, so liefert der Ergänzungslieferant die fehlenden Produkte.
- Ausweichlieferant: Sollten der Vorzugslieferant und der Ergänzungslieferant das erforderliche Produkt kurzfristig nicht in der gewünschten Menge und Qualität liefern, so ist der Ausweichlieferant zu beauftragen
- Lieferant gesperrt: Der Lieferant darf keine Produkte mehr liefern.

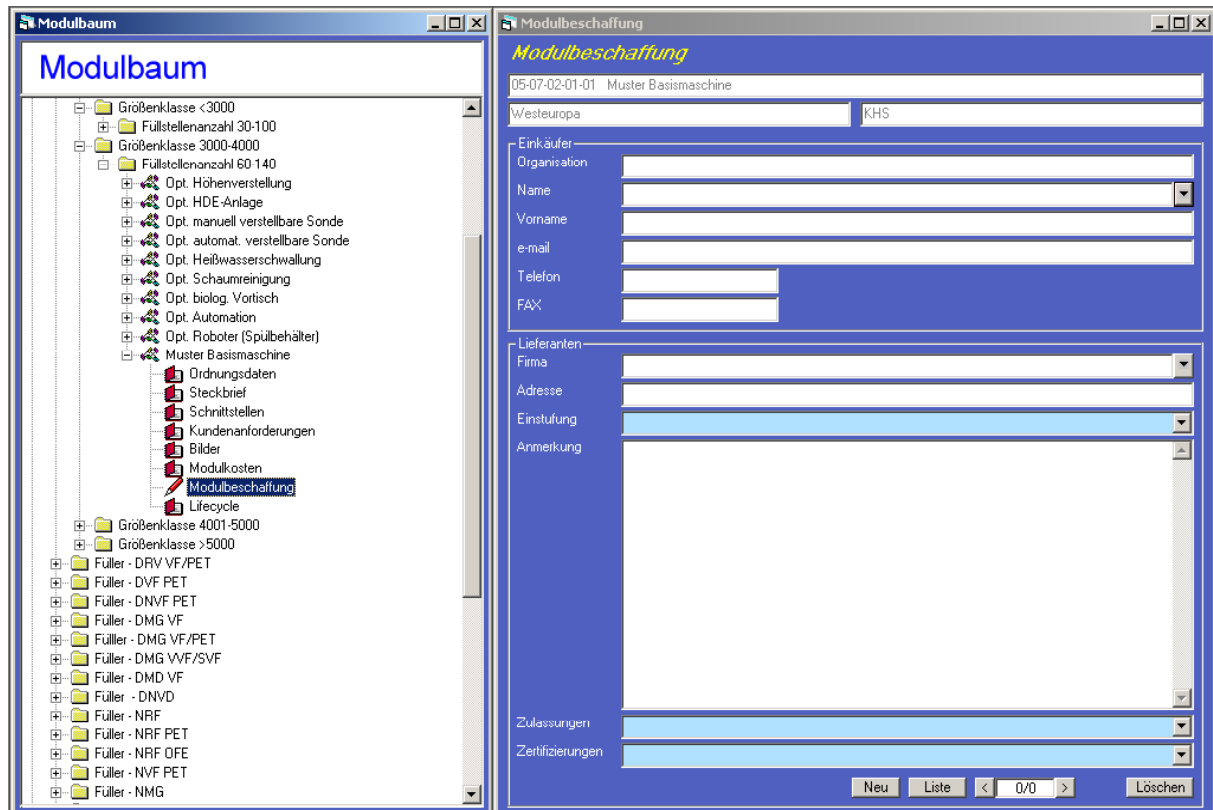


Abb. 6.8: Modulbeschaffung im Modulbaukasten

Die Angabe von Zulassungen jedes Lieferanten ist für eine globale Geschäftstätigkeit unerlässlich. Dies begründet sich bei Getränkeabfüllanlagen dadurch, dass jedes Land (Region) unterschiedliche Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften auferlegt. Diese regional unterschiedlichen Vorschriften sind in diesem Feld je Modul zu verwalten. Bei den Gesundheitsvorschriften wird in

- Europäische Gesundheitsvorschriften und
- US-Amerikanische Gesundheitsvorschriften

unterschieden, da diese im internationalen Geschäft die dominierenden Vorschriften sind.

Da die Sicherheitsvorschriften regional sehr unterschiedlich sind, müssen diese hier jeweils für jedes einzelne Land, in welches das Modul geliefert wird, separat verwaltet werden.

Die Zertifizierungen des Lieferanten werden hier verwaltet und sind Grundlage für den Einbau verschiedenartiger Module in ein Anlagenkonzept. Ohne Zertifizierungen sind die Austauschbedingungen zwischen Unternehmen heute qualitativ nicht mehr gewährleistet. Im Katalog enthalten sind bisher die Zertifizierungen VDA und QS 9000ff.

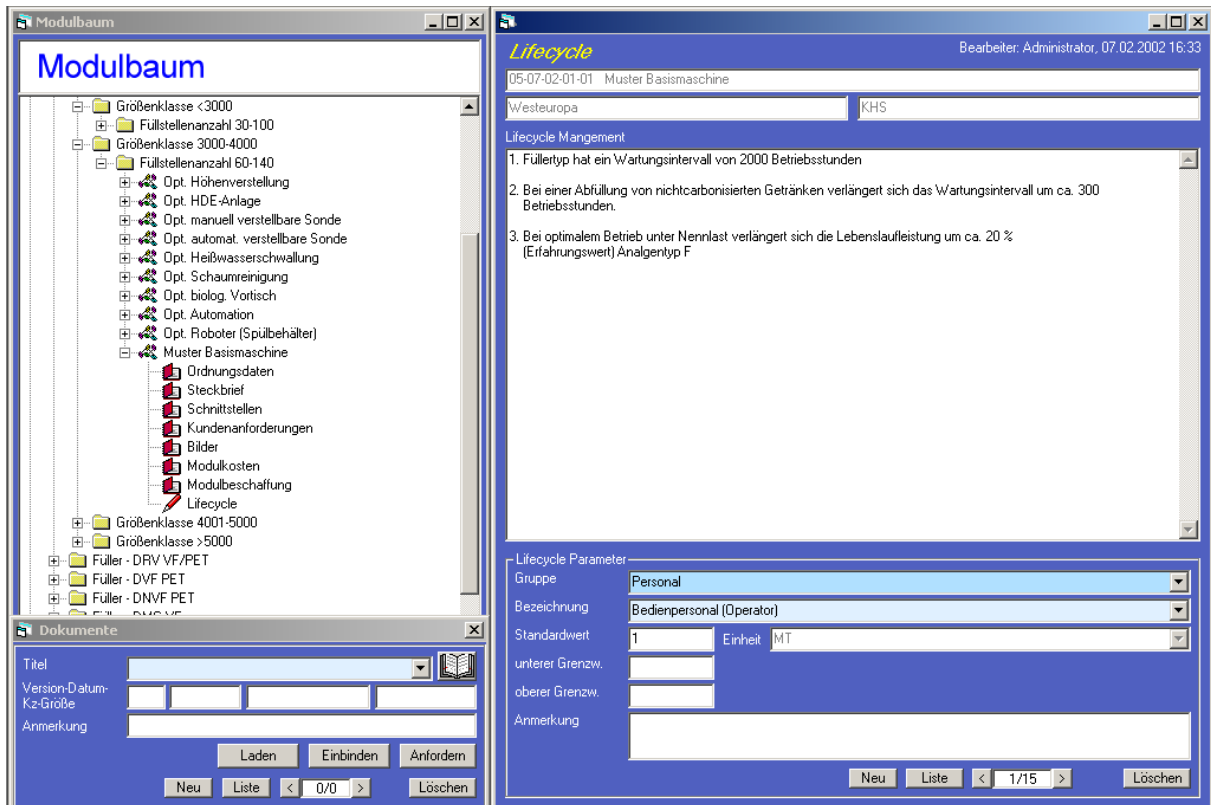


Abb. 6.9: Lebenszykluskostenparameter im Modulbaukasten

Jedem Modul im Modulbaum sind Lebenszykluskostenparameter zuordenbar (vgl. Abb. 6.9). Im Feld „Lifecycle Management“ können sämtliche Angaben getätigt werden, die dazu dienen, die Lebenszykluskosten des vorliegenden Moduls zu beeinflussen. Ebenfalls können in dem Beschreibungsfeld Angaben über die Möglichkeit gemacht werden, wie und unter welchen Gegebenheiten dieses Moduls die Lebenszykluskosten einer gesamten Anlage reduziert.

Im Wesentlichen gibt es folgende Kategorien an modulabhängigen Lebenszykluskosten:

- Entsorgung und Recycling: z.B. Lauge und Abwasser
- Verbrauch: z.B. Hilfs- und Betriebsstoffe
- Maintenance: z.B. Wartungs- und Serviceintervalle
- Operating: z.B. Rüsten
- Personal: z.B. Personalbedarf (direkt und indirekt)
- Investition: z.B. Anschaffungskosten des Moduls

Bei den modulabhängigen Parametern ist es möglich, jeweils eine Ober- bzw. eine Untergrenze zu hinterlegen. Dadurch lassen sich durch die Wahl geeigneter Betriebsmodelle bestimmte Verbräuche positiv oder negativ beeinflussen. Diese Ober- bzw. Untergrenze kann zur Varian-

tenrechnung im LCC-Simulator herangezogen werden. Die Anmerkungen zu den Lebenszyklusparametern haben die Bewandnis, die Ober- bzw. Untergrenze eines Parameters zu erklären und entsprechende Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung anzugeben.

Ausgangspunkt des Berechtigungskonzeptes ist das Anlegen eines Nutzerverzeichnis, in dem jede Person benannt wird die dieses System benutzt. Jeder Nutzer muss dementsprechend einer vorab definierten Berechtigungsgruppe zugeordnet werden. Diese Berechtigungen (vgl. Abb. 6.10) gliedern sich in:

- Leseberechtigte ohne Eingrenzung, begrenzt auf Subsysteme, Produktbereich, ohne Lieferanteninformationen, ohne Kosteninformationen,
- Schreibberechtigte ohne Eingrenzung, für best. Subsysteme, Produktbereiche, Lieferanteninformationen, Kosteninformationen,
- Berechtigung bestimmte Daten auszudrucken,
- Stammdatenberechtigte und
- Administratoren.

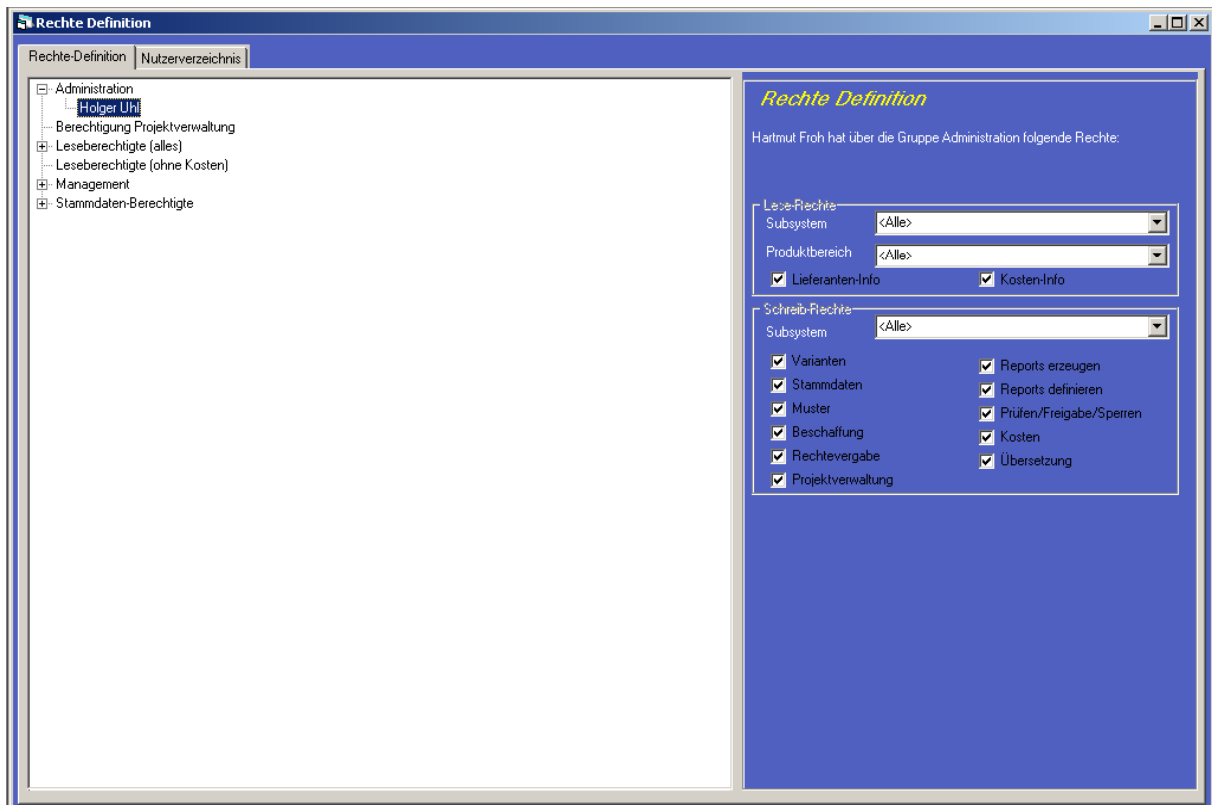


Abb. 6.10: Berechtigungskonzept im Modulbaukasten

Jedem Nutzer können seine Berechtigungen individuell zugeteilt werden. Dies ist notwendig, wenn nicht jeder Nutzer eine vollständige Einsicht in alle Daten im Modulbaukasten haben soll, schließlich ist hier das gesamte Wissen des Unternehmens gespeichert und stellt somit auch ein Sicherheitsrisiko dar.

Um eine Standardisierung auch in der Begriffswelt der Baukastensprache zu gewährleisten, ist eine sog. Stammdatenverwaltung vorgesehen (vgl. Abb. 6.11). In dieser Stammdatenverwaltung ist es möglich, verschiedene Tabellen zentral zu pflegen. Dies gilt nicht nur für die Pflege der Parameter, sondern auch für die Pflege der Anforderungen an die Ordnungsdaten, der Schnittstellen, der Modulkosten, der Modulbeschaffung, der Kundenanforderungen und der Lifecycle-Anforderungen.

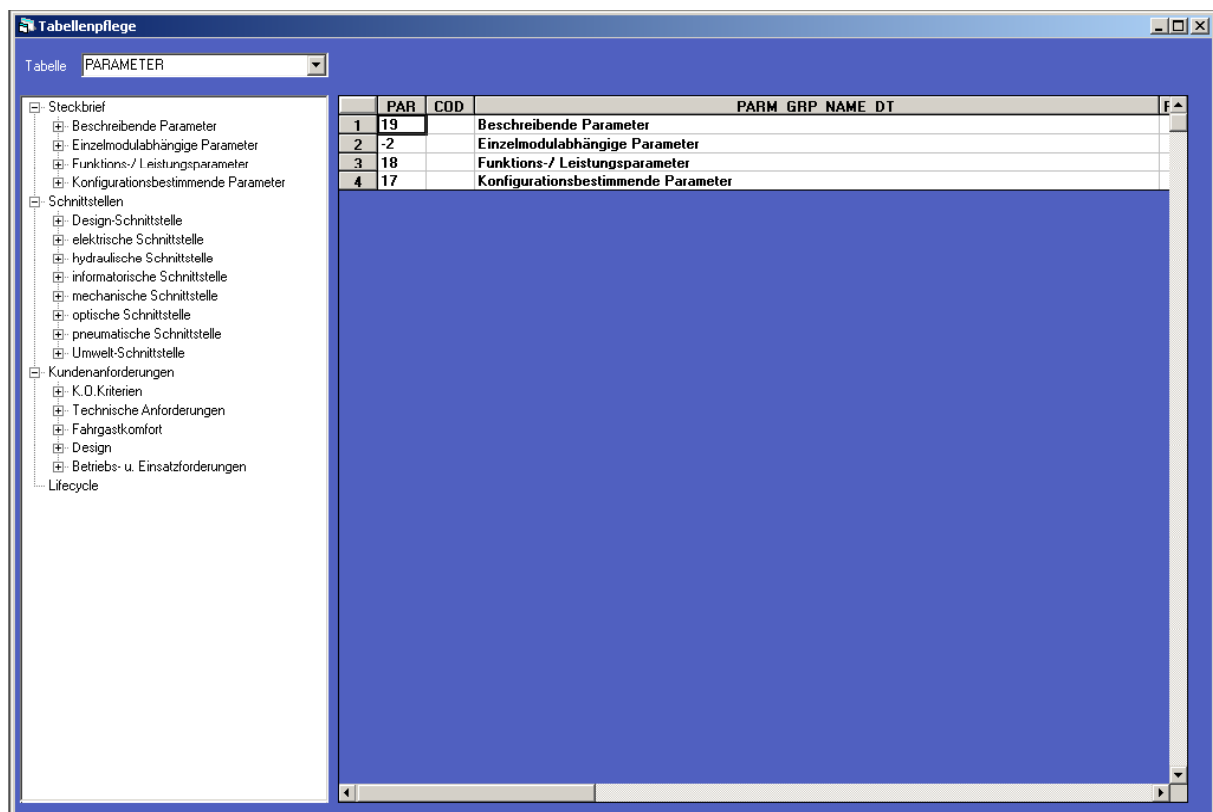


Abb. 6.11: Stammdatenverwaltung im Modulbaukasten

Eine wichtige Funktion, insbesondere für den Vertrieb bei einem Anlagenhersteller, ist die Mehrsprachigkeit des Modulbaukastens (vgl. Abb. 6.12). Dies wird dadurch gewährleistet, in dem alle Stammdaten, Modulbäume, Parameter und Tabellen beim Einstieg in den Modulbaukasten durch eine entsprechende Auswahl in eine weitere Sprache (hier Englisch) übersetzt werden können. Die Verwendung von mehreren Sprachen im Modulbaukasten ist bei einem international tätigen

Unternehmen eine unerlässliche Voraussetzung, damit ein Softwaretool die notwendige Akzeptanz in einem Unternehmen und bei den Mitarbeitern erfährt.

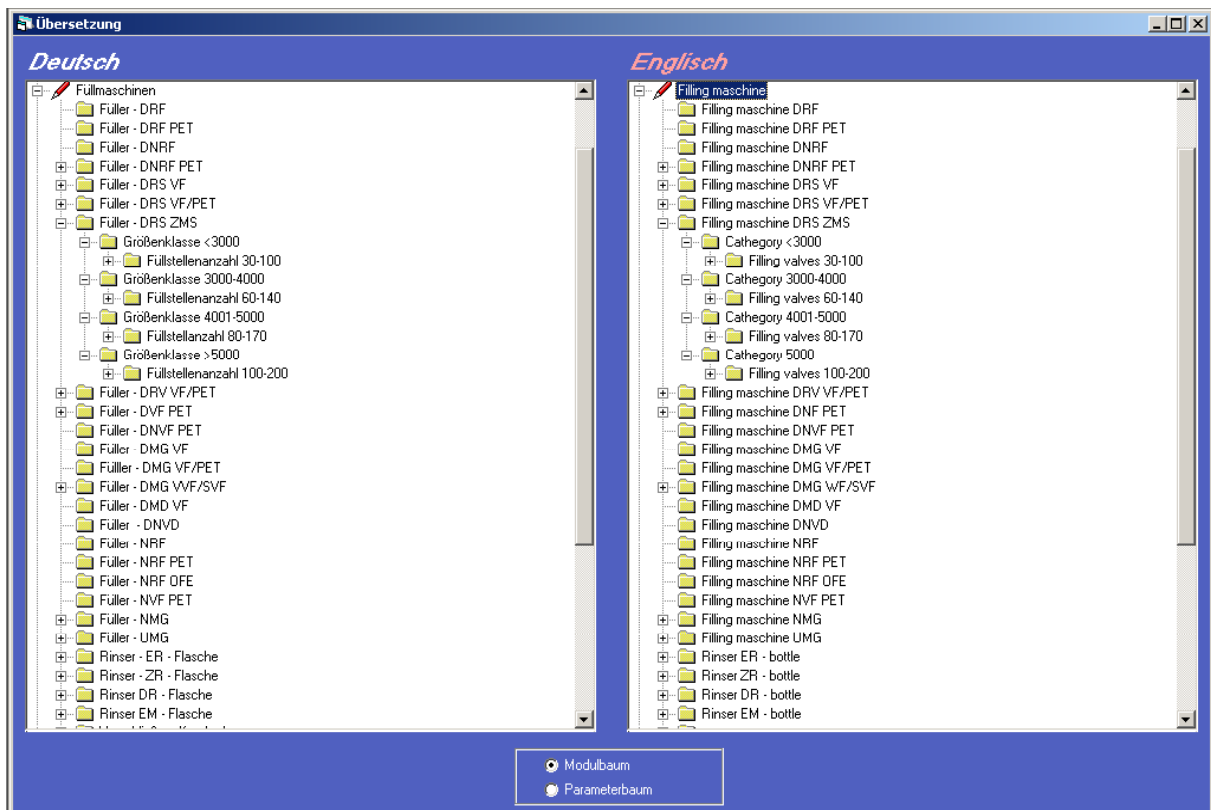


Abb. 6.12: Mehrsprachigkeit im Modulbaukasten

6.1.1.2 LCC-Parameter

Die Identifizierung der LCC-relevanten Parameter einer Anlage oder eines Systems ist aus verschiedenen Gründen ein sehr aufwändiges Unterfangen. Eine vielversprechende Vorgehensweise die relevanten Parameter zu ermitteln, ist durch eine Betrachtung sämtlicher Spezifikationen der Entwicklung gegeben. Dies bringt jedoch eine Reihe von Gefahren, die ursächlich in der Maschinen-/Modulspezifikation verankert sind, mit sich. Um diese Gefahren zu umgehen sind folgende Prozessschritte bei der Erhebung von Parametern zu beachten und abzuarbeiten:

1. Vor der Ermittlung der Parameter ist der sog. Referenzfall (Referenzkonfiguration) einer Anlage mit folgenden Setzungen festzulegen:

- a) Die Anlage wird im Nennlastbereich betrieben.

- b) Die Einhaltung von Service, Wartungs- und Instandhaltungsintervallen ist Voraussetzung.
- c) Eine gute Personalschulung ist für den Betrieb der Anlage Bedingung.
- d) Gute Umweltbedingungen für den Anlagenbetrieb (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Material- und Medienversorgung) sind vorhanden.
- e) Die Module harmonieren optimal miteinander und es gibt keine Reibungsverluste zwischen den einzelnen Modulen.
- f) Die in den Spezifikationen der Entwicklung aufgeführten Werte sind Garantiewerte und stellen immer eine Ober- bzw. Untergrenze dar. Diese Parameter haben mit den realen Werten im Anlagenbetrieb nicht viel gemeinsam und sind daher als Eckwerte anzusehen.

2. Validierung der angegebenen Parameter in den Spezifikationen und Datenblättern der Maschinen und Komponenten mittels Expertengesprächen aus folgenden Bereichen:

- a) Vertrieb des Anlagenherstellers
- b) Controlling des Anlagenherstellers und -betreibers
- c) Entwicklung des Anlagenherstellers
- d) Service des Anlagenherstellers
- f) Instandhaltung des Anlagenbetreibers
- g) Maschinenbediener im Anlagenbetrieb

Die am besten geeignete, aber auch am aufwändigsten zu realisierende Methode die Parameter einer Anlage zu evaluieren und zu verifizieren ist, die beim Anlagenbetreiber zuvor in Expertengesprächen identifizierten Parameter im Echtzeitbetrieb zu messen und aus dem Controlling und Anlagen-Informationssystem auszulesen. Wichtig ist hierbei, die so ermittelten Parameter noch in einem geeigneten Berechnungsmodell zu einem effektiven und effizienten Reporting zusammenzuführen. Dies ist jedoch nur wieder im Zusammenspiel mit geeigneten Experten möglich.

Im zweiten Schritt nach der Identifizierung der geeigneten Parameter ist es notwendig, die Parameter zu klassifizieren und verursachungsgerecht den jeweiligen Modulen im Baukasten, Projekten oder Konfigurationen einer Anlage zuzuordnen. Die Parameter lassen sich generell in folgende Parameterklassen einteilen:

- Maschinen- oder modulabhängige Parameter,
- Projektspezifische Parameter und
- Konfigurationsspezifische Parameter

Maschinen- und modulabhängige Parameter sind Werte, die direkt einer Maschine/Modul zugeordnet sind. Wie die Abb. 6.13 zeigt, sind hier verschiedene Parametergruppen aufgestellt. Diese zusammengefassten Parametergruppen umfassen wieder eine Vielzahl an Einzelparametern.

Projektspezifische Parameter sind Werte, die nicht einer Maschine/Modul solitär zugeordnet werden können, sondern übergreifend auf die gesamte Anlage wirken. Dies ist z.B. der Fall, wenn saisonale Verteilungen der Abfüllmengen oder die Umstellhäufigkeiten einer Anlage gefordert werden.

PARAMETERARTEN		
Projektparameter	Konfigurationsabhängige Parameter	Maschinenabhängige- / modulabhängige-Parameter
<ul style="list-style-type: none"> - Verteilungen <ul style="list-style-type: none"> - Saisonale Abfüllmenge/Sorte - Abfüllmengenverteilung/Sorten - ... - Indizes: <ul style="list-style-type: none"> - Preissteigerungen - Erfahrungskurveneffekt beim Rüsten - ... - Häufigkeiten: <ul style="list-style-type: none"> - Rüsten - Reinigen - ... - Zeiten: <ul style="list-style-type: none"> - Rüsten - Reinigen - ... - Kostenparameter: <ul style="list-style-type: none"> - RHB - Personalkosten - ... - Kaufmännische Parameter <ul style="list-style-type: none"> - Int. Zinsfuß - Abschreibungsdauer - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten <ul style="list-style-type: none"> - Mengendregression - Zusatzausrüstung - ... - Betrieb <ul style="list-style-type: none"> - Flächenbedarf - Produktionsmenge - ... - Korrekturparameter <ul style="list-style-type: none"> - Schulungsindex - Instandhaltungsindex - ... - Globale Parameter <ul style="list-style-type: none"> - Konstellationsparameter - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Personal <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Facharbeiter - Anzahl Hilfsarbeiter - ... - Entsorgung & Recycling <ul style="list-style-type: none"> - m³-Wasser - m³-Lauge - ... - Verbräuche <ul style="list-style-type: none"> - Luftverbrauch - Dampf - ... - Maintenance <ul style="list-style-type: none"> - Aufwand Inst. nach 2000h - Wartungszeit pro Tag - ... - Rüsten <ul style="list-style-type: none"> - Umstellzeiten - ... - Service <ul style="list-style-type: none"> - Servicekosten nach 2000 h - Servicekosten Generalüberholung - ...

Abb. 6.13: Identifizierte Parameter einer Getränkeabfüllanlage

Konfigurationsspezifische Parameter sind Werte, die bei verschiedenen Zusammenstellungen einer Anlage unterschiedliche Projektparameter und Maschinen-/Modulparameter triggern. Diese Parameter benötigen sehr viel Erfahrungswissen der Experten, um diese zu erheben.

Eine Übersicht an identifizierten und klassifizierten Parametern bei einer Getränkeabfüllanlage zeigt Abb. 6.13:

Die Erhebung der jeweiligen maschinen- und modulabhängigen Parameter erfolgt für Getränkeabfüllanlagen durch Auslesen der Parameter aus den Maschinendatenblättern, jedoch mit der Einschränkung, dass diese Parameter Garantiewerte sind und deshalb oftmals nicht den realen Gegebenheiten entsprechen. Um diesen Missstand auszugleichen, werden für jedes Modul im Maschinenbaukasten die Werte durch Einzelgespräche mit den Konstrukteuren, Entwicklern und dem Service getätigt, die die Felderfahrungen bereits produzierender Anlagen mit einbringen können. Zusätzlich wurde mit verschiedenen Anlagenbetreibern ein Benchmark durchgeführt, um die Felderfahrungen zum Anlagenhersteller zurückzuführen. Der LCC-Simulator wurde über dieses Verfahren validiert.

6.1.1.3 (Produkt-) Konfiguration⁷⁶

Der Begriff des Konfigurators wird vielfältig benutzt. In dieser Ausarbeitung wird darunter ein Werkzeug verstanden, das es gestattet, aus den Maschinen/Modulen eines Maschinenbaukastens eine funktionierende Anlage oder ein System zusammenzufügen. Er gibt eine Reihe von verschiedenen Konfiguratoren die sich im Wesentlichen nach der Art und dem Automatisierungsgrad unterscheiden lassen. Von zentraler Bedeutung für die Gestaltung eines Konfigurators ist die Frage, ob der Konfigurator durch Spezialisten benutzt, oder ob er vielmehr von Ungeübten betrieben werden soll.

Im Einzelnen werden deshalb in dieser Arbeit folgende Arten von Konfiguratoren unterschieden:

- Konfigurationseditor

Der Konfigurationseditor wird eingesetzt, wenn das Verknüpfungswissen zwischen den einzelnen Maschinen/Modulen nicht wirtschaftlich erfassbar ist, da es entweder strukturell zu kompli-

⁷⁶ vgl. Elsner, Krüger, Uhl (2001), S142ff

ziert oder nicht dokumentiert im Unternehmen vorliegt. Bei der Anwendung des Konfigurationseditors muss der Mensch das Verknüpfungswissen beachten.

Ein System oder eine Anlage wird bei diesem einfachen Konfigurator durch Drag&Drop zusammengestellt. Das heißt, ein Benutzer nimmt ein Modul oder eine Maschine aus dem Vorrat des Maschinenbaukastens und stellt diese(s) dann in einer neuen Baumstruktur zusammen ohne dass er dabei durch hinterlegte Regeln unterstützt wird.

Obwohl in diesem einfachsten Konfiguratoren-Typ keine Regeln zur Verfügung stehen, existieren doch sehr wirksame Konzepte zur Unterstützung des Benutzers. Vorgefertigte komplette Lösungen oder Teillösungen stehen als Entwürfe zur Verfügung und können als Ausgangspunkt für eine neue Lösung dienen. Maschinen/Module können Filter tragen, die dazu führen, dass in der Lösung nur bestimmte Module anderen untergeordnet werden können.

Für die Suche nach Maschinen und Modulen im Baukasten stehen darüber hinaus leistungsstarke Such- und Sortierverfahren zur Verfügung, mit denen Maschinen und Module nach Merkmalen ausgesucht werden können.

- Checklisten-Konfigurator

Der Checklisten-Konfigurator wird eingesetzt, wenn in einer komplexen und teilweise unscharfen Umgebung in kontrollierter und dokumentierter Weise eine Lösung aufgebaut und dabei gesichert werden soll, damit nichts absolut Notwendiges übersehen werden kann. Der Checklisten-Konfigurator ist ein Konfigurationseditor, der in Verbindung mit regelgesteuerten Checklisten an den Modulen funktioniert. Die Checklisten selbst fordern zum Beantworten von Fragen und zum Lesen von Dokumenten auf, wobei das Lesen selbst quittiert werden muss.

Die Checklisten dienen dazu, die Konfiguration, die mit Hilfe der Checkliste durchgeführt wurde, zu prüfen und regelbasierte Schwachstellen aufzuzeigen.

- Optionen-Konfigurator

Der Optionen-Konfigurator wird in der Praxis eingesetzt, wenn zu einer Lösung regelgestützt entschieden werden soll, welche Maschinen/Module in Kombination zueinander passen und welche nicht. Dabei muss aber der Verbauort vorab klar sein. Insofern bilden die einzelnen Module Optionen, die zur Lösung aus- oder abgewählt werden können.

Der Optionen-Konfigurator geht von einer bestimmten Menge möglicher Optionen aus. Mit der Auswahl bestimmter Optionen werden andere Optionen ausgeschlossen. Mit anderen Worten formuliert passiert nichts anderes, als dass sich der Anwender an einem Entscheidungsbaum entlang durcharbeitet. Zwischen den Optionen bestehen logische Regeln, die ausdrücken, welche Kombinationen von Optionen zulässig sind.

- Ziel-Konfigurator

Der Ziel-Konfigurator ermöglicht es dem Kunden in der Anwendung, ausgehend von seinen Zielgrößenanforderungen, sich diese Ziele durch einen Optionen-Konfigurator in Maschinen und Modulen abbilden zu lassen. Eine Optimierung die von Zielgrößenanforderungen ausgeht, hat in der Regel zur Folge, dass sich Zielkollisionen in den Modulen abbilden, die nur näherungsweise gelöst werden können. Aus diesem Grund muss zunächst mit Hilfe des Greedy-Verfahrens eine Zielpriorisierung vorgenommen werden, um Zielkollisionen zu umgehen. Anhand der Kunden-Nutzen-Parameter werden dann die Module entsprechend ausgewählt. Die Zielgrößen werden hier mit den Mitteln des Checklisten-Konfigurators erfasst, so dass gesichert werden kann, dass auch bei extrem komplexen Anforderungsprofilen keine Forderungsparameter übersehen werden.

- Regel-Konfigurator

Der Regel-Konfigurator wird benutzt, wenn regelgesteuerte Lösungen gefunden werden müssen, für die z.B. der Einbauort/Anordnung der Maschinen und Module, die Leistungsabstufungen in einem Maschinen-/Modulverbund usw. nicht von vorn herein definiert sind, sondern erst im Konfigurationsprozess über verschiedene Regeln bestimmt wird. Die Lösung wird also nicht

durch Zu- oder Abwählen von Maschinen und Modulen erzeugt, sondern durch regelbasiertes Auswählen aus beliebig vielen Modulen und Maschinen.

Dieser Konfigurationsprozess läuft im System automatisch ab und wird nur durch vorab erhobene Konfigurationsregeln gesteuert. Die vielfältigen Verknüpfungsbedingungen zwischen den Maschinen/Modulen werden in dieser Konfiguratorform mit den Schnittstellen implementiert. Aufgrund der Spezifikationen dieser Verknüpfungsregeln ist eine solche Konfiguratorlösung hoch komplex und sie orientiert sich an den problemspezifischen Gegebenheiten.

Bei einer Anzahl von 100 bis 1000 verschiedenen Maschinen/Modulen kann die Anzahl der Regeln zwischen 500 und 5000 liegen, wobei ab einer kritischen Grenze von ca. 500 Regeln ein Konfigurator eigenständig Lösungen entwerfen kann, die in der Praxis nur noch durch ein Experten-Team gefunden werden können, welches wiederum äußerst intensiv aufeinander abgestimmt sein muss.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Implementierung dieser verschiedenen Typen an Konfiguratoren in den Ablauf der LCC-Simulation mit einer Reihe von Vor- bzw. Nachteilen verbunden ist, die bei der Beschreibung der einzelnen Arten der Konfiguratoren formuliert wurden. Festzuhalten ist, dass es generell immer möglich ist, für jede Anlagenart Regelkonfiguratoren zu entwerfen, dies jedoch oftmals durch wirtschaftliche Überlegungen der Anlagenhersteller verworfen wird.

6.1.1.4 Nutzenbetrachtung eines Konfigurators in der Wertschöpfungskette eines Anlagenherstellers

Durch die Anwendung von Konfiguratoren im Auftragsprozess ergeben sich nicht nur Einsparungen in der Konstruktionszeit einer vom Kunden spezifizierten Anlage, sondern auch eine Beruhigung des Auftragsdurchlaufes insgesamt, da durch die hohe Konfigurationssicherheit Falschbauten und Missverständnisse in der Fertigung vermieden werden. Die Mehr- und Ausschusskosten sinken und die Qualität der Produkte steigt erheblich. Dies hat direkte Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit, da mit der modularen Produktstruktur, die eine Grundanforderung des beschriebenen Konzeptes ist, selbst eine vom Kunden individuell gewünschte Variantenbildung mit den vorhandenen Modulen lösbar wird. Die Systemunterstützung bei der Konfiguration einer Anlage ermöglicht erst die Ausschöpfung der durch die konsequente Modularisierung und Standardisierung erreichbaren Rationalisierungspotentiale. Die entsprechenden Nutzenpotentiale sind in Abb. 6.14 den einzelnen Betrachtungsbereichen des Projektes zugeordnet.

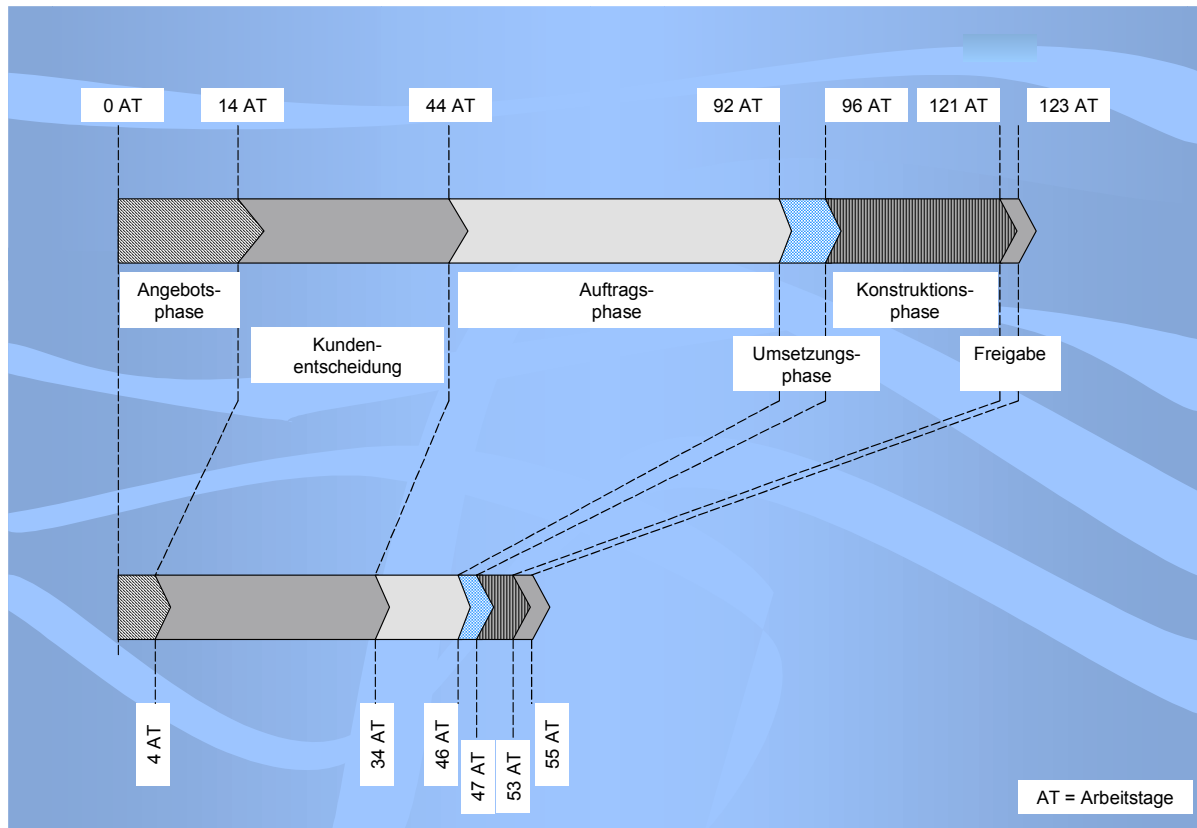


Abb. 6.14: Nutzen der Anwendung von Konfiguratoren

6.1.2 Anlagen-Ebene: Einbindung von Kosten- und Referenzszenarien

6.1.2.1 Kostenparameter im LCC-Rechenwerk

Wie vorab beschrieben, gibt es bei der LCC-Simulation drei verschiedene Parameterklassen, die auf unterschiedlichen Ebenen der LCC-Simulation wirken. Dies ist vor allem dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter an unterschiedlichen Orten im System angelegt und abgelegt werden. Die maschinen- und modulabhängigen Parameter sind direkt im Maschinenbaukasten am entsprechenden Modul zu pflegen und zu speichern. Im Gegensatz hierzu sind die konfigurationsspezifischen und projektspezifischen Parameter direkt auf der Anlagenebene im LCC-Simulator ansässig. Dies ist dadurch begründet, dass die maschinen- und modulabhängigen Parameter tendenziell von der Entwicklung beim Anlagenhersteller gepflegt werden und die projektspezifischen und konfigurationsspezifischen Parameter eher vom Service, dem Vertrieb oder dem Controlling betreut werden. Hierbei handelt es sich vorwiegend um monetäre Parameter, die die folgenden Eigenschaften haben:

- Der Geltungsbereich der Parameter ist modulübergreifend.
- Die Parameter unterliegen Veränderungen (Inflation, Boni, Rabatte) während des LC. Eine Steigerungsrate der Parameter ist im LCC-Simulator hinterlegt.
- Die Parameter können aus der Kostenrechnung des Anlagenbetreibers ermittelt werden und stellen somit einen Input des Betreibers dar.

Weiterhin ist es möglich, sog. Kostentreiber bei der Simulation zu identifizieren. Dies hat den Vorteil, dass während eines Verkaufsgesprächs nicht wie bisher alle Kostenparameter eingepflegt werden müssen, sondern man fokussiert sich auf die 10 wichtigsten Kenngrößen die die größten Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten einer Anlage haben. Am Beispiel einer Getränkeabfüllanlage sind dies die Energiekosten, die Entsorgungskosten und die Wasserkosten. Die restlichen Größen werden von „standardisiert“ hinterlegten Werten übernommen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass durch diese Vorgehensweise die Lebenszykluskosten nicht wesentlich in ihrer Aussagequalität verlieren.

6.1.2.2 Entwicklung von Referenzszenarien

Die Entwicklung von Referenzszenarien ist für die Anlagenkonfiguration und im Verkaufsgespräch von herausragender Bedeutung. Diese begründet sich aus der Erfahrung bei der ersten Implementierung des Verfahrens im Vertrieb eines international tätigen Anlagenherstellers. Viele Anlagenbetreiber sind während der Investitionsphase noch nicht in der Lage, über das

- Saisonmodell (Saisonale Schwankungen im Absatz)
- Betriebsmodell
- Produktionsprogramm
- Maintenance-Modell

einer Anlage anhand von quantifizierbaren Größen Auskunft zu geben.

Diese Setzungen sind jedoch für eine zuverlässige Prognose der verursachten Lebenszykluskosten einer Anlage entscheidend. In den weiteren Iterationszyklen, in der die Lebenszykluskosten einer konfigurierten Anlage optimiert werden, spielen diese Angaben eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund ist bei der LCC-Simulation vorgesehen, dem Investor mehrere Vorschläge über die oben genannten Szenarien anzubieten, um anschließend eine Auswahl zu treffen und die Auswirkungen zu visualisieren.

Die oben angesprochenen Szenarien sollen nun kurz beschrieben werden:

1. Saisonmodell:

Im Saisonmodell (vgl. Abb. 6.15) werden die prozentualen Produktionsverteilungen anhand verschiedener Varianten dem Anlageninvestor aufgezeigt. Diese Denkweise beruht darauf, dass z.B. in der Getränkeindustrie in den Sommermonaten mehr Getränke abgefüllt werden müssen als in den Wintermonaten.

Produkt	Flaschengroesse	Standard in hl	Variante2 in hl	Variante3 in hl	Variante4 in hl	Variante5 in hl
Alt 0,5	0,5	100000,00	100000,00	100000,00	400000,00	
Pils 0,33	0,33	0,00	10000,00	50000,00	0,00	0,00
Pils 0,5	0,5	50000,00	150000,00	30000,00	40000,00	
Hell 0,33	0,33	0,00	10000,00	50000,00	0,00	0,00
Hell 0,5	0,5	100000,00	0,00	0,00	0,00	
Alt 0,33	0,33					
Dunkel 0,5	0,5	100000,00	0,00	40000,00	0,00	
Alt 0,33	0,5					
Cola 1,5	1,5					
Fanta 1,5	1,5					
Mineralwasse 1,5	1,5					
Summe		350000,00	270000,00	270000,00	440000,00	0,00

Abb. 6.15: Saisonmodell des LCC-Simulators

Dies hat nicht nur Auswirkungen auf die Reinigungszyklen und Wartungszyklen, sondern auch auf die Nennleistung mit der die Anlage unterjährig gefahren wird. Am Beispiel einer Raffinerie lässt sich ein Saisonmodell mit dem höheren Heizölverbrauch in den Wintermonaten gegenüber den Sommermonaten erklären. Saisonzyklen können durch eine ausreichende Lagerhaltung kompensiert werden. Inwieweit dieses dem jeweiligen Betreiber der Anlage anzuraten ist, kann mit der LCC-Simulation berechnet werden, indem die Zusatzinvestitionen in neue Lagerkapazitäten (Raum und Kapitalbindung) mit dem größeren Output (Mehrschichtbetrieb, Erweiterung der Anlage um Produktionskapazität...) verglichen wird.

2. Betriebsmodell:

Das Betriebsmodell beschreibt die Art und Weise, wie eine Anlage gefahren wird. Folgende Möglichkeiten sind in der LCC-Simulation vorgesehen:

A) Unterscheidung bzgl. der Nennleistung der Anlage

Mit Hilfe der Nennleistung werden die Betriebsmodelle wie folgt unterschieden: Eine Anlage

- arbeitet genau im Nennbereich (100%) oder
- unterhalb der Nennleistung (z.B. 90%) oder
- oberhalb der Nennleistung (110%).

Die Prozentzahlen haben unmittelbare Auswirkung auf den Ausstoß der Anlage. Zur Beurteilung der Anlage werden Größen wie Anzahl der produzierten Teile/h oder Liter/h oder laufende Meter/h oder kg/h usw. herangezogen. Mit der Angabe der Prozentzahl wird darüber hinaus im Rechenwerk ein Mechanismus in Gang gesetzt, der die Nennleistung mit dem Ausstoß der Anlage und den nachfolgenden Stillstandszeiten und den Abnutzungserscheinungen verknüpft.

B) Unterscheidung bzgl. dem Aufstellungsort der Anlage

Die Unterscheidung nach dem Aufstellungsort der Anlage ist deshalb im Modell von großer Bedeutung, da der Aufstellungsort wesentlich für die Konfiguration (z.B. Sonderausstattungen der Anlage) und somit für die Lebenszykluskosten verantwortlich ist. Um den Aufstellungsort nicht genau beschreiben zu müssen, wird im Rechenwerk ein sogenannter Korrekturfaktor hinterlegt, der auf den Output und die Stillstandszeiten wirkt. Der Korrekturfaktor ist durch Expertenschätzungen und Analysen aus den vorhandenen Datenbeständen erhoben worden. (vgl. Abb. 6.16)

C) Unterscheidung bzgl. der Reinigungsphilosophie (Hygiene) des Betreibers

Die Anlagenbetreiber müssen in bestimmten Zeitabständen ihre Anlagen reinigen. In der Lebensmittelindustrie hat dies ohne Zweifel einen anderen Stellenwert als z.B. in der metallverarbeitenden Industrie. Dieser Reinigungsvorgang kann entweder während des Stillstandes einer Anlage oder während der Produktion durchgeführt werden. Auch eine Kombination der beiden Möglichkeiten ist in der Praxis oftmals vorzufinden. Dies äußert sich dadurch, dass kleinere Reini-

gungszyklen während der Produktion gefahren werden und ein größerer Reinigungszyklus immer am Anfang oder am Ende einer Schicht durchgeführt wird. Sind einem Anlageninvestor diese Zusammenhänge und damit die Auswirkungen auf eine Anlage nicht hinreichend bekannt, so kann dem Investor durch das Einfügen von sogenannten Reinigungsphilosophien in die Lebenszykluskostenbetrachtung eine Unterstützung angeboten werden.

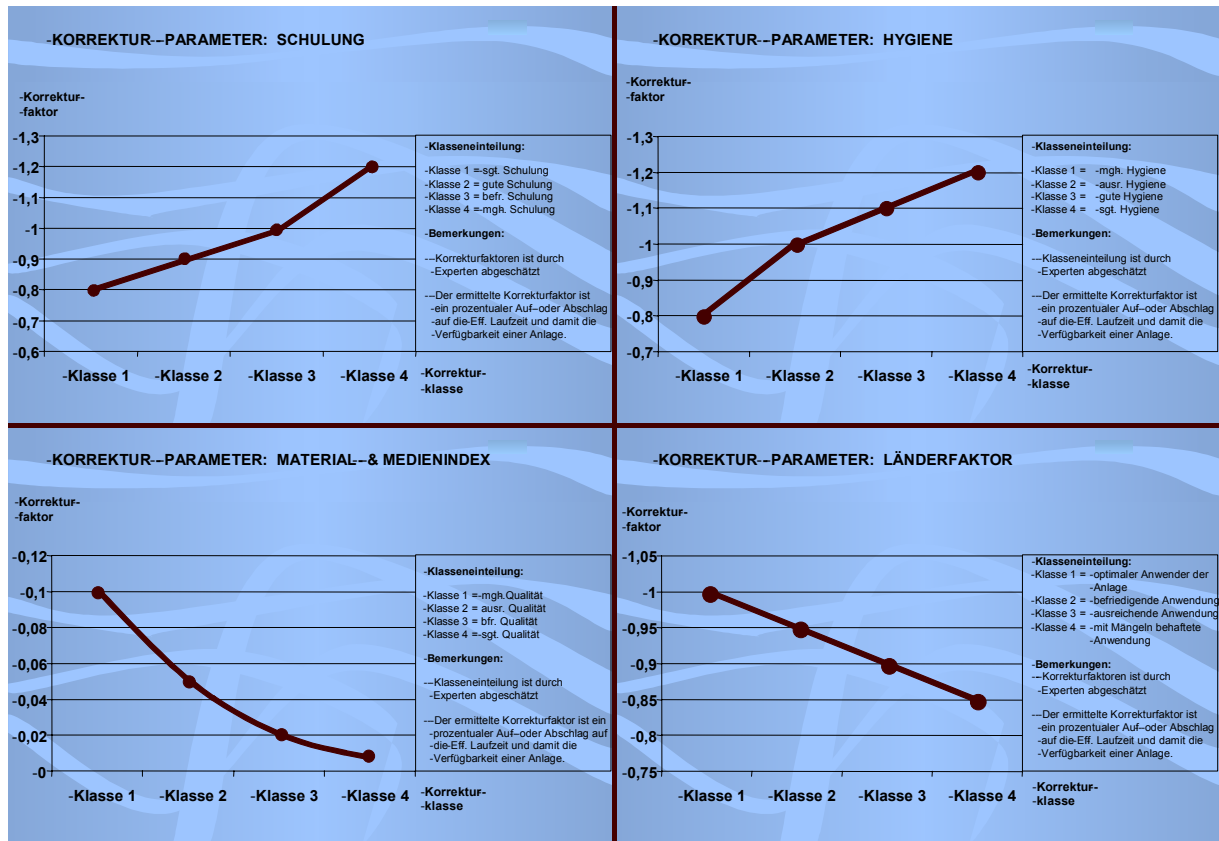


Abb. 6.16: Korrekturparameter

D) Unterscheidung bzgl. der Schulungsintensität des Bedienpersonals

Dass gut geschultes Personal unmittelbar auf die Verfügbarkeit einer Anlage einwirkt, ist in der Literatur und in der Praxis unbestritten. Inwieweit dieser Umstand quantifiziert werden kann, lässt sich nur durch sogenannte Expertenschätzungen evaluieren. Für diese Schätzungen sind die Experten aus dem Schulungsprogramm des Anlagenherstellers heranzuziehen. Darüber hinaus sollten auch die Erfahrungen der Anlagenbetreiber in die zu definierenden Kennzahlen mit einfließen.

E) Unterscheidungen bzgl. der Material und Medienqualität

Die zugeführten Materialien und Medien haben einen direkten Einfluss auf die Konfiguration und die Verfügbarkeit der Anlage. Als Materialien werden hier alle zu bearbeitenden Teile verstanden, die der Anlage zugeführt werden. Als Medien werden alle Hilfs- und Betriebsstoffe betrachtet, die zur Erbringung des Outputs erforderlich sind. Die Qualität der Medien ist dementsprechend auch ausschlaggebend für die Wartungs- und Reinigungszyklen der Anlage und somit letztendlich auch mitverantwortlich für die Stillstandszeiten.

Eingabemaske Jahresproduktion

Produkt	Flaschengroesse	Standard in hl	Variante2 in hl	Variante3 in hl	Variante4 in hl	Variante5 in hl
Alt 0,5	0,5	100000,00	100000,00	100000,00	400000,00	
Pils 0,33	0,33	0,00	10000,00	50000,00	0,00	0,00
Pils 0,5	0,5	500000,00	150000,00	30000,00	40000,00	
Hell 0,33	0,33	0,00	10000,00	50000,00	0,00	0,00
Hell 0,5	0,5	100000,00	0,00	0,00	0,00	
Alt 0,33	0,33					
Dunkel 0,5	0,5	100000,00	0,00	40000,00	0,00	
AR 0,33	0,5					
Cola 1,5	1,5					
Fanta 1,5	1,5					
Mineralwasse	1,5					
Summe		350000,00	270000,00	270000,00	440000,00	0,00

Suchen Speichern Schließen

Abb. 6.17: Festlegung Produktionsprogramm

3. Produktionsprogramm:

Die Festlegung eines Produktionsprogramms (vgl. Abb. 6.17) ist für den LCC-Simulator deshalb von Bedeutung, damit durch die Simulation entschieden werden kann, ob die Nennleistung einer Anlage ausreicht um das geforderte, mengenmäßige Produktionsprogramm abzuarbeiten. Es ist also auch eine Entscheidungshilfe für den Anlagenbetreiber, die eine Aussage darüber zulässt, ob eine konfigurierte Anlage den geforderten Anforderungen genügt. Das Produktionsprogramm kann entweder während des Verkaufsgesprächs mit dem Anlageninvestor definiert werden oder es wird ein vorhandenes Standard-Produktionsprogramm berücksichtigt. Diese unterschiedliche Vorgehensweise hat unmittelbar Auswirkung auf die Simulation, da z.B. bei einem sehr differenzierten Produktionsprogramm eine Anlage auf schnelle Rüstfähigkeit ausgelegt werden muss.

Auch bei der Aufdeckung von Bedienfehlern können die Referenz-Szenarien Unterstützung leisten. Hintergrund dieser These ist der Umstand, dass nicht nur Referenzszenarien hinterlegt sind, die einen optimalen Systembetrieb garantieren, sondern auch Referenzszenarien die in der Praxis des Anlagenbetriebes vorzufinden sind. Durch die Aufnahme dieser, in der Praxis des Anlagenbetriebes gelebten Szenarien, kann anschließend überzeugend visualisiert werden, dass diese vorgelebten Szenarien für einen konfigurierten Anlagentypus optimal oder verbesserungsfähig sind. Im Falle der Verbesserungsfähigkeit kann dann somit online gleich in die Optimierungsschleifen der Anlagenauslegung eingetreten werden. Durch diese Iterationszyklen wird dem Kunden zugleich die Kompetenz des Vertriebs des Anlagenherstellers visualisiert und suggeriert, dass nicht nur der Anlagenverkauf im Mittelpunkt des Interesses des Vertriebs steht, sondern auch eine kompetente Beratung gegeben ist. Hier findet, wie schon an anderen Stellen der vorliegenden Arbeit angedeutet, ein Paradigmawechsel im Vertrieb statt: „Vom Verkäufer zum Berater“. Durch diese Arbeitsweise soll versucht werden, die Kunden langfristig an das Unternehmen zu binden.

4. Maintenance-Modell

Die Instandhaltung gliedert sich wie in Kap. 2 beschrieben in die Begriffe Wartung, Inspektion und Instandsetzung. In Ergänzung hierzu hat das Deutsche Komitee Instandhaltung (DKIN) seit

1977 eine Gliederung der Teilmaßnahmen der Wartungs- und Durchführungsmodi aufgestellt.⁷⁷ Diese Gliederung unterteilt sich in eine Wartung im Betriebszustand und in eine Wartung im Stillstand. Diese Unterscheidung ist für das Maintenance-Modell von entscheidender Bedeutung, da sich hieraus die Verfügbarkeit und somit der Output der Anlage ergibt. Eine Hinterlegung vom Reinigungszyklus im Stillstand und während des Betriebes sind deshalb im Rechenwerk zur Berechnung der LCC vorgesehen.

Jeder Anlagenbetreiber verfolgt eine differenzierte Instandhaltungsphilosophie. Um diese wie in Kap. 2 Abschnitt (5) theoretisch beschriebenen unterschiedlichen Philosophien quantifizieren zu können, sind sog. Instandhaltungsindizes ermittelt worden, die sich aus einer Verkettung der beschriebenen Möglichkeiten ergeben. Die Bewertungen der Möglichkeiten der Instandhaltung wurden durch Experten aus dem Service des Anlagenherstellers und der Instandhaltung verschiedener Anlagenbetreiber vorgenommen. Dieser Instandhaltungsindex wirkt sich im Rechenwerk des LCC-Simulators auf die Stillstandszeiten aus (vgl. Abb.6.18).

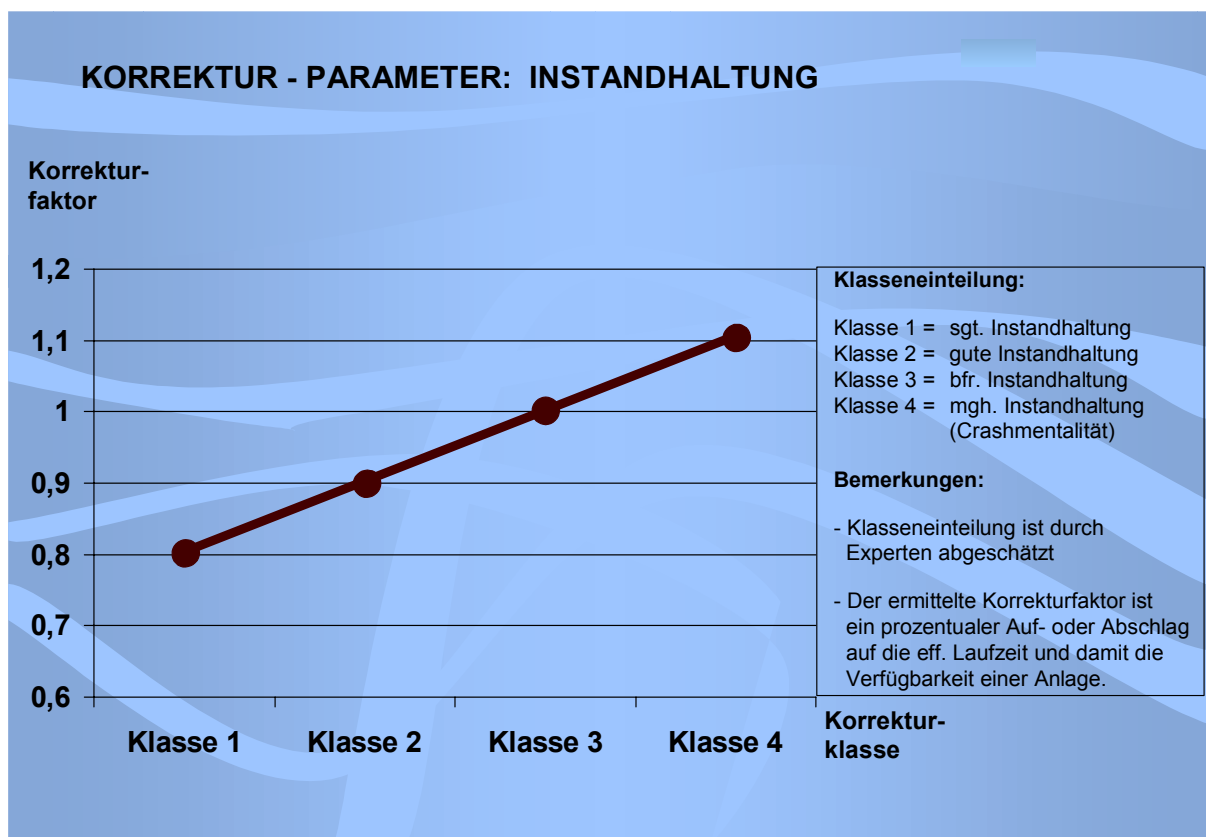


Abb. 6.18 Korrekturparameter Maintenance-Modell

⁷⁷ DKIN (1980), S.3ff

6.1.3 Simulationsebene: Entwicklung der Simulationssoftware zur LCC-Optimierung

6.1.3.1 Architektur und Module des LCC-Simulators

Im Prototyp des LCC-Simulators ist eine physische Trennung von Konfigurator, Regelwerk und LCC-Auswertungen auf der einen Seite und dem Maschinen- und Modulbaukasten auf der anderen Seite vorgenommen worden (vgl. Abb. 6.19). Der Maschinen- und Modulbaukasten kann mit seinen Funktionalitäten auch ohne Konfigurator, Regelwerk und LCC-Auswertungen betrieben werden. Dies hat den Vorteil, dass die Maschinen- und Modulbaukastendatenbank als Stand-alone-Lösung im Unternehmen positioniert werden kann und z.B. der Vertrieb sich somit in gewissen Zeitabständen oder vor Kundengesprächen ein Update der Datenbank vom Server auf das Notebook laden kann.

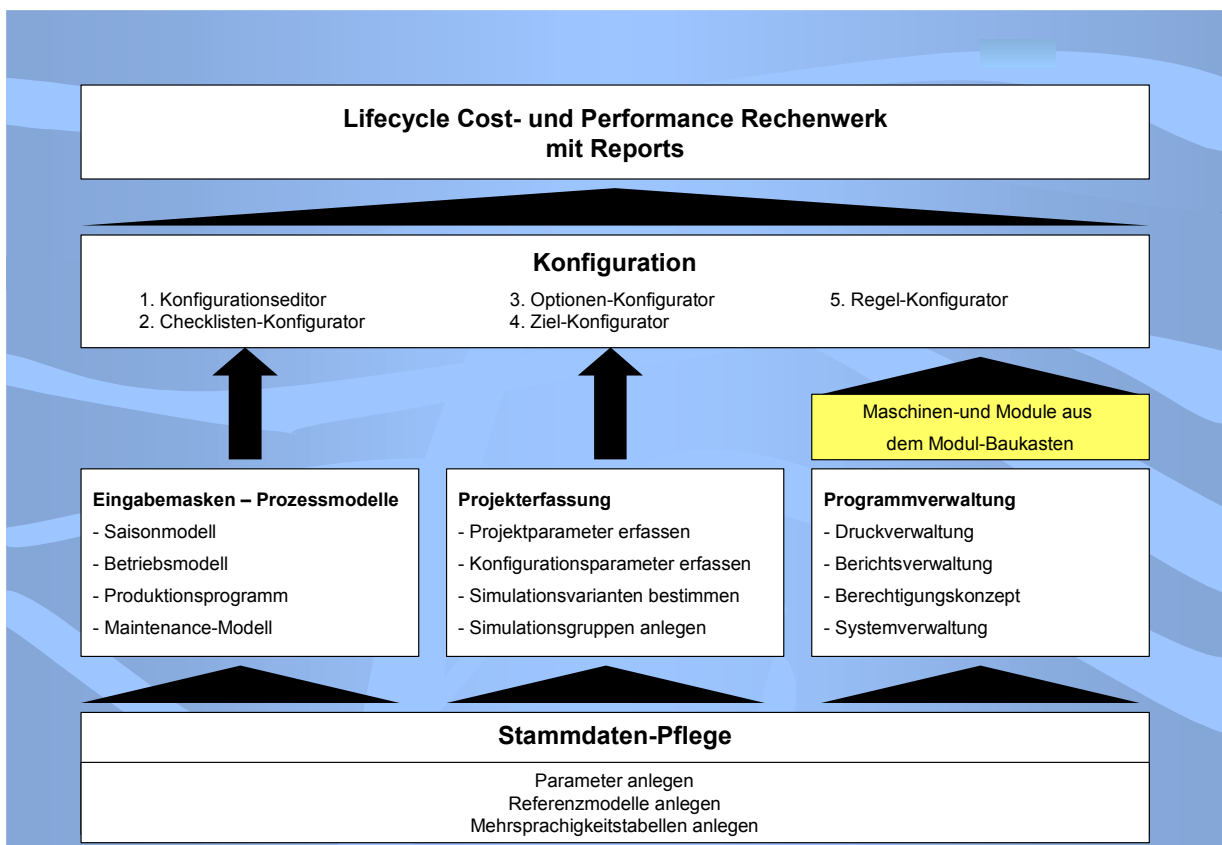


Abb. 6.19: Architektur und Module des LCC-Simulators

Das Berechtigungskonzept des Maschinen- und Modulbaukastens ist maßgebend für den LCC-Simulator. Beide Teil-Systeme beinhalten trotz ihrer physischen Trennung ein Berechtigungskonzept.

Die Konfiguration einer Anlage ist an bestimmte Ablaufschritte gebunden. Dies impliziert, dass die Prozessdaten in den Eingabemasken zur Übernahme in den Konfigurator freigeschaltet werden und die Projekterfassung mit den jeweiligen Simulationsgruppen ausgewählt wird. Zusätzlich müssen die Simulationsvarianten beschrieben werden. Eine Simulationsvariante beinhaltet die Zusammenstellung von Modulen und Komponenten einer Anlage und die Zuführung geeigneter Referenzszenarien. Die einzelne Simulationsvariante wird abgespeichert und mit einer neuen Simulationsvariante zu einer Simulationsgruppe zusammengefasst. Diese Simulationsgruppe wird berechnet und im Lifecycle-Cost- und Performance-Regelwerk berechnet. Diese Ergebnisse werden anhand geeigneter Reports visualisiert.

Wenn die Simulationsgruppe festgelegt ist, dann dauert der Berechnungslauf im Regelwerk ca. 7 min (Rechnerkonfiguration: Intel Pentium III (800 MHz), 128MB RAM). Dies lässt sich durch den Einsatz eines schnelleren Rechners zwar noch auf ca. 6 min drücken, doch in einem direkten Verkaufsgespräch ist diese Zeit zu lange, vor allem vor dem Hintergrund, dass mehrere Rechenläufe in einem Verkaufsgespräch notwendig werden können. Ziel bei der Weiterentwicklung des LCC-Simulators muss es sein, diese Rechenzeit durch die Anwendung neuer Programmierstandards drastisch zu verkürzen.

6.1.3.2 Entwicklung des Kosten- und Performance- Rechenwerkes

Das Rechenwerk des LCC-Simulators gliedert sich in ein Kostenrechenwerk, in dem die monetären Größen und somit auch die Lebenszykluskosten einer Anlage berechnet werden und dem Performance Rechenwerk, in dem alle nichtmonetären Kenngrößen der konfigurierten Anlage berechnet werden. Die Struktur des Rechenwerkes ist in Abb. 6.20 dargestellt.

Hierbei ist vor allem zu beachten, dass das Rechenwerk zu ein und derselben konfigurierten Anlage verschiedene Varianten der vorab festgelegten Parameter berechnen kann. Somit werden je nach eingestellter Variante unterschiedliche Parameter zur Berechnung herangezogen. Bei unterschiedlich vorliegenden Wertgrenzen werden hier unterschiedliche Formelzusammenhänge zur Berechnung verwendet. Zu beachten ist, dass je nachdem welche Einstellwerte beim Start der Berechnung gewählt werden, auch unterschiedliche Parameter in das Rechenwerk importiert und mit den hinterlegten Formeln beaufschlagt werden. Weiter werden noch die projektspezifischen und konfiguratioonspezifischen Parameter in das Rechenwerk eingestellt. Wenn diese Vorgaben abgearbeitet sind, werden die Kosten- und Performance-Kennzahlen für die konfigurierte Anlage für die ersten zehn Jahre (separat in Jahresabschnitten) berechnet. Dies begründet sich dadurch,

da die meisten Anlagen aufgrund des Eintritts technischer Veralterung innerhalb von 10 Jahren ihrer Nutzungsdauer abgeschrieben werden. Sollte dies jedoch nicht ausreichen, so ist es jederzeit möglich den Berechnungszeitraum ohne Begrenzung auszudehnen. Dies ist jedoch aus Sicht der Prognosesicherheit nicht zu befürworten, da die Prognostizierbarkeit von Projekt- und Konfigurationsparametern mit zunehmender Laufzeit tendenziell abnimmt.

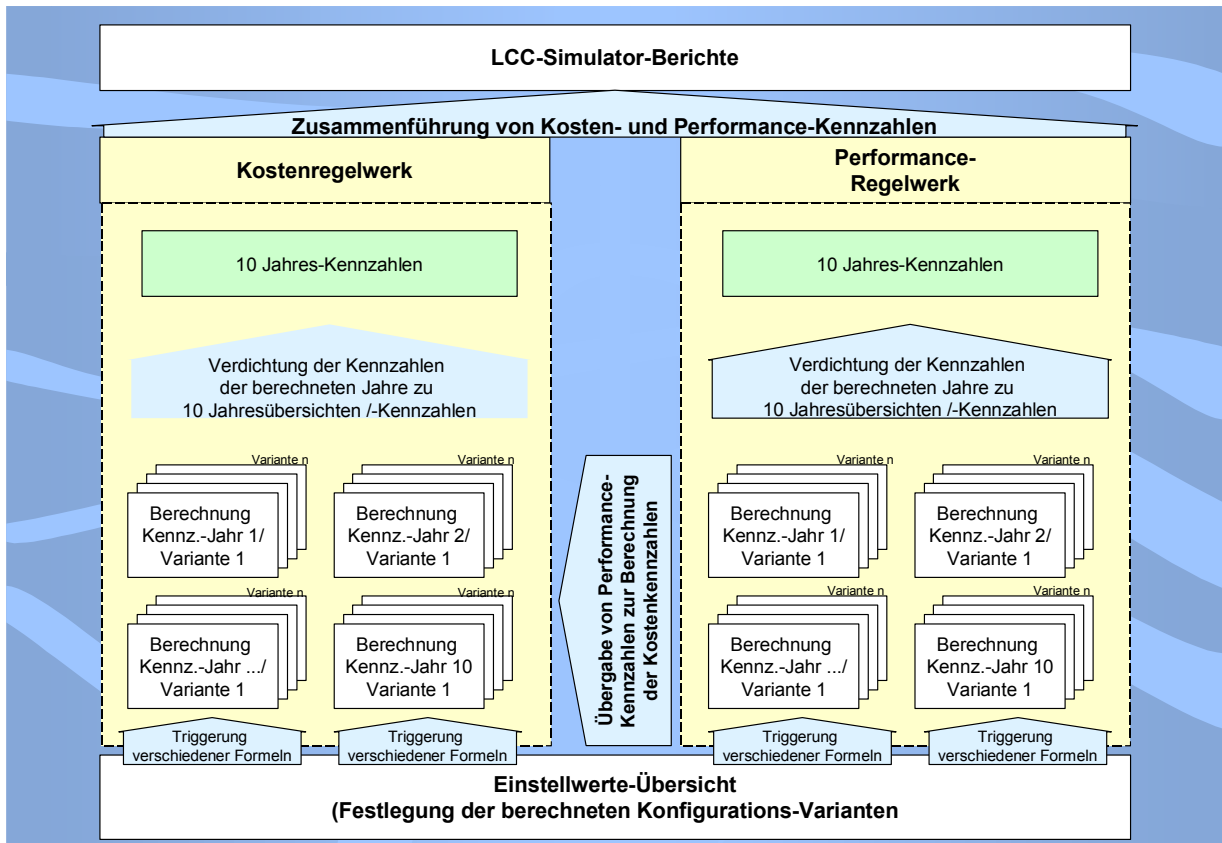


Abb. 6.20: Das Cost-Performance-Rechenwerk des LCC-Simulators

1. Arbeitszeit	
Bruttolaufzeit einer Anlage pro Jahr	Zeitfenster, die bei einer Anlage ohne Abzüge von unproduktiven Zeiten zur Produktion der Mengen- oder Volumeneinheiten zur Verfügung stehen. Im Einschichtbetrieb sind im LCC-Simulator standardisiert 2000h pro Jahr hinterlegt. Dies erweitert sich im Mehrschichtbetrieb bis auf 5000h im Jahr. Die Einstellungen sind stundengenau im LCC-Simulator wählbar.
2. Leerzeiten	
Nebenzeiten:	<p><u>Anfahrzeit einer Anlage:</u> Zeit die eine Anlage benötigt, bis das erste verkaufbare Produkt vom Umlegen des Start-Schalters bis zum Output des Produktes herauskommt. Diese Zeit kann gemessen oder anhand von Datenblättern berechnet werden.</p> <p><u>Auslaufzeit einer Anlage:</u> Zeit die eine Anlage benötigt bis die Anlage zum Ende einer Schicht leergefahren ist.</p> <p><u>Betriebspausen:</u> Pausen die dem Personal während der Produktionszeit zugestanden werden und somit die Anlage aus der Produktion in den Stillstand überführt wird. Diese Zeit ist von der Bruttolaufzeit einer Anlage abzuziehen.</p>
Umstellzeiten/ Rüstzeiten:	<p><u>Rüsten bei Anlagenstillstand:</u> Rüstzeiten die anfallen während die Anlage Produkte abarbeitet werden hier in diesem Modell nicht beachtet, da diese Zeiten nicht zu einer Verringerung der produktiven Zeit (Ausführungszeit) führen. Rüstzeiten sind allgemein gesehen notwendige Zeiten, die benötigt werden um eine Maschine/Anlage in den Zustand zu versetzen, einen Auftrag nach vorab spezifizierten Anforderungen abzuarbeiten.</p>
Wartungs- und Pflegezeiten:	<p><u>Reinigung inkl. Inspektion:</u> Während der Reinigungsphasen wird im Rechenwerk des LCC-Simulators unterstellt, dass hierzu simultan auch die Inspektion der wartungsintensiven Maschinen mit durchgeführt werden kann. Hier sollen aber nur die Zeiten im Rechenwerk aufgenommen werden, die auch zum Stillstand der Anlage führen und aus anlagenbetriebstechnischer Sicht notwendig sind. Diese Zeiten können z.B. durch eine geeignete Maschinenkombination und –konfiguration verringert werden, indem z.B. wartungsfreie Lager verwendet werden und automatische Reinigungsvorrichtungen und andere Automatisierungen hinzugefügt werden.</p> <p><u>Wartung mit Stillstand:</u> Je nach Wartungsphilosophie wird unterschieden nach: <ul style="list-style-type: none"> - Wartungen die im Stillstand der Anlage ausgeführt werden, - Wartungen (Inspektionen) die während den Reinigungszyklen durchgeführt werden - Wartungen bei denen eine Anlage komplett stillgelegt werden muss. Hier sind vor allem Wartungen aufgeführt, die einmal im Jahr und die am Schichtende durchzuführen und von der produktiven Zeit der Anlage abzuziehen sind.</p>

Störzeiten:	<p><u>Anlagenbedingte Störzeiten:</u> Störzeiten die aufgrund von Funktionsstörungen der Maschinen im Verbund erzeugt werden. Diese Störzeiten können durch Warteschlangenmodelle vor dem Bau einer Anlage simuliert werden. Dieses Ergebnis wird als prozentualer Faktor (bzgl. der Bruttolaufzeit einer Anlage) in das Regelwerk des LCC-Simulators eingepflegt und stellt einen Erfahrungswert (Näherungswert) dar.</p> <p><u>Anlagenfremde Störzeiten:</u> Als „Anlagenfremde Störzeiten“ werden alle Stillstandszeiten einer Anlage bezeichnet die durch einen externen Einfluss zum Stillstand der Anlage führen. Diese können z.B. durch Bedienungsfehler, Stromausfälle, Streiks des Personals und schlechte Materialien und Medien, die der Anlage zugeführt werden, verursacht werden.</p>
3. Produktive Zeiten der Anlage	
Effektive Laufzeit:	Als „Effektive Laufzeit“ einer Anlage werden die Zeiten einer Anlage bezeichnet, in der die Anlage ihren Output abgibt. Als „Effektive Laufzeit“ wird im Rechenwerk die Zeit benannt, die entsteht, wenn von der Bruttolaufzeit einer Anlage (z.B. 2000h/Jahr) die Leerzeiten subtrahiert werden.
Wirkungsgrad einer Anlage:	Der Wirkungsgrad einer Anlage wird berechnet, indem die anlagenbedingte Störzeit einer Anlage durch die Summe aus der effektiven Laufzeit und der anlagenbedingten Störzeit dividiert wird und der Quotient von 1 subtrahiert wird.
4. Produktbezogene Kennzahlen	
Theoretische Bearbeitungszeit je Produkt/Charge:	Diese Kennzahl im LCC-Simulator gibt an, wie lange es dauert, eine bestimmte Anzahl an Einzelteilen zu fertigen oder eine bestimmte Volumeneinheit zu produzieren. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, da mit dieser Kennzahl beurteilt werden kann, ob eine Anlage den gewünschten Durchsatz erzielt, oder ob die Leistungsstufe der Anlage für die Anforderungen des Investors zu hoch oder zu niedrig ist.

Tab.6.2: Darstellung der Performance-Kennzahlen

Die Performance-Kennzahlen im Rechenwerk lassen sich in temporäre und produktbezogene Kennzahlen klassifizieren. Auf eine genaue Nennung der Formeln und Formelzusammenhänge soll in dieser Arbeit verzichtet werden, da im LCC-Simulator Rechenwerk je nach Komplexität der vorliegenden Anlage bis zu 5000 Formeln und Formelzusammenhänge verarbeitet sind, die sich je nach Spezifikation der Anlagentypen (Raffinerie oder Getränkeabfüllanlage) ändern werden (vgl. Tab 6.2). Die Aufführung dieser Zusammenhänge und ihrer Facetten würde an dieser Stelle den Rahmen der Arbeit sprengen. Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt somit auf der Beschreibung sog. Key-Kennzahlen, die auch in den Reports des LCC-Simulators visualisiert werden. Die nachfolgende Aufstellung der Kennzahlen soll beim Leser ein Bewusstsein für die Bedeutung der Kennzahlen im LCC-Simulator schaffen und nicht nur als reine Definitionsebene laut DIN betrachtet werden. Weiter ist anzunehmen, dass die berechneten Kennzahlen oftmals

nur an die DIN-Vorschrift angenähert sind und im Prototyp des LCC-Simulators an die Bedürfnisse des Anlagenherstellers und des Anlagenbetreibers angepasst werden mussten.

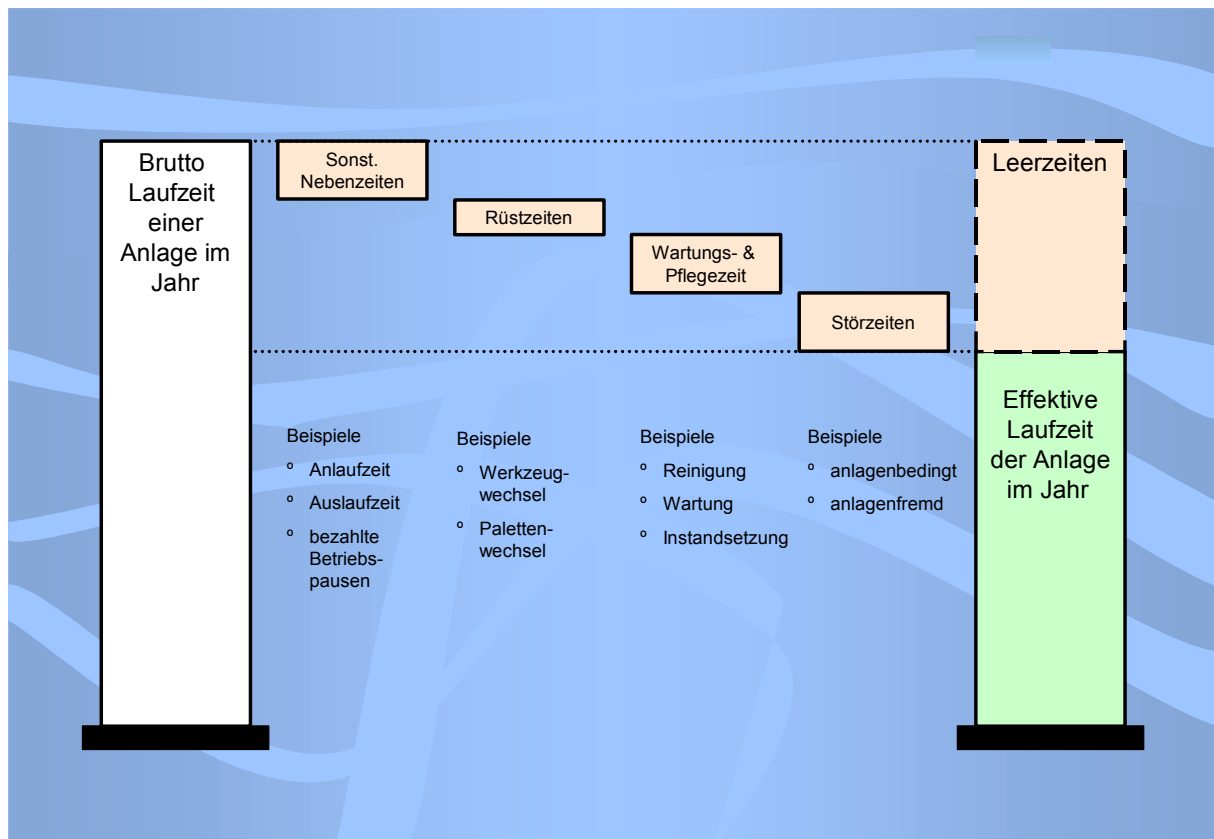


Abb. 6.21: Temporäre Kennzahlen im LCC-Simulator

Den Zusammenhang der „Temporären Kennzahlen“ in der oben aufgeführten Tabelle veranschaulicht Abb. 6.21, die in Anlehnung an die DIN 8782 entwickelt wurde⁷⁸

Die Kostenkennzahlen im Rechenwerk lassen sich klassifizieren in Kosten, die in der Investitionsphase, der Betriebsphase und der Ausmusterungsphase der Anlage anfallen. Exemplarisch sind die Kosten, die während des Betriebes einer Anlage anfallen, in der folgenden Tabelle aufgeführt (vgl. Tab. 6.3).

⁷⁸ vgl. DIN 8782

Kostenkennzahl	Beschreibung
Personalkosten (Jahr x/Variante y) ⁷⁹	Hier werden alle Kosten betrachtet, die durch den Einsatz von Arbeitnehmern entstehen und direkt der Anlage zugeordnet werden. Hierzu zählen vor allem Fertigungslöhne (Maschinenbediener, Einsteller, Wartungspersonal usw.), Gehälter (Schreibkraft im Meisterbüro), gesetzliche und freiwillige soziale Aufwendungen sowie alle üblichen Personalnebenkosten inkl. Schulungen, die für die Bedienung und Instandhaltung der Anlage anfallen. Eine jährliche Erhöhung der Personalkosten durch Tarifierhöhungen und steigende Schulungskosten sind durch eine Steigerungsrate im Rechenwerk hinterlegt. Gehälter für das Management sind in der Regel nicht direkt einer Anlage zurechenbar und werden somit bei den Overheadkosten über Zuschlagssätze berechnet.
Energiekosten (Jahr x/Variante y)	Als Energiekosten werden sämtliche Kosten der Dampf- und Stromerzeugung, des Fremdstrombezuges, Gaskosten u.ä. betrachtet, die beim Anfahren und Betrieb jeder Einzelmaschine/Modul entstehen. Als Energiekosten sind auch die Energiesteuern zu sehen. Da die Besteuerung der Energie in naher Zukunft die Anlagenbetriebskosten überdimensional beeinflussen wird, sind hierfür Steigerungsraten bei der Berechnung zu hinterlegen.
Verbrauchskosten (HB, Mat. und Medien) (Jahr x/Variante y)	Als Verbrauchskosten werden alle Materialien und Medien verstanden, die dazu dienen, das Produkt durch die Anlage zu fahren und deren Reste entsorgt werden müssen. Hierunter werden vor allem Laugen, Leim, Wasser usw. verstanden.
Sonstige Kosten für HB (Jahr x/Variante y)	Unter Hilfs- und Betriebsstoffen werden im LCC-Simulator alle Schmiermittel, Reinigungsmittel, usw. verstanden, die dazu dienen, den Anlagenbetrieb bei der gewünschten Qualität des Outputs und Standzeit der Anlage aufrecht zu erhalten.
Entsorgungskosten von Material und Medien (Jahr x/Variante y)	Alle Kosten die bei der Rückstands- und Abfallbehandlung von Verbrauchsstoffen anfallen, aber auch Filtrate, Ausschussteile, Restprodukte usw. Die Kosten werden aus der Mengeneinheit und dem Preis pro Mengeneinheit berechnet. Bei dieser Position können auch Erlöse zugeschrieben werden, die anfallen, wenn z.B. Stahl-Schrott an den Schrotthändler abgegeben wird.
Instandhaltungskosten (Jahr x/Variante y)	Als Instandhaltungskosten werden alle Kosten zur Erhaltung der Anlage in einem einsatzfähigen Zustand betrachtet. Entsprechend dem Instandhaltungsbegriff laut DIN 31051 sind Kosten für die Wartung, Inspektion sowie der Instandsetzung anfallen zu betrachten. Diese Kosten lassen sich am besten aus den Erfahrungswerten referenzierter Anlagenbetreiber und des Services errechnen. Bewährt hat sich hier die Systematik, indem der Listenpreis einer Maschine oder eines Moduls mit einem sog. Instandhaltungsindex pro Jahr multipliziert wird. Dieser Instandhaltungsindex ist jedoch abhängig von dem Betriebsmodell, dem Aufstellungsort, dem Maintenance-Modell, dem Saisonmodell und dem Produktionsprogramm

⁷⁹ Jahr x bedeutet, dass die Kosten berechnet werden, die vom Jahr 1 bis zum Jahr 10 einer bestimmten Variante y berechnet werden. Die Variante bestimmt, welche maschinen-, projekt- und konfigurationsabhängigen Parameter für die Berechnung in das Rechenwerk eingespielt werden.

Summe Einzelkosten (Jahr x/Variante y)	Die Summe der Einzelkosten im LCC-Simulator ergeben sich aus der Addition von Personalkosten, Energiekosten, Verbräuchen, sonst. Hilfs- und Betriebsstoffen, Entsorgungskosten und den Instandhaltungskosten. Diese direkten Einzelkosten beinhalten nur die entscheidungsrelevanten Kosten und nicht die Kosten die für die Beschaffung des zu bearbeitenden Materials anfallen, wie z.B. die Materialkosten (Kunststoffgranulat) für eine extrudierte Einwegflasche, da diese Kosten nicht durch die Anlage verursacht werden und im Prinzip durch die Anlage durchgereicht werden. Die Materialkosten für eine extrudierte Flasche fallen nur dann an, wenn die Flasche im Fertigungsprozess beschädigt wird.
Stückkosten:	Einheitskosten die auf eine produzierte Mengeneinheit oder Volumeneinheit eines Erzeugnisses zurechenbar sind. Hier im LCC-Simulator wird jedoch nicht von den Einzelkosten ausgegangen, sondern von den Vollkosten. Bei der Getränkeabfüllung werden die Stückkosten bezogen auf eine Volumeneinheit, also „Tausend Flaschen“ oder „Hektoliter“. Zugrunde liegen muss hier jedoch die Kenntnis über das jährliche Produktionsprogramm das der Abfüllbetrieb fahren will.
AfA (Jahr x/Variante y)	Die Verteilung von Anschaffungskosten abnutzbarer Anlagen auf die Jahre der betriebsgewöhnlichen Nutzung wird hier im LCC-Simulator aggregiert behandelt. D.h. nicht jede Einzelmaschine wird abgeschrieben, sondern der gesamte Wert der Anlage komplett als Aufwand bewertet und einheitlich abgeschrieben. Im LCC-Simulator sind zwei Möglichkeiten der Abschreibung gegeben. 1. Lineare Abschreibung (Dauer frei wählbar zwischen 5 und 10 Jahren) 2. Degressive Abschreibung (nur bei beweglichen Anlagevermögen)
Finanzierungskosten (Jahr x/Variante y)	Als Finanzierungskosten werden im LCC-Simulator alle Kosten für die Mittelbeschaffung und –rückzahlung verstanden, um die Beschaffung, den Betrieb und Entsorgung der Anlage zu gewährleisten.
Overheadkosten (Jahr x/Variante y)	Im LCC-Simulator werden als Overheadkosten alle Kosten verstanden, die nach dem Identitätsprinzip der Anlage zurechenbar sind, aber sich keiner bestimmten Bezugsgröße zuordnen lassen. Zu den Overheadkosten einer Anlage werden prozentual die Steuern und Versicherungskosten verrechnet wie auch sämtliche sonstige Gemeinkosten des Anlagenbetriebes, wie z. B. Verwaltungsgemein- und Projektierungskosten
Summe Vollkosten (Jahr x/Variante y)	Unter Vollkosten eines Jahres einer bestimmten Variante ist die Summe der Einzelkosten, der AfA, der Finanzierungskosten und der Overheadkosten zu verstehen.

Tab.6.3: Darstellung der Kosten-Kennzahlen

Bei der Ermittlung der Jahreskosten (Vollkosten) können Inflationsindizes bei verschiedenen Parametern hinterlegt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, vorabsehbare Tendenzen wie z.B. die durch die Ökosteuer jährlich steigenden Energiekosten und Entsorgungskosten zu hinterlegen, aber auch Tarifierhöhungen beim Personal können mit einer Steigerungsrate berücksichtigt werden.

Die Kostenkennzahlen innerhalb der betrachteten 10 Jahre entstehen nicht nur durch die Addition der jährlichen Einzelkosten der berechneten einzelnen Jahreswerte, sondern zusätzlich durch

eine Multiplikation mit verschiedenen Faktoren, wie z.B. die Einbeziehung der Badewannenkurve bei den Instandhaltungskosten, aber auch durch die Berücksichtigung inflationärer Tendenzen. Durch die Summation der jährlich anfallenden Vollkosten bis an das Ende einer Anlagenlebenszeit entstehen die Lebenszykluskosten einer Anlage, die nur noch durch die Kosten oder Erlöse, die bei der Anlagenausmusterung anfallen (prognostizierte Werte vom Anlageninvestor geschätzt), berichtigt werden müssen.

Die Praxis hat gezeigt, dass die Abbildung der Wirklichkeit einer Anlage im entworfenen Rechenwerk mit sehr viel Aufwand verbunden ist, das explizite und implizite Wissen aus Dokumenten und den Köpfen der Personen herauszufiltern. Das Wissen aus den Dokumentationen in ein Rechenwerk zu überführen ist tendenziell leichter, als das explizite und implizite Wissen der jeweiligen Personen beim Anlagenhersteller und bei einem Anlagenbetreiber strukturiert in das Rechenwerk einzupflegen. Hierdurch sind eine Vielzahl an Interviews mit Experten aus den Abteilungen Entwicklung, Konstruktion, Kundendienst und Vertrieb auf Seiten des Anlagenherstellers und mit dem Controlling, dem Betriebs- und Wartungspersonal beim Anlagenbetreiber notwendig. Das Ziel der Interviews liegt darin, die nicht quantifizierbaren Aussagen der interviewten Personen im Rechenwerk durch Formeln zu beschreiben. Teilweise sind bestimmte Zusammenhänge den befragten Personen durchaus bewusst und bekannt, jedoch noch nicht in einer konkreten Abhängigkeit der Parameter quantifizierbar. Der Fall wird dadurch erschwert, dass die befragten Personen nicht ausdrücken können, warum und wieso bestimmte Zusammenhänge so sind wie sie sind. Diese Dinge anschließend in das Formelwerk einzubringen ist sehr schwierig und man muss sich oftmals mit Schätzungen und Näherungen als auch mit Korrekturen auf feststehende Werte behelfen.

Die Validierung des Rechenwerkes hat bewiesen, dass die prognostizierten Werte des LCC-Simulators mit den realen Gegebenheiten bis auf 1% Genauigkeit in Bezug auf die Lebenszykluskosten ermittelt werden konnte.

Um die Flut der Formeln und Rechenregeln (bis zu 5000) auf ein erträgliches Maß bei der Erstellung des Rechenwerkes zu verringern, muss ein besonderer Augenmerk auf die sogenannten Kostentreiber gerichtet werden. Diese Kostentreiber wie z.B. die Energiekosten werden exklusiv in das Rechenwerk eingepflegt. Durch die Fokussierung bei der Erarbeitung des Rechenwerkes auf die Kostentreiber wird einerseits der Aufwand für die Kalibrierung des LCC-Simulators erheblich reduziert. Die besondere Behandlung der Kostentreiber hat jedoch nicht nur den Vorteil einer Aufwandsreduzierung bei der Erstellung des Rechenwerkes, sondern die gezielte Berück-

sichtigung der Kostentreiber führt auch dazu, durch geeignete Maßnahmen die entsprechenden Kostentreiber durch eine alternative Konfiguration der Anlage zu reduzieren. Dies wird später bei der Optimierung einer Anlage nochmals genauer beschrieben.

6.1.3.3 Lifecycle Cost- und Performance Auswertungen

Bei der Auswertung der Lebenszykluskostensimulationen sind die Möglichkeiten der grafischen und tabellarischen Präsentation von Daten besonders wichtig. Die langfristigen Zeitraumbetrachtungen können wegen des Datenumfangs nur in Grafiken kompakt dargestellt damit ihr Inhalt schnell erfasst werden kann. Die Verbreitung von grafischen Systemen wurde bislang durch schwer bedienbare Software behindert. Durch den zunehmenden Leistungsumfang von Standard-Software wie zum Beispiel Microsoft-Office und der Weiterentwicklung der Plot- und Drucktechnik, die eine ausreichende Ausgabequalität bieten, sind diese Hemmnisse in Bezug auf die Präsentationsgrafik weitgehend beseitigt.

Bei der Struktur der Berichte sind im wesentlichen drei Teilprobleme zu beachten:

- Auswahl der wesentlichen Informationen und Zusammenstellung in ein Berichtsfomular
- Verdichtung der Einzelinformationen zu aussagekräftigen Kennzahlen
- Darstellung in einer geeigneten Form z.B. für ein Verkaufsgespräch

Die Lösungen der oben angegebenen Forderungen sind in starkem Maße abhängig vom Anlagentyp und dem Umfeld, in dem sich der Anlagenverkäufer und seine Kundschaft befindet. Die Auswahl der wesentlichen Informationen ist unmittelbar mit der Feststellung des Informationsbedarfs verbunden, die die Anlageninvestoren haben.

Ziel einer Strukturierung der Reports ist es, „Zahlenfriedhöfe“ zu vermeiden. Deshalb wurden folgende Gestaltungsregeln beachtet:

- Die Informationsmenge wird auf den Empfänger des Reportes zugeschnitten
- Das Report-System besitzt einen einheitlichen Aufbau
- Die Informationen werden nicht isoliert dargestellt, sondern mit Vergleichsgrößen relativiert
- Reports mit Überblickfunktionen und Reports mit Detailinformationen sind voneinander getrennt
- Grafische Darstellungen sind tabellarischen Darstellungen vorzuziehen

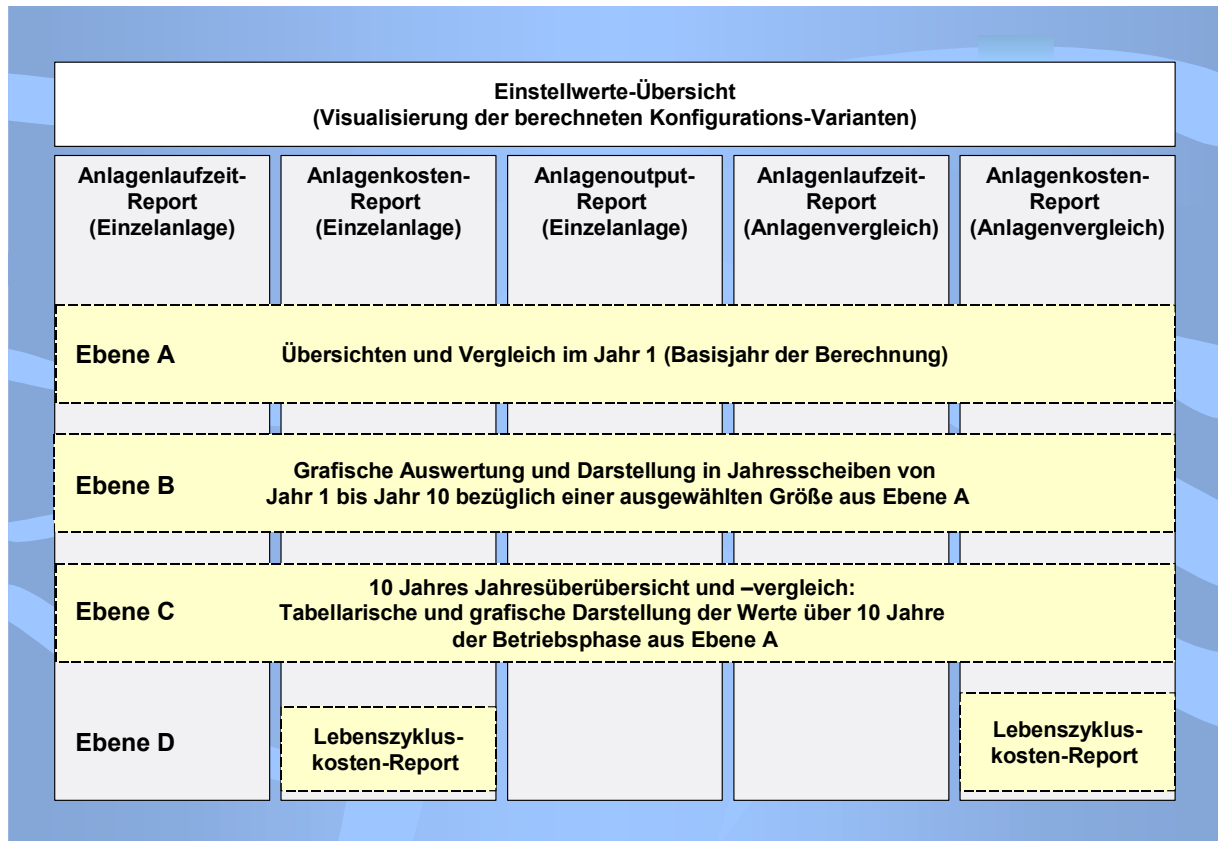


Abb. 6.22: Struktur des Berichtswesens

Diese Struktur (vgl. Abb. 6.22) ermöglicht es dem Bediener, auf vielfältige Wünsche seitens eines Investors hinsichtlich der Auswertungen schnell, koordiniert und strukturiert zu reagieren und die gewünschten Auswertungen zu visualisieren. Es ist möglich, Reports zu erzeugen, die fokussiert auf Kosten, Laufzeit und Output erstellt werden. Diese sogenannten Standardreports gliedern sich charakteristisch in die vier Ebenen der Berichterstattung, die hinsichtlich ihrer Aussage-reichweite (1 Jahr, 10 Jahre, und lebenslang) gruppiert sind.

In Ebene A werden nur Auswertungen gefahren, die das Basisjahr 1 zur Grundlage haben. D.h., alle Kosten- und Leistungsauswertungen (z.B. Output und Verfügbarkeitskennzahlen) werden hier auf der Basis der Eingaben und der Parameter für das erste Jahr veranschaulicht. Diese Form der Darstellung ist deshalb so wichtig, da im ersten Jahr des Anlagenbetriebes sämtliche charakteristischen Kosten anfallen und die Berechnungen des ersten Jahres auch gleichzeitig die Grundlage für die Berechnungen der folgenden Jahre bilden. Diese Verknüpfung der Jahreskosten beruht darauf, dass eine Anlage sich nach einem Jahr in einem eingeschwungenen Zustand befindet und dass die Prognostizierbarkeit der Anlage für die Zukunft erleichtert wird.

Auf der Ebene B werden ausgewählte Kennzahlen des referenzierten Basisberichtes vom Jahr 1 ausgewählt und beobachtet, wie sich diese ausgewählten Größen über den Anlagenlebenszyklus entwickeln. Ein Beispiel hierfür ist die sog. Verfügbarkeit einer Anlage, die für das erste Jahr des Betriebes der Anlage berechnet wurde und jetzt im Fokus der 10 Jahresentwicklung steht. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass anhand dieses Berichts die Entwicklung bestimmter Größen für eine konfigurierte Anlage gut beobachtet werden kann. Diese Vorgehensweise stellt zusätzlich ein nicht zu vernachlässigendes Analyseinstrument für eine Anlagenoptimierung dar, da mit der Kenntnis über die Zusammenhänge im Verkaufsgespräch sehr leicht Verbesserungspotenziale erkannt, und darüber hinaus auch noch durch den Anlagenhersteller seinem potentiellen Kunden anschaulich erläutert werden können.

Die Berichte der Ebene C sind 10 Jahresübersichten und –vergleiche, die in tabellarischer und grafischer Darstellungsform über die charakteristischen Kennzahlen einer Anlage in der Betriebsphase Aufschluss geben. Diese Herauslösung der Berichtsumfänge ist deshalb von Bedeutung, da viele Anlageninvestoren den Lebenszyklusgedanken mit einer Vor- und Nachlaufphase noch nicht verinnerlicht haben. Diese Berichte referenzieren zur Ebene A und sind in ihrem Design ähnlich aufgebaut. Jedoch sind einige Kennzahlen, die in der Ebene A ausgegeben werden, auf einer 10 Jahresebene nicht besonders sinnvoll und werden deshalb in der Ebene C nicht explizit ausgegeben. Als Beispiel sei hier die Verfügbarkeit einer Anlage genannt, die auf der 10 Jahresebene momentan im Bericht nicht angegeben wird, da es sich hier um einen gemittelten Wert über die gesamte Laufzeit einer Anlage handelt. Darüber hinaus ist dieser Wert im Verkaufsgespräch ohne Bedeutung. Dies heißt natürlich nicht, dass dieser Wert im Lifecycle-Cost und Performance-Rechenwerk nicht berechnet wird.

Die Ebene D ermöglicht die Visualisierung der Lebenszykluskosten und die Kostenverläufe einer Anlage über ihre gesamte Lebenszeit. Diese Ebene beschäftigt sich ausschließlich mit der Kostenebene und nicht mit dem Output oder den Laufzeiten. Die Reports der Ebene A bis C haben vorwiegend das Anliegen, sich mit Kennzahlen der Betriebsphase zu beschäftigen.

Grundsätzlich gilt, dass das Berichtssystem so aufgebaut sein muss, dass es ohne große Programmierkenntnisse möglich wird, die Reports auf die individuellen Bedürfnisse des Anwenders anzupassen. Ein Auszug von verschiedenen Berichten aus den Ebenen A-E sind im Fallbeispiel in Kap. 7 veranschaulicht und ihre Intention erklärt.

Die Vorgehensweise des LCC-Simulators ist nun im Wesentlichen in seiner Breite und Tiefe beschrieben. Eine Optimierung der Lebenszykluskosten erfolgt jedoch nicht nur durch die Abarbeitung dieser drei Ebenen, sondern auch noch durch das Durchlaufen der im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Iterationsschleifen.

6.2 Iterationsschleifen bei der Optimierung der LCC

Die bisher beschriebene Vorgehensweise der LCC-Optimierung im drei Ebenen Modell wird durch das Abarbeiten verschiedener Regelkreise erweitert (vgl. Abb. 6.23). Im ersten Regelkreis, dem sogenannten Operating, werden die Betriebskostenparameter des Anlagenbetreibers und die Erweiterung der Referenzszenarien kritisch analysiert und verbessert. Anhand der Referenzszenarien ist es möglich, verschiedene Anlagenbetreiber zu vergleichen (Benchmarking – Best in Class) und damit Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Ein weiterer Stellhebel die Lebenszykluskosten zu modellieren ist z.B. die zugeführten Materialien und Medien billiger einzukaufen. Ebenso wird der Einfluss der Personalschulung auf die Rüstvorgänge und Instandhaltungszyklen optimiert. Wichtig ist auch die Terminierung der Rüst- und Wartungsvorgänge im Fertigungsprozess, um möglichst geringe Stillstandszeiten zu realisieren.

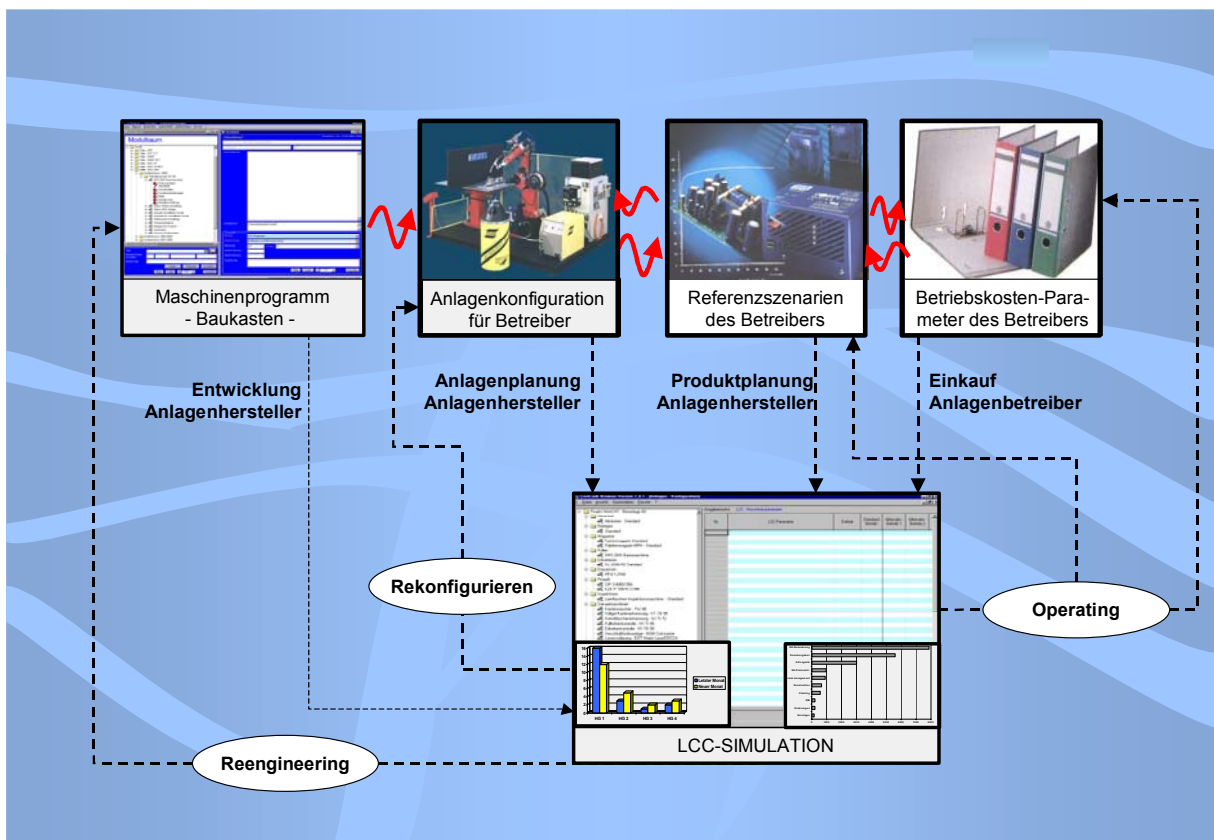


Abb. 6.23: Regelkreise der LCC-Optimierung

Ziel des Operating-Regelkreises ist die operative Optimierung des Anlagenbetriebes und die Minimierung der eingekauften Leistungen (RHB) durch Benchmarking der Anlagenbetreiber und Vergleich der RHB-Kosten der Lieferanten. Dieses kann nur in Abstimmung mit dem Einkauf des Anlagenbetreibers und mit der Produktplanung beim Anlagenhersteller geschehen.

Eine Rekonfiguration einer Anlage wird in Betracht gezogen, wenn trotz einer vorhergehenden Optimierung im Operating-Regelkreis noch Potenziale durch den Einbau besser geeigneter Maschinen und Module für die Erfüllung der Referenzszenarien gefunden werden können. Dies kann nur in Abstimmung mit der Produktplanung des Anlagenherstellers geschehen, da hier das Wissen bei der Anlagenzusammenstellung vorhanden ist und somit der Konfigurator des LCC-Simulators verbessert und validiert werden kann.

Sollte es trotz Operating-Regelkreis und Rekonfiguration nicht möglich sein, im Maschinen- und Modulbaukasten für die Anforderungen des Anlagenbetreibers geeignete Maschinen vorzufinden, so ist es notwendig, bestimmte Maschinen und Module im Baukasten konstruktiv anzupassen oder neu zu entwickeln (Reengineering). Dies ist jedoch der Weg mit der längsten Reaktionszeit und sollte nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen, da über diesen Weg die Variantenvielfalt wieder ins Unternehmen hineingetragen wird. Es dürfen demnach nur Maschinen und Module neu entwickelt werden, die den Baukasten sinnvoll ergänzen und erweitern. Demzufolge beeinflusst die LCC-Simulation das strategische Forschungs- und Entwicklungsmanagement eines Anlagenherstellers nachhaltig.

Auch ohne konkreten Kundenauftrag hat die LCC-Simulation den Vorteil, dass sogenannte Kostentreiber in Bezug zum Kundennutzen ermittelt werden können. Wenn die Kosten und die Leistungsspektren der im Baukasten vorliegenden Maschinen oder Module, die in der Produktpalette vorhanden sind, intensiv analysiert und bewertet sind, ist dies für das Unternehmen von essentieller Bedeutung. Es liegt nun eine vollständige Transparenz vor und es lässt sich mit den hier gewonnenen Informationen sehr leicht beurteilen, welche Maschinen und Module aus Kundensicht einem Reengineering-Programm unterzogen werden müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben oder zu werden.

Wie oben beschrieben führen die drei Regelkreise dazu, dass der Standardprozess des Anlagenverkaufs (vgl. Abb. 3.2) abgeändert und erweitert werden muss (vgl. Abb. 6.24). Der Paradigmawechsel eines Anlagenverkäufers wird im neuen Prozessablauf deutlich sichtbar: „Vom Verkäufer zum Berater“.

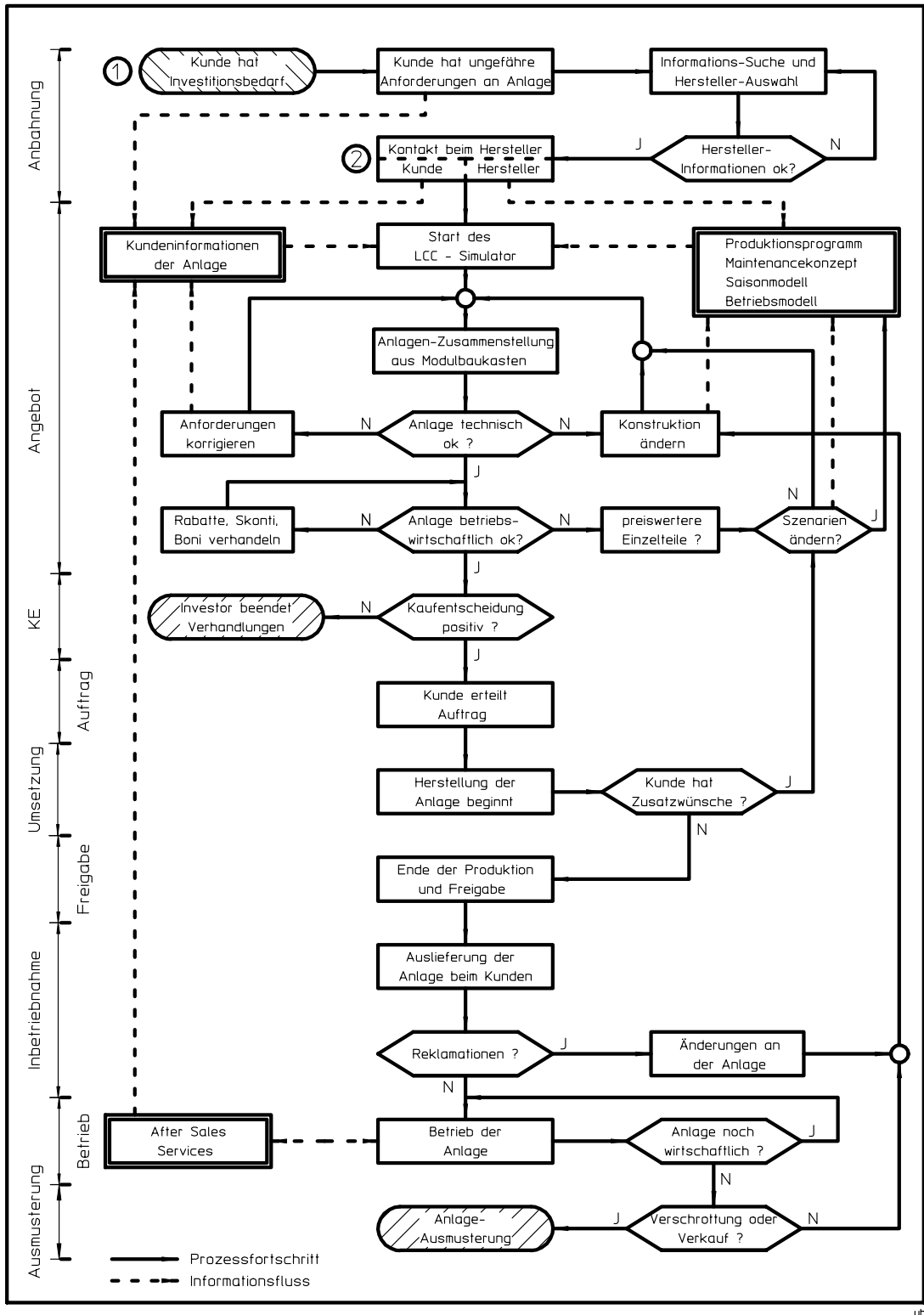


Abb. 6.24: Erweiterung des Standardprozesses beim Anlagenverkauf

6.3 Branchen in denen der LCC-Simulator eingesetzt werden kann

Die Lebenszykluskostenrechnung ist vorrangig bei Anlagen und Systemen sinnvoll, bei denen während der Nutzungsphase ein wesentlicher Kostenanteil entsteht. Nachfolgend sollen hier exemplarisch Beispiele aufgeführt werden, die diese These verdeutlichen:

Am Beispiel des städtischen Bus- und Bahnverkehrs in Stuttgart ist z.B. die Summe aller Kosten aus Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung, die, die den Etat Jahr für Jahr belastet.⁸⁰ Entscheidend sind somit die Lebenszykluskosten die Jahr für Jahr auf die Städte für die Fahrzeuge zukommen. Bei Stadtbahnwagen stellt sich das folgendermaßen dar (Lebenszykluskosten):⁸¹

(1) Kapitaldienstkosten ⁸²	54%
(2) Instandhaltungskosten	47%
(3) Treibkraft ⁸³	16%
(4) Sonstiges ⁸⁴	3%

Am Beispiel von 239 Abwasserentsorgungsträgern kann der Anteil und die Bedeutung der Betriebskosten anhand der Kostenzusammensetzung bei der Abwasserreinigung verdeutlicht werden.⁸⁵ Hier ist anzumerken, dass die Betriebskosten über einen Lebenszyklus dieser Anlage das 10 bis 15-fache der Anschaffungskosten betragen kann (vgl. Abb. 6.25). Diese Relation zeigt, dass eine Minimierung der Anschaffungskosten nicht der ausschlaggebende Faktor bei der Lebenszykluskostenbetrachtung ist. Die Notwendigkeit einer Optimierung der Betriebs- und Folgekosten einer Anlage lässt sich hier schön verdeutlichen.

Die mehrdimensionale Optimierung der LCC ist vor allem im militärischen Bereich sinnvoll, da es sich bei Investitionen meist um komplexe und teure Waffensysteme wie Kriegsschiffe, Flugzeuge oder Panzer handelt. Dies sind in der Regel Investitionsgüter mit einer sehr langen Lebensdauer und hohen Leistungsanforderungen, was Verfügbarkeit und Sicherheit anbelangt. Durch diesen Umstand summieren sich über die Nutzungsdauer hinweg die laufenden (anfallen-

⁸⁰ vgl. Bonz (1997) S. 8

⁸¹ Bei den Zahlen ist eine Jahresbetrachtung dargestellt.

⁸² Kosten der Kapitalbeschaffung, Personalkosten im Betrieb usw.

⁸³ Kosten für Betriebsstoffe und Hilfsstoffe

⁸⁴ Hier verbergen sich Planungskosten, Kosten für Schulung des Personals usw.

⁸⁵ vgl. Bäumer, Lohaus (1999), S.32f

den) Kosten für den Betrieb und Unterhalt auf einen Betrag, der ein Vielfaches der Anschaffungskosten ausmachen kann.

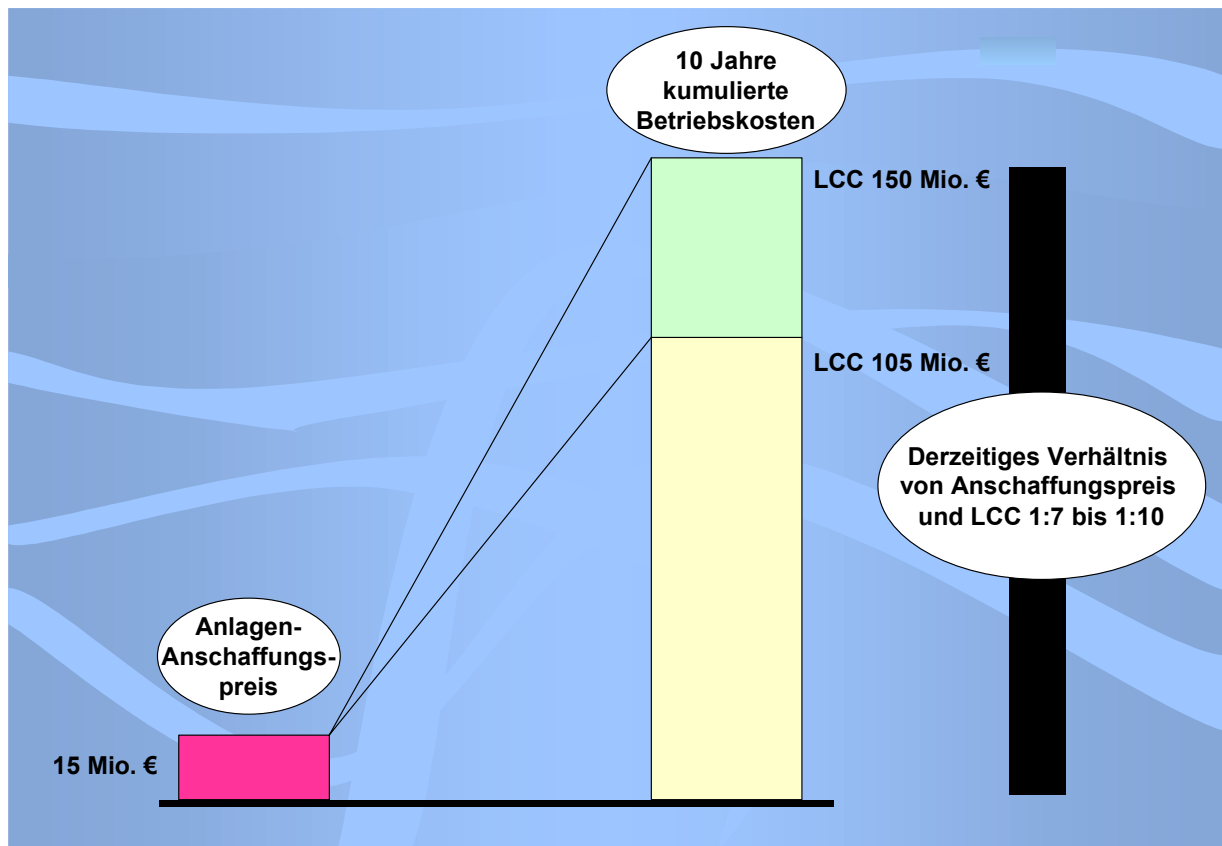


Abb. 6.25: Verhältnis von Anschaffungs- zu Betriebskosten

Außerdem sind die Folgekosten aus Außerbetriebsetzung und Entsorgung in diesem Bereich sehr hoch, was durch das aktuelle Beispiel der russischen Kriegsmarine durch die Entsorgung des Atom-U-Bootes Kursk eindrucksvoll belegt wird.

Sinnvoll ist die Anwendung der LCC-Simulation überall dort, wo schon in den frühen Phasen eines Lebenszyklus eine hohe Kostenfestlegung bestimmt wird und die durch den Einsatz der Lebenszykluskostenrechnung gebundenen monetären, zeitlichen und personellen Ressourcen durch Einsparungen während des Lebenszyklus eines Systems oder einer Anlage zumindest kompensiert werden kann. In diesem Abschnitt soll daher geprüft werden, ob sich allgemeingültige betriebswirtschaftliche Merkmale zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit formulieren lassen. Gesetzliche Normen und Richtlinien, die den Einsatz des Konzeptes verlangen, werden hier nicht betrachtet.

Notwendig wird der Einsatz des Konzeptes vor allem, wenn Folgekosten entstehen und diese naturgemäß mit längerer Nutzung der Anlage tendenziell steigen. Ein weiteres sinnvolles Kriterium für den Einsatz des LCC-Simulators ist, dass anfallende Kosten beschrieben, erklärt, prognostiziert und gestaltet werden können. Letzteres verlangt, dass bei einer Entscheidung auch tatsächlich eine Auswahl zwischen Alternativen in der Konfiguration getroffen werden kann oder die Kosten einer Anlage durch Maßnahmen in der Planungsphase beeinflusst werden können.

Das Potenzial der Kostenbeeinflussung für Anlagen ist in der Entwicklungsphase besonders hoch. Ist ein Eingriff im konstruktivem Bereich nicht mehr möglich, so ist es immer noch denkbar, durch geeignete Maßnahmen während der Konfiguration von Anlagen und Systemen Einfluss auf die Lebenszykluskosten zu nehmen. Wenn es durch eine Rekonfiguration einer Anlage oder eines Systems nicht gelingt die Lebenszykluskosten zu minimieren, so können z.B. bei nicht-stationären Anlagen die Rahmenbedingungen wie die Einsatzfaktorkosten, das Betriebsprofil, das Produktionsprogramm usw. optimiert werden.

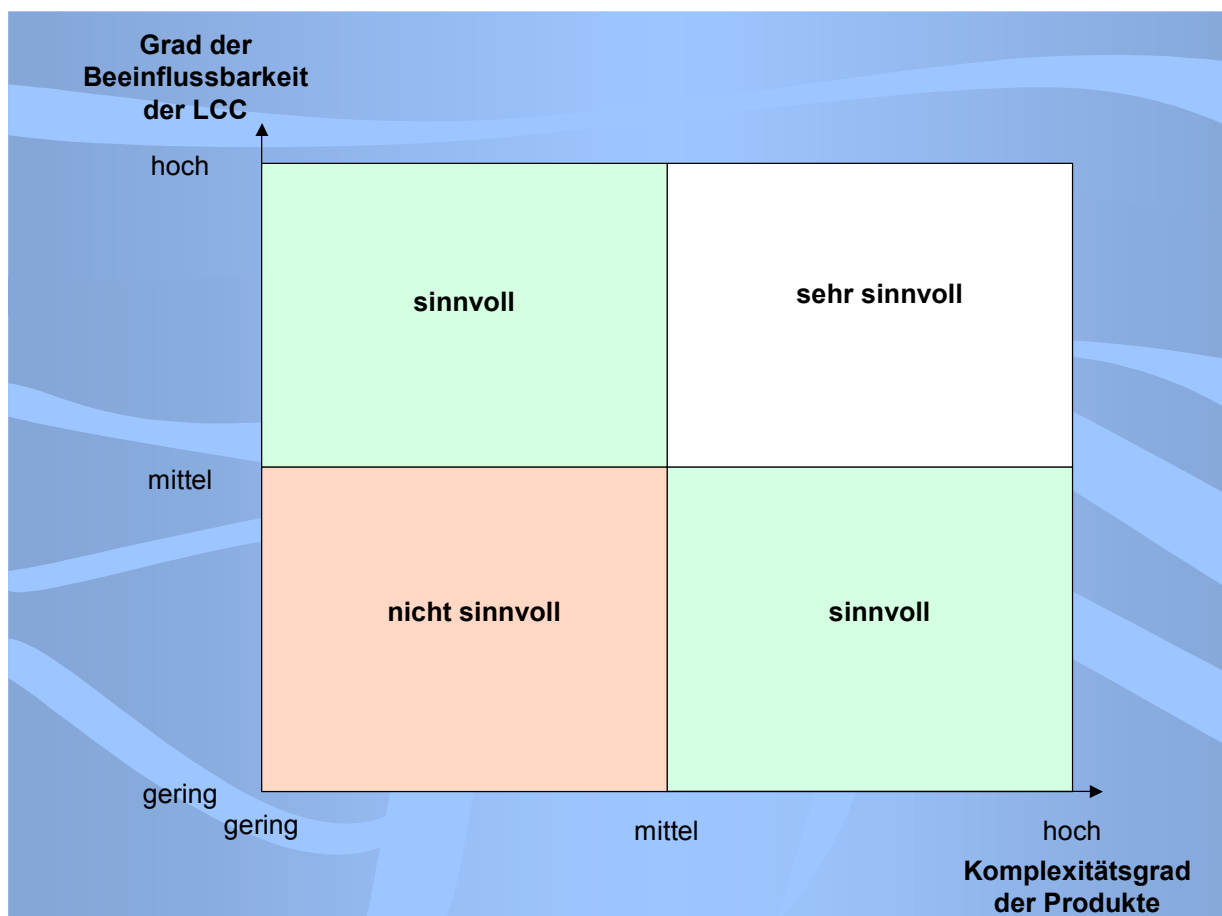


Abb. 6.26: Einsetzbarkeit der LCC-Simulation

Eine weitere Sichtweise für den Einsatz des LCC-Simulators begründet sich darin, dass bei den oben beschriebenen Branchen und Produkten die Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten und der Grad der Komplexität/Erklärungsbedürftigkeit des Produktes oder Potenzials eine wesentliche Rolle bei der Anwendung und Akzeptanz der Vorgehensweise darstellt (vgl. Abb. 6.26).

Die beiden Dimensionen der Achsen sind unabhängig voneinander zu sehen, da zum Beispiel ein hoher Komplexitätsgrad durch geeignete Automatisierungen oder durch die Bereitstellung von Service- und Wartungsverträgen die Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten des Produktes unter Umständen nicht tangiert.

Wie die Abbildung gut erkennen lässt, ist bei Produkten mit einem geringen Grad der Komplexität/Erklärungsbedürftigkeit und einem geringen Grad der Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten der Einsatz des LCC-Simulators nicht sinnvoll, da hier die Anpassung der Produkte (Anlagen) einen großen Aufwand erfordert, der auch nicht durch den erzielten Rationalisierungseffekt kompensiert werden kann. Sehr sinnvoll erscheint jedoch der Einsatz des LCC-Simulators bei Produkten (Anlagen), die einen sehr hohen Grad an Komplexität/Erklärungsbedarf bei gleichzeitig hohem Grad der Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten aufweisen. Hier wird demnach dem Modell unterstellt, dass hier die größten Potenziale mit dem LCC-Simulator zu realisieren sind. Bei Produkten (Anlagen) mit einem hohen Grad an Komplexität/Erklärungsbedürftigkeit aber einem geringeren Grad der Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten ist es trotzdem sinnvoll das Instrument einzusetzen, da es aus marketingtechnischen Gesichtspunkten einfacher wird, die Komplexität und die transparenten Vorgänge in der Prognose bezüglich der Kosten in Abhängigkeit von der Konfiguration darzustellen.

Im Falle einer geringen Komplexität/Erklärungsbedürftigkeit aber eines hohen Grades an Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten ist es ebenfalls angebracht die Vorgehensweise einzusetzen, da hier sehr einfach und schnell einem potentiellen Anlageninvestor die Potentiale einer Verringerung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit seiner Anlagenkonfiguration aufgezeigt werden können. Durch diese Vorgehensweise wird automatisch ein höheres Niveau in der Argumentation, z.B. während eines Verkaufsgesprächs, erzielt.

Die Vorgehensweise bei der Optimierung der Lebenszykluskosten ist nun beschrieben und die Einsatzmöglichkeiten sind aufgezeigt. Im folgenden Kapitel soll nun die Richtigkeit des hier gewählten Ansatzes mit Hilfe eines konkreten Fallbeispiels nachgewiesen und die Anwendung des Konzeptes näher erläutert werden.

7. Fallbeispiel Getränkeabfüllanlage

Während in den vorangegangenen Kapiteln die verschiedenen Lebenszykluskonzepte der Literatur und der LCC-Simulator umfassend beschrieben worden sind, soll an dieser Stelle anhand eines realitätsnahen Beispiels (Getränkeabfüllanlagen) die praktische Anwendung des LCC-Simulators demonstriert und damit die Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken dieser neuen Vorgehensweise in der Praxis aufgezeigt werden.

Der Verkauf einer Bier-Abfüllanlage ist deshalb interessant, da in den kommenden Jahren mit stagnierenden, wenn nicht sogar mit rückläufigen Absätzen von Bier gerechnet werden muss. Neue Wachstumsimpulse sind nicht in Sicht. Vielmehr werden durch die Einführung ausländischer Biere die zunehmende Handelskonzentration und die Kostenentwicklung bei den Abfüllbetrieben die Wettbewerbssituation verschärfen. Die Erschließung von Exportmärkten wird nur mit erheblichem finanziellen und personellen Aufwand möglich sein. Die dargestellte Wettbewerbssituation wird die deutschen Brauereien zwingen, die Leistungsbeiträge der einzelnen betrieblichen Funktionsbereiche noch konsequenter als in der Vergangenheit auf die Unternehmensziele auszurichten und die Leistungserstellung zu optimieren.⁸⁶ Im Zuge dieser Entwicklung werden die technologisch-betriebswirtschaftlichen Fragestellungen der Abfüllung des Produktes Bier verstärkt in den Blickpunkt rücken. Deshalb ist das Ziel dieser Fallstudie, anhand dieser skizzierten Wettbewerbssituation, den Einsatz des LCC-Simulators bei Getränkeabfüllanlagen zu demonstrieren. Leider muss an dieser Stelle auf Unternehmensdaten eines Anlagenherstellers und eines Abfüllbetriebes verzichtet werden, um die Geheimhaltungspflicht nicht zu verletzen. Weiter sind die Auswertungen in der Währung „DM“, da erst eine neue Releaseversion des LCC-Simulators fähig ist, die Ergebnisse in Euro anzuzeigen.

Vorab sollen zunächst die technischen Grundlagen der Getränkeabfüllanlagen erläutert werden, um dem Leser ein besseres Verständnis für die Konfiguration, die Auswertung und Optimierung der Anlage zu vermitteln.

⁸⁶ vgl. Lerner, Lerner (1996), S. 352ff

7.1 Anforderungen des Anlagenbetreibers an die Anlage

In der folgenden für diese Arbeit konstruierten Fallstudie, in der die Anwendbarkeit des LCC-Simulators demonstriert werden soll, wird auf das Beispiel des fiktiven Getränkeanlagenherstellers „Getränkeanlagen-GmbH“ zurückgegriffen.

Folgende Anforderungen an eine zu konfigurierende Anlage sind kundenseitig vorgegeben:

- Anlagenart: Bieranlage
- Nennleistung: 50.000 Flaschen/h (100%)
- Abfüllverfahren: Warmabfüllung
- Flaschenmaterial: Glas 0,5l und 0,33l (mehrweg)
- Gebinde: Kisten (nicht Kartons oder Six-Packs)

Die Kenntnis darüber, dass nur Bier abgefüllt werden soll, ist wichtig, da anhand dieser Aussage die geeigneten Füllmaschinen im Modulbaukasten eingegrenzt werden können. Bier hat bei der Abfüllung die Eigenart, ein sog. Überschäumverhalten aufzuzeigen und damit die Abfüllgeschwindigkeit zu beeinträchtigen. Deshalb ist es entscheidend, ob der Anlagenbetreiber sich für eine „Warm-“, oder eine „Kaltabfüllung“ entscheidet. Bei einer Warmabfüllung ist eine zusätzliche Maschine in die Anlage einzubringen, die das Bier auf Temperatur hält (Kurzeiterhitzungsanlage). Die Flaschengröße die auf der Anlage gefahren werden kann, ist zusätzlich entscheidend für die Nennleistung der Anlage. Als Faustregel gilt: „Je größer eine Flasche bei der Abfüllung, desto geringer die Nennleistung der Anlage (Flaschen/h)“. Flaschengrößen, die auf der Anlage abgefüllt werden, sind 0,5l und 0,33l. Bei diesen beiden Flaschengrößen ist mit einer Leistungseinbuße wie oben angemerkt nicht zu rechnen.

Eine Bieranlage besteht prinzipiell aus denen in Abb. 7.1 aufgeführten Maschinen. Die Anordnung der Maschinen ergibt sich aus dem Fluss des Flaschenmaterials (gepunktet) und dem Fluss des Gebindes in der Anlage (gestrichelt).

Nachfolgend sollen die Maschinen zum bessern Verständnis kurz erläutert werden:

- **Auspacker:** Die Maschine trennt Flaschen und Kasten voneinander und leitet sie in der Anlage weiter. Leistungsspektrum: 3000 bis 36.000 Flaschen/h.
- **Flaschensortierung:** Hier findet eine Sortierung der Flaschen statt. Sortierkriterien sind die Farbe und die Form der Flaschen. Flaschen, die nicht den geforder-

ten Kriterien entsprechen, werden zum Flaschenabräumer weitergeleitet und aussortiert. Leistungsspektrum: 3000 und 30.000 Flaschen/h.

- Flaschenabräumer:** Hier werden die fehlerhaften Flaschen aus der Anlage ausgeschleust, die die Flaschensortierung identifiziert hat. Leistungsspektrum: 3000 bis 10.000 Flaschen/h.

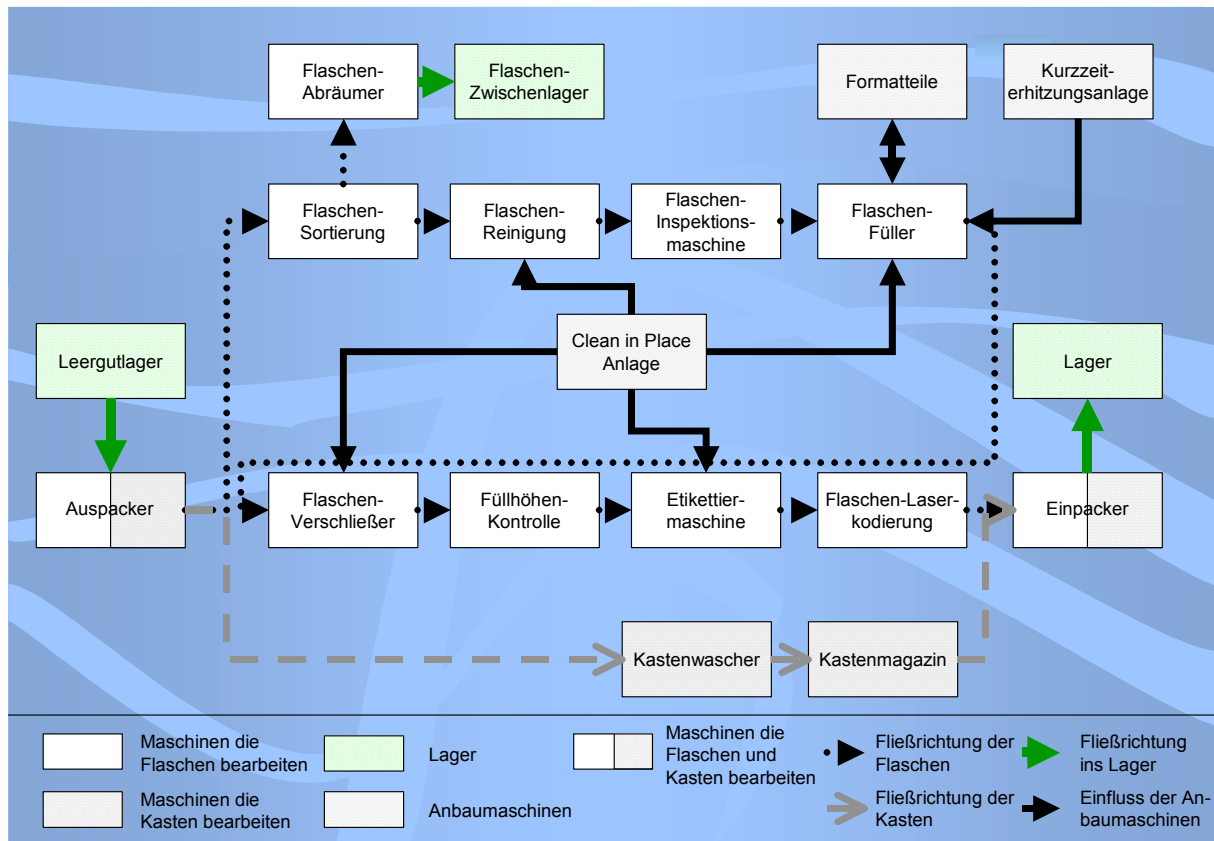


Abb. 7.1: Prinziplayout einer Mehrweg-Bieranlage

- Flaschenreinigung:** Die Reinigungsmaschinen werden als Einend- und Doppelpendmaschinen in eine Anlage platzschonend eingebaut. Hier werden die Flaschen innen und außen von Verunreinigungen und Etiketten befreit. Leistungsspektrum: 3000 Flaschen/h bis 150.000 Flaschen/h.
- Flascheninspektionsmaschine:** Die Maschine untersucht die Flaschen auf Fremdstoffe und auf Bruchbeschädigungen. Bei Mängeln werden die entsprechenden Flaschen aussortiert. Leistungsspektrum zwischen 3000 Flaschen/h bis 36.000 Flaschen/h.

- **Flaschenfüller:** Das Füllgut wird mit dieser Maschine in Flaschen abgefüllt. Der Flaschenfüller ist die wichtigste Technologie in einer Abfüllanlage und determiniert den Ausstoß einer Anlage. Leistungsspektrum: 3000 Flaschen/h und 80.000 Flaschen/h
- **Flaschen-Verschließer:** Nach dem Füllen der Flaschen werden sie mit Hilfe verschiedener Verschlusstechniken verschlossen. Bei einer Bieranlage ist dies vorwiegend der Kronkorken. Die Verschließmaschine ist in unmittelbarer Nähe zur Füllmaschine aufgebaut, um das Getränk nach dem Abfüllen schnell zu verschließen und somit möglichst keimfrei zu halten. Leistungsspektrum: 3000 Flaschen/h bis 80.000 Flaschen/h
- **Füllhöhenkontrolle:** Die Maschine überprüft, ob der Füllvorgang und der Verschließvorgang korrekt abgelaufen ist. Bei zu niedrigen Füllständen oder falschem Verschluss wird die Flasche automatisch aussortiert. Leistungsspektrum: 3000 Flaschen/h bis 80.000 Flaschen/h.
- **Etikettiermaschine:** Mit der Maschine wird am Bauch, Rücken und Hals der Flasche ein Etikett mit Leim angeklebt. Leistungsspektrum: 3000 Flaschen/h bis 80.000 Flaschen/h.
- **Lasercodierung (Flaschen):** Die Maschine versieht jedes Etikett mit dem Haltbarkeitsdatum und wahlweise mit einem Streifencode. Leistungsspektrum: 3000 Flaschen/h bis 80.000 Flaschen/h.:
- **Kastenwascher:** Hier werden die Kisten von Verschmutzungen, die durch den Transport und den Gebrauch entstanden sind, befreit und dem Kistenmagazin übergeben. Leistungsspektrum: 500 Kisten bis 3000 Kisten/h.
- **Kistenmagazin:** Sie lösen das Problem der ausreichenden Pufferung der Kisten zwischen Auspacker und Einpacker in einer Anlage. Aufnahmekapazität: Beliebig erweiterbar in Einheiten von je 500 Kisten
- **Einpacker:** Die Maschine führt gefüllte Flaschen und gereinigte Kästen zusammen. Leistungsspektrum 10.000 Flaschen/h bis 36.000 Flaschen/h.
- **Gebindetransport:** Kisten, Kartonagen und Fässer müssen bis zu ihrem Verpackungsort transportiert werden.
- **Flaschentransport:** Die Flaschen werden mit Transporteuren (Stahlbänder) durch die Anlage geführt. Entscheidend für die Förderkapazität der Transporteure ist die Bahnigkeit. Unterschieden werden 4-, 6-, 8-, 10-, 12- und 16-bahnige Flaschen-Transporteure.

- **Kurzzeiterhitzungsanlage:** Die kontinuierliche Pasteurisation des Bieres im Durchlauf beträgt zwischen 70 und 95°C bei Heißhaltezeiten von 20-80 Sekunden. Die Haltbarkeit des Bieres in den Flaschen wird dadurch verlängert: Leistungsspektrum zwischen 3000 Flaschen/h und 65.000 Flaschen/h.
- **Clean in Place:** Das Reinigen und Sterilisieren der verschiedenen Maschinen in einer Anlage ist eine sehr wichtige Funktion um das Verkeimen der Anlage zu verhindern. Durch das Verfahren des Clean in Place sind jedoch nur sog. Zwischenreinigungen innerhalb einer Schicht zu leisten und nicht die großen Reinigungszyklen am Ende einer Schicht.
- **Formatteile:** Dienen zur Förderung der Flaschen im Flaschenfüller. Jede Flaschengröße benötigt unterschiedliche Formatteile. Die Genauigkeit der Formatteile sind ausschlaggebend für den störungsfreien Verlauf des Abfüllprozesses.

Die Anordnung der Komponenten und der Maschinen der Beispiel-Anlage sind nun ausreichend beschrieben und im Folgenden sollen nun noch die Eigenarten des Abfüllprozesses kurz erläutert werden.

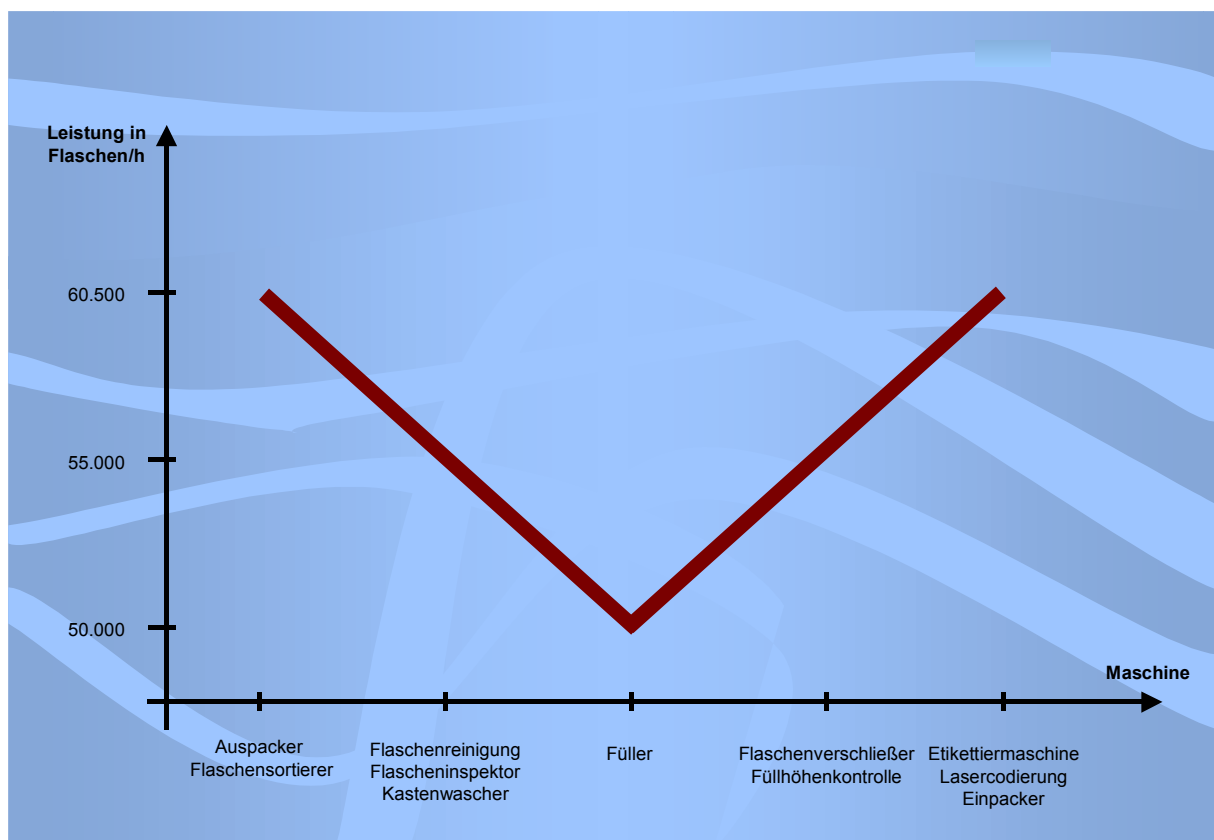


Abb. 7.2: V-Kurve bei der Anlagenauslegung

Um den reibungslosen Ablauf einer Getränkeabfüllung in einer Anlage zu garantieren, ist die Steigung der V-Kurve bei der Anlagenauslegung gemessen an der Füllmaschine entscheidend (vgl. Abb. 7.2). Dies bedeutet, dass die Maschinenkapazitäten, die der Füllmaschine vor- bzw. nachgelagert sind, in ihrer Leistung höher dimensioniert werden. Bei der vorliegenden Fallstudie wurde eine V-Kurve mit einer Steigung von 10% zwischen den benachbarten Maschinen (Maschinengruppen) dimensioniert.

Der Vorteil der Einhaltung der vorliegenden V-Kurve soll geringe Leistungsausfälle vorgelagerter und nachgelagerter Maschinen im Abfüllbetrieb kompensieren. Durch den Einbau verschiedener Puffer wird somit der geforderte Anlagenausstoß der Anlage leichter erzielt.

Sind die beschriebenen Maschinen nicht im geforderten Leistungsspektrum des Maschinen- und Modulbaukastens vorhanden, so sind die Maschinen zu duplizieren. Beispielsweise wird bei der Anlagenkonfiguration ein Auspacker mit einer Leistung von 60.500 Flaschen/h gefordert. Tatsache ist jedoch, dass es den Auspacker nur mit einer Leistung von max. 36.000 Flaschen/h zu kaufen gibt. In der vorliegenden Anlage werden deshalb 2 identische Auspacker mit einer Nennleistung von jeweils 30.000 Flaschen/h eingebaut.

Folgende Maschinen müssen redundant in der Anlage vorliegen, um den geforderten Output der Anlage zu garantieren:

- Flaschensortierer: 2 Maschinen á 30.000 Flaschen/h
- Flascheninspektor: 2 Maschinen á 30.000 Flaschen/h
- Einpacker: 2 Maschinen á 30.000 Flaschen/h

Die Anlage, die im Fallbeispiel berechnet werden soll, wurde anhand der oben beschriebenen Anforderungen mit einem Konfigurationseditor zusammengestellt. Hinter jeder Maschinengruppe ist die Basismaschine mit den jeweiligen Parametern aus dem Modulbaukasten hinterlegt.

Nicht nur die groben Rahmenbedingungen sind vom Anlagenbetreiber zu nennen, sondern auch die Varianten der LCC-Parameter sollten in Erfahrung gebracht werden. Dies ist damit zu begründen, dass die im LCC-Simulator hinterlegten standardisierten Werte nur Richtwerte darstellen und den tatsächlichen Anlagenbetrieb nur näherungsweise abbilden. Genaue Daten muss der Anlageninvestor bereitstellen (vgl. Abb. 7.3). Diese bereitgestellten Daten werden als Varianten im LCC-Simulator verwaltet. Die darüber hinaus einzustellenden Module sind hier noch die Schulung, die Projektierung und der Abbau der Anlage.

Fallbeispiel

The screenshot shows the 'Eingabemaske LCC Parameter' window. The left sidebar lists project components like 'Palettenmagazin', 'Neuglas - Abräumer', 'Projekt', 'Basismaschine', etc. The main table lists various LCC parameters such as 'Bedienpersonal (Mechatroniker)', 'Entsorgung Etiketten', 'Verbrauch Dampf (Aufwärmen)', etc., with their units and values for different variants.

LCC-Parameter	Einheit	Standardbetriebs	Variante2	Variante3	Variante4	Variante5
Bedienpersonal (Mechatroniker)	MT					
Bedienpersonal (Operator)	MT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Entsorgung Etiketten	m ³ /h					
Entsorgung Filtrate	Kg/h					
Entsorgung Flaschenmaterial	Beh./h	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Entsorgung Lauge	m ³ /h					
Entsorgung Restprodukt	l/h	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Entsorgung Sonstiges	m ³ /h					
Entsorgung Wasser	m ³ /h					
Verbrauch Dampf (Aufwärmen)	MJoule/h					
Verbrauch Dampf (Nennlast)	MJoule/h					
Verbrauch el. Energie (Nennlast)	kWh	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Verbrauch el. Energie beim Anfahren	kWh					
Anschaffungskosten	DM	2333690,00	2333690,00	2333690,00	2333690,00	2333690,00
Zusätzliche Umrüstteile	DM					
Dauer Anfahren	min					
Dauer Anfahren Maschine	min					
Dauer Aufwärmen	min					
Dauer Auslaufen	min					
Dauer Reinigung im Stillstand/Inspr	min	120,00	120,00	150,00	150,00	150,00
Dauer Wechsel Behälter	min	10,00	10,00	10,00	15,00	15,00
Dauer Wechsel Etikettierung	min					
Dauer Wechsel Gebinde	min					
Dauer Wechsel Getränk	min	45,00	45,00	60,00	45,00	45,00
Dauer Wechsel Palettierung	min					
Dauer Zwischenreinigung	min	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dauer Wartung mit Stillstand	min	100,00	100,00	120,00	100,00	100,00
Ferndiagnose mit Fehlerbehebung	DM/min					
Instandhaltungsfaktor	%	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
maschinenbedingte Störzeiten	%	15,00	15,00	15,00	15,05	0,05
Verbrauch Ersatzteile durch Ausfall	DM					
Verbrauch Verschleißteile 2000 Bet	DM					
Verbrauch Verschleißteile 4000 Bet	DM					
Verbrauch Verschleißteile 5000 Bet	DM					
Servicedauer p. a.	Stunde					
Servicekosten p. a.	DM					

Abb. 7.3: Varianten der LCC-Parameter im LCC-Simulator

Im nächsten Schritt werden die Projekt- und Konfigurationsparameter mit dem Anlageninvestor abgeglichen. Diese werden, wie oben beschrieben, als Varianten gepflegt (vgl. Abb. 7.4). Die Bereitstellung unterschiedlicher Varianten dient dazu, die unterschiedlichen Bedingungen unter denen die Anlage betrieben werden soll, zu simulieren. Da die im Folgenden beschriebene Anlage bezüglich der Zusammenstellung der Maschinen identisch bleibt, müssen auch keine Konfigurationsparameter vorgesehen werden.

Um die Lebenszykluskosten zu berechnen, ist es zusätzlich notwendig, die Kosten jeder Mengeneinheit im LCC-Simulator zu hinterlegen. Standardisierte Werte sind systemseitig vorhanden, Varianten müssen im Verkaufsgespräch bestimmt werden (vgl. Abb. 7.5).

Fallbeispiel

LCC-Parameter		Einheit	Standard-Variante	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Instandhaltung	Anzahl Reinigung	Anzahl	10,00	25,00	15,00	10,00	10,00
Instandhaltung	Anzahl Wartung mit Stillstand	Anzahl	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Instandhaltung	Dauer Wartung ohne Stillstand (KHS) h	h	1800,00	1500,00	1200,00	2000,00	1800,00
Instandhaltung	Stundensatz Dauer Wartung ohne Stil DM	DM	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
kaufm. Parameter	Finanzierungszinssatz	%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
kaufm. Parameter	Overheadkostensatz	%	30,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Produktionsmengen	April	%					
Produktionsmengen	August	%					
Produktionsmengen	Dezember	%					
Produktionsmengen	Februar	%					
Produktionsmengen	Januar	%					
Produktionsmengen	Juli	%					
Produktionsmengen	Juni	%					
Produktionsmengen	Maerz	%					
Produktionsmengen	Mai	%					
Produktionsmengen	November	%					
Produktionsmengen	Oktober	%					
Produktionsmengen	September	%					
Projektzeiten	Anzahl CIP-Vorgänge	Anzahl	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Projektzeiten	Arbeitstage	Tage	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Projektzeiten	Arbeitszeit	h	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00
Projektzeiten	bezahlte Betriebspausen	min	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Projektzeiten	Gewährleistungszeitzeit	Jahr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Projektzeiten	Gleichzeitigkeitsfaktor	%	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Projektzeiten	Transportnachlauf nach Füller	min	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Projektzeiten	Transportvorlauf bis Füller	min	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Projektzeiten	Überholtage	Tage	15,00	15,00	20,00	15,00	15,00
Rüsthäufigkeiten	Umstellhäufigkeit Behälter	Anzahl	10,00	15,00	20,00	5,00	10,00
Rüsthäufigkeiten	Umstellhäufigkeit Etikett	Anzahl	10,00	15,00	21,00	5,00	10,00
Rüsthäufigkeiten	Umstellhäufigkeit Gebinde	Anzahl	10,00	15,00	20,00	15,00	10,00
Rüsthäufigkeiten	Umstellhäufigkeit Getränk	Anzahl	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Rüsthäufigkeiten	Umstellhäufigkeit Palettierung	Anzahl	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Schulung	Schulungskosten p.a.	DM	30600,00	30600,00	30600,00	30600,00	30600,00

Abb. 7.4: Varianten der Projektparameter im LCC-Simulator

Da die im LCC-Simulator festgelegten Parametermengen und -kosten Veränderungen über den Lebenszyklus einer Anlage unterworfen sind, ist es sinnvoll, Annahmen über deren Veränderungen vorab zu treffen (vgl. Abb. 7.6). Am Beispiel der Personalkosten lässt sich dieses erläutern, indem hier vorab tariflich mit ca. 3,5% Lohnsteigerungen (Variante 2) gerechnet werden kann. Im Worst-Case sind 5% (Variante 3) und im Best-Case (Variante 4) nur 2% Lohnerrhöhung denkbar.

Da Getränkeabfüllanlageninvestoren/-betreiber immer ihre Kosten anhand des Produktionsprogramms visualisiert haben möchten, wurde der LCC-Simulator um das Modul „Produktionsprogrammplanung“ erweitert. Hierzu ist es erforderlich, dass der Anlagenbetreiber sein Produktionsprogramm prognostiziert und im LCC-Simulator abbildet (vgl. Abb. 7.7).

Fallbeispiel

File Prozessdaten Simulation Projekterfassung Stammdaten System Extras Fenster ?

Eingabemaske **Preise-LCC Parameter**

	LCC-Parameter	Einheit	Standardbetriebs	Variante2	Variante3	Variante4	Variante5
1	Bedienpersonal (Mechatrk)	DM/p.a.	100000,00	70000,00	55000,00		
1	Bedienpersonal (Operator)	DM/p.a.	80000,00	60000,00	45000,00		
2	Entsorgung Etiketten						
2	Entsorgung Filtrate	DM/m ³	0,00				
2	Entsorgung Flaschenmate	DM/Beh.	0,50	0,45	0,45		
2	Entsorgung Lauge	DM/m ³	0,00				
2	Entsorgung Restprodukt	DM/l	0,02	0,02	0,02		
2	Entsorgung Sonstiges	DM/m ³	0,00				
2	Entsorgung Wasser	DM/m ³	10,00	12,00	2,00		
3	Verbrauch Dampf (Aufwär)	DM/MJoule	0,02	0,02	0,02		
3	Verbrauch Dampf (Nennla)	DM/MJoule	0,02	0,02	0,02		
3	Verbrauch el. Energie (Ne)	DM/kWh	0,19	0,19	0,05		
3	Verbrauch el. Energie beir	DM/KWh	0,19	0,19	0,05		

Suchen Speichern Schließen

Abb. 7.5: Varianten der Preise der LCC-Parameter

File Prozessdaten Simulation Projekterfassung Stammdaten System Extras Fenster ?

Eingabemaske **Kosten/Mengen-Entwicklung**

LCC-Parameter	Einheit	Standard in %	Variante 2 in %	Variante 3 in %	Variante 4 in %	Variante 5 in %
Standardfaktor						
Bedienpersonal (Mechatroniker)	DM/p.a.		3,50	5,00	2,00	
Bedienpersonal (Operator)	DM/p.a.		3,50	5,00	2,00	
Entsorgung Etiketten						
Entsorgung Filtrate	DM/m ³					
Entsorgung Flaschenmaterial	DM/Beh.		10,00	15,00	15,00	
Entsorgung Lauge	DM/m ³					
Entsorgung Restprodukt	DM/l		10,00	15,00	15,00	
Entsorgung Sonstiges	DM/m ³					
Entsorgung Wasser	DM/m ³		5,00	10,00	7,00	
Verbrauch Dampf (Aufwärmen)	DM/MJoule		1,00	2,00	5,00	
Verbrauch Dampf (Nennlast)	DM/MJoule		4,00	2,00	3,00	
Verbrauch el. Energie (Nennlast)	DM/kWh		5,00	2,00	4,00	
Verbrauch el. Energie beim Anfahren	DM/KWh		10,00	2,00	3,00	
Anschaffungskosten						
Zusätzliche Umrüstteile						
Dauer Anfahren						
Dauer Anfahren Maschine						
Dauer Aufwärmen						
Dauer Auslaufen						
Dauer Reinigung im Stillstand/Insp.						
Dauer Wechsel Behälter			-1,00	-2,00	-3,00	-4,00
Dauer Wechsel Etikettierung			-1,00	-2,00	-3,00	-4,00
Dauer Wechsel Gebinde			-1,00	-2,00	-3,00	-4,00
Dauer Wechsel Getränk			-1,00	-2,00	-3,00	-4,00
Dauer Wechsel Palettierung			-1,00	-2,00	-3,00	-4,00
Dauer Zwischenreinigung						
Dauer Wartung mit Stillstand						
Felddiagnose mit Fehlerbehebung						
Instandhaltungsfaktor			1,00	1,00	1,00	1,00
maschinenbedingte Störzeiten			1,02	1,02	1,02	1,02
Verbrauch Ersatzteile durch Ausfall						
Verbrauch Verschleißteile 2000 Bei						
Verbrauch Verschleißteile 4000 Bei						

Suchen Speichern Schließen

Abb. 7.6: Kosten und Mengenentwicklungen während des LC

Fallbeispiel

Eingabemaske Jahresproduktion

Produkt	Flaschengroesse	Standard in Hl	Variante2 in Hl	Variante3 in Hl	Variante4 in Hl	Variante5 in Hl
Alt 0,5	0,5	100000,00	100000,00	100000,00	400000,00	
Pils 0,33	0,33	0,00	10000,00	50000,00	0,00	0,00
Pils 0,5	0,5	50000,00	150000,00	30000,00	40000,00	
Hell 0,33	0,33	0,00	10000,00	50000,00	0,00	0,00
Hell 0,5	0,5	100000,00	0,00	0,00	0,00	
Alt 0,33	0,33					
Dunkel 0,5	0,5	100000,00	0,00	40000,00	0,00	
Alt 0,33	0,5					
Cola 1,5	1,5					
Fanta 1,5	1,5					
Mineralwasse 1,5	1,5					
Summe		350000,00	270000,00	270000,00	440000,00	0,00

Suchen Speichern Schließen

Abb. 7.7: Jahresproduktion der Anlage

Eingabemaske Produktionsmengenverteilung

LCC-Parameter	Einheit	Standard-Variante in %	Variante 2 in %	Variante 3 in %	Variante 4 in %	Variante 5 in %
Januar	%	6,00	6,00	6,00		
Febuar	%	6,00	6,00	6,00		
Maerz	%	7,00	7,00	7,00		
April	%	7,00	7,00	7,00		
Mai	%	8,00	8,00	8,00		
Juni	%	10,00	10,00	10,00		
Juli	%	11,00	11,00	11,00		
August	%	11,00	11,00	11,00		
September	%	10,00	10,00	10,00		
Oktober	%	8,00	8,00	8,00		
November	%	7,00	7,00	7,00		
Dezember	%	9,00	9,00	9,00		
Gesamt		100,00	100,00	100,00		

Suchen Speichern Schließen

Abb. 7.8: Produktionsmengenverteilung

Zusätzlich wurde in das Modul „Produktionsprogrammplanung“ noch die jährliche Abfüllmengenverteilung eingearbeitet (vgl. Abb. 7.8). Diese Funktion soll dem Anlagenbetreiber helfen zu entscheiden, ob eine konfigurierte Anlage die Absatzspitzen des Getränkes in den Sommermonaten decken kann und dient somit als Performance-Absicherung der Anlage.

Die Eingaben seitens des potentiellen Anlagenbetreibers sind nun getätigt und es kann jetzt der Berechnungslauf mit anschließenden Auswertungen und Optimierungen stattfinden.

7.2 Entscheidung für eine geeignete Getränkeabfüllanlage

In dem vorliegenden Fallbeispiel handelt es sich in beiden Varianten der Simulationsmodelle (Alpha und Beta) um die oben beschriebene Konfiguration der Anlage. Wie Abb. 7.9 zeigt, unterscheidet sich die Anlagenkonfiguration nicht. Die Simulationsmodelle Alpha und Beta unterscheiden sich hinsichtlich der Parametervarianten die im Simulationsmodell gewählt wurden. Die Korrekturparameter die in Abb. 6.16 und Abb. 6.18 aufgezeigt wurden, sind hier im Simulationsmodell Alpha und Beta hinterlegt.


		
Einstellwerte - Simulationsmodelle -		
Projekt: Mehrweg - Glas - Anlage		
Simulationsparameter	Simulationsmodelle	
	Alpha	Beta
Anlagen Konfiguration	Glas 50000 0,5l	Glas 50000 0,5l
Betriebs-Parametereinstellungen		
Parametermenge	2	3
Parameterpreis	2	3
Preisindex	2	2
Jahresmodell	2	2
Produktionsverteilung	2	2
Verlustzeiten	2	2
Korrektur Parameter (Klasse)		
Hygienegrad	2	1
Instandhaltung	1	3
Länderfaktor	1	3
Material-/Medienqualität	4	1
Schulungsindex	3	3
Simulationsvergleich	X	X

Abb. 7.9: Übersicht der Simulationsmodelle

Die effektive Laufzeit einer Anlage ist für einen Anlagenbetreiber eine entscheidende Größe im Anlagenbetrieb. Auf der Grundlage der jährlichen Brutto-Laufzeit einer Anlage (Arbeitszeit) werden die unproduktiven Laufzeiten der Anlage abgezogen und die effektive Laufzeit ermittelt (vgl. Abb. 7.10). In der Abb. 7.10 wird die theoretische Abfüllzeit berechnet. Die theoretische Abfüllzeit trifft eine Aussage, inwieweit das Simulationsmodell in der Lage ist, die kundenseitig geforderte Bier-Menge abzufüllen. Dies ist im vorliegenden Simulationsmodell Alpha nicht möglich, da die effektive Laufzeit der Anlage kleiner als die theoretische Abfüllzeit ist.

Abb. 7.11 prognostiziert die Entwicklung der effektiven Laufzeit der Anlage in den folgenden 10 Jahren. Der leichte Anstieg der effektiven Laufzeit ist darauf zurückzuführen, dass das Gesamtpaket an Korrekturparametern und Leerzeiten in einer positiven Konstellation zueinander stehen. Wenn die Details betrachtet werden, so lässt sich feststellen, dass die Erfahrungskurve dafür sorgt, dass die Verfügbarkeit zunimmt (vgl. Abb. 7.12). Dies ist dadurch begründet, dass dem Bedienpersonal unterstellt wird, dass die Rüstvorgänge durch die steigende Erfahrung bis ins Jahr 10 in ihrer Dauer stetig verkürzt werden können.

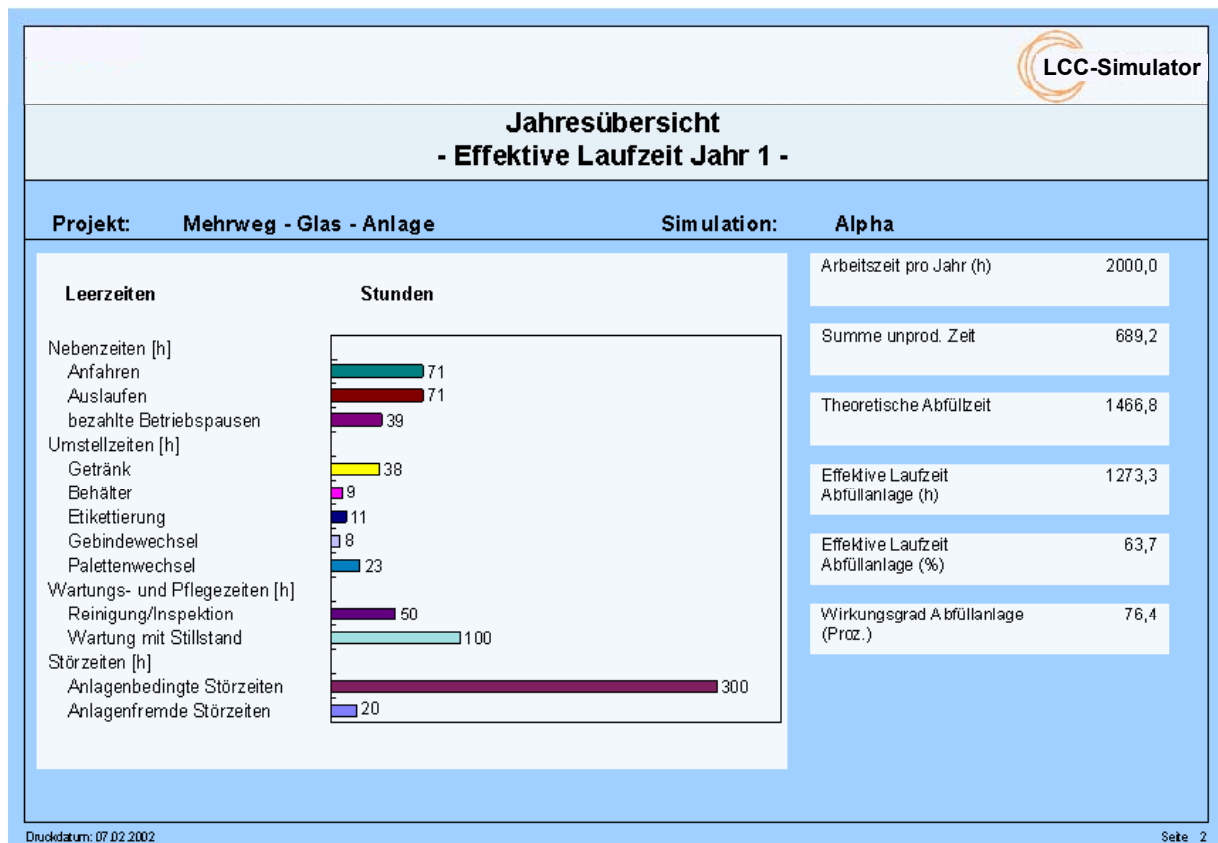


Abb. 7.10: Effektive Laufzeit der Simulation Alpha im Jahr 1

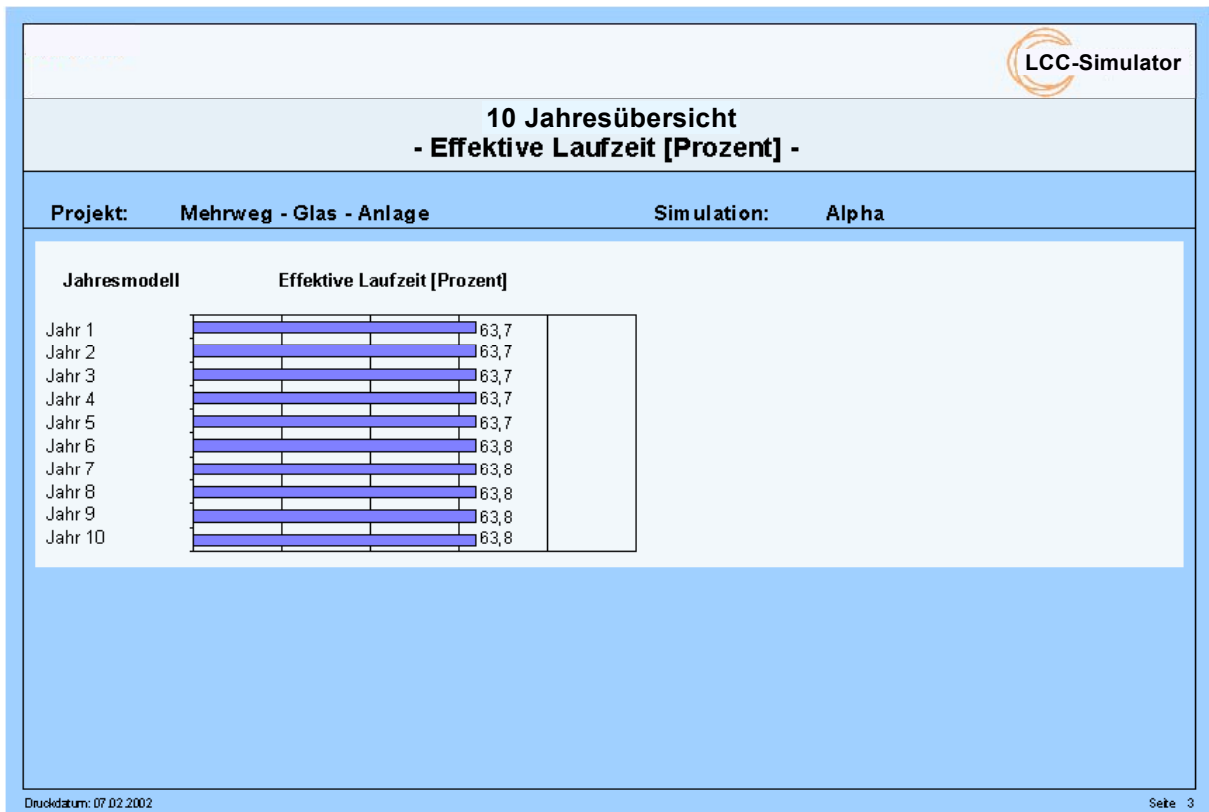


Abb. 7.11: Vergleich effektive Laufzeit der Simulation Alpha

LCC-Simulator

10 Jahresübersicht - Effektive Laufzeit -

Projekt: Mehrweg - Glas - Anlage **Simulation:** Alpha

Zeitaufteilung	Jahresprofil									
	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
Arbeitszeit pro Jahr (h)	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0
Effektive Laufzeit Abfüllanlage (%)	63,7	63,7	63,7	63,7	63,7	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8
Nebenzeiten [h]										
Anfahren	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Auslaufen	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
bezahlte Betriebspausen	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Umstelzeiten [h]										
Getränk	38	37	37	36	36	36	35	35	35	34
Behälter	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8
Etikettierung	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10
Gebindewechsel	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Palettenwechsel	23	22	22	22	22	21	21	21	21	21
Wartungs- und Pflegezeiten [h]										
Reinigung/Inspektion	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Wartung mit Stillstand	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Störzeiten [h]										
Anlagenbedingte Störzeiten	300	303	306	309	312	316	319	322	325	329
Anlagenfremde Störzeiten	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Summe unprod. Zeit	689,2	688,9	688,4	688,1	687,7	687,3	687,0	686,6	686,3	685,9

Druckdatum: 07.02.2002 Seite 4

Abb. 7.12: Detailübersicht der effektiven Laufzeit

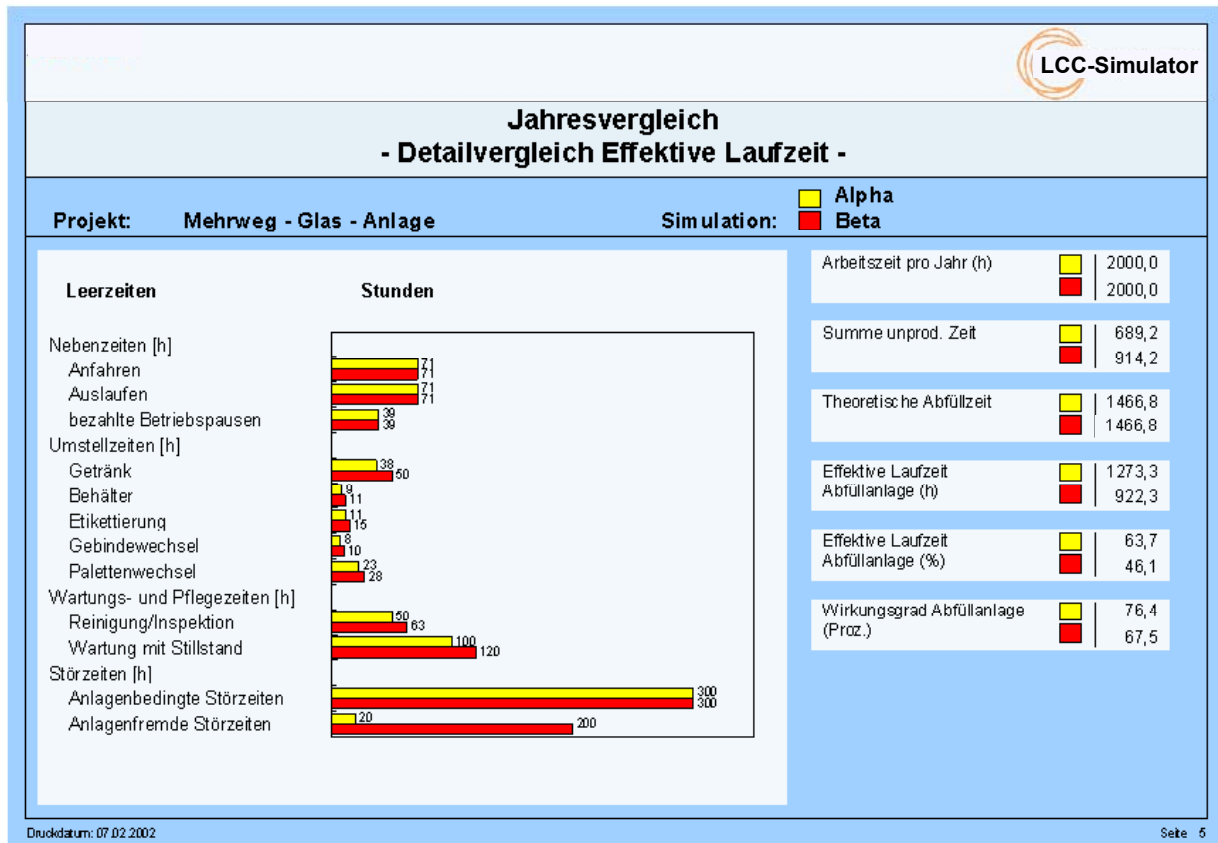


Abb. 7.13: Vergleich der effektiven Laufzeit der Simulationsmodelle

Werden die Simulationsmodelle anhand der effektiven Laufzeit miteinander verglichen (vgl. Abb. 7.13), so wird deutlich, dass die Auswahl verschiedener Korrekturparameter erhebliche Auswirkungen auf die effektive Laufzeit der Anlage hat. Im vorliegenden Fallbeispiel ist dies dadurch begründet, dass die Konfiguration Alpha im Land A betrieben werden soll und die Konfiguration Beta im Land B. Land A stellt hierbei ein hoch entwickeltes Industrieland dar, in dem optimale Bedingungen hinsichtlich der Korrekturparameter (Personalschulung, Hygiene, Instandhaltungsphilosophie, Material und Medienqualität und Aufstellungsort) vorliegen. Land B stellt im Gegensatz hierzu ein Betriebsort mit schlechter Motivation seitens der Mitarbeiter, schlechten sozialen und kulturellen Bedingungen und einem schlechten Ausbildungsstand der Mitarbeiter dar. Aus diesem Grund wurde zuerst der Hygienegrad der Anlage verringert. Dies führt dazu, dass die Reinigungszyklen während der Laufzeit einer Anlage verringert werden und somit die Anlage schneller verkeimt. Die Folge daraus ist, dass die Reinigungszyklen die im Stillstand durchgeführt werden erhöht werden müssen, um die Anlage wieder in einen betriebsfähigen Zustand zu stellen. Durch die Verringerung des Instandhaltungsindex, begründet durch fehlerhafte Ersatzteile von Fremdherstellern, unsachgemäßer Einbau usw., werden die Wartungszeiten der Anlage im Stillstand und die anlagenbedingten Störzeiten in Land B ansteigen. Durch eine Anpassung des

Korrekturparameters „Aufstellungsort“ werden die anlagenfremden Störzeiten nochmals zusätzlich erhöht. Dies begründet sich dadurch, dass bei einem Abfüllbetrieb in Land B die Motivation der Mitarbeiter tendenziell schlechter ist und die klimatischen Verhältnisse (Luftfeuchtigkeit, Temperatur usw.) für den Betrieb der Anlage ungeeigneter sind als bei einem vergleichbaren Abfüllbetrieb in Land A. Die schlechtere Motivation bei Mitarbeitern führt dazu, dass bei kleineren Störungen in Land A motivierte Bediener die Störung sofort selbst beheben, während es in Land B sofort zu einem Stillstand der Anlage kommen würde. Die schlechtere Material- und Medienqualität in Land B resultiert daraus, dass der Anlage z.B. Flaschenmaterial zur Abfüllung zugeführt wird, welches nicht der Norm entspricht und damit kommt es in sämtlichen Maschinen, aber vor allem im Füller, zu verstärkt auftretenden Crashes, die die Anlage stillsetzen. Der schlechtere Material- und Medienindex wirkt hier unmittelbar auf die anlagenfremden Störzeiten.

Abschließend ist festzustellen, dass durch die oben skizzierten Umstände die identisch konfigurierte Anlage, aber in einem „Entwicklungsland“ betrieben, mit erheblichen Einbußen bei der effektiven Laufzeit zu rechnen hat.

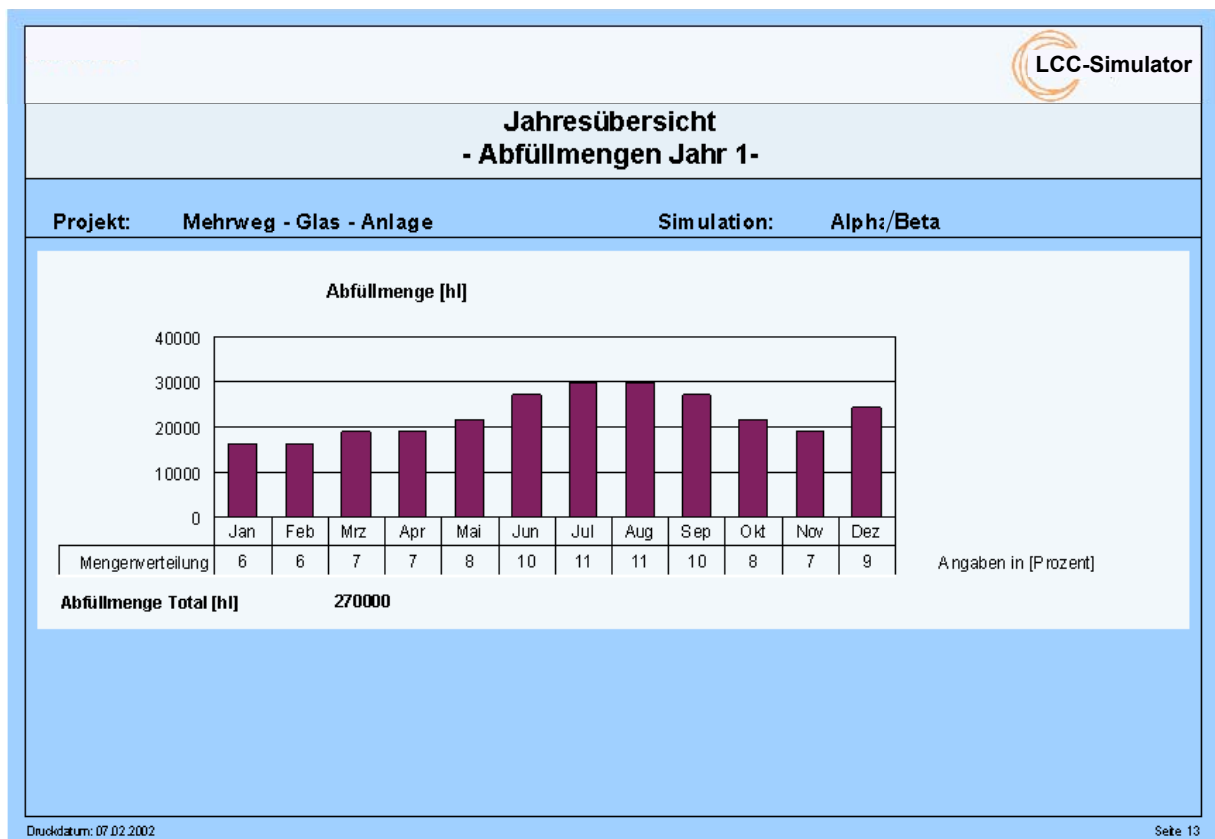


Abb. 7.14: Produktionsmengenverteilung

Wie bereits oben geschildert, sind beide Simulationsmodelle nicht fähig, die geforderte Abfüllmenge bei einer gewünschten Bruttobetriebszeit (Arbeitszeit) von 2000 h im Jahr zu erbringen. Als Entscheidungshilfe, in welchen Monaten zusätzliche Schichten gefahren werden müssen und in welchen Monaten das Simulationsmodell den Output erbringt, kann mit Hilfe der Abb. 7.14 entschieden werden.

Am Beispiel der Simulation Alpha kann hier prognostiziert werden, dass mit Sicherheit in den Monaten Juli und August Überstunden bei der Abfüllung gefahren werden müssen. Dies kann durch das Einlegen einer Zusatzschicht am Samstag stattfinden oder durch täglich ein bis zwei Überstunden. Weiter wäre auch denkbar, die Nennleistung der Anlage zu erhöhen und in einer Optimierungsschleife zu berechnen, wie sich die zusätzlichen Investitionskosten und die höheren Betriebskosten im Gegensatz zu den höheren Personalaufwendungen durch Zusatzschichten und Überstunden verhalten. Im Land B mit der niedrigen effektiven Laufzeit wird der geforderte Output der Anlage nur durch Zusatzschichten in den Monaten Mai bis Oktober und Dezember zu lösen sein.

Die Fragestellungen für einen weiteren Konfigurationslauf müssten nun lauten:

- Wie hoch sind die zusätzlichen Kosten, die durch zusätzliche Schichten entstehen?
- Ist es vorteilhaft die Nennleistung der Anlage zu erhöhen?

Diese Punkte sollen jedoch hier in diesem Fallbeispiel nicht näher betrachtet werden, da die Optimierungsschleifen und die Beschreibung den vorliegenden Rahmen der Arbeit sprengen würden.

Die Performance - Auswertungen der Anlage sind nun beschrieben und im Folgenden soll analysiert werden, wie sich die monetären Auswertungen der Anlage verhalten.

Die Kosten-Auswertungen der Anlage sind in Einzelkosten und Overheadkosten getrennt, damit die Unterteilung der Kosten den Bedürfnissen der Branche angepasst sind. Die Kosten, die die Anlage im Simulationsmodell Alpha verursacht, sind in Abb. 7.15 dargestellt.

Festzustellen ist, dass hier die größten Kostenblöcke die Instandhaltung, die Personalkosten und die Energiekosten sind. Durch die nähere Betrachtung dieser Kostenblöcke ist es möglich, in einem weiteren Simulationslauf zu beurteilen, wie sich größere Investitionen durch Zukauf weiterer Zusatzeinrichtungen, wie z.B. die Investition in eine zusätzliche Automatisierungseinheit und

somit die Einsparung eines Mitarbeiters, auf die Kosten auswirken. Bei der Instandhaltung ist zu prüfen, ob eventuell bestimmte wartungsfreie Bauteile sofort in die Anlage einbaut werden und somit bereits beim Anlagenkauf mehr investiert werden sollte. Die Energiekosten beim größten Leistungsabnehmer, der Flaschenreinigungsanlage, können durch Hinzufügen einer Wärmerückgewinnungsanlage, zusätzlichen Isolierungen usw. helfen, die Energiekosten zu reduzieren. Dies kann jedoch erst nach einem zusätzlichen Simulationslauf beurteilt werden.

Eine Auswertung der Einzelkostenübersicht über die prognostizierten 10 Jahre kumuliert, zeigt Abb. A1.1. In dieser Abbildung sind dieselben Aussagen zu treffen wie in Abb. 7.15.

Die Abschreibungskosten entstehen in den Simulationen Alpha und Beta durch eine lineare Abschreibung der Investitionskosten über 10 Jahre. Bei den Finanzierungskosten wird unterstellt, dass die gesamten Investitionskosten der Anlage fremdfinanziert sind. Durch die Multiplikation der Investitionskosten mit dem marktüblichen Zinssatz für Fremdkapital ergeben sich die Finanzierungskosten der Anlage. Die Overheadkosten sind hier zum Teil über eine Zuschlagskostenkalkulation ermittelt. Als Basis dienen hier die verschiedenen Einzelkostenpositionen.

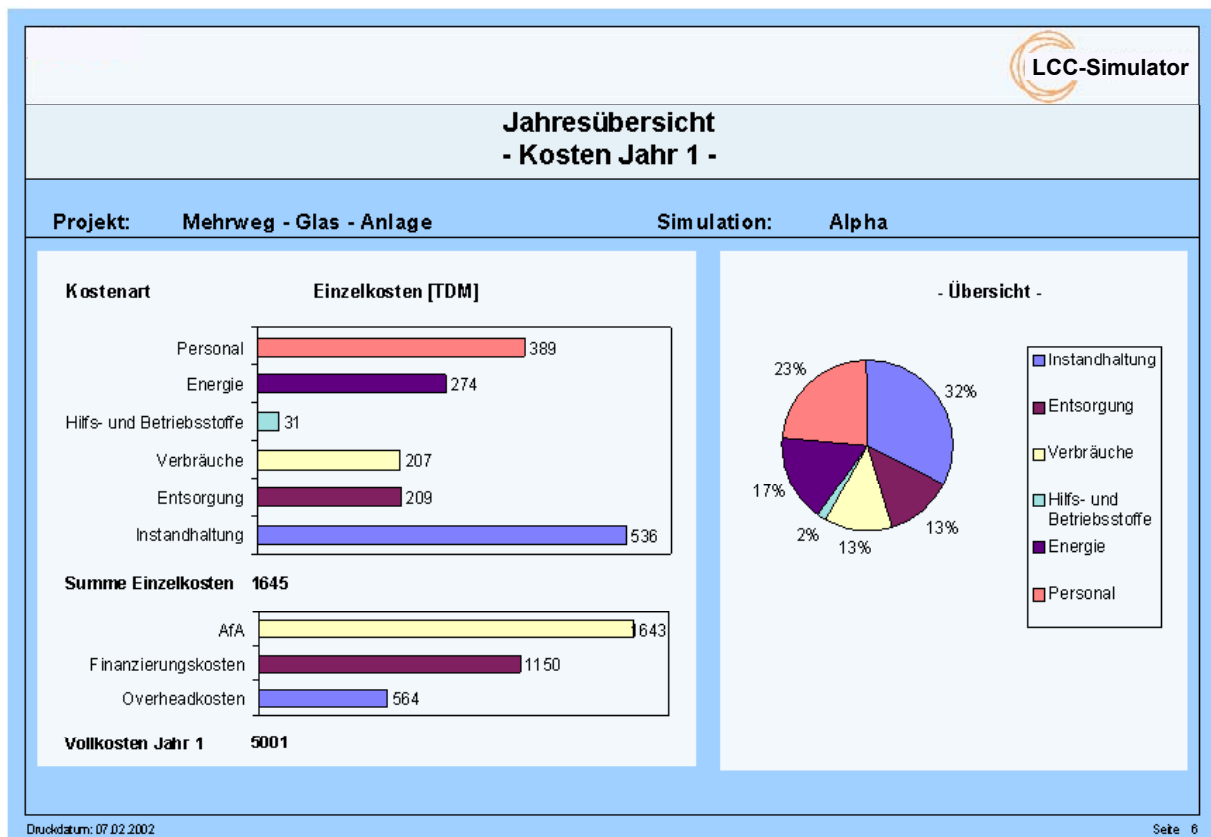


Abb. 7.15: Kostenübersicht der Simulation Alpha im Jahr 1

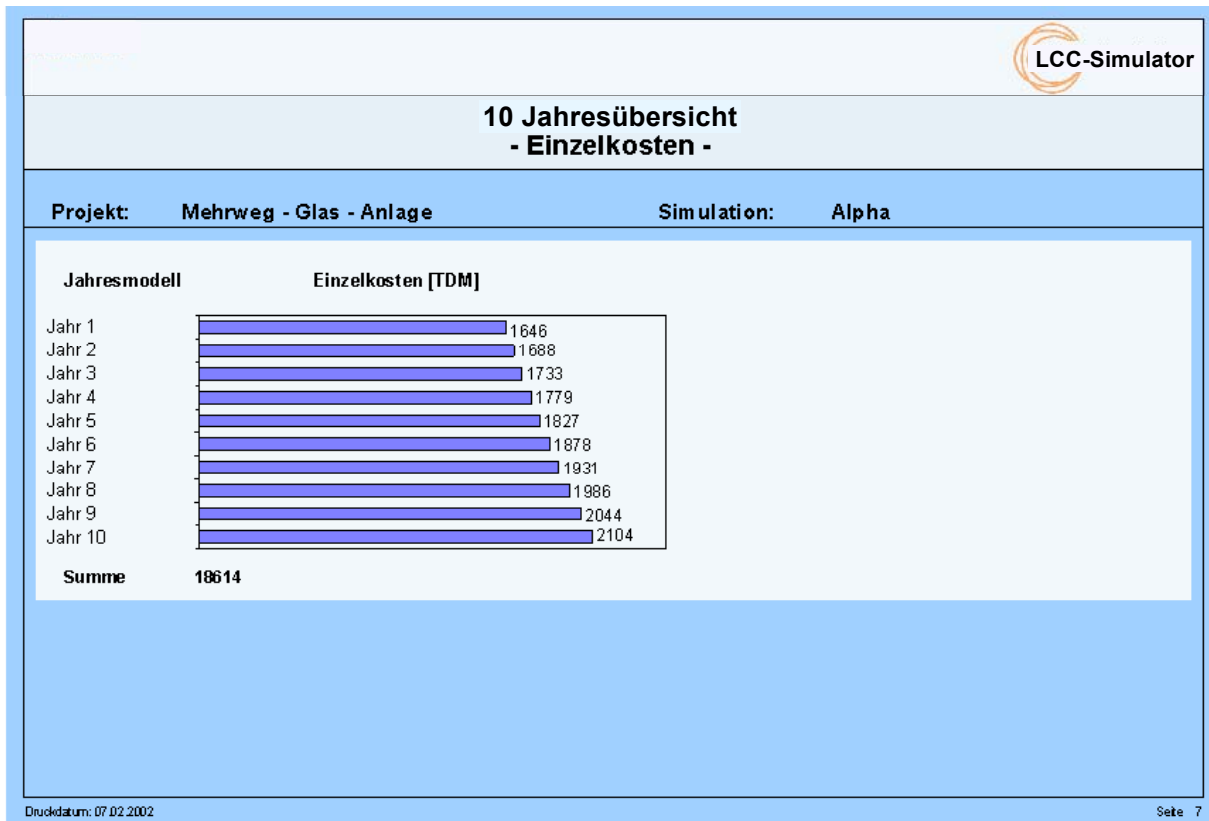


Abb. 7.16: Einzelkostenentwicklung Simulationsmodell Alpha

10 Jahresübersicht - Einzelkostentableau -

Projekt: Mehrweg - Glas - Anlage Simulation: Alpha

Zeitaufteilung	Jahresprofil																			
	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10										
Arbeitszeit pro Jahr (h)	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0										
Effektive Laufzeit Abfüllanlage (h)	1273,3	1273,7	1274,1	1274,4	1274,8	1275,2	1275,5	1275,9	1276,2	1276,6										
Effektive Laufzeit Abfüllanlage (%)	63,7	63,7	63,7	63,7	63,7	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8										
Kostenart	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.	TDM	Proz.
Personal	389	24	401	24	414	24	428	24	441	24	456	24	471	24	486	24	502	25	519	25
Energie	274	17	287	17	302	17	317	18	333	18	349	19	367	19	385	19	404	20	425	20
Hilfs- und Betriebsstoffe	31	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	1
Verbräuche	207	13	212	13	217	13	223	13	228	12	234	12	240	12	246	12	252	12	258	12
Entsorgung	209	13	220	13	232	13	245	14	258	14	272	14	286	15	302	15	319	16	336	16
Instandhaltung	536	33	536	32	536	31	536	30	536	29	536	29	536	28	536	27	536	26	536	25
Gesamt	1646		1688		1733		1779		1827		1878		1931		1986		2044		2104	

Druckdatum: 07.02.2002 Seite 8

Abb. 7.17: Detailansicht Einzelkostenentwicklung Simulationsmodell Alpha

Wie sich die Einzelkosten der Anlage im Simulationsmodell Alpha entwickeln, zeigt die Abb. 7.16. In der Detailansicht der Einzelkostenentwicklung (Abb. 7.17) wird die Steigerung der Einzelkosten in den folgenden 10 Jahren transparent. Anzumerken ist, dass in der Prognose der Kosten über die 10 Lebensjahre einer Anlage die Personalkosten durch steigende Löhne und Nebenkosten ansteigen und die Entsorgungskosten durch strengere Umweltauflagen ebenfalls stark steigen werden. Die Instandhaltungskosten bleiben bei der Anlage durch gute Wartungsmaßnahmen über die Laufzeit der 10 Jahre nahezu konstant. Ein weiterer Grund für die nahezu konstanten Instandhaltungskosten ist mit der Annahme eines konstanten oder sogar leicht sinkenden Ersatzteilpreises begründet. Der Umstand, dass alle Maschinen in der Anlage versetzte Instandhaltungszyklen haben, trägt zusätzlich zu einer Konstanz der Instandhaltungskosten bei.

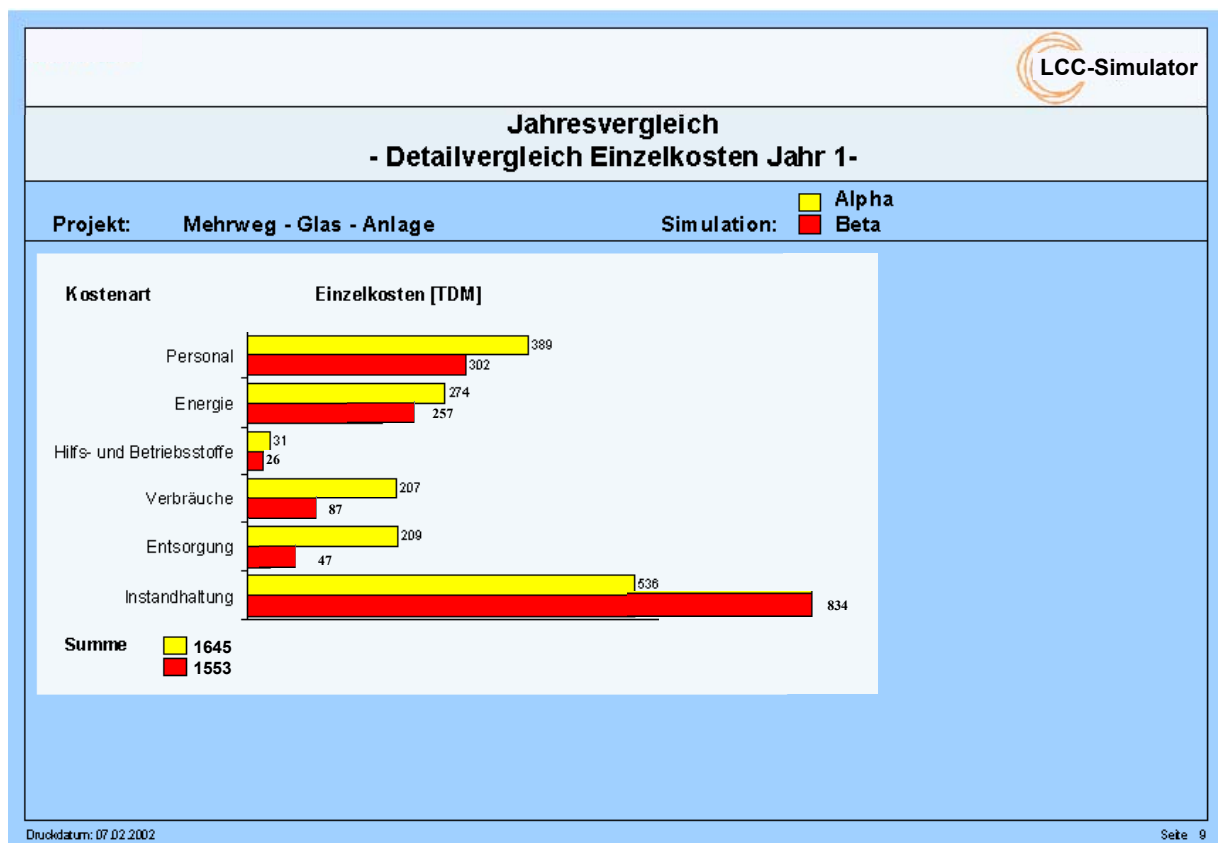


Abb. 7.18: Einzelkostenvergleich der Simulationsmodelle

Abb. 7.18 zeigt auf, wie sich unter den oben beschriebenen Bedingungen die Lebenszykluskosten beider Anlagen verhalten. Aufgrund dieser Erkenntnisse lassen sich in einem Optimierungslauf verschiedene Simulationsparameter ändern, um die Kosten in bestimmten Positionen zu optimieren. Sichtbar wird aus dieser Auswertung, dass alle Kostenpositionen der Simulation Beta bis auf die Instandhaltungskosten günstiger sind, als die der Simulation Alpha. In einem weiteren Optimierungslauf ist nun zu prüfen, mit welchen Maßnahmen es gelingen kann, die Instandhaltungs-

kosten im Simulationslauf Beta zu reduzieren. Die geringen Entsorgungskosten im Simulationslauf Beta begründen sich dadurch, dass die Vorschriften bei der Entsorgung der Rückstände aus der Anlage nicht derartig streng sind wie im Simulationsmodell Alpha. Die Finanzierungskosten, Overheadkosten und Abschreibungskosten berechnen sich analog wie in Abb. 7.15 beschrieben, wobei bei der Position Overheadkosten eine jährliche Steigerungsrate hinterlegt wurde. Eine grafische Darstellung der in Abb. 7.19 errechneten LCC ist in Abb. A1.3 dargestellt.

LCC-Simulator

**10 Jahresvergleich
- Simulationsvergleich -**

Projekt: Mehrweg - Glas - Anlage

Lifecycle-Cost [TDM]	Simulationsmodelle	
	Alpha	Beta
Personal	4505	3485
Energie	3441	3226
Hilfs- und Betriebsstoffe	311	301
Verbräuche	2316	1047
Entsorgung	2678	639
Instandhaltung	5360	8340
Summe Einzelkosten	18614	17038
AfA	16425	16425
Finanzierungskosten	11498	11498
Overheadkosten	6420	3947
Summe Life Cycle Cost	52959	48908

Druckdatum: 07.02.2002 Seite 16

Abb. 7.19: Lebenszykluskosten der Simulationsmodelle

Da in der Branche im Wesentlichen zwei Kennzahlen von Bedeutung sind, wurden im LCC-Simulator zusätzlich zu den LCC noch die Kosten der Abfüllung in „DM je TFL“ und in „DM je hl“ hinterlegt. Diese Kennzahlen waren bisher im Verkaufsgespräch nicht zu ermitteln, sondern mussten vom Controlling des Anlagenherstellers ermittelt werden. Die hier im Fallbeispiel ermittelten Kennzahlen sind in Abb. 7.20 dargestellt.

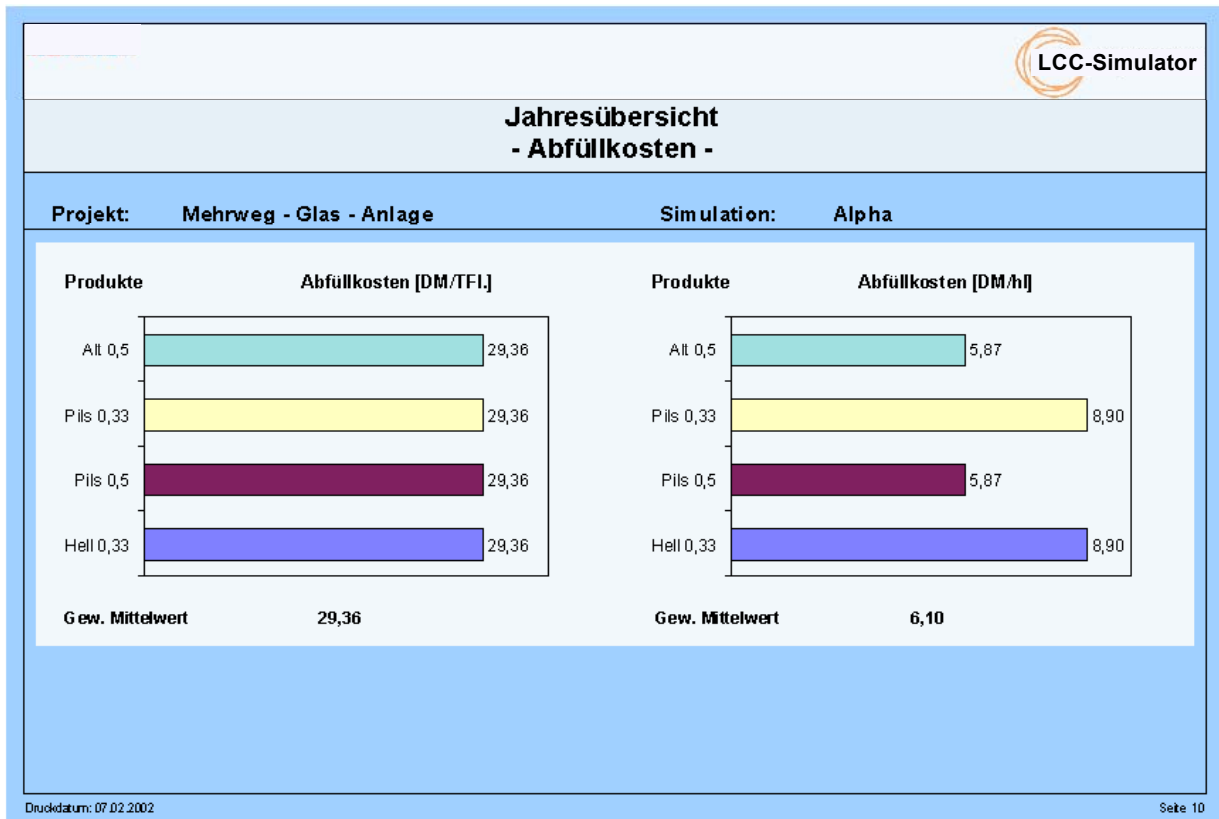


Abb. 7.20: Kennzahlen der Abfüllkosten

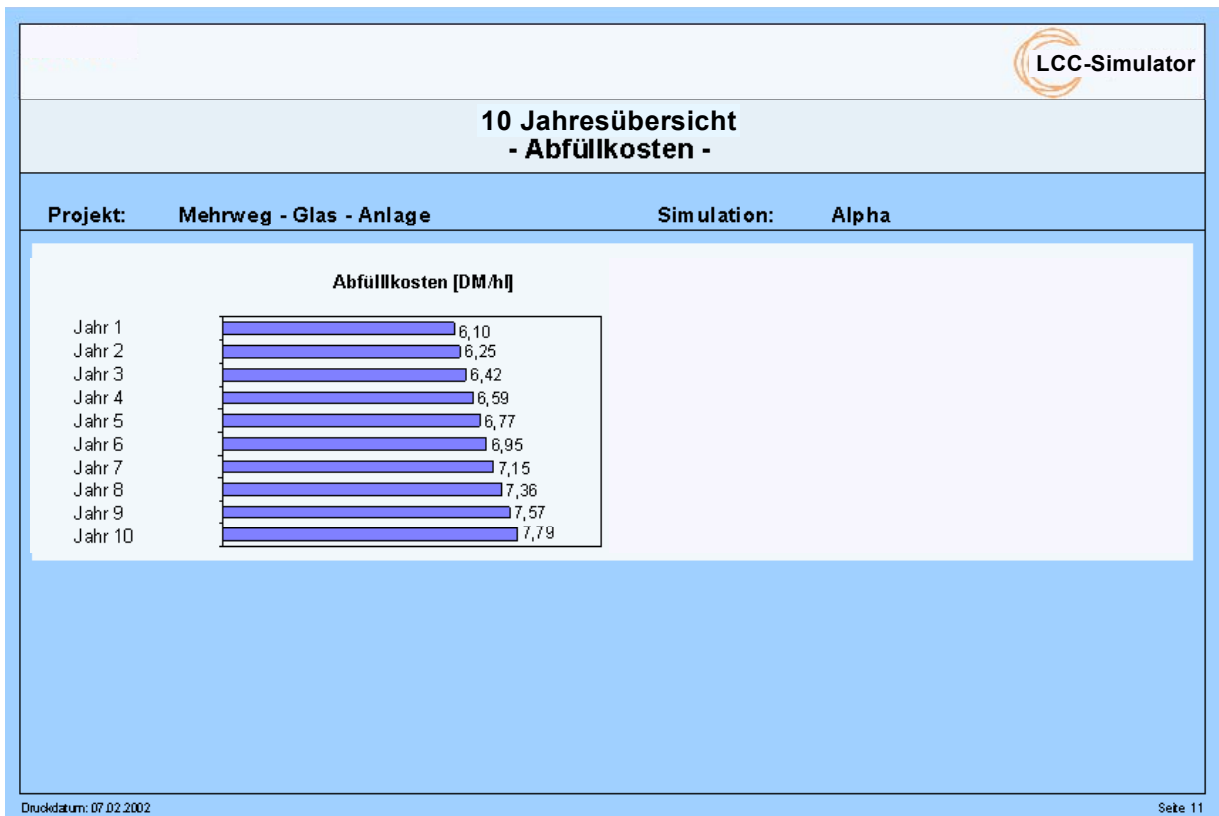


Abb. 7.21: Anstieg der Abfüllkosten während der Betriebszeit

Die Kennzahl „Abfüllkosten je TFL“ ist nicht determiniert über die Flaschengröße und die Biersorte, da in einer Anlage die gleichen Kosten anfallen, egal ob es sich um eine 0,5l oder 0,33l Flasche handelt. Diese Kennzahl wird anschließend umgerechnet in eine Kennzahl DM je hl. Diese Kennzahlen sind in der Branche gängige Größen und jeder Anlagenbetreiber kann anhand dieser Kennzahlen die Wirtschaftlichkeit einer Anlage beurteilen. Wie sich die Abfüllkosten entwickeln ist in Abb. 7.21 dargestellt. Zu sehen ist, dass die Abfüllkosten jährlich ansteigen, da die Betriebskosten der Anlage, bedingt durch die Steigerungsrate, jährlich ansteigen. Mit diesen Kennzahlen kann beurteilt werden, wann ein Abfüllbetrieb Preiserhöhungen für sein Bier einführen muss, um nicht unprofitabel zu werden. Sollte diese Preiserhöhung am Markt nicht durchsetzbar sein, so kann mittels dieser Auswertung überlegt werden, wann es sinnvoll wird, eine Rationalisierungsinvestition zu tätigen um die Kosten zu reduzieren. Wie sich die Kosten im einzelnen entwickeln ist in Abb. A.1.4 dargestellt.

7.3 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Anwendungsbeispiel wurden die beiden Simulationsmodelle bezüglich ihrer Eignung mit Hilfe der Cost- und Performance-Kennzahlen berechnet. Als Ergebnis des ersten Berechnungslaufes bleibt festzuhalten, dass die Simulation Beta aufgrund der beschriebenen Rahmenbedingungen eine erheblich schlechtere Verfügbarkeit aufweist und daher das geforderte Produktionsprogramm während der effektiven Laufzeit der Anlage nicht erbringen kann. Sowohl im Simulationsmodell Alpha als auch im Simulationsmodell Beta müssen hierfür Zusatzschichten und Überstunden gefahren werden.

Unterstellt man bei beiden Simulationsmodellen die gleiche Outputmenge an abgefülltem Bier, so wird sich die Simulation Beta aufgrund der Parametermengen und Parameterpreise erheblich besser entwickeln. Allerdings ist dies hier noch nicht eine Abschlussbeurteilung, sondern nur ein erstes Berechnungsergebnis eines ersten Simulationslaufes. In die Betrachtung sind bisher die folgenden Optimierungsschleifen noch nicht eingeflossen und daher Gegenstand weiterführender Berechnungen.⁸⁷

⁸⁷ Nicht in der Arbeit abgehandelt, da dies den Rahmen sprengen würde.

1. Ist es günstiger die Nennleistung der Anlage zu erhöhen oder ist es günstiger, Zusatzschichten zu fahren um das geforderte Produktionsprogramm zu leisten?
2. Wie können die identifizierten Kostentreiber reduziert werden?
3. Welche Maßnahmen reduzieren die Operatingkosten?
4. Rekonfiguration einer Anlage und deren Einflüsse.
5. Reengineering der Maschinen.
6. Verbrauchskosten und Entsorgungskosten optimieren unter Beachtung von Umweltgesichtspunkten z.B. durch
 - Einfügen einer Laugenaufbereitungsanlage
 - Bandschmiermittel aufbereiten und wiederverwenden.
7. Abschreibungsmodelle, Overheadkosten und Finanzierungskosten optimieren:
 - Vorteilhaftigkeit degressiver Abschreibungsverfahren abklären
 - Overheadkosten beim Anlagenbetreiber reduzieren⁸⁸
 - Finanzierungsmodell einbeziehen

Erst nach der Durchführung der Optimierungsläufe wird es möglich sein, eine Entscheidung bezüglich eines Simulationsmodells zu treffen.

⁸⁸ Die Vorgehensweise ist bisher nicht Gegenstand der LCC-Methodik

8. Fazit

Das mehrperiodische Modell des LCC-Simulators kann aufgrund zahlreicher, verbundener Einflüsse und der Unsicherheitsfaktoren Entscheidungen über ein optimales Investment und Produktionsprogramm zwar nur prognostizieren, doch es werden die Zusammenhänge, die auf bestimmten, variierbaren Prämissen (Parametern) beruhen, durch die Visualisierung der Cost- und Performance-Auswertungen handhabbar.

Sollte der Umstand eintreten, dass ein Anlageninvestor seine Investitionsentscheidung nur aufgrund des Anschaffungspreises tätigt, d.h. die Anlage mit dem geringsten Anschaffungspreis beschafft, ohne eine technische und betriebswirtschaftliche Optimierung durchlaufen zu haben, handelt dieser langfristig höchst unökonomisch. Bei diesem Verhalten kann dem Investor unterstellt werden, dass seine momentane Liquiditätssituation derart angespannt ist, dass er den Schaden den er durch dieses Verhalten dem Unternehmen zufügt, bewusst in Kauf nimmt. Denn der sich daraus ergebende betriebswirtschaftliche Schaden tritt erst in den folgenden Jahren und nicht sofort im Unternehmen des Investors auf und kann dann nur mit einem komplizierten Business Reengineeringprogramm wieder ausgeglichen werden. Diese kurzfristige Denkweise berücksichtigt also nicht die Denkweise des Shareholder-Value (SHV) Ansatzes. Dies würde nämlich bedeuten, dass der Anlageninvestor die Anlage mit den geringsten Lebenszykluskosten und nicht die Anlage mit dem geringsten Anschaffungspreis unter der Prämisse vergleichbarer technischer und qualitativer Rahmenbedingungen kaufen würde. In dem hier gewählten Ansatz wird auch die direkte Einwirkung der Lebenszykluskosten einer Anlage auf den SHV eines Unternehmens berücksichtigt.

Zusammenfassend lassen sich folgende Ergebnisse der Arbeit festhalten:

- Mit der LCC-Simulation wird es möglich, in Verkaufsgesprächen von komplexen Anlagen der einseitigen Sichtweise der Minimierung des Beschaffungspreises entgegen zu wirken. Ein Paradigmawechsel im Vertrieb wird herbeigeführt: „Vom Verkäufer zum Berater.“
- Die Prognose der Kosten- und Leistungsdaten einer konfigurierten Anlage im Verkaufsgespräch wird mit dem LCC-Simulator realisiert. Was bisher von einem ganzen Mitarbeiterstab bearbeitet werden musste, wird nun durch die unmittelbare Systemunterstützung erheblich reduziert.

- Die Sicherstellung der Eignung einer Anlage aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht für das geforderte Produktionsprogramm kann beurteilt werden. Wirkungsvolle Stellhebel sind hierfür die kundenindividuelle Anpassung der Referenzmodelle einer Anlage auf ein bestimmtes Produktionsprogramm.
- Die Darstellung der komplexen Wirkungszusammenhänge einer Anlage zur Unterstützung der verschiedenen Bereiche der Wertschöpfungskette des Anlagenherstellers und Anlagenbetreibers wurden aufgezeigt.
- Der LCC-Simulator stellt ein aktives System der Wissensnutzung im Unternehmen dar. Durch die Einführung der Vorgehensweise werden komplexe Wissenszusammenhänge im Maschinenbaukasten gespeichert, die zusätzlich dazu dienen, die Einarbeitung neuer Mitarbeiter in der Entwicklung, der Produktion und dem Vertrieb des Anlagenherstellers zielgerichtet zu unterstützen.
- Die Abarbeitung der drei Ebenen der LCC-Simulation führt zu einer Verringerung der in das Unternehmen hineingetragenen Variantenvielfalt. Durch die Verwendung eines Modulbaukastens und eines Konfigurators sind somit die Neuentwicklungen auf nicht standardisiert vorliegende Maschinen beschränkt.
- Durch die LCC-Simulation werden verschiedene Prozessschritte beim Anlagenverkauf verbessert und optimiert. Unterlagen der einzelnen Maschinen, Zusatzauskünfte über die Anlage und das Richtangebot können umgehend mit dem LCC-Simulator erstellt werden. Dies führt zu einer erheblichen Verkürzung der Angebotszeit bei gleichzeitig verbesserter Qualität.

Die Ergebnisse der Arbeit haben aber auch eine Reihe von Hindernissen bei der Anwendung des LCC-Simulators zu Tage gefördert, die durch einen erhöhten Einsatz der beteiligten Personen überwunden werden können:

- Die Anlagenhersteller sind nicht in der Lage, das Verfahren kurzfristig mit geeigneten Daten zu bestücken. Die Einführung der LCC-Simulation bei einem Anlagenhersteller ist mit großem beratungstechnischen Aufwand verbunden.
- Viele Anlagenbetreiber sind als Folge des Personalabbaus nicht in der Lage, die nötige personelle Kapazität für die Einführung dieser Methode zu erbringen. Experten des Anlagenherstellers beschäftigen sich viel zu sehr mit Problemen im

Tagesgeschäft und somit ist ein Anlagenhersteller heute nicht mehr fähig, auf die Marktgeschehnisse zu reagieren.

- Die Anlagenhersteller kennen oftmals die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen nicht, die die Maschinen in einer Anlagenkonfiguration untereinander verursachen. Es liegen nur Vermutungen und Erfahrungswerte im Unternehmen vor. Quantifizierbare Zusammenhänge sind nur durch eine Vielzahl an Befragungen und durch das Studium alter Anlagenkonfigurationen unter größten Anstrengungen zu ermitteln.
- Die Angst des Managements der Anlagenhersteller diesen schwierigen Weg zu gehen, ist heute immer noch dominierend. Ein hoher Ressourceneinsatz und der nicht direkt quantifizierbare Nutzen des Verfahrens machen den Einsatz schwer begründbar.
- Die Angst des Managements des Anlagenherstellers vor tiefgreifenden Veränderungen, die das Verfahren mit sich bringt, da in nahezu alle Funktionsbereiche eines Unternehmens eingegriffen wird.
- Die unrealistischen und überzogenen Vorstellungen vieler Anlagenbetreiber, die Verantwortung für die gesamten Lebenszykluskosten dem Anlagenhersteller als garantierte Kosten vertraglich zu sichern, ist hinderlich. Eine Gesamtverantwortung für die entstehenden Kosten ist nur möglich, wenn der Betrieb der Anlage voll in die Regie der Anlagenhersteller übergeht. Dies bedeutet dann aber im Gegenzug, dass sich eine Herstellerfirma in ein Betreiberkonzept mit einem sogenannten „Rundum-Sorglos-Paket“ mit verkauft. In diesem Fall sind Schäden durch Vandalismus, Fremdeinwirkung dritter oder Bedienfehler des Personals schlecht prognostizierbar.

Die oben genannten Herausforderungen der Praxis sind durch den Einsatz von Kapazitäten und Budget relativ einfach zu bewältigen. Folgende Punkte müssen jedoch seitens der Forschung noch genauer betrachtet werden:

- Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen der Instandhaltungsphilosophie, der Verfügbarkeit und der LCC-Entwicklung einer Anlage.
- Quantifizierung der Einflüsse der Personalschulung auf die Verfügbarkeit und die LCC-Entwicklung einer Anlage.

- Einflüsse von klimatischen Rahmenbedingungen auf die Störzeiten einer Anlage.
- Einflüsse der Unternehmenskultur auf die Verfügbarkeit und die LCC-Entwicklung einer Anlage.
- Untersuchungen der Vorteilhaftigkeit eines Betreibermodells.

ANHANG

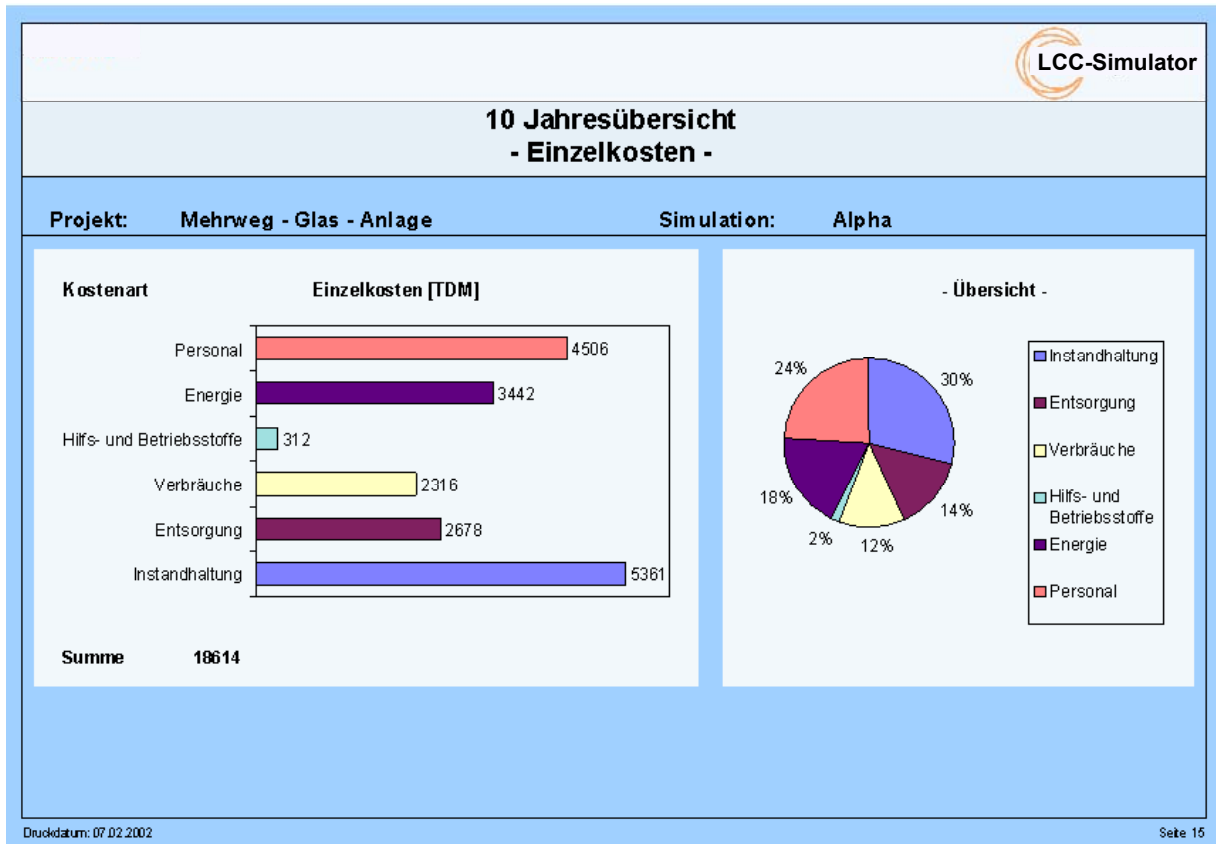


Abb. A.1.1: Einzelkostenübersicht kumuliert auf 10 Jahre

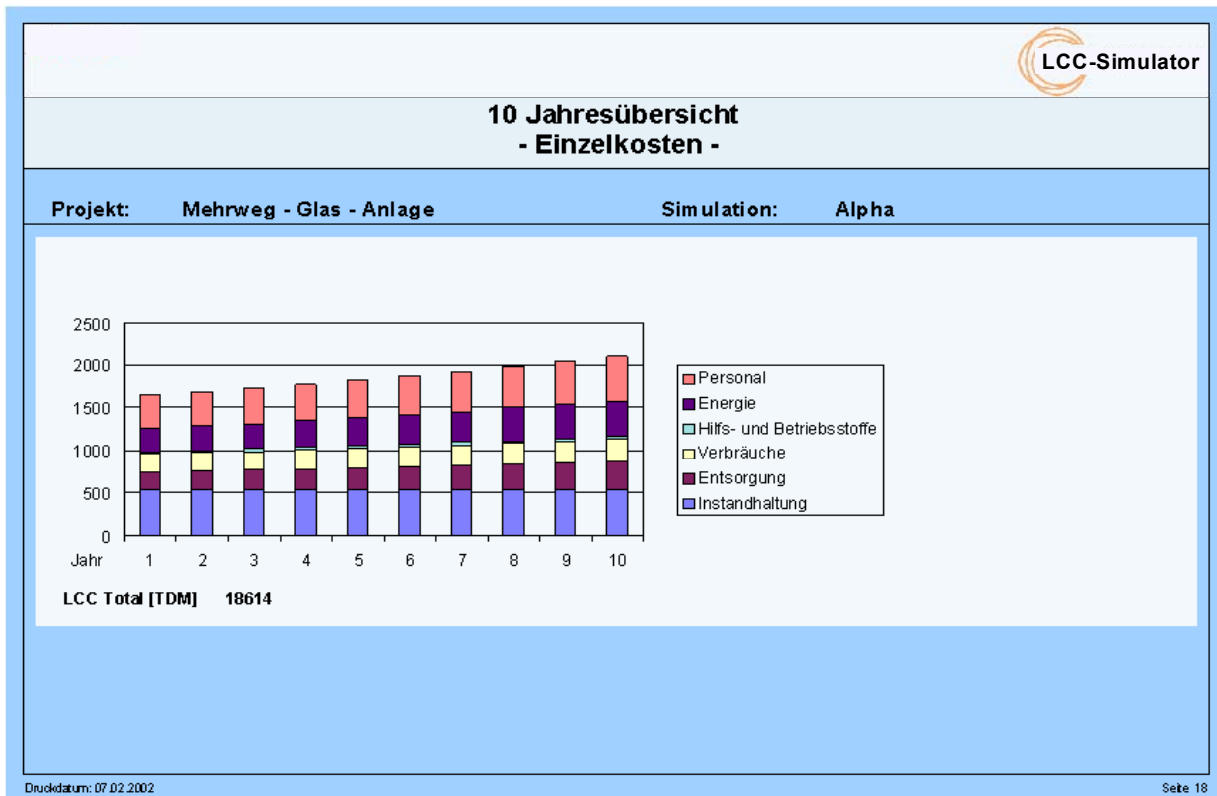


Abb. A.1.2: Grafische Darstellung der Einzelkostenentwicklung in den folgenden 10 Jahren

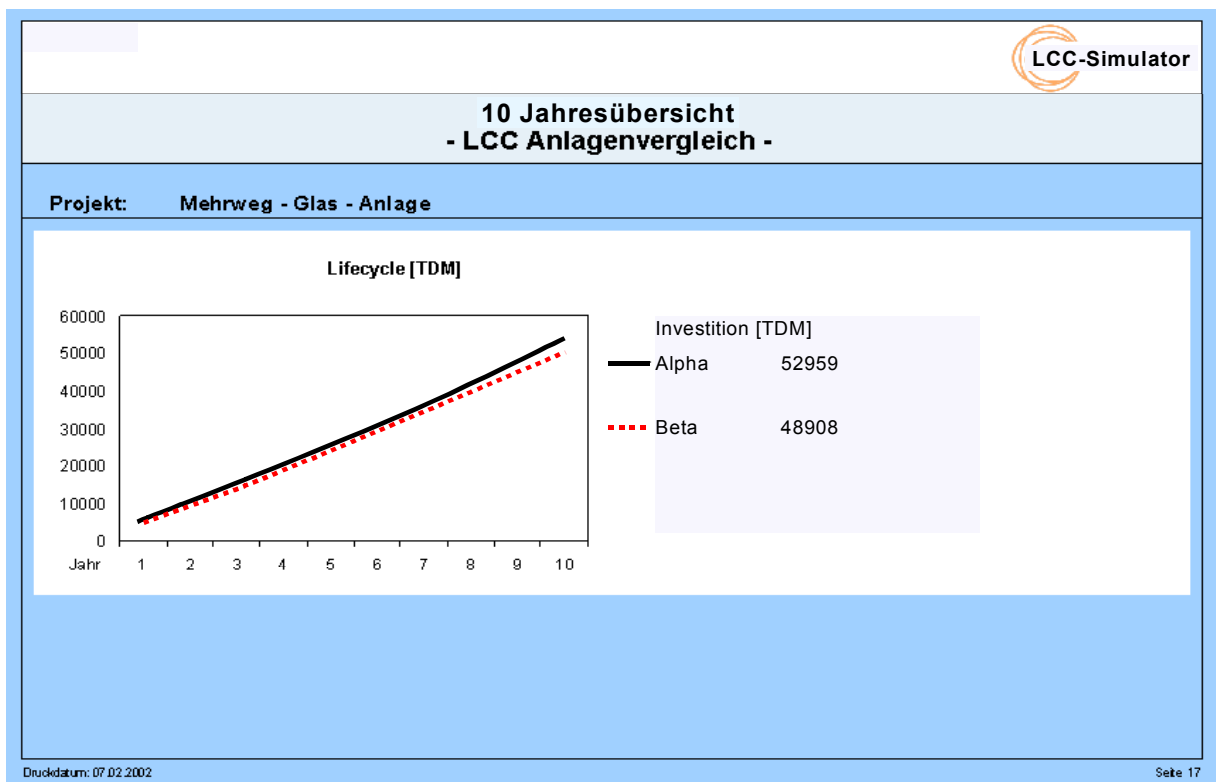


Abb. A.1.3: Grafische Darstellung der LCC-Entwicklung

**10 Jahresübersicht
- Abfüllkosten -**

Projekt: Mehrweg - Glas - Anlage

Simulation: Alpha

Zeitaufteilung	Jahresprofil																			
	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10										
Arbeitszeit pro Jahr (h)	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0										
Effektive Laufzeit Abfüllanlage (h)	1273,3	1273,7	1274,1	1274,4	1274,8	1275,2	1275,5	1275,9	1276,2	1276,6										
Effektive Laufzeit Abfüllanlage (%)	63,7	63,7	63,7	63,7	63,7	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8										
Produkte	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl	DM/ TFL	DM/ hl
Alt 0,5	29	6	30	6	31	6	32	6	33	7	33	7	34	7	35	7	36	7	38	8
Pils 0,33	29	9	30	9	31	9	32	10	33	10	33	10	34	10	35	11	36	11	38	11
Pils 0,5	29	6	30	6	31	6	32	6	33	7	33	7	34	7	35	7	36	7	38	8
Hell 0,33	29	9	30	9	31	9	32	10	33	10	33	10	34	10	35	11	36	11	38	11
Gew. Mittelwerte	29,3	6,09	30,1	6,25	30,9	6,41	31,7	6,58	32,5	6,76	33,4	6,95	34,4	7,15	35,4	7,35	36,4	7,56	37,5	7,79

Abb. A.1.4: Entwicklung der Abfüllkosten

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
AbfG	Abfallgesetz
Afa	Abschreibung für Abnutzung
AT	Arbeitstage
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
DIN	Deutsche Industrie Norm
DKIN	Deutsches Komitee für Instandhaltung
DM	Deutsche Mark
F&E	Forschung und Entwicklung
h	Stunde
HB	Hilfs- und Betriebsstoffe
HG	Härtegrad
hl	Hektoliter
Hrsg.	Herausgeber
IEC	International Electrotechnical Commission
KE	Kaufentscheidung
l	Liter
LC	Lifecycle
LCC	Lifecycle-Costing
o. Jg.	ohne Jahrgang
RHB	Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe
ROI	Return on Investment

Abkürzungsverzeichnis

SHV	Shareholder Value
Tab.	Tabelle
TFI	Tausend Flaschen
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
WISU	Wirtschaftswissenschaftliches Studium
ZFB	Zeitschrift für Betriebswirtschaftliche Forschung

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 2.1: Wissensarten im Unternehmen
- Abb. 2.2: Bausteine des Wissensmanagements
- Abb. 3.1: Eignung von Produktionsanlagen
- Abb. 3.2: Standardprozess Anlagenverkauf
- Abb. 4.1: Funktionale und Physische Unabhängigkeit von Komponenten
- Abb. 4.2: Wertschöpfungsketten von Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber
- Abb. 4.3: Kostenbeeinflussbarkeit über den Lebenszyklus einer Anlage
- Abb. 4.4: Gegenüberstellung von Anschaffungs- und Betriebskosten einer Anlage
- Abb. 4.5: Ausfallverteilung bei Anlagen
- Abb. 4.6: Zusammenspiel von Technologie, Produktentwicklung und Markt/Kunde bei der LCC Simulation
- Abb. 4.7: Prinzipielle Vertragsphasen im Anlagengeschäft
- Abb. 5.1: Integriertes Produktlebenszykluskonzept
- Abb. 5.2: Erweitertes Technologie-Technik-Lebenszyklusmodell
- Abb. 5.3: Zusammenführung von Anlagen- und Produktlebenszyklus
- Abb. 6.1: Optimierung von Lifecycle-Costs
- Abb. 6.2: Ordnungsdaten im Modulbaukasten
- Abb. 6.3: Steckbrief im Modulbaukasten
- Abb. 6.4: Schnittstellen im Modulbaukasten
- Abb. 6.5: Kundenanforderungen im Modulbaukasten
- Abb. 6.6: Bilder im Modulbaukasten
- Abb. 6.7: Modulkosten im Modulbaukasten
- Abb. 6.8: Modulbeschaffung im Modulbaukasten

- Abb. 6.9: Lebenszykluskostenparameter im Modulbaukasten
- Abb. 6.10: Berechtigungskonzept im Modulbaukasten
- Abb. 6.11: Stammdatenverwaltung im Modulbaukasten
- Abb. 6.12: Mehrsprachigkeit im Modulbaukasten
- Abb. 6.13: Identifizierte Parameter einer Getränkeabfüllanlage
- Abb. 6.14: Nutzen der Anwendung von Konfiguratoren
- Abb. 6.15: Saisonmodell des LCC-Simulators
- Abb. 6.16: Korrekturparameter
- Abb. 6.17: Festlegung Produktionsprogramm
- Abb. 6.18: Korrekturparameter Maintenance-Modell
- Abb. 6.19: Architektur und Module des LCC-Simulators
- Abb. 6.20: Das Cost-Performance-Rechenwerk des LCC-Simulators
- Abb. 6.21: Temporäre Kennzahlen im LCC-Simulator
- Abb. 6.22: Struktur des Berichtswesens
- Abb. 6.23: Regelkreise der LCC-Methodik
- Abb. 6.24: Erweiterung des Standardprozesses beim Anlagenverkauf
- Abb. 6.25: Verhältnis von Anschaffungs- zu Betriebskosten
- Abb. 6.26: Einsetzbarkeit der Methodik
- Abb. 7.1: Prinziplayout einer Mehrweg Bieranlage
- Abb. 7.2: V-Kurve bei einer Anlagenauslegung
- Abb. 7.3: Varianten der LCC-Parameter im LCC-Simulator
- Abb. 7.4: Varianten der Projektparameter im LCC-Simulator
- Abb. 7.5: Varianten der Preise der LCC-Parameter
- Abb. 7.6: Kosten- und Mengenentwicklung während des LC

- Abb. 7.7: Jahresproduktion der Anlage
- Abb. 7.8: Produktionsmengenverteilung
- Abb. 7.9: Übersicht der Simulationsmodelle
- Abb. 7.10: Effektive Laufzeit der Simulation Alpha im Jahr 1
- Abb. 7.11: Vergleich effektive Laufzeit der Simulation Alpha
- Abb. 7.12: Detailübersicht der effektiven Laufzeit
- Abb. 7.13: Vergleich der Effektiven Laufzeit der Simulationsmodelle
- Abb. 7.14: Produktionsmengenverteilung der Simulation Alpha
- Abb. 7.15: Kostenübersicht der Simulation Alpha im Jahr 1
- Abb. 7.16: Einzelkostenentwicklung Simulation Alpha
- Abb. 7.17: Detailansicht Einzelkostenentwicklung Simulationsmodell Alpha
- Abb. 7.18: Einzelkostenvergleich der Simulationsmodelle
- Abb. 7.19: Lebenszykluskosten der Simulationsmodelle
- Abb. 7.20: Kennzahlen der Abfüllkosten
- Abb. 7.21: Anstieg der Abfüllkosten während der Betriebszeit
- Abb. A.1.1: Einzelkostenübersicht kumuliert auf 10 Jahre
- Abb. A.1.2: Grafische Darstellung der Einzelkostenentwicklung in den folgenden 10 Jahren
- Abb. A.1.3: Grafische Darstellung der LCC-Entwicklung
- Abb. A.1.4: Entwicklung der Abfüllkosten

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2.1: Definition der Anlagenarten

Tab. 3.1: Auswirkungen der Variantenvielfalt auf die Funktionsbereiche des Anlagenherstel-

Tab. 3.2: Investitionsarten

Tab. 4.1: Vor- und Nachteile der Modularisierung

Tab. 4.2: Effekte von Modularisierung und Standardisierung

Tab. 6.1: Hierarchiestufen des Maschinen und Modulbaukastens

Tab. 6.2: Darstellung der Performance-Kennzahlen

Tab. 6.3: Darstellung der Kostenkennzahlen

LITERATURVERZEICHNIS

- AbfG (1986): Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz) von 1986
- ATV 8.1.1 (1998): Durchgängige Kostenplanung und –steuerung bei kommunalen Kläranlagen, Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 8.1.1, in: Korrespondenz Abwasser 45 (1998) 3
- Backhaus, K. (1998): Investitionsgütermarketing: Herkunft und Zukunft, in: Büschken, J., Meyer, M., Weiber, R. (Hrsg.: 1998), Entwicklung des Investitionsgütermarketing, Wiesbaden 1998, S. 39-68
- Back-Hock, A.. (1988): Lebenszyklusorientiertes Produktcontrolling: Ansätze zur computergestützten Realisierung mit einer Rechnungswesen-Daten- und Methodenbank. Berlin, Heidelberg, New York 1988
- Baldwin, C., Clark, K. (1998): Modularisierung: Ein Konzept wird universell, in: Harvard Business Manager 61 (1998) 2, S. 39-48
- Bäumer, K.A. (2000): Lebenszykluskostenanalysen im Rahmen von Ersatzentscheidungen in der Nutzungsphase Klärtechnischer Elemente, Aachen 2000
- Bäumer, K.A.; Lohaus, J. (1999): Stand und Finanzierung der Abwasserentsorgung - Ergebnisse der ATV-Umfrage 1998, ATV Schriftreihe, Band 14, Hennef 1999
- Beitz, W., Grote, K.-H. (Hrsg.,2001): Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau, 20. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin et.al. 2001
- Bonz, M. (1997): Lebenszykluskosten als Entscheidungskriterium für die Beschaffung von Fahrzeugen und Anlagen, in : Systemoptimierung im spurgeführten Verkehr, Tagung München 25./26. September 1997, S. 7-14
- Bull, J. (1993): Lifecycle-Costing for Construction, London 1993
- Bullinger, H.-J., Wörner, K., Prieto, J. (1997): Wissensmanagement heute, Stuttgart 1997

- Czyzewski, A.B., Hull, R.P. (1991): Improving Profitability with Lifecycle Costing, in: Journal of Cost Management for the Manufacturing Industry 2 (1991) 5, S. 20-27
- Deutsches Komitee Instandhaltung (Hrsg., 1980): Empfehlung Nr. 2, Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen, Düsseldorf 1980
- Diller, H., Küsterer, M., (1988): Beziehungsmanagement – Theoretische Grundlagen und explorative Befunde, in: Marketing ZFB, 9 (1988) 3, S. 211-220
- Diller, H., Lücking, J., Prechtel, W. (o.Jg.): Gibt es Kundenlebenszyklen im Investitionsgütergeschäft, Arbeitspapier Nr. 12, Lehrstuhl für Marketing, Universität Erlangen-Nürnberg (o. Jg.)
- DIN 8782 (1985): Begriffe und Definitionen der Anlagenverfügbarkeit, Berlin 1985
- DIN 31051 (1985): Instandhaltung, Begriffe und Maßnahmen Deutsches Institut für Normung (Hrsg.), Berlin 1985
- Elsner, G.; Krüger, M. M.; Uhl, H. (2001): Management variantenreicher Systemprodukte mit CREALIS® - Baukästen, Konfiguration, Lifecycle Costs, in: VDI-Berichte 1645 (Hrsg.,) Variantenvielfalt in Produkten und Prozessen – Erfahrungen, Methoden und Instrumente, Tagung Kassel, 7. und 8. November 2001, S. 139 – 150
- Etteldorf, J. (2000): Analyse und Verbesserung der Gesamtanlageneffektivität an automatisierten Produktionsanlagen, Düsseldorf 2000
- Ford, D., Ryan, C. (1981): Taking technology to market, in: Harvard Business Review 59 (1981) 2, S. 117-126
- Fröhling, O. (1990): Integriertes Personalcontrolling – ein lebenszyklusorientiertes Konzept, in: Controller Magazin o.Jg. (1990) 3, S. 117-122
- Göpfert, J., Steinbrecher, M. (2000), Modulare Produktentwicklung leistet mehr, in: Harvard Business Manager 63 (2000) 3, S. 20-30
- Günther, Th.; Kriegbaum, C. (1997): Lifecycle Costing, in: WISU 26 (1997) 10, S. 75-87

- Heinrich, D. (1990): Controlling im Personalbereich, in: Der Betriebswirt, o. Jg. (1990) 1, S. 29-32
- Höft, U. (1992): Lebenszykluskonzepte - Grundlage für das strategische Marketing- und Technologiemanagement, Berlin 1992
- Horneber, M. (1994): Innovatives Entsorgungsmanagement – Methoden und Instrumente zur Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungsproblemen, Erlangen-Nürnberg 1994
- Horváth, P. (2002): Controlling, 8. vollst. überarbeitete Auflage, München 2002
- IEC (Hrsg.,1996): Dependability Management – Part 3: Application Guide – Section 3: Lifecycle Costing, International Standard IEC 300-3-3, Genf 1996
- Küpper, H.-U. (1988): Den Stand von Ansätze einer dynamischen Theorie der Kostenrechnung, in: Hax, H., Kern, W., Schröder H.-H. (Hrsg.), Zeitaspekte in betriebswirtschaftlicher Theorie und Praxis, Wissenschaftliche Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Wirtschaft e.V. S. 43-59, Stuttgart 1988
- Lerner, C.; Lerner, W. (1996): Deutscher Biermarkt im Wandel. Neue Anforderungen an die deutsche Bierindustrie. Brauwelt 1996, S.352-354
- Männel, W. (1974): Anlagen und Anlagenwirtschaft, in: Gochtla, E., Wittmann, W. (Hrsg.) Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 4. Auflage, Sp. 138-147, Stuttgart 1974
- Männel, W. (1988): Integrierte Anlagenwirtschaft, in: Männel, W. (Hrsg.) Integrierte Anlagenwirtschaft, S. 1-51, Köln 1988
- Männel, W. (1991): Zulieferleistung – Erfolgspotential für den Einkauf, in: Beschaffung aktuell, o. Jg. (1991) 3, S. 32-42
- Männel, W. (Hrsg. 1992a): Anlagencontrolling, 2. überarb. Auflage Lauf an der Pegnitz 1992
- Männel, W. (1992b): Controlling für Anlagen lehnte sie intensive Produktionsstrukturen in: Anlagen-Controlling – Gestaltungssystem zur technisch-wirtschaftlichen Anlagenoptimierung 8. Instandhaltungsform, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1992

- Männel, W. (1992c): Anpassung der Kostenrechnung an modernen Unternehmensstrukturen, in: Männel, W. (Hrsg.), Handbuch Kostenrechnung, S. 105-137, Wiesbaden 1992
- Männel, W. (1993): Zunehmende Technisierung und Modernisierung der Kostenrechnung, in: Kostenrechnungspraxis, o.Jg. (1993) 5, S. 304-309
- Mayer, J. (1986): Grundzüge einer entscheidungsorientierten Anlagenkostenrechnung unter besonderer Berücksichtigung der Anlagenkostenerfassung, Dortmund 1986
- Middendorff, A. (1995): Integrierte Planung von Investitionen, Instandhaltung und Anlagenutzung im Bereich der Anlagenwirtschaft in Brauereien, Krefeld 1995
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995): The knowledge creating Company. How Japanese Companies create the Dynamics of Innovation, Oxford 1995
- Pfeiffer, W., Bischof, P. (1982): Produktlebenszyklen – Instrument jeder strategischen Produktplanung, in: Steinmann, H. (Hrsg.) Planung und Kontrolle, S. 133-166, München 1982
- Pfeiffer, W., Dörrie, U., Gerharz, A., von Goetze, S. (1992): Variantenkostenrechnung, in: Männel, W. (Hrsg.) Handbuch Kostenrechnung, Wiesbaden 1992, S. 861-877
- Pfohl, H.-C., Wübbenhorst, K. (1983): Lebenszykluskosten – Ursprung, Begriff und Gestaltungsvariablen, in: Journal für Betriebswirtschaft, 33 (1983) 3, S.142-155
- Probst, G.J.B. (1996): Bausteine des Wissensmanagements, Working Paper Universität Genf 1996
- Richter, M. (1992): Herstellungskosten und Folgekosten kommunaler Investitionsprojekte, in: Ifo-Schnelldienst 45 (1992) 21, S. 9-13
- Riezler, S. (1996): Lebenszykluskostenrechnung – Instrument des Controlling strategischer Projekte, Wiesbaden 1996
- Rösgen, K. (2000): Investitionscontrolling: Konzeption eines lebenszyklusorientierten Controllings von Sachanlagen, Frankfurt am Main, et al. 2000
- Schüppel, J. (1996): Wissensmanagement, Wiesbaden 1996

- Sherif, Y.S., Kolarik, W. J. (1981): Lifecycle Costing: Concepts and Practices, in: Omega 9 (1981) 3, S. 287-296
- Shields, M.D., Young, S. M. (1990): Managing Product Lifecycle Costs: An Organizational Model, in: Journal of Cost Management for the Manufacturing Industry, 5 (1991) 3, S. 39-52
- Sizer, J. (1981): Terotechnologie and Lifecycle Costing, in: Sizer, J. (Hrsg.) Perspectives in Management Accounting S.133-141, London 1981
- Sommerlatte, T., Deschamps, J.P. (1985): Der strategische Einsatz von Technologien, in: Athur D. Little International (Hrsg.) Management im Zeitalter der strategischen Führung, S. 37-73, Wiesbaden 1985
- Susman, G. I.(1990): Product Lifecycle Management, in: Brinker, B.J. (Hrsg.) Emerging Practices in Cost Management S. 225-239 , Boston (Mass.) 1990
- Taylor, W.B. (1981): The use of Lifecycle Costing in Acquiring Physical Assets, in: Long Range Planning 14 (1981) 6, S. 32-43
- Walti, Ch. (1999): Vertriebsmanagement für Industriegüter, Dürrenäsch (Aargau) 1999
- Warnecke, H.-J. (1995): Der Produktionsbetrieb 2, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg New York 1995
- Woodward, D. (1990): Lifecycle Costing for Optimum Asset Management, in: Accounting World 3 (1990) 3, S. 20-21
- Zehbold, C. (1995): Lebenszykluskostenrechnung, Erlangen, Nürnberg 1995