

# **Qualitätscontrolling zur Effizienzsteigerung komplexer Produktionssysteme unter Integration von Anforderungen bei Chargenfertigung**

Von der Fakultät für Maschinenbau der Universität Stuttgart  
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jochen Dietrich**

aus Laupheim

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. D. Spath

Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. mult. E. Westkämper

Tag der Einreichung: 23. Mai 2007

Tag der mündlichen Prüfung: 13. November 2007

# IPA-IAO Forschung und Praxis

Berichte aus dem  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und  
Automatisierung (IPA), Stuttgart,  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und  
Organisation (IAO), Stuttgart,  
Institut für Industrielle Fertigung und  
Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart  
und Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper  
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger  
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath



**I·A·T** Institut  
Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement  
Universität Stuttgart



**Fraunhofer** Institut  
Arbeitswirtschaft und  
Organisation

Jochen Dietrich

# Qualitätscontrolling zur Effizienzsteigerung komplexer Produktionssysteme unter Integration von Anforderungen bei Chargenfertigung

Nr. 464

**JOST-JETTER VERLAG**  
Fachverlag · 71296 Heimsheim

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jochen Dietrich

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN (10) 3-939890-20-0, ISBN (13) 978-3-939890-20-1

Jost Jetter Verlag, Heimsheim

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Jost Jetter Verlag, Heimsheim 2007.

Printed in Germany.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Druck: printsystem GmbH, Heimsheim

## Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muss, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, welche die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muss dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z. B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern langjährig geleiteten Institute, das

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),
- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart,
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe „IPA-IAO - Forschung und Praxis“ herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluss dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Jost Jetter Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

Engelbert Westkämper    Hans-Jörg Bullinger    Dieter Spath

## Vorwort des Autors

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im gemeinschaftlichen Betrieb des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart sowie des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und im Weiteren als unternehmensinterner Berater im Produktionssystem Consulting bei der ZF Friedrichshafen AG angefertigt.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dieter Spath, Leiter des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart sowie des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), gilt meine besondere Dankbarkeit für seine persönliche Betreuung, wohlwollende fachliche Unterstützung und beständige Förderung der Arbeit.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper, Leiter des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart sowie des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), danke ich herzlich für die Übernahme des Mitberichts, die Durchsicht der Arbeit und die konstruktiven Anregungen.

Aus dem Kreis der ehemaligen Institutskollegen, die mich durch ihre Fachimpulse und Diskussionsbereitschaft unterstützten, möchte ich die Herren Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Wolfgang Schweizer, Dipl.-Ing. Rainer Ruckaberle, Dipl.-Inform. Stefan Gerlach und Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Manfred Bender ausdrücklich erwähnen. Seitens der ZF Friedrichshafen AG bin ich insbesondere den Herren Reinhold Geiselhart, Dipl.-Ing. (FH) Walter Grötzinger und Dr.-Ing. Wolfram Menrad dankbar, die mich zur Fertigstellung der Arbeit anhielten, und auch den Kollegen aus dem Produktionssystem Consulting für den inhaltlichen Meinungs austausch. Dankbarkeit gebührt ferner den Studierenden, die im Rahmen ihrer Diplomarbeiten Anregungen zu dieser Abhandlung gaben, sowie den Unternehmen, die durch Industrieprojekte eine Anwendung der Arbeit ermöglichten.

Vor allem möchte ich mich ganz herzlich bei meiner Frau Alexandra für ihre umfassende Unterstützung und Motivation auch in schwierigen Phasen der Arbeit bedanken und mich bei ihr für die entgangenen gemeinsamen Wochenenden und Urlaubstage entschuldigen. Ihre Ermutigung und ihr Verständnis über die letzten Jahre hinweg haben entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Ihr und meinen beiden Söhnen Yannick und Julian widme ich dieses Buch. Schließlich danke ich Helga und Jürgen dafür, dass sie mir diesen Werdegang möglich machten.

Wangen im Allgäu, November 2007

Jochen Dietrich

*„Quality is never an accident, it is  
always the result of intelligent effort“.*

John Ruskin



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN .....</b>                 | <b>14</b> |
| <b>1 EINLEITUNG .....</b>  | <b>16</b> |
| 1.1 ABGRENZUNG DER PROBLEMSTELLUNG .....                             | 16        |
| 1.2 HANDLUNGSBEDARF.....   | 17        |
| 1.3 INHALTLICHER AUFBAU DER ARBEIT.....                              | 17        |
| <b>2 STAND DER TECHNIK UND FORSCHUNG .....</b>                       | <b>19</b> |
| 2.1 QUALITÄTSSPEZIFISCHE BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND DEFINITIONEN ..... | 19        |
| 2.1.1 Qualität und Qualitätsmanagement .....                         | 19        |
| 2.1.2 Konzept des Total Quality Managements .....                    | 20        |
| 2.1.3 Inhaltlicher Aufbau relevanter Qualitätsmanagementsysteme..... | 21        |
| 2.2 KOSTENTHEORETISCHE GRUNDLAGEN IM QUALITÄTSMANAGEMENT .....       | 21        |
| 2.2.1 Traditioneller Qualitätskostenansatz .....                     | 21        |
| 2.2.2 Weiterentwickelter Qualitätskostenansatz .....                 | 21        |
| 2.2.2.1 Investitionen und Verluste .....                             | 22        |
| 2.2.2.2 Nonkonformität und Konformität .....                         | 22        |
| 2.3 QUALITÄTSCONTROLLING .....                                       | 22        |
| 2.3.1 Entwicklung des Qualitätscontrollings .....                    | 22        |
| 2.3.1.1 Kernelemente des strategischen Qualitätscontrollings.....    | 23        |
| 2.3.1.2 Kernelemente des operativen Qualitätscontrollings.....       | 23        |
| 2.3.2 Arten von Kennzahlen .....                                     | 24        |
| 2.3.3 Verwendung von Kennzahlensystemen .....                        | 25        |
| 2.3.4 Existierende qualitätsspezifische Bewertungskonzepte .....     | 25        |
| 2.3.4.1 TQM-orientierte Kennzahlenmodelle.....                       | 25        |
| 2.3.4.2 Balanced Scorecard .....                                     | 26        |
| 2.3.4.3 Exzellenzmodell der EFQM.....                                | 27        |
| 2.4 KOMPLEXE PRODUKTIONSSYSTEME .....                                | 29        |
| 2.4.1 Begriff des Systems.....                                       | 29        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.4.2    | Formen der Komplexität .....  | 29        |
| 2.4.3    | Integrative Attribute komplexer Produktionssysteme .....                  | 30        |
| 2.4.3.1  | Technikspezifische Merkmale .....   | 31        |
| 2.4.3.2  | Organisationsspezifische Merkmale .....                                   | 32        |
| 2.5      | TYPOLISIERUNG DER CHARGENFERTIGUNG .....                                  | 33        |
| 2.5.1    | Rahmenbedingungen und Charakteristika .....                               | 33        |
| 2.5.2    | Begriff der Charge .....  | 33        |
| 2.5.3    | Struktur des Produktionsprozesses .....                                   | 33        |
| 2.5.4    | Wesen und Aufgaben der Verfahrenstechnik .....                            | 34        |
| 2.5.5    | Auftreten von Kuppelproduktion .....                                      | 34        |
| 2.5.5.1  | Prozessbedingungen der Anlagen .....                                      | 35        |
| 2.5.5.2  | Fertigungsprogramm- und -bedarfsplanung .....                             | 36        |
| 2.5.5.3  | Art und Kapazität der Potenzialfaktoren .....                             | 36        |
| 2.5.5.4  | Stoffwirtschaftliche Verflechtungen der Anlagen .....                     | 37        |
| 2.5.6    | Generisches Prozessmodell der Chargenfertigung .....                      | 38        |
| 2.5.7    | Besonderheiten der Chargenfertigung .....                                 | 38        |
| 2.5.7.1  | Kundenspezifische Produkthanforderungen .....                             | 39        |
| 2.5.7.2  | Ausprägungen der Arbeitssteuerung als morphologische Darstellung .....    | 39        |
| 2.5.7.3  | Klassifizierung der Fertigungsart hinsichtlich Häufigkeit und Menge ..... | 40        |
| 2.5.7.4  | Verwaltung von Chargen und Chargenrückverfolgbarkeit .....                | 41        |
| 2.5.7.5  | Betriebliche Organisationsstruktur .....                                  | 41        |
| 2.5.8    | Ökonomische Relevanz .....  | 42        |
| 2.5.8.1  | Makroökonomische Tragweite und anteilige Zuordenbarkeit .....             | 42        |
| 2.5.8.2  | Kennzeichen und statistische Daten ausgewählter Branchen .....            | 43        |
| 2.5.9    | Zusammenfassung der Besonderheiten bei Chargenfertigung .....             | 43        |
| 2.6      | BESCHREIBUNG BESTEHENDER ANSÄTZE ZUM QUALITÄTSCONTROLLING .....           | 44        |
| 2.7      | ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG UND AUSWEIS DES DEFIZITS .....               | 46        |
| <b>3</b> | <b>ZIELSETZUNG UND VORGEHENSWEISE .....</b>                               | <b>49</b> |
| <b>4</b> | <b>ENTWICKLUNG DER QUALITÄTSCONTROLLINGSYSTEMATIK .....</b>               | <b>53</b> |
| 4.1      | GRUNDLEGENDE STRUKTURIERUNG DES ANSATZES .....                            | 53        |
| 4.2      | OPERATIONALISIERUNG DER EXTERNEN KUNDENERGEBNISSE .....                   | 54        |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.2.1   | Modellierung kundenspezifischer Qualitätserfordernisse .....          | 55 |
| 4.2.2   | Skalierung und Normierung nichtmonetärer Bewertungsgrößen .....       | 59 |
| 4.2.2.1 | Charakterisierung der Qualitätsmerkmale.....                          | 60 |
| 4.2.2.2 | Ordinalskalierung der Qualitätsmerkmale .....                         | 60 |
| 4.2.2.3 | Definition des Wertebereichs .....                                    | 61 |
| 4.2.2.4 | Verknüpfungsoperationen .....   | 61 |
| 4.2.3   | Konzeption der Ausrichtungselemente des Bewertungsverfahrens .....    | 62 |
| 4.2.3.1 | Klassifizierung der Produkt- und Prozessattribute.....                | 62 |
| 4.2.3.2 | Identifikation produkt- und prozessbezogener Qualitätstreiber .....   | 63 |
| 4.2.3.3 | Ableitung der Bewertungsdimensionen.....                              | 64 |
| 4.2.4   | Erfüllungsgrad der logistikspezifischen Qualitätsdimension.....       | 65 |
| 4.2.4.1 | Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung..... | 65 |
| 4.2.4.2 | Konzeption des Beiwerts Terminierungsgrad .....                       | 66 |
| 4.2.4.3 | Konzeption des Beiwerts Mengengrad.....                               | 67 |
| 4.2.4.4 | Konzeption des Beiwerts Sicherungsgrad .....                          | 67 |
| 4.2.4.5 | Definition der Beiwertkomponenten .....                               | 67 |
| 4.2.4.6 | Berechnungsvorschrift .....   | 68 |
| 4.2.5   | Erfüllungsgrad der servicespezifischen Qualitätsdimension .....       | 69 |
| 4.2.5.1 | Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung..... | 70 |
| 4.2.5.2 | Konzeption des Beiwerts Angebots- und Beratungsgrad .....             | 70 |
| 4.2.5.3 | Konzeption des Beiwerts Auftragsabwicklungsgrad.....                  | 71 |
| 4.2.5.4 | Konzeption des Beiwerts Problemlösungsgrad.....                       | 72 |
| 4.2.5.5 | Definition der Beiwertkomponenten .....                               | 72 |
| 4.2.5.6 | Berechnungsvorschrift .....   | 72 |
| 4.2.6   | Erfüllungsgrad der produktspezifischen Qualitätsdimension .....       | 74 |
| 4.2.6.1 | Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung..... | 74 |
| 4.2.6.2 | Konzeption des Beiwerts Prä-Prozess-Eignungsgrad.....                 | 76 |
| 4.2.6.3 | Konzeption des Beiwerts In-Prozess-Eignungsgrad.....                  | 77 |
| 4.2.6.4 | Konzeption des Beiwerts Post-Prozess-Eignungsgrad .....               | 77 |
| 4.2.6.5 | Definition der Beiwertkomponenten .....                               | 78 |
| 4.2.6.6 | Berechnungsvorschrift .....   | 78 |
| 4.2.7   | Erfüllungsgrad der wertspezifischen Qualitätsdimension .....          | 80 |
| 4.2.7.1 | Konzeption des Beiwerts Wertrelationsgrad .....                       | 81 |
| 4.2.7.2 | Definition der Beiwertkomponenten .....                               | 82 |
| 4.2.7.3 | Berechnungsvorschrift .....   | 82 |
| 4.2.8   | Erfüllungsgrad der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension.....    | 84 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.2.8.1 | Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung.....    | 84  |
| 4.2.8.2 | Konzeption des Beiwerts Innovationsgrad .....                            | 85  |
| 4.2.8.3 | Konzeption des Beiwerts Marktpositionsgrad .....                         | 86  |
| 4.2.8.4 | Definition der Beiwertkomponenten .....                                  | 88  |
| 4.2.8.5 | Berechnungsvorschrift .....  | 88  |
| 4.3     | OPERATIONALISIERUNG DER INTERNEN PROZESSERGEBNISSE .....                 | 89  |
| 4.3.1   | Strukturierung und Dimensionierung des Bewertungsansatzes .....          | 90  |
| 4.3.2   | Definition nichtmonetärer Bewertungsgrößen .....                         | 90  |
| 4.3.2.1 | Leitgedanke zur Konzeption der Gesamtprozesseffektivität.....            | 91  |
| 4.3.2.2 | Generelle Konzeption zur Differenzierung nach Prozessleistungsarten..... | 93  |
| 4.3.2.3 | Differenzierung nach spezifischen Wertschöpfungsbeiträgen im Prozess ... | 94  |
| 4.3.2.4 | Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung.....    | 94  |
| 4.3.2.5 | Bestimmung der nichtmonetären Bewertungsdimensionen.....                 | 96  |
| 4.3.2.6 | Transformationsvorschrift für die Wertschöpfungsanteile im Prozess ..... | 97  |
| 4.3.3   | Definition monetärer Bewertungsgrößen.....                               | 99  |
| 4.3.3.1 | Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung.....    | 99  |
| 4.3.3.2 | Modellierung des komplexen Produktionssystems.....                       | 100 |
| 4.3.3.3 | Konzeption von Referenzprozessmodulen .....                              | 103 |
| 4.3.3.4 | Bestimmung ähnlicher Produkt-Prozess-Kombinationen.....                  | 104 |
| 4.3.3.5 | Quantifizierung der Wertschöpfung mit Planwirkanteil .....               | 105 |
| 4.3.3.6 | Quantifizierung der Wertschöpfung mit Realwirkanteil .....               | 106 |
| 4.3.3.7 | Quantifizierung der Aufwendungen durch Fehlanteil.....                   | 107 |
| 4.3.3.8 | Quantifizierung der Aufwendungen durch Zusatzanteil .....                | 108 |
| 4.4     | AGGREGATION DER BEWERTUNGSERGEBNISSE ZUR QUALITÄTSBILANZ.....            | 109 |
| 4.4.1   | Aggregation der Kundenergebnisse .....                                   | 110 |
| 4.4.1.1 | Kundenindividuelles Gewichtungsverfahren .....                           | 111 |
| 4.4.1.2 | Zwischenebene zur Aggregation von Produkten und Prozessen .....          | 114 |
| 4.4.1.3 | Konzeption eines Korrekturfaktors.....                                   | 115 |
| 4.4.1.4 | Aggregation zum Kundenerfüllungsgrad.....                                | 117 |
| 4.4.2   | Aggregation der Prozessergebnisse .....                                  | 118 |
| 4.4.2.1 | Ermittlung der Gesamtwertschöpfung.....                                  | 118 |
| 4.4.2.2 | Methodische Erweiterung der FMEA-Systematik .....                        | 118 |
| 4.4.2.3 | Ermittlung der produktspezifischen Abhängigkeitsrelation .....           | 120 |
| 4.4.2.4 | Ermittlung der fehlerspezifischen Abhängigkeitsrelation .....            | 120 |
| 4.4.2.5 | Aggregation der Erkenntnisse in der Fehler-Wertverlust-Matrix .....      | 121 |
| 4.4.2.6 | Bewertung der fehlerspezifischen Relevanz .....                          | 124 |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.4.2.7   | Zuordnung der Bewertung zur Fehler-Wertverlust-Matrix.....         | 125        |
| 4.4.2.8   | Aggregation der Referenzprozessmodule .....                        | 126        |
| 4.4.3     | Erstellung der ganzheitlichen Qualitätsbilanz .....                | 127        |
| 4.4.3.1   | Formulierung der Prozessbilanz.....                                | 127        |
| 4.4.3.2   | Formulierung der Produktbilanz .....                               | 129        |
| 4.4.3.3   | Implementierung der betrieblichen Qualitätsbilanz .....            | 130        |
| 4.5       | ABLEITUNG UND BEWERTUNG DER GENERISCHEN GESTALTUNGSSTRATEGIE ..... | 132        |
| 4.5.1     | Nichtmonetäre Gestaltungsdimension .....                           | 132        |
| 4.5.2     | Monetäre Gestaltungsdimension.....                                 | 133        |
| <b>5</b>  | <b>ANWENDUNGSBEISPIEL.....</b>                                     | <b>134</b> |
| 5.1       | BESCHREIBUNG DES INDUSTRIELLEN UMFELDS .....                       | 134        |
| 5.2       | KUNDENSEITIGE BEWERTUNG DER ERFÜLLUNGSGRADE .....                  | 136        |
| 5.3       | PROZESSSPEZIFISCHE BEWERTUNG VON EFFEKTIVITÄT UND EFFIZIENZ .....  | 139        |
| 5.4       | GESAMTBILANZ .....   | 141        |
| 5.5       | VERBESSERUNGSMABNAHMEN AUS DER GESTALTUNGSSTRATEGIE .....          | 142        |
| 5.6       | BEWERTUNG DER ANWENDUNG .....                                      | 144        |
| <b>6</b>  | <b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>  | <b>145</b> |
| <b>7</b>  | <b>AUSBLICK .....</b>  | <b>147</b> |
| <b>8</b>  | <b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>                                  | <b>148</b> |
| <b>9</b>  | <b>ANHANG .....</b>  | <b>165</b> |
| 9.1       | AUSZUG ZUR ERFASSUNG VON KUNDENDATEN.....                          | 165        |
| 9.2       | VISUELLE OBERFLÄCHEN DER DATENVERARBEITUNG .....                   | 175        |
| 9.3       | AUSZUG AUS QUELLTEXTEN DER VBA-PROGRAMMIERUNG .....                | 176        |
| <b>10</b> | <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>177</b> |

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

|          |   |
|----------|---|
| AfA      | Absetzung für Abnutzung   |
| AG       | Aktiengesellschaft  |
| BDE      | Betriebsdatenerfassung  |
| BMBF     | Bundesministerium für Bildung und Forschung                                     |
| CNC      | Computerized Numerical Control  |
| CTQ      | Critical to Quality   |
| DGQ      | Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.  |
| DIN      | Deutsches Institut für Normung e. V.  |
| DQS      | Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen                 |
| EFQM     | European Foundation for Quality Management                                      |
| EN       | Europäische Norm  |
| ERP      | Enterprise Resource Planning  |
| EU       | Europäische Union   |
| FE       | Fertigerzeugnisse   |
| FhG      | Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.           |
| FMEA     | Failure Mode and Effects Analysis   |
| FTQ      | First Time Quality  |
| GmbH     | Gesellschaft mit beschränkter Haftung   |
| GMP      | Good Manufacturing Practices  |
| GPE      | Gesamtprozesseffektivität   |
| HACCP    | Hazard Analysis and Critical Control Point                                      |
| HGB      | Handelsgesetzbuch   |
| Hrsg.    | Herausgeber   |
| IAO      | Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation                      |
| IPA      | Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung                  |
| IPK      | Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik             |
| ISO      | International Organization for Standardization                                  |
| JIS      | Just in Sequence  |
| JIT      | Just in Time  |
| KPFU     | Kurzzeitprozessfähigkeitsuntersuchung   |
| KUR-CHOP | Kundenorientierte Unternehmensreorganisation bei chargenorientierter Produktion |
| LCA      | Low Cost Automation   |
| LPFU     | Langzeitprozessfähigkeitsuntersuchung   |
| MIT      | Massachusetts Institute of Technology   |

|           |   |
|-----------|---|
| OPT       | Optimized Production Technology   |
| p. a.     | pro anno  |
| PG        | Produktgruppe   |
| PIMS      | Profit Impact of Market Strategy  |
| PLG       | Prozessleistungsgrad  |
| PNG       | Prozessnutzungsgrad   |
| PPS       | Produktionsplanung und -steuerung   |
| PQG       | Prozessqualitätsgrad  |
| ProdHaftG | Produkthaftungsgesetz   |
| QFD       | Quality Function Deployment   |
| QM        | Qualitätsmanagement   |
| REFA      | Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V.<br>(gegründet im Jahr 1924 als Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung) |
| RFID      | Radio Frequency Identification  |
| RHB       | Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe   |
| ROCE      | Return on Capital employed  |
| ROQ       | Return on Quality   |
| RP        | Referenzprozess   |
| RPM       | Referenzprozessmodul  |
| RPZ       | Risikoprioritätszahl  |
| SIPOC     | Supplier, Input, Process, Output and Customer<br>(Bezeichnung für eine Methode zur Top-Level-Prozessdarstellung)                    |
| SPC       | Statistical Process Control   |
| SWOT      | Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats<br>(Bezeichnung für eine Methode zur Situationsanalyse und Strategiefindung)       |
| TPM       | Total Productive Maintenance  |
| TQM       | Total Quality Management  |
| TS        | Technische Spezifikation  |
| TÜV       | Technischer Überwachungsverein  |
| UFE       | Unfertige Erzeugnisse   |
| VBA       | Visual Basic Application  |
| VDA       | Verband der deutschen Automobilindustrie e. V.  |
| VDI       | Verein Deutscher Ingenieure   |
| VDMA      | Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.   |
| WRP       | Wertverlust-Risiko-Priorität  |
| ZVEI      | Zentralverband der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.  |

# 1 Einleitung

Die Zielsetzung von Produktionsbetrieben liegt darin, langfristig Gewinne zu erwirtschaften. Das Streben nach Wertschöpfung in den jeweiligen Produktionssystemen, d. h. aus Rohstoffen und Halbfabrikaten wertgesteigerte Erzeugnisse herzustellen, lässt sich dabei als zentrale Realisierungsmaßnahme dieses langfristigen Unternehmensziels charakterisieren. Die betriebliche Wertschöpfung lässt sich jedoch nur im Spannungsfeld der effizienzbestimmenden Wettbewerbsfaktoren im Hinblick auf Qualität, Zeit und Kosten erbringen /191/. Der hohe Stellenwert und die wirtschaftliche Bedeutung der Qualität als wesentliche Leistungskomponente von Produktionsbetrieben sind in der wissenschaftlichen Fachdiskussion seit jeher unumstritten. Die diesbezügliche Betrachtungsperspektive hat sich jedoch maßgeblich verschoben /128/. Die in den letzten Jahren zu beobachtende Implementierung von industriellen Produktionssystemen und das darin geforderte Null-Fehler-Prinzip bedeuten für die Unternehmenseffizienz, dass es sich bezüglich der Qualität nicht um eine Verpflichtung ausschließlich der Produktion bzw. des Qualitätsmanagements handelt, sondern dass alle Organisationseinheiten umfassend für die Qualität ihrer Produkte und Prozesse verantwortlich sind /111/. Die weitere zentrale Relevanz dieses Perspektivenwechsels lässt sich für das Qualitätscontrolling im Sinne der systematischen Planung und Steuerung der Unternehmenseffizienz dadurch kennzeichnen, dass die betriebliche Qualitätsfähigkeit im ganzheitlichen Verständnis zunehmend schwerer operationalisierbar wird /139/.

## 1.1 Abgrenzung der Problemstellung

Vor diesem Hintergrund liegt ein Schlüsselfaktor des Qualitätscontrollings für Betriebe mit komplexen Produktionssystemen darin, die Geschäftsprozesse sowohl kundenorientiert zu organisieren und zu betreiben sowie ihre Leistungsfähigkeit kontinuierlich zu planen, zu steuern und weiterzuentwickeln /190/. Im Hinblick auf die dazu erforderliche Bewertung von Erfolgsindikatoren, d. h. sowohl kundenseitiger Unternehmens- als auch betriebsinterner Prozessergebnisse, und ihre ganzheitliche Aggregation mangelt es heute jedoch an einer spezifischen Systematik /188/. Diese Problemstellung innerhalb des Qualitätscontrollings umfasst branchenübergreifend alle Unternehmen mit dem Einsatz komplexer Produktionssysteme /15/. Bezogen auf Betriebe mit Chargenfertigung als Teil der Prozessindustrie verschärft sich diese Schwierigkeit aufgrund mangelnder Flexibilisierungsmöglichkeiten durch die Ablaufbindung an verfahrenstechnische Vorgänge sowie einer hohen Kapitalbindung durch die Anlagenstruktur und die Automatisierungsintensität /194/. Die resultierenden fixen Kapitalkosten und die Normativen im Hinblick auf ökologische und legislative Aspekte erhöhen den ökonomischen Druck auf diese Unternehmen und begrenzen deren Spielraum für Investitionsentscheidungen. Überdies stehen Chargenfertiger vor der Problematik, dass sich die Reproduzierbarkeit ihrer Erzeugnisse aufgrund der Vielzahl von



verfahrenstechnischen Einflussgrößen und Parametern innerhalb des Herstellungsprozesses schwierig gestaltet und diese damit die Unternehmenseffizienz maßgeblich beeinflusst /9/.

## 1.2 Handlungsbedarf

Es lässt sich konstatieren, dass mit den vorhandenen Modellen und Verfahren die Erfordernisse von Unternehmen mit komplexen Produktionssystemen, ihre vielfältigen und aufwendigen Prozesse kundenorientiert und effizient zu beherrschen sowie die Qualitätstreiber eindeutig zu identifizieren, nicht adäquat abgebildet werden können /169/. In Produktionsbetrieben mit Chargenfertigung erfährt diese Schwierigkeit durch Restriktionen im Hinblick auf die verfahrenstechnische Gestaltung von Produkten und Herstellprozessen eine erhebliche Zuspitzung /18/. Was die diesbezüglichen Forschungsaktivitäten im Kontext des dargelegten Bedarfs betrifft, so werden die Belange von Betrieben mit komplexen Produktionssystemen bzw. von Unternehmen aus der Prozessindustrie im Themenfeld des Qualitätscontrollings insgesamt wenig berücksichtigt /108/. Zudem werden die Umsetzung des Qualitätscontrollings und die praktische Anwendung nur unzureichend durch eine methodische Unterstützung untermauert /195/. Dies stellt einen eindeutigen und besonderen Forschungsbedarf bei Betrieben mit komplexen Produktionssystemen unter gezielter Berücksichtigung von Anforderungen aus der Chargenfertigung dar /21/.

Zur Behebung dieses Defizits ist ein Ansatz erforderlich, der neben der Bewertung der betriebsinternen Prozesseffizienzkriterien eine Einbeziehung auch subjektiver Qualitätsdimensionen aus unternehmensexterner Sicht ermöglicht /171/. Dieses – im Kontext des Qualitätscontrollings bestehende – Methodendefizit abzubauen, muss das Ziel der Entwicklung einer praxis- und anwendungsorientierten Systematik zur Effizienzsteigerung von Unternehmen mit komplexen Produktionssystemen unter der Integration von Anforderungen aus der Chargenfertigung sein. Die Praxisnähe des wissenschaftlichen Ansatzes ist durch seine Erprobung und Anwendung in mehreren industriellen Fallbeispielen sichergestellt. Diese entstanden einerseits im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsverbundprojekts „Kundenorientierte Unternehmensreorganisation bei chargenorientierter Produktion“, das von mehreren Industrie- und Forschungsbetrieben in Kooperation mit dem Fraunhofer IAO über eine Laufzeit von drei Jahren durchgeführt wurde. Andererseits gestatteten zusätzliche Industrieforschungsprojekte des Fraunhofer IAO die weitere Ausführung des Ansatzes sowie die kritische Würdigung der dabei gewonnenen Erfahrungen.

## 1.3 Inhaltlicher Aufbau der Arbeit

Ein Überblick zur methodischen und inhaltlichen Strukturierung der ingenieurwissenschaftlichen Arbeit ist in Bild 1-1 dargestellt.

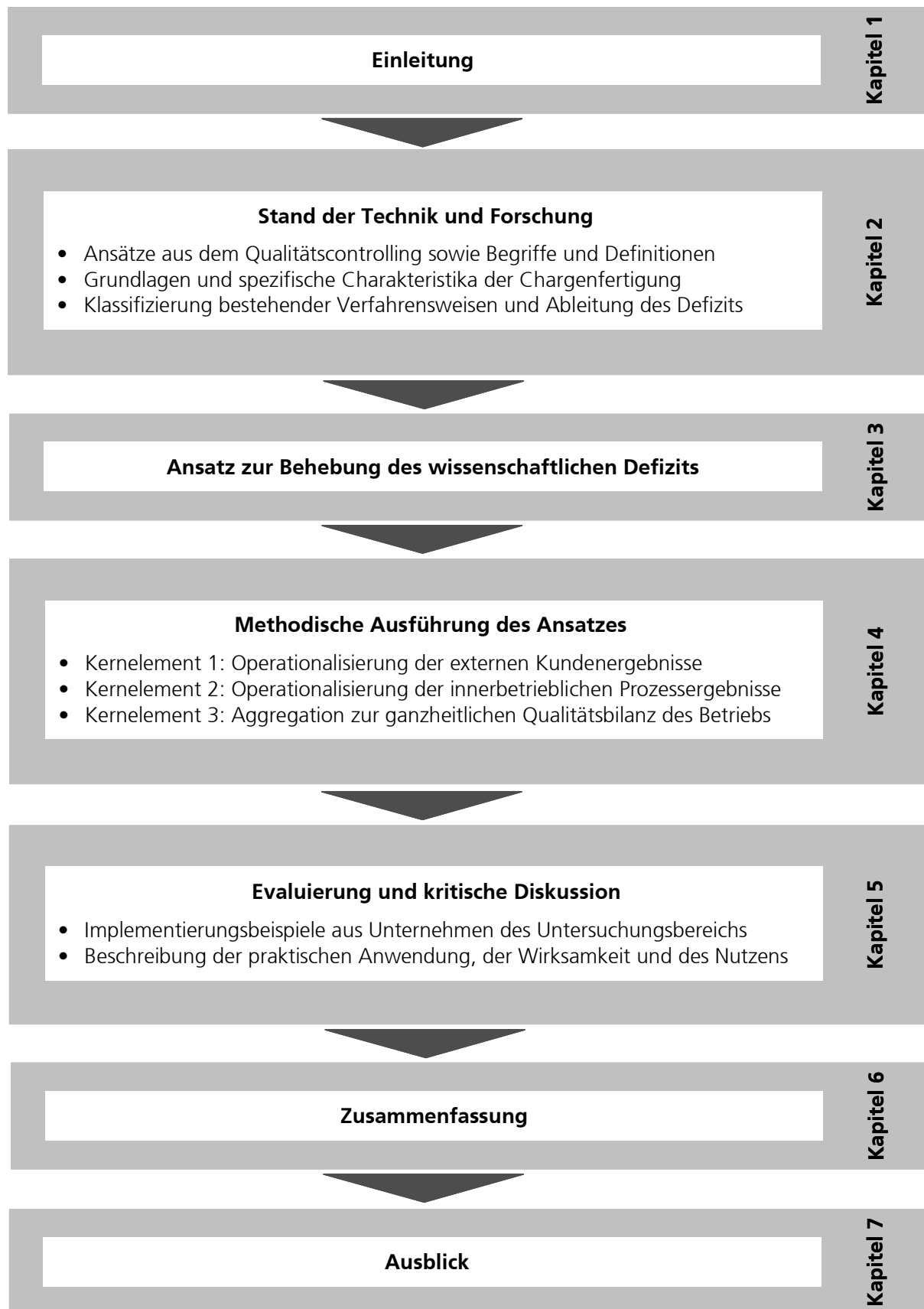


Bild 1-1: Aufbau der Arbeit

## 2 Stand der Technik und Forschung

Im Weiteren werden die im Kontext der Arbeit essenziellen Begriffe erläutert. Daran anschließend folgen die Darstellung der Charakteristika von komplexen Produktionssystemen sowie die Typologisierung der Chargenfertigung. Abschließend wird eine Klassifizierung bestehender Qualitätscontrollingansätze erarbeitet, anhand der sich ein Methodendefizit ausweisen lässt.

### 2.1 Qualitätsspezifische Begriffsbestimmungen und Definitionen

Die folgenden Begriffe sind für das Grundverständnis der vorliegenden Arbeit unerlässlich. Weiterführende Bezeichnungen im Themenbereich der Qualität finden sich z. B. bei GEIGER /63/.

#### 2.1.1 Qualität und Qualitätsmanagement

In den letzten Jahren entwickelte sich eine Vielzahl von Ansätzen zur Beschreibung des Begriffs der Qualität. Die daraus entstandenen verschiedenartigen Ausprägungen und Inhalte werden in den Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften mit teilweise unterschiedlichen Ergebnissen diskutiert /11/. In der Norm DIN EN ISO 9000:2005 löst das Deutsche Institut für Normung die bisherige Formulierung der DIN EN ISO 8402 ab und definiert den Begriff der Qualität wie folgt /39/:

- Qualität ist der „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“.

Die Qualität erlaubt damit eine Aussage darüber, in welchem Maße ein Produkt, das von seiner Art her materiell oder immateriell sein kann, den bestehenden Anforderungen entspricht. Unter inhärenten Merkmalen sind hierbei kennzeichnende Eigenschaften zu verstehen, die einem Produkt, einem Prozess oder einem System nicht zugeordnet, sondern als ständiges Merkmal innewohnend sind. Als Anforderungen werden Erfordernisse oder Erwartungen zusammengefasst, die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend sind. Die DGQ verwendet parallel zu dieser Norm im deutschen Sprachgebrauch zusätzlich die erweiterte Qualitätsdefinition /36/:

- „Beschaffenheit einer Einheit bzgl. der Qualitätsforderung“.

Der Begriff Einheit fasst dabei alles zusammen, was einzeln beschrieben werden kann, und die Beschaffenheit schließt alle inhärenten Merkmale einer Einheit ein, an die Einzelforderungen gestellt werden können. Die Gesamtheit dieser Forderungen ergibt die Qualitätsforderung.

Generell kann der Begriff der Qualität aus fünf unterschiedlichen Betrachtungsebenen konkretisiert werden /198/, die sich durch folgende Ansätze charakterisieren lassen /13/:

- *Fertigungsbezug*: Qualität bedeutet eine spezifikationskonforme Herstellung von Produkten.
- *Transzendenz*: Qualität kann nur rein subjektiv beurteilt werden.
- *Anwenderbezug*: Qualität wird als Gebrauchstauglichkeit für einen Anwender verstanden.

- *Produkt- und Dienstleistungsbezug*: Qualität lässt sich an physischen Eigenschaften messen.
- *Wertbezug*: Qualität muss immer relativ zum Preis bzw. zu den Kosten betrachtet werden.

Diese Vielfalt der Ansätze verdeutlicht, warum eine einzige Definition das Verständnis aller Interessengruppen nur global wiedergeben kann /8/. Im Kontext der vorliegenden Arbeit wird unter dem Aspekt der Transzendenz deutlich, dass hinsichtlich der Qualität auch „weiche Faktoren“ zur Bestimmung der Kundenzufriedenheit ausreichend Berücksichtigung finden müssen und diese damit zwangsläufig immer durch Subjektivität gekennzeichnet ist. In den Betrieben selbst hat sich der Geltungsbereich des Begriffs ausgedehnt, was sich durch Differenzierungen zwischen traditionellem und modernem Qualitätsbegriff charakterisiert /95/. Die wesentlichen Modifikationen sind in Tabelle 2-1 dargestellt.

Tabelle 2-1: Differenzierung bzgl. traditionellem und modernem Qualitätsverständnis nach /95/

| <b>Aspekt</b> | <b>traditioneller Qualitätsbegriff</b>                               | <b>moderner Qualitätsbegriff</b>   |
|---------------|--|--|
| Produkte      | nur Einbezug materiell gefertigter Produkte (keine Dienstleistungen) | alle Produkte und Dienstleistungen (sämtliche Wertschöpfungsstufen)      |
| Prozesse      | Prozesse in unmittelbarem Zusammenhang mit der Fertigung             | sämtliche Prozesse (Fertigungsunterstützung, allgemeine Betriebsabläufe) |
| Branchen      | industrielle Produktion  | sämtliche Branchen (Fertigung, öffentliche Dienstleistung etc.)          |
| Anwendung     | technische Problemstellungen   | betriebliche Problemstellungen   |
| Kunden        | Verbraucher, die Produkte kaufen                                     | alle betroffenen Personengruppen (unternehmensintern und -extern)        |
| Bewertung     | Einhaltung von Werksspezifikationen, Verfahren, Standards (statisch) | permanente Anpassung an veränderliche Kundenbedürfnisse (dynamisch)      |

Mit dem Wandel des Qualitätsbegriffes vollzog sich eine Neuorientierung im Qualitätsmanagement. Dieses umfasst nach Festlegung des Deutschen Instituts für Normung „alle Tätigkeiten der Gesamtführungsaufgabe, welche die Qualitätspolitik, Ziele und Verantwortungen festlegen sowie diese durch Mittel wie Qualitätsplanung, -sicherung und -verbesserung verwirklichen“ /39/.

### 2.1.2 Konzept des Total Quality Managements

Im Zuge der Revision und Weiterentwicklung der DIN EN ISO 9000:2005 wurde die zuvor in der annullierten DIN EN ISO 8402 vorhandene und verbreitete Beschreibung des Begriffs „Total Quality Management“ nicht in die neue Norm übernommen, sodass eine einheitliche Begriffsdefinition derzeit nicht existiert. Unabhängig von der begrifflichen Klärung liegt das Grundverständnis von TQM darin, im Rahmen eines strategischen Ansatzes über konsequente Fehlerprävention sowie eine ganzheitliche Betrachtungsweise über alle Mitarbeiter und Ebenen einer Organisation den langfristigen Unternehmenserfolg sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund lassen sich die wesentlichen Prinzipien des TQM in Anlehnung an BELLABARBA /7/ wie folgt charakterisieren:

- TQM beschreibt eine *Führungsmethode* und richtet den Fokus auf das *Gesamtunternehmen*.
- *Langfristiger Geschäftserfolg* wird durch ausgeprägte *Kundenorientierung* gewährleistet.
- TQM basiert auf der *Integration und Partizipation aller Beschäftigten* im Unternehmen.
- Innerhalb von TQM beschränkt sich Qualität nicht mehr ausschließlich auf die Erfüllung von Anforderungen, sondern bezieht sich auf die *Erfüllung aller Managementziele*.

### 2.1.3 Inhaltlicher Aufbau relevanter Qualitätsmanagementsysteme

QM-Systeme stellen normative Regelsysteme dar, die das Ziel verfolgen, betriebliche Abläufe zu standardisieren /139/. Im Kontext der Arbeit sind die beiden folgenden Regelwerke von Belang:

- *DIN EN ISO 9000:2005*: Die Norm ist inhaltlich auf die Erfüllung von Kundenforderungen ausgerichtet und fordert neben deren Bewertung explizit den Einsatz von Verfahren zur Messung der Kundenzufriedenheit und Prozesseffizienz /90/.
- *ISO/TS 16949:2002*: Die technische Spezifikation beschreibt auf Basis der bestehenden europäischen und amerikanischen Normen die gemeinsamen Erfordernisse eines automobilspezifischen QM-Systems und verlangt neben der kontinuierlichen Verbesserung und gezielten Fehlerprävention die Verringerung von nichtwertschöpfenden Tätigkeiten /43/.

## 2.2 Kostentheoretische Grundlagen im Qualitätsmanagement

Das Qualitätscontrolling wird heute neben der Unternehmens- auch in die Kostenplanung eingebunden und zielt damit auf das Erreichen von finanziellen Wettbewerbsvorteilen /17/.

### 2.2.1 Traditioneller Qualitätskostenansatz

Qualitätsbezogene Kosten umfassen nach Festlegung der DQG alle Kosten, die vorwiegend durch Qualitätsforderungen bedingt sind /38/. Ihr Anteil an den Herstellkosten eines Produktes liegt nach /176/ zwischen 5 % und 15 %. Die Qualitätskosten  $K_Q$  wurden traditionell nach den Kategorien Fehlerverhütungskosten  $K_{FV}$ , Prüfkosten  $K_P$  und Fehlerkosten  $K_F$  differenziert /143/.

$$K_Q = K_{FV} + K_P + K_F$$

**Gleichung 2.1**

Diese heute revidierte Klassifizierung führt zu einer Mischung der investitionsabhängigen Kosten zur Qualitätsverbesserung mit den durch Ausschuss und Nacharbeit verursachten Fehlerkosten. Daher wurde die Struktur der Qualitätskosten in einem neuartigen Ansatz weiterentwickelt.

### 2.2.2 Weiterentwickelter Qualitätskostenansatz

Heute existieren zwei verschiedene Kategorien qualitätsbezogener Kostenbetrachtungen /88/:

### 2.2.2.1 Investitionen und Verluste

Die Klassifizierung in Investitionen und Verluste basiert auf folgenden Festlegungen /63/:

- *Investitionen in Qualität:* Hierunter sind investitionsabhängige Kosten im Hinblick auf die Produkt- bzw. Prozessqualität zu verstehen. Als Beispiele lassen sich Kosten, die innerhalb der regulären Leistungsentwicklung anfallen, sowie Kosten, die im Rahmen des regulären Leistungserstellungsprozesses entstehen, nennen. Die Beurteilung der Investitionen in Qualität kann z. B. mittels dynamischer Investitionsrechenverfahren erfolgen /63/.
- *Verluste aufgrund der Nichterfüllung von Qualitätsanforderungen:* Diese Festlegung umfasst sämtliche Kosten, die infolge von Fehlleistungen auftreten, sowie entgangene Gewinne in Form von Opportunitätskosten als Konsequenz unwirtschaftlicher Prozesse. Im Unterschied zu den Investitionen in Qualität sind diese Verluste grundsätzlich zu minimieren. Dabei kann der durch Fehlleistungen verursachte Aufwand meist direkt zugeordnet werden /132/.

### 2.2.2.2 Nonkonformität und Konformität

Eine weitere Differenzierung erfolgt nach Nonkonformität und Konformität /192/:

- *Nonkonformitätskosten:* Sie beschreiben alle Aufwendungen, die in jedem einzelnen Bearbeitungsschritt in das Produkt eingebracht werden, jedoch infolge der Fehlerhaftigkeit nicht zur Wertsteigerung desselben beitragen /176/. Diese Kostenkategorie beinhaltet alle vermeidbaren Qualitätskosten und besitzt den Charakter von Einzelkosten /188/.
- *Konformitätskosten:* Diese umfassen alle Aufwendungen zur Fehlerverhütung und planmäßigen Prüfung, die als monetäre Investitionen einen Wertschöpfungsbeitrag leisten. Sie haben meist keinen unmittelbaren Produktbezug und besitzen Gemeinkostencharakter /188/.

## 2.3 Qualitätscontrolling

Parallel zum Fortschritt des Qualitätsmanagements lässt sich eine Weiterentwicklung vom klassischen Rechnungswesen hin zu einem umfassenden Controlling feststellen, das zunehmend auch Qualitätsaspekte berücksichtigt. Dies wird nachfolgend kurz verdeutlicht.

### 2.3.1 Entwicklung des Qualitätscontrollings

Aus der Synthese der Definitionen von Qualitätsmanagement und Controlling ergibt sich der Begriff des Qualitätscontrollings /87/. Dieses bezeichnet den Teil des betrieblichen Controlling-systems, der alle Qualitätsmanagementfunktionen unter Berücksichtigung ökonomischer und qualitätsrelevanter Ziele ganzheitlich plant, steuert und überwacht /174/. Die Aufgaben des Qualitätscontrollings bestehen einerseits in der Bewertung des Qualitätsmanagements nach Effektivitäts- und Effizienzgesichtspunkten und andererseits in der Koordination qualitätsrelevanter Vorgänge mit dem Ziel, eine anforderungsgerechte Qualität wirtschaftlich sicherzustellen /87/. Hier-

bei beschreibt die Prozesseffektivität den Output im Sinne des für den Kunden hervorgerufenen Wertes als Grad der Zielerreichung /88/. Diese ist als Aufgabe des Qualitätscontrollings ein Maß dafür, wie gut ein Unternehmen die Forderungen seiner Kunden umsetzt. Die Prozesseffizienz dagegen bezieht sich ausschließlich auf die wirtschaftliche und fehlerfreie Prozessdurchführung /88/. Sie beurteilt die Wirtschaftlichkeit anhand des Verhältnisses vom Aufwand zum Ertrag. Herrscht diesbezüglich im Hinblick auf die Bewertung von Kosten- und Zeitaspekten noch weitgehend Klarheit über mögliche Vorgehensweisen, so mangelt es zur Bewertung von Qualitätsaspekten bislang insbesondere an Methoden zur adäquaten Operationalisierung /139/.

### **2.3.1.1 Kernelemente des strategischen Qualitätscontrollings**

Das strategische Qualitätscontrolling hat dauerhaften und präventiven Charakter und zielt in erster Linie auf die grundlegenden QM-Elemente wie Qualitätspolitik, -strategie und -ziele ab. Diese dienen dazu, Chancen und Risiken sowie Stärken und Defizite abzuschätzen und in die langfristige Unternehmensplanung einzubeziehen. Ferner werden die im Rahmen der Langfristplanung zu erreichenden Ziele festgelegt /174/. Diese Einflussnahme auf die strategische Unternehmensplanung tangiert damit die Grundstrukturen eines Unternehmens. Anstehende Entscheidungen über dementsprechende Modifikationen fundamentaler Art haben bleibende Wirkung, sind nur in begrenztem Umfang reversibel und legen damit die Rahmenbedingungen für die Erreichung der Unternehmensziele fest /174/. Die Funktionen innerhalb des Qualitätsmanagements, die durch das strategische Qualitätscontrolling determiniert werden, sind die Festlegung der Qualitätspolitik und die Qualitätsplanung. Eine relevante Änderung der Qualitätspolitik wird jedoch nur bei einer grundsätzlichen Unternehmensneuausrichtung erfolgen. Das strategische Qualitätscontrolling bezieht sich daher hauptsächlich auf die Qualitätsplanung /98/.

### **2.3.1.2 Kernelemente des operativen Qualitätscontrollings**

Das operative Qualitätscontrolling beeinflusst die grundlegenden Unternehmensstrukturen in geringerem Maße. Es zielt vielmehr auf die bestehenden Geschäftsprozesse ab, um diese effektiv und effizient zu gestalten. Dies betrifft die folgenden Bereiche des Qualitätsmanagements /174/:

- *Qualitätslenkung*: Die Zielsetzung liegt darin, die Prozesse sicher zu beherrschen und reproduzierbar zu machen.
- *Qualitätssicherung*: Da es durch Qualitätslenkung allein nicht gelingen wird, jegliches Entstehen von Fehlern auszuschließen, ist ein Risikomanagement erforderlich, mit dem das Auftreten von Fehlern durch Maßnahmen verhindert werden soll.
- *Qualitätsverbesserung*: Diese strebt eine kurzfristige und zielgerichtete Anpassung an die dynamischen Marktgegebenheiten im Sinne einer permanenten Optimierung an.

Die inhaltliche Positionierung der vorliegenden Arbeit soll über eine geeignete Aggregations-systematik sowohl im strategischen als auch im operativen Qualitätscontrolling erfolgen, um die systematische Durchgängigkeit des Ansatzes in der praktischen Anwendung sicherzustellen.

### 2.3.2 Arten von Kennzahlen

Generell sind Kennzahlen absolute oder relative Größen, die problembezogene Informationen komprimiert ausdrücken /68/. Die Verdichtung von Zahlen oder Zahlenverhältnissen zur Bewertung ist ein Vorgang, der in Abhängigkeit der jeweiligen Zweckbindung zu erfolgen hat /112/. Unter Berücksichtigung des Qualitätscontrollings bedeutet dies, dass dementsprechende Bewertungszahlen nicht nur als Informationsmedium heranzuziehen sind, sondern besonders als Entscheidungsunterstützung bei der Festlegung von Vorgaben für Unternehmensprozesse Relevanz besitzen /115/. Kennzahlen lassen sich in Absolutzahlen einerseits und Verhältniszahlen andererseits unterteilen /186/. Absolutzahlen umfassen Einzelzahlen, Mittelwerte, Summen oder Differenzen und kommen eher im operativen Qualitätscontrolling zum Einsatz. Diese Kennzahlenkategorie dient als Orientierungswert, der die Basis für eine Bewertung sowie eine operative Aufgabenbewältigung darstellt. Mehr strategischen Charakter besitzen demgegenüber Verhältniszahlen, die Indexzahlen, Gliederungszahlen und Beziehungszahlen umfassen. Indexzahlen werden verwendet, wenn die temporäre Entwicklung im Vordergrund des Interesses steht. Die Festlegung des Basisbetrachtungspunktes bestimmt den Wert der Indexierung. Gliederungszahlen stellen eine Teilmenge in Relation zum Ganzen dar. Beziehungszahlen als weitere Kategorie der Verhältniszahlen sehen die Verknüpfung unterschiedlicher Daten miteinander vor. Entwicklungstendenzen lassen sich durch den Einsatz von Beziehungszahlen aufzeigen, die bei einer ausschließlichen Verwendung von Gliederungszahlen nicht erkennbar sind /120/. Eine zusammenfassende Darstellung mit Beispielen zeigt Bild 2-1.

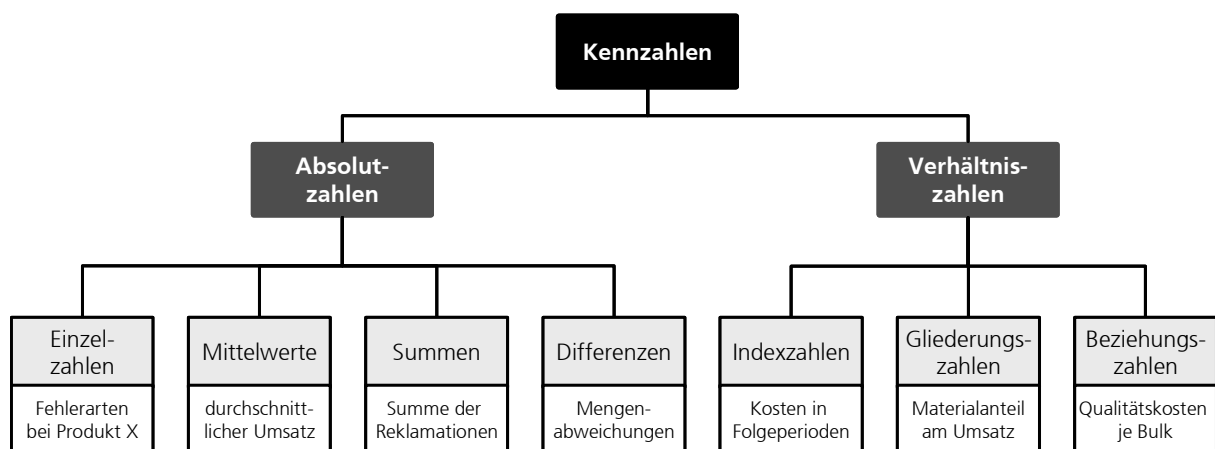


Bild 2-1: Differenzierung von Kennzahlenarten (modifiziert nach /186/)



### 2.3.3 Verwendung von Kennzahlensystemen

Der Aussagewert einzelner Kennzahlen ist aufgrund der Gefahr einer ungenauen Interpretation begrenzt /29/. Diese entsteht dann, wenn ein Sachverhalt nur bezüglich einzelner quantitativer Informationen bewertet wird /68/. Diesem wird durch die Bildung eines Kennzahlensystems, d. h. einer integrativen Erfassung von Kennzahlen, entgegengewirkt, was daher auch in der vorliegenden Arbeit Berücksichtigung findet. Unter einem Kennzahlensystem wird die Zusammenstellung quantitativer Größen, die in einer systematischen, mathematischen oder empirischen Sinnbeziehung zueinander stehen, verstanden /152/. Die einzelnen Kennzahlen können eine sachlich sinnvolle Beziehung aufweisen, einander ergänzen oder erklären sowie insgesamt auf ein ganzheitliches und übergeordnetes Ziel ausgerichtet sein /112/. Die Aufgabe von Kennzahlensystemen besteht darin, den betrieblichen Planer und Entscheidungsträger durch die Aggregation von Informationen mit hinreichender Genauigkeit und Aktualität im Rahmen der Planungs-, Kontroll- und Frühwarnfunktion über das Betriebsgeschehen zu informieren /68/.

### 2.3.4 Existierende qualitätsspezifische Bewertungskonzepte

Die folgenden Bewertungskonzepte sollen eine Gesamtbeurteilung des Produktionsbetriebs als System ermöglichen, indem Teilsysteme beschrieben und diese dann getrennt bewertet werden.

#### 2.3.4.1 TQM-orientierte Kennzahlenmodelle

Die Eignung der in der Literatur bekannten Kennzahlensysteme zur Weiterentwicklung innerhalb des Qualitätscontrollings ist heterogen /82/. Grundsätzlich kann differenziert werden nach den betriebswirtschaftlichen Kennzahlensystemen, den Qualitätskennzahlensystemen und den TQM-orientierten Kennzahlensystemen /11/. Bei den betriebswirtschaftlichen Verfahren handelt es sich z. B. um das Kennzahlensystem von DuPont, das Rentabilitäts-Liquiditäts- oder das ZVEI-Kennzahlensystem /203/. Im Mittelpunkt der betriebswirtschaftlichen Kennzahlensysteme steht die langfristige Existenzsicherung des Unternehmens. Diese Kennzahlensysteme konzentrieren sich auf den Cashflow aus der Geschäftstätigkeit, der den Erhalt der Zahlungsfähigkeit eines Unternehmens sicherstellt. Als Kennzahl zur Beurteilung des operativen Ergebnisses in Bezug auf das eingesetzte Kapital dient z. B. der ROCE, wobei das erwirtschaftete Geschäftsergebnis die primäre Erfolgskennzahl darstellt. Wenn es jedoch darum geht, die Unternehmensexistenz langfristig zu sichern, reicht eine rein ergebnisorientierte Betrachtung nicht aus, da der Zwang zur Produktivitätssteigerung erst dann einsetzt, wenn die Wirtschaftlichkeit bedroht und damit die Existenz bereits gefährdet ist /152/. Daher sind Zweifel an der Eignung ausschließlich ergebnisorientierter Kennzahlensysteme zur Existenzsicherung von Unternehmen gerechtfertigt. Bei den Qualitätskennzahlensystemen sind beispielhaft das Kennzahlensystem der DGQ /37/, das Qualitätskennzahlensystem zur Kostenoptimierung nach WILDEMANN /192/ und die Qualitätskennzahlensysteme nach PRESSMAR /126/ sowie nach HAHN /71/ zu nennen. Unter die TQM-

orientierten Kennzahlenmodelle fallen der ROQ-Bewertungsansatz nach KAMISKE /97/ sowie die Balanced Scorecard nach KAPLAN/NORTON /101/. Ein weiterer Ansatz ist das Exzellenzmodell der EFQM /56/. In Bild 2-2 ist eine Übersicht ausgewählter Bewertungsansätze dargestellt.

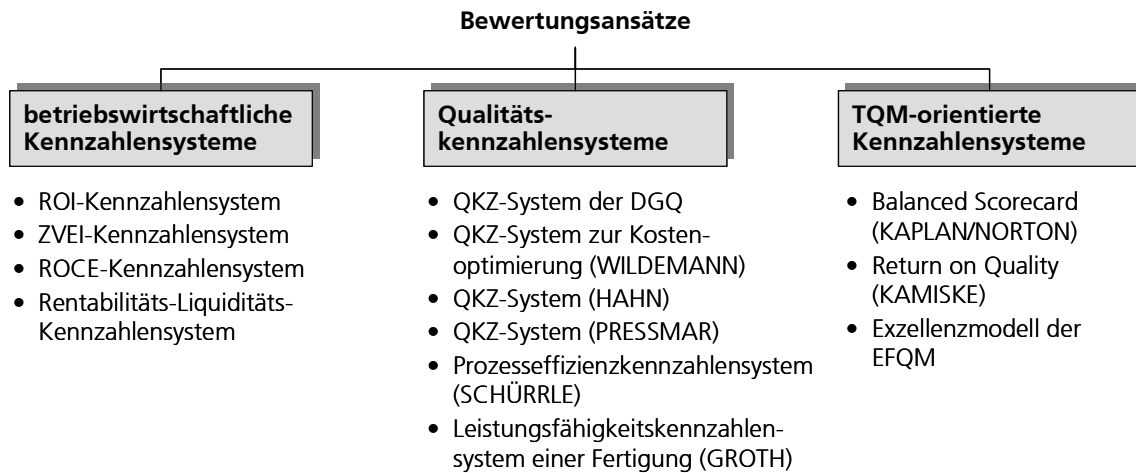


Bild 2-2: Übersicht zu ausgewählten Kennzahlensystemen (erweitert nach /11/)

Die Ansätze von KAPLAN/NORTON und der EFQM weisen die höchste Eignung zur Weiterentwicklung und Konkretisierung im Rahmen eines multikriteriellen Qualitätscontrollingansatzes auf, da beide die Forderung nach mehrdimensionaler Ergebnisdarstellung bei gleichzeitiger Berücksichtigung TQM-relevanter Aspekte erfüllen /195/. Im Weiteren wird auf diese eingegangen.

### 2.3.4.2 Balanced Scorecard

Vor dem Hintergrund des heutigen Wettbewerbsumfelds ist es zunehmend von Relevanz, auch immaterielle Vermögenswerte zu bewerten und zu steuern. Das klassische Rechnungswesen ist jedoch nicht in der Lage, derartige Bewertungen vorzunehmen /11/. Ein in jüngerer Vergangenheit entstandener Systemansatz mit finanziellen und nichtfinanziellen Kennzahlen ist die von KAPLAN/NORTON entwickelte Balanced Scorecard. Ihr Einsatz leistet einen Beitrag zur Integration subjektiver Qualitätsmerkmale und -dimensionen /101/. Die Balanced Scorecard verfolgt die Intention, die Unternehmensvision und -strategie in ein System zur Leistungsmessung zu übertragen und zudem einen Rahmen für ein strategisches Managementsystem zu bilden /195/. Das Konzept der Balanced Scorecard betont weiterhin die finanziellen Ziele, jedoch unter besonderer Berücksichtigung der betrieblichen Leistungstreiber. Sie ermöglicht eine Messung des Unternehmenserfolgs aus vier „ausgewogenen“ Perspektiven. Die Bewertung, Steuerung und Kommunikation der Strategie erfolgen durch Kennzahlen, mittels derer die Perspektiven beurteilt werden /17/. Diese lassen sich folgendermaßen beschreiben (vgl. Bild 2-3):

- *Finanzperspektive*: Anhand der ökonomischen Kennzahlen können z. B. die Anteilseigner ermitteln, ob die betrieblichen Aktivitäten zu einer Ergebnisverbesserung geführt haben.

- *Kundenperspektive*: Sie zeigt, wie die Kunden die Unternehmensleistungen beurteilen, wobei die Ergebniskennzahlen den Zielkunden und den Marktsegmenten zuzuordnen sind.
- *Unternehmensprozessperspektive*: Kennzahlen aus der Geschäftsprozessperspektive beschreiben, wie effizient die Unternehmensabläufe unter Produktivitätsaspekten sind.
- *Lern- und Wachstumsperspektive*: Sie informiert über die Innovationsfähigkeit des Unternehmens sowie über den Fortschritt des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.



Bild 2-3: Balanced Scorecard als Rahmen zur Umsetzung von Vision und Strategie nach /139/

Die Dimensionen bilden die Basis eines Reportings, das über die Festlegung von Vereinbarungen, Bewertungsgrößen, Zielen und Maßnahmen beiträgt, die Vision und Strategie umzusetzen /11/. Der Ansatz beschreibt kein unternehmensunabhängiges Kennzahlensystem, sondern einen generischen Rahmen für die Entwicklung eines betriebspezifischen Bewertungsinstrumentariums. Ähnlich wie die Systematik des ROQ zielt die Balanced Scorecard auf eine kundenorientierte Steuerung der Unternehmensprozesse ab, zeigt aber nicht, welche konkreten Aktivitäten zur Messung, Analyse und Verbesserung einzuleiten sind /195/. Der Ansatz ist mit beträchtlichem Implementierungsaufwand verbunden und eignet sich vornehmlich für Großunternehmen.

### 2.3.4.3 Exzellenzmodell der EFQM

Einen Rahmen zur unternehmensweiten Bewertung der Qualität bietet das Europäische Modell für Spitzenleistungen, das aus zwei Teilen besteht. Diese umfassen einerseits die fünf Befähigerkriterien. Unter diesen Kriterien sind die Erfolgsfaktoren zu verstehen, mit denen die Unternehmensqualität („Business Excellence“) erzeugt wird. Andererseits beinhaltet das Modell vier

Ergebniskriterien. Diese zeigen auf, inwieweit das Unternehmen auf seinem Weg zur „Business Excellence“ vorangekommen ist. Sie dienen der Evaluierung der Maßnahmen auf der Befähigerseite und haben eine Rückkopplung zum Ziel. Das Modell umfasst damit insgesamt neun Hauptkriterien (vgl. Bild 2-4) und wurde von der EFQM primär als Bewertungsansatz entwickelt /167/.

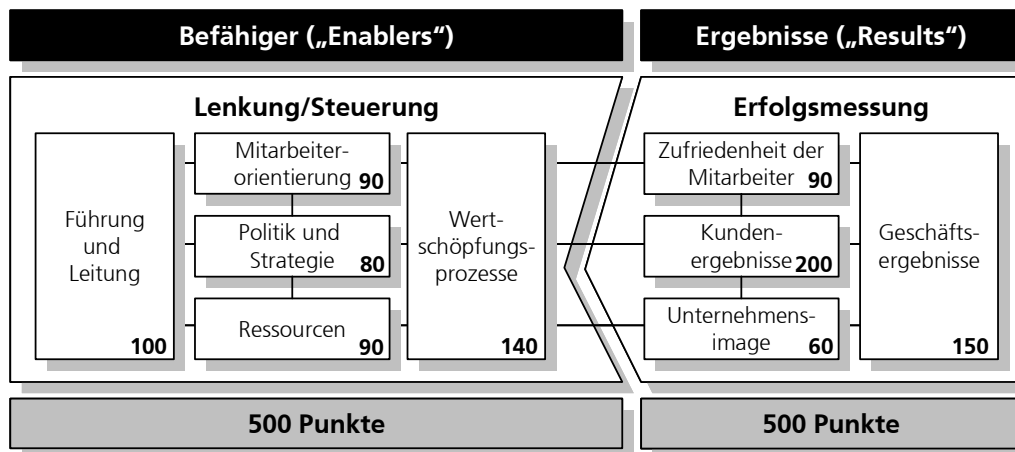


Bild 2-4: Struktur des Exzellenzmodells nach ISO 9000

Ein Unternehmen kann bei einer Bewertung anhand des Modells maximal 1.000 Punkte erreichen. Die Kriteriengewichtung innerhalb des Bewertungssystems ist vorgegeben und soll den Einfluss der einzelnen Kriterien auf den Erfolg des Unternehmens am Markt widerspiegeln /111/. Innerhalb des Exzellenzmodells wird auf die Qualität im umfassenden Sinn fokussiert /193/. Bei der Bewertung werden Organisationen im Hinblick auf Herangehen, Mitteleinsatz und Ergebnisse beurteilt, wobei der Nachweis der ständigen Verbesserung von Relevanz ist /111/. Die Bewertung kann von externen Auditoren oder intern als Selbsteinschätzung („Self-Assessment“) durchgeführt werden und bildet die Grundlage für notwendige Verbesserungsmaßnahmen /39/.

Für die Modellanwendung ist es erforderlich, geeignete Messgrößen und -instrumente zu definieren und zu implementieren /56/. Das Modell ist nicht beschreibend, sondern es basiert auf einem Fragenkatalog. Unter Zuhilfenahme dieses offenen Modells muss jeder Betrieb für sich entscheiden, wie sich die Besonderheiten von Markt, Region, Kultur etc. integrieren lassen. Eine Nichtberücksichtigung einzelner Kriterien ist jedoch unzulässig. Da das Modell als offener Bewertungsansatz für alle Branchen, Unternehmensgrößen und kulturellen Gegebenheiten in Europa gilt, gibt es keine klaren Anforderungen an die Ausgestaltung der Unternehmensstrukturen /56/. Nach ROBECK zeigen Erfahrungen zudem, dass der Aufbau eines an diesem Systemansatz orientierten Managementsystems mit erheblichem Aufwand verbunden ist /139/. Darüber hinaus ist das Modell für Unternehmen, die keine Endverbraucher bedienen, eher ungeeignet. Viele Großunternehmen sind dazu übergegangen, den Systemansatz auf ihre Bedürfnisse zu spezifizieren.

## 2.4 Komplexe Produktionssysteme

Nachstehend sind die Begrifflichkeiten der Systemtechnik und der Komplexität zur weiteren Eingrenzung des Untersuchungsbereichs genauer zu spezifizieren.

### 2.4.1 Begriff des Systems

Ein System setzt sich generell aus einer Menge von Elementen (Teilen, Komponenten etc.), die Eigenschaften besitzen und die durch Beziehungen miteinander assoziiert sind, zusammen /16/. Die Elemente lassen sich ihrerseits wiederum als Subsysteme betrachten. Analog zur Bildung von Subsystemen können durch eine Aggregation mehrerer Systeme zu einem globalen System sog. Übersysteme gebildet werden /169/. Beziehungen bezeichnen allgemeine Wechselwirkungen (z. B. Mengen- und Materialflussbeziehungen oder Problem-Ursache-Verknüpfungen). Durch eine Grenze wird das System von seiner Umgebung separiert. Eine Zuordnung zu den Kategorien System oder Umgebung geschieht auf der Basis definierter Kriterien, die je nach Blickwinkel und Zielsetzung des Betrachters bzw. Modellierers formuliert werden /31/. Die Systemdefinition ist somit sowohl vom Zweck durch die Festlegung der Systemgrenze mit Umgebung als auch vom Detaillierungsgrad durch Bestimmung von Teilen und Subsystemen abhängig /140/.

### 2.4.2 Formen der Komplexität

Neben dem Begriff des Systems wird zur zusätzlichen Themenbereichsbegrenzung die Dimension der Komplexität herangezogen. Ausgehend von einer Begriffsbestimmung ist zur weiteren Verdeutlichung ein Verfahren zur Bewertung des Komplexitätsgrades angegeben. Als Komplexität wird ein strukturelles Merkmal zur Wiedergabe der Überschaubarkeit, der Handlichkeit, des Umfangs und der inneren Verknüpfung von Systemen definiert /94/. Komplexität bezeichnet somit sowohl die Vielgestaltigkeit (Varietät) als auch den inneren Zusammenhang (Konnektivität) von Systemen (vgl. Bild 2-5). Diese zwei Perspektiven stehen beim realen System in Korrelation.

In Bild 2-5 ist eine Ordnungsvorschrift für verschiedenartige Dimensionen der Komplexität von Systemen gezeigt, die jedoch nicht als Rechenverfahren zur Ermittlung einer Komplexitätskennzahl herangezogen werden kann. Die Ermittlung des Komplexitätsgrades wird stark vom subjektiven Aspekt der menschlichen Auffassungsfähigkeit beeinflusst /160/. Alle weiteren Betrachtungen sollen daher für Systeme gelten, die sich in mindestens einer der Dimensionen, die mit der Ordnungsvorschrift bestimmt werden, einer simultanen Bewertung entziehen und aufgrund dessen den Einsatz von Verfahren zur Reduktion der Komplexität notwendig machen /113/.

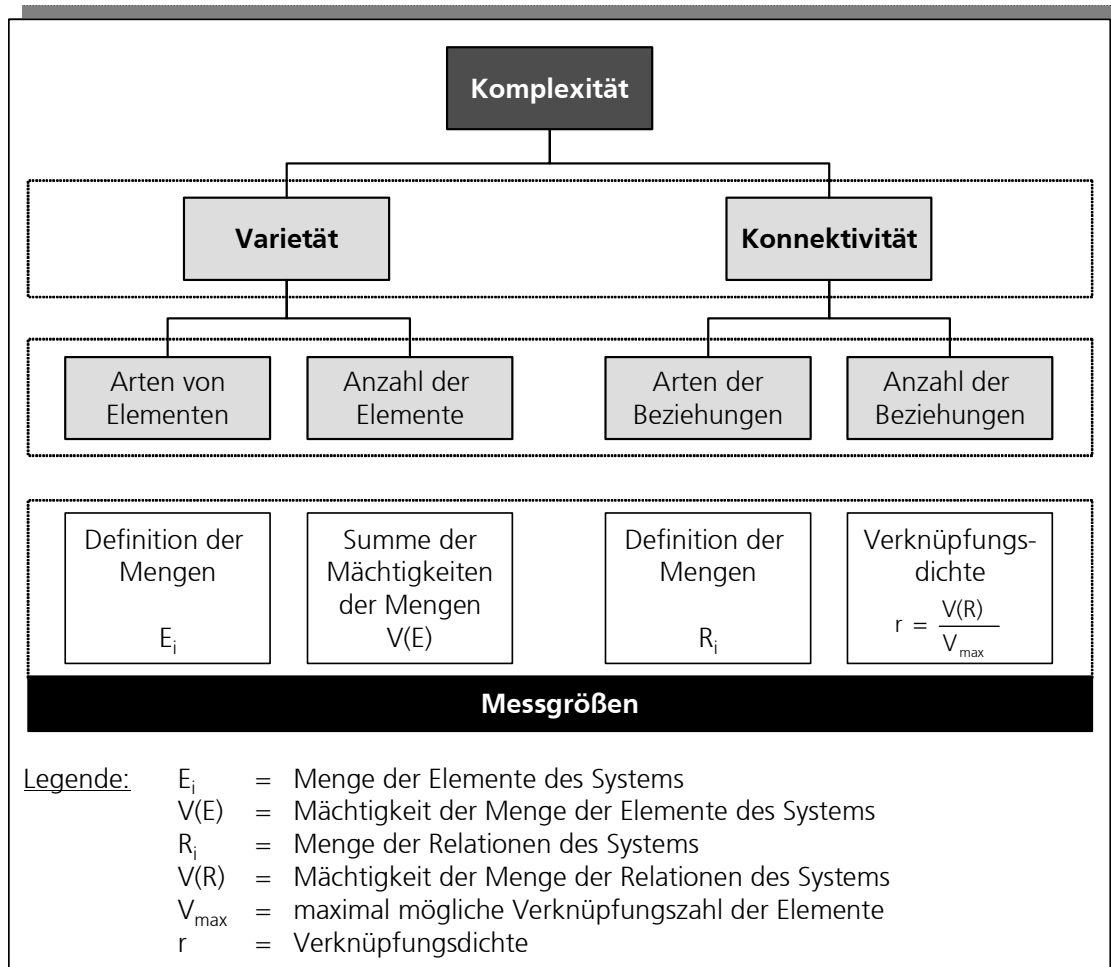


Bild 2-5: Begriff der Komplexität von Systemen nach /113/

### 2.4.3 Integrative Attribute komplexer Produktionssysteme

Nach REFA /135/ sind komplexe Produktionssysteme definiert als „Arten von Produktionseinrichtungen, bei denen mehrere sich ergänzende Einzelfunktionen sowohl bei der Bearbeitung und Montage als auch im Material- und Informationsfluss weitgehend selbsttätig ablaufen“. Derartige Produktionssysteme finden sich nicht nur in Großbetrieben, sondern auch in kleinen und mittleren Unternehmen. Sie eignen sich bei adäquater Implementierung gleichermaßen sowohl für Betriebe mit Bearbeitung geometrisch bestimmter Werkstücke aus z. B. dem Anlagenbau als auch für Unternehmen mit Chargenfertigung. Durch die Definition des Begriffs Produktionssystem werden hinsichtlich der Größe und Grenzen des Systems keine Festlegungen getroffen. Ein solches System kann aus einem einzelnen Arbeitsplatz (z. B. manuelles Konfektionieren) oder einer einzelnen Maschine (z. B. Filterzentrifuge, Rührwerkanlage) bestehen, aber auch einen gesamten Produktionsbereich umfassen (z. B. mehrere Schmelzwannen und Linien bei der Glasherstellung). Die Informationsbereitstellung und -verarbeitung gewinnen in diesem Kontext im

Vergleich zu anderen Produktionsfaktoren vermehrt an Bedeutung. Diese Entwicklung führt generell zum Einsatz zunehmend komplexer werdender Produktionssysteme (vgl. Bild 2-6).

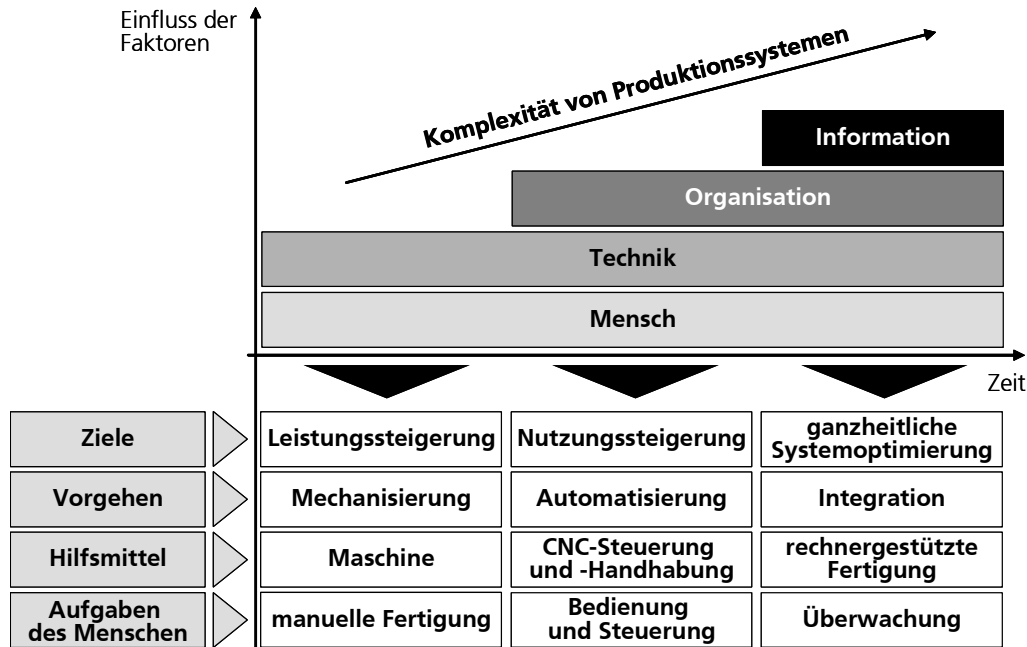


Bild 2-6: Komplexität bei Produktionssystemen nach /169/

### 2.4.3.1 Technikspezifische Merkmale

Komplexe Produktionssysteme lassen sich unabhängig von der Systemgröße und dem Stand der Automatisierung in die drei folgenden Teilsysteme gliedern /169/:

- *Bearbeitungssystem*: Zusammenfassung aller Betriebsmittel, die den Produktionsfortschritt bewirken /28/. Dazu gehören z. B. Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Mess-/Prüfmittel.
- *Materialflusssystem*: Es umfasst alle Einrichtungen, die als Fördermittel bzw. Förderhilfsmittel zum Lagern, Transportieren, Handhaben und Bereitstellen von RHB sowie FE und UFE Einsatz finden (z. B. Kugelbehälter, Becherwerke oder Gliederbandförderer) /80/.
- *Informationssystem*: Aggregation aller Einrichtungen, die zum Bearbeiten, Speichern, Verwalten, Senden und Empfangen von Informationen zur Erfüllung des Produktionsablaufs benötigt werden /150/. Sie umfassen sowohl Hardware (z. B. Rechner, Datenträger, Netzwerke) als auch Software (z. B. Programme zur Prozesssteuerung oder Gemengedosierung).

Hinsichtlich des Auftragsabwicklungsdurchlaufs lassen sich komplexe Produktionssysteme zudem entsprechend der Aufgabenstellung und der Verteilung von Betriebsmitteln durch die in Bild 2-7 skizzierten Klassen differenzieren /169/.

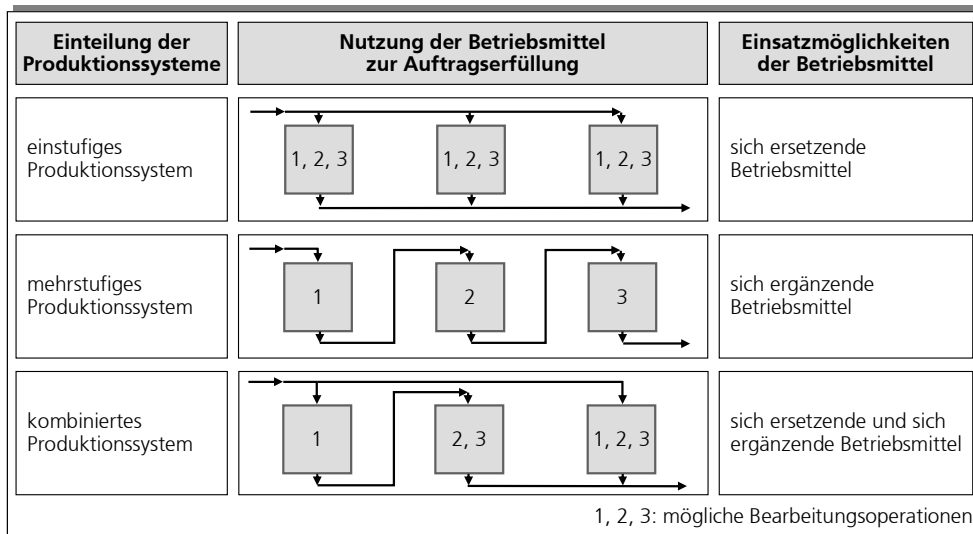


Bild 2-7: Klassifizierung von Produktionssystemen nach /135/

Zur Kostenreduzierung erfolgt neben der Verwendung technologieorientierter Ansätze (z. B. optimierte Verfahrenstechnik, LCA- oder TPM-Konzepte nach /1/) in jüngerer Zeit auch die Wahl organisatorischer Ansätze /191/. Diese werden im nachstehenden Abschnitt näher beschrieben.

**2.4.3.2 Organisationspezifische Merkmale**

Ein Großteil der Unternehmen aus der Automobilindustrie sowie deren Zulieferfirmen arbeiten heute daran, durch organisationspezifische Optimierungsansätze beträchtliche Effizienzsteigerungen unter der Zielsetzung zu erreichen, betriebliche Einsatzfaktoren durch die Standardisierung von – zumeist bekannten – Methoden und Arbeitsabläufen besser zu nutzen /6/. Bedeutende Rationalisierungseffekte werden dadurch erzielt, dass die Mitarbeiter selbst durch diese standardisierten Methoden und Abläufe Einsparpotenziale systematisch erkennen und durch ein konsequentes Eliminieren nichtwertschöpfender Tätigkeiten deren Realisierung befördern /166/. Eine essenzielle Rolle spielt dabei die Implementierung schlanker Materialwirtschaftsprozesse, kontinuierlicher Verbesserungsaktivitäten und klarer Prozessbeschreibungen /172/.

Auf Basis der Prinzipien des Lean Managements werden in diesem Kontext verstärkt Anstrengungen unternommen, durch die systematische Verknüpfung heterogener Gestaltungsansätze auch den organisatorischen Innovationsprozess innerhalb des Unternehmens weiter voranzutreiben und zu stabilisieren /19/. Durch Erarbeitung und Verallgemeinerung von Best-Practice-Methoden innerhalb der betrieblichen Produktionssysteme werden strategische Initiativen konzipiert und umgesetzt, die für die Unternehmen einen verbindlichen methodischen Rahmen der innovativen Weiterentwicklung ihrer Strukturen und Abläufe bilden. Die organisatorische Innovation selbst liegt in der sorgfältigen Abstimmung und Integration von grundlegenden Elementen des Lean Managements zu einem umfassenden Gesamtsystem sowie in der Standardisierung dieser Lean-Elemente zu einer verbindlichen Unternehmenslösung /166/.



## 2.5 Typologisierung der Chargenfertigung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist hinsichtlich der Typologisierung der Chargenfertigung sowohl den Restriktionen als auch den betriebs- und branchenspezifischen Anforderungen an den Herstellungsprozess Rechnung zu tragen /102/.

### 2.5.1 Rahmenbedingungen und Charakteristika

Industriebetriebe und deren Fertigungsstrukturen lassen sich hinsichtlich ihrer Produktkomplexität, -quantität und Lieferzeit charakterisieren /91/. Die Investitionsgüterindustrie ist durch komplexe Unikate und häufig lange Lieferzeiten gekennzeichnet. Die Produkte werden überwiegend erst auf Kundenanfrage produziert und terminabhängig in die laufende Fertigung eingeplant. Demgegenüber erfolgt die Herstellung von Farbstoffen, Metallwerkstoffen, Kosmetika, Keramikprodukten, Kunststoffen etc. oftmals als Lagerauffüllfertigung, um kurze Lieferzeiten zu erlauben und die meist aufwendigen Rüst- bzw. Reinigungsvorgänge und demgemäß langen Nebenzeiten zu minimieren /18/. Diese Erzeugnisse werden in Chargen mit vorwiegend großen Stückzahlen bzw. Mengen hergestellt, wobei die zugehörigen Produktionsanlagen häufig keine kleineren Fertigungsmengen gestatten (z. B. Bulk-Ansatz in der Kosmetikproduktion) /154/.

### 2.5.2 Begriff der Charge

Eine Charge ist definiert als eine bestimmte apparateabhängige Menge eines Produktes, das unter denselben technischen Bedingungen, d. h. mit einer bestimmten Maschineneinstellung oder Gemengedosierung, innerhalb eines festgelegten Zeitraums diskontinuierlich produziert wird /91/. Meist ist eine Reproduktion der exakt gleichen fertigungsspezifischen Parameter und Randbedingungen unmöglich bzw. aufwendig /123/, was sich an der Problematik der Herstellung und Verwendung von Farbe bei Anschlussflächen verdeutlichen lässt. Zur Identifikation dieser Menge dient die Chargennummer, da Produktions- und Produktdaten wie Werkstoffkonsistenz oder Farbtöne nicht mit der Materialnummer verbunden, sondern ein Kennzeichen der Charge sind /155/. Hieraus resultieren besondere Anforderungen an Unternehmen mit komplexen chargenorientierten Produktionsstrukturen, die nachstehend beschrieben werden.

### 2.5.3 Struktur des Produktionsprozesses

Kapitalintensive und verfahrenstechnisch komplexe Herstellungsprozesse sowie aufbau- und ablauforganisatorische Besonderheiten, die – im Gegensatz zur Automobilindustrie bzw. zum Maschinen- oder Anlagenbau – aus einem starren strukturellen Fertigungsablauf resultieren, kennzeichnen Unternehmen mit Chargenfertigung /79/. Hierzu soll nachfolgend ein Überblick über die produktionstechnischen und -organisatorischen Charakteristika bei Chargenfertigung vermittelt werden. Gerade bei Betrieben mit diesem Fertigungstypus, dessen Kostenstruktur

durch erhebliche Fixkostenblöcke (z. B. hohe jährliche AfA, Instandhaltung, Rüstvorgänge) bzw. beträchtliche Rohstoffkosten gekennzeichnet ist, besitzt die Optimierung der Unternehmensleistung auf Basis von kunden- und prozessorientierten Bewertungsmaßstäben hohe Relevanz /18/.

Für diesen Fertigungstypus selbst konstituierend ist die produktionsbezogene Anforderung, dass die Betriebe oft mehrere Fertigungsverfahren anwenden und beherrschen müssen, nämlich das Schaffen und Ändern der Form sowie das Ändern der Stoffeigenschaften /52/. Das Produkt wird dabei nach einer Vorschrift – als Teil des Arbeitsplans auch Rezeptur genannt – in einer Charge erzeugt und danach durch Trenn-, Füge- oder Beschichtungsvorgänge weiterverarbeitet /191/. Auftretende Schwierigkeiten bei der verfahrenstechnischen Änderung der Stoffeigenschaften schlagen sich überwiegend direkt im nachfolgenden Fertigungsablauf nieder. Dementsprechend erfolgt im Weiteren die Begriffsbestimmung der Chargenfertigung unter Berücksichtigung verfahrenstechnischer Grundmerkmale, die diesen Fertigungstypus bezeichnen /154/.

#### **2.5.4 Wesen und Aufgaben der Verfahrenstechnik**

Die Verfahrenstechnik ist eine selbstständige Ingenieurwissenschaft, die sich mit allen Vorgängen befasst, bei denen Stoffe im Hinblick auf die Zusammensetzung, Eigenschaft oder Stoffart verändert werden /197/. Die technisch-wirtschaftliche Ausführung der Verfahrenstechnik vollzieht sich dabei grundsätzlich als Ablauf von chemischen, physikalischen oder biologischen Vorgängen zur Gewinnung, Herstellung oder Beseitigung von Stoffen oder Produkten. Die eigentliche Änderung bzw. Umwandlung von Stoffen kann nach /80/ erfolgen durch:

- Änderung der Zusammensetzung (z. B. von Suspensionen durch Filtrieren),
- Änderung der Eigenschaften (z. B. der Korngröße durch Zerkleinern) sowie
- Änderung der Stoffart (z. B. von Verbindungen durch chemische Reaktionen).

Die Zusammensetzung und die Eigenschaften von Stoffen werden durch physikalische Verfahren verändert. Die Stoffart lässt sich ausschließlich durch chemische oder nukleare Reaktionen umwandeln. Die Verfahrenstechnik wird aus diesem Grund auch in physikalische, chemische und nukleare Verfahrenstechnik differenziert. Als Spezifikum der chemischen Industrie, in der die Verfahrenstechnik und als Untermenge die Chargenfertigung Anwendung finden, müssen bei der Programmplanung die Eigenheiten des Produktionsbereichs beachtet werden. Charakteristisch sind stoffumwandelnde Produktionsprozesse, die oft auch von physikalischen Operationen begleitet werden, was vor allem die Aufbereitung der Einsatzstoffe betrifft.

#### **2.5.5 Auftreten von Kuppelproduktion**

Für Unternehmen mit Chargenfertigung ist es üblich, dass die Produkte bis zu ihrer Fertigstellung zahlreiche Maschinen, Einrichtungen und Anlagen durchlaufen, die materialflusstechnisch

zumeist fest miteinander verkettet sind /25/. Häufig entstehen dabei zwangsläufig und gleichzeitig artverschiedene Produkte, was als Kuppelproduktion bezeichnet wird. Die Eigenheiten der Kuppelproduktion lassen sich nach /199/ vornehmlich durch folgende Aspekte beschreiben:

- Prozessbedingungen der Anlagen,
- Art und Kapazität der Anlagen sowie
- stoffwirtschaftliche Verflechtungen in und zwischen den Anlagen.

Diese Eigenheiten werden nachstehend kurz skizziert.

### 2.5.5.1 Prozessbedingungen der Anlagen

Die Mengenverhältnisse der Kuppelprodukte können unterschiedlich beeinflussbar sein. Geläufig ist die Differenzierung nach der Beeinflussbarkeit der Mengenverhältnisse (vgl. Bild 2-8).

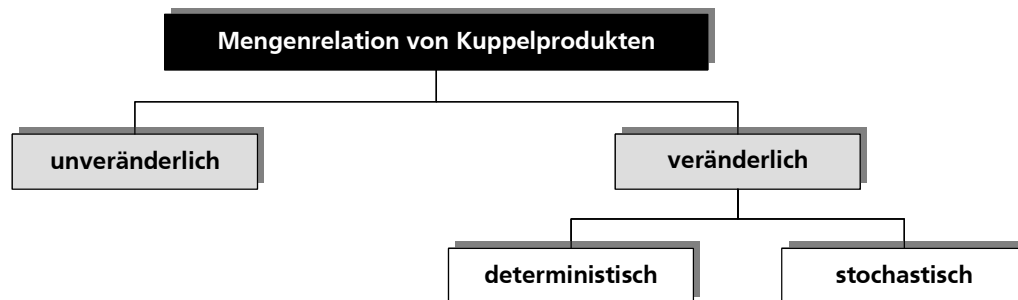


Bild 2-8: Einteilung der Kuppelproduktion nach /199/

Bei unveränderlichen Mengenrelationen von Kuppelprodukten stehen die anfallenden Outputmengen in einem bestimmten konstanten Verhältnis, das durch dispositive Maßnahmen des Produktionsmanagements nicht beeinflussbar ist. In einer Reihe von Fällen ist der Kuppelprodukterfall – innerhalb technisch gegebener Rahmenbedingungen – dispositiv veränderbar. Dies lässt sich vor allem durch eine Änderung der Einsatzstoffe oder eine Variation der Prozess- und Reaktionsbedingungen erreichen. Sind die veränderlichen Mengenrelationen ausschließlich durch dispositive Maßnahmen verursacht, so werden sie als deterministisch veränderliche Mengenrelationen bezeichnet. Ein Bündel möglicher dispositiver Maßnahmen des Produktionsmanagements generiert bestimmte Betriebsbedingungen in den Apparaturen. Hierfür wird auch der Begriff der Fahrweise von Anlagen verwendet. In der betrieblichen Praxis sind die Mengenrelationen oftmals zufallsbedingt, da zusätzlich Störgrößen auf den Produktionsprozess einwirken. Auslöser der stochastischen Kuppelproduktion können Aktivitätsänderungen bei Katalysatoren, Ablagerungen in Rohren und Kesseln, Alterung und Verschleiß der Anlagen etc. sein.

### 2.5.5.2 Fertigungsprogramm- und -bedarfsplanung

Für die Programm- und Bedarfsplanung ist die Quantifizierung der Input-Output-Beziehungen in Form von speziellen Produktionsfunktionen notwendig. Empirisch lassen sich diese Beziehungen durch statistische Bewertungen der Kuppelproduktanteile bei verschiedenen Fahrweisen gewinnen. Als Resultat ergibt sich der Output an Kuppelprodukten in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen. Für die Planungsaufgaben reicht es meist aus, Durchschnittswerte für die Störgrößen anzunehmen. In der Fertigungsprozessplanung sind die konkret eintretenden Werte der Störgrößen zu bestimmen, sofern sie von den geschätzten Durchschnittswerten signifikant abweichen. Unter der Vereinfachung, dass für jede Anlage  $i$  die sich ergebenden Kuppelprodukte durch eine Linearkombination der Steuer- und der (geschätzten) Störgrößen erklärbar sind, lassen sich die Input-Output-Beziehungen durch spezielle Ausbeutefunktionen bezeichnen /199/:

$$x_{il} = \lambda_i^{(l)} + \sum_k \alpha_{ki}^{(l)} \cdot y_{ki} + \sum_z \beta_{zi}^{(l)} \cdot u_{zi} \quad \text{Gleichung 2.2}$$

für alle  $i = 1(1)m$  und für alle  $l \in P_i$

Dabei bedeuten:

|  |   |  |
|--|---|--|
| $x_{il}$   | : | Menge des Kuppelprodukts $l$ auf der Anlage $i$  |
| $y_{ki}$   | : | $k$ -te Steuergröße (dispositive Maßnahme) auf der Anlage $i$                            |
| $u_{zi}$   | : | $z$ -te geschätzte Störgröße auf der Anlage $i$  |
| $\lambda_i^{(l)}, \alpha_{ki}^{(l)}, \beta_{zi}^{(l)}$ | : | z. B. die durch eine Regressionsanalyse bestimmten Koeffizienten der Produktionsfunktion |
| $P_i$  | : | Index-Menge an Kuppelprodukten auf der Anlage $i$  |

Eine genauere Abbildung der Input-Output-Beziehungen führt größtenteils zu nichtlinearen Funktionen /179/. Die Steuergrößen bzw. dispositiven Maßnahmen (Rohstoffdurchsatz, Druck, Temperatur etc.) sind aufgrund der konstruktiven technologischen Eigenschaften nur in bestimmten Grenzen variierbar. Es müssen daher spezifische Unter- bzw. Obergrenzen für den Steuerbereich – unter Beachtung der Anlagenkapazitäten – berücksichtigt werden.

### 2.5.5.3 Art und Kapazität der Potenzialfaktoren

Die Kapazität der verfahrenstechnischen Anlagen hängt von der Art der vorhandenen Produktionseinrichtungen ab. Das generell mögliche Erscheinungsbild dieser Anlagen bei Chargenfertigung lässt sich mittels der drei folgenden Kategorien differenzieren /52/:

- *Kategorie A – Einzweckanlage*: Charakteristika sind die gleichbleibende Massenfertigung, Fließfertigungsorganisation sowie eine mehr kontinuierliche als diskontinuierliche Prozessführung. Die Kategorie besitzt die geringste qualitative und quantitative Anlagenflexibilität.

- *Kategorie B – Mehrzweckanlage*: Diese kann durch wechselnde Massenfertigung, Fließfertigungsorganisation und eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Prozessführung beschrieben werden. Umstellungsfähige Apparaturen ermöglichen hierbei einen Produktwechsel.
- *Kategorie C – Mehrzweckanlage*: Die Eigenheiten liegen in einer wechselnden Massenfertigung, einer funktionsorientierten Fertigungsorganisation und einer diskontinuierlichen Prozessführung. Es besteht die größte Produktionsvielfalt bei begrenzten Produktionsmengen.

Für Einzweckanlagen lässt sich die Kapazität einfach ermitteln. Bei Mehrzweckanlagen bietet es sich an, diese in eine entsprechende Anzahl fiktiver Einzweckanlagen aufzuspalten, für die jeweils die entsprechenden outputorientierten Produktionsfunktionen aufzustellen sind. Die Summe der Mengendurchsätze über alle fiktiven Anlagen darf die Kapazitätsobergrenze der Mehrzweckanlage nicht überschreiten. Eine Feinabstimmung der Kapazitäten kann hierbei z. B. mittels des OPT-Ansatzes /187/ erfolgen.

#### 2.5.5.4 Stoffwirtschaftliche Verflechtungen der Anlagen

Der Stofffluss zwischen den Anlagen lässt sich durch Materialbilanzen beschreiben. Die ein- und ausgehenden Mengenströme werden an geeigneten Punkten, etwa an einem Verzweigungs- oder Sammelknoten im Materialfluss (z. B. Rohrabschnitt oder Lager), gemessen. Für die jeweiligen Punkte  $k$  sind dann die Material- oder Mengenbilanzen wie folgt aufzustellen:

$$\sum_l y_{lk} - \sum_a x_{ka} = B_k$$

**Gleichung 2.3**

mit  $k = 1(1)L$

Dabei bedeuten:

|          |   |   |
|----------|---|---|
| $y_{lk}$ | : | einfließende Einsatzmenge aus dem Punkt $l$ in den Knoten $k$ |
| $x_{ka}$ | : | ausfließende Menge zum Punkt $a$ aus dem Knoten $k$           |
| $B_k$    | : | geforderte Menge im Punkt $k$                                 |

Gilt  $B_k > 0$ , so ist am Knoten  $k$  ein Lagerbestand (z. B. vor einem Einsatzhärteofen) in dieser Höhe vorgesehen. Die ausgehenden Mengenströme können verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten zugeführt werden. Denkbar sind eine Weiterverarbeitung in den folgenden Produktionsstufen, ein Rückfluss in die gleichen oder vorhergehenden Stufen oder auch ein Verkauf als Zwischen- oder Endprodukt. Es kann ebenfalls die Vernichtung unerwünschter Stoffe notwendig sein. Fließen Einsatzstoffe wieder in gleiche oder vorgelagerte Prozesse zurück, wird dies als zyklische Kuppelproduktion bezeichnet. Im Gegensatz dazu handelt es sich um eine lineare Kuppelproduktion, wenn im Stofffluss keine Zyklen auftreten. Zur Optimierung von Deckungsbeiträgen unter den Bedingungen der Kuppelproduktion lassen sich Modellansätze in Form von linearen Programmen darstellen, die durch Heranziehen des Simplex-Algorithmus gelöst werden können.

Zur Kostenbestimmung bei Kuppelproduktion treten zudem Besonderheiten auf, da eine nach dem Verursachungsprinzip direkte Kostenzurechnung auf die einzelnen Kuppelprodukte nicht möglich ist. Verfahren zur Lösung dieser Problematik finden sich z. B. bei PLINKE/RESE /124/.

### 2.5.6 Generisches Prozessmodell der Chargenfertigung

Der generelle Produktionsablauf innerhalb der Chargenfertigung lässt sich, wie in Bild 2-9 gezeigt, im Rahmen eines Prozessmodells schematisch beschreiben.

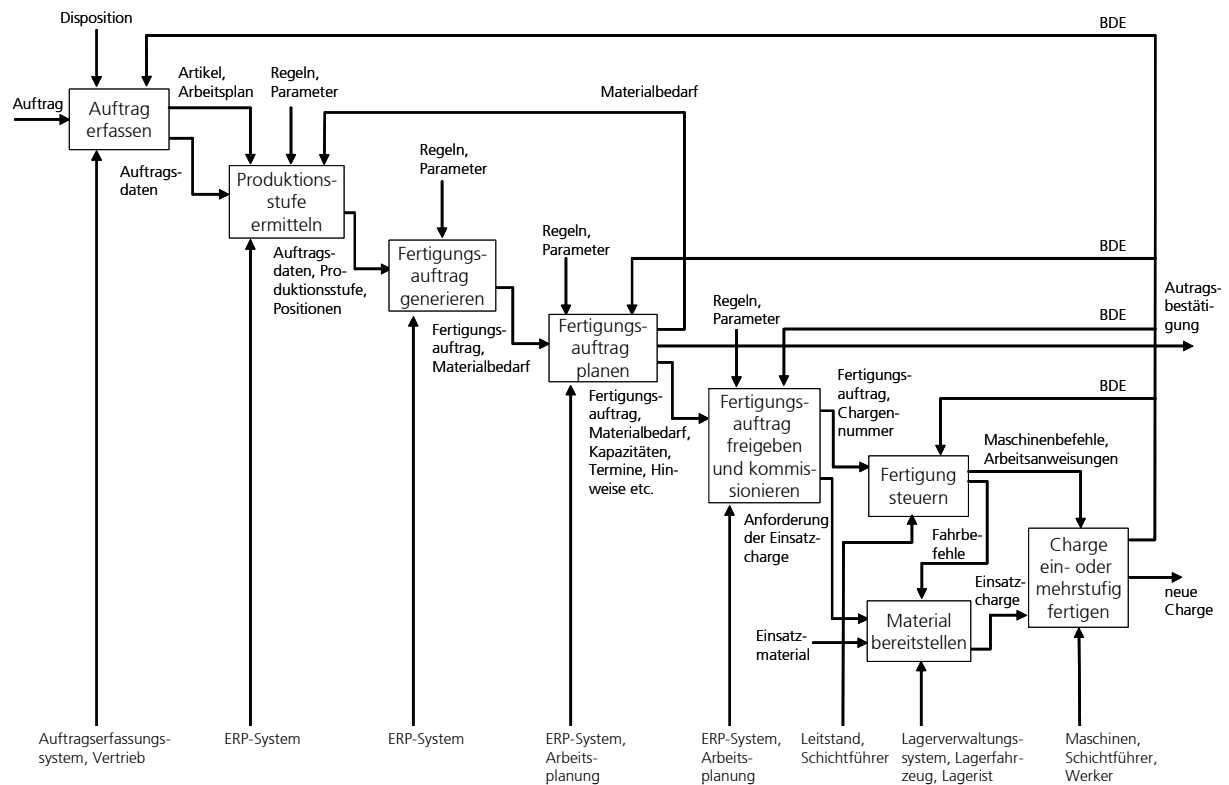


Bild 2-9: Schematischer Produktionsablauf bei Chargenfertigung nach I91/

Ausgehend von einem Auftrag sind alle Funktionsbereiche ablauforientiert miteinander verbunden. Nach der Auftragsplatzierung wird eine Rezeptur erstellt. Aus der Rezeptur kann die zur Herstellung des Artikels abschließende Produktionsstufe ermittelt werden. Basierend auf den einzelnen Produktionsstufen wird ein Fertigungsauftrag generiert. Hierbei gehören umfangreiche Chargen, ein rüstoptimierter Ablauf und kleine Umlaufbestände zu den Planungszielen.

### 2.5.7 Besonderheiten der Chargenfertigung

Die Kundenorientierung gestaltet sich bei Chargenfertigern aufgrund von produktions-, organisations- und personalbezogenen Restriktionen schwieriger und aufwendiger als in Betrieben, die vorwiegend Fertigungsverfahren zur Bearbeitung geometrisch bestimmter Werkstücke anwen-

den /154/. Neben den Schwierigkeiten bezüglich Kleinmengen, d. h. oft ist eine Fertigung von „Losgröße 1“ unmöglich, liegen weitere Probleme für Chargenfertiger darin, dass dieses Industriesegment nur von wenigen ERP-Systemen unterstützt wird. Die meisten der heute eingesetzten ERP-Systeme besitzen keine Module zur hinreichenden Kapazitätsplanung und Chargenabbildung /142/. Daneben mangelt es an Workflow-Tools, die prozessorientierte Organisationsstrukturen unterstützen. Die Ursachen dafür liegen in der Vielfalt der Produkte und der daraus resultierenden Anzahl an Maschinen, Fertigungstechnologien und Geschäftsprozessen /18/. Durch diese fehlende Unterstützung sehen sich viele Unternehmen aus dem Bereich der Chargenfertigung oftmals gezwungen, eigene Vorgehensweisen und Werkzeuge zu entwickeln /93/.

### 2.5.7.1 Kundenspezifische Produkthanforderungen

In Bezug auf Chargenfertigung können Probleme aus einer begrenzten Lebensdauer der End- oder Zwischenprodukte sowie einer Veränderung ihrer Eigenschaften oder Stoffart während der Liegezeit resultieren /18/. Da es trotz Rezepturen und Anlagensteuerung schwierig ist, zwei exakt gleiche Chargen zu erzeugen /67/, verlangen die Kunden häufig den Nachweis der Entnahme aus einer Charge. Hieraus resultiert die Anforderung, technisch machbare und wirtschaftliche Losgrößen in einer Charge zu produzieren, wobei unterschiedliche Auftragsmengen und Sicherheitszuschläge das Zusammenfassen von Kundenaufträgen zumeist behindern /154/.

### 2.5.7.2 Ausprägungen der Arbeitssteuerung als morphologische Darstellung

Die Heterogenität der Auftragsabwicklung in Unternehmen mit Chargenfertigung lässt kein umfassendes typunabhängiges Modell zu, das für sämtliche Betriebe Gültigkeit besitzt /18/. Ein solches Modell würde sich aufgrund der großen Zahl von zu berücksichtigenden Fallunterscheidungen als komplex und unübersichtlich erweisen. Im Bereich produzierender Unternehmen lassen sich nach EVERSHEIM /58/ prinzipiell vier Auftragsabwicklungstypen im Hinblick auf die Arbeitssteuerung unterscheiden, die zur weiteren Differenzierung Verwendung finden:

- *Auftragsfertiger*: Dieser zeigt die Ausprägung „Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen“. Bei der Chargenfertigung spielt dieser Typus lediglich eine untergeordnete Rolle.
- *Rahmenauftragsfertiger*: Er ist durch die Auftragsauslösungsart „Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen“ gekennzeichnet. Charakteristisch ist das Vorliegen längerfristiger Liefer- und Abnahmevereinbarungen.
- *Variantenfertiger*: Die Auslösungsart „kundenanonyme Vorproduktion mit kundenauftragsbezogener Endproduktion“ determiniert diesen Typ. Da sich diese Endproduktion in der Praxis meist auf eine Montage von verfügbaren Baugruppen beschränkt und solche Tätigkeiten bei Chargenfertigung nicht auftreten, ist dieser Typus ebenfalls von geringer Bedeutung.
- *Lagerfertiger*: Bei der auftragsanonymen Abwicklung „Produktion auf Lager“ bestellt der Kunde ausschließlich von einem Erzeugnislager ohne Einfluss auf den Auftragsdurchlauf.

Die weitere Typologisierung erfolgt anhand eines morphologischen Kastens, in dem die hauptsächlich auftretenden Merkmale der Arbeitssteuerung bei Chargenfertigung dargestellt sind (vgl. Bild 2-10). Die relevanten Charakteristika sind grau markiert, wobei Mischformen möglich sind.

| Auftragsabwicklungsmerkmale |  | Merkmalsausprägungen                           |   |  |   |   |
|-----------------------------|--|--|---|--|---|---|
| 1                           | Auftragsauslösungsart                          | Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen  | Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen             | kundenanonyme Vorprod./kundenauftragsbezogene Endprod.   | Produktion auf Lager                    |   |
| 2                           | Erzeugnisspektrum                              | Erzeugnisse nach Kundenspezifikation           | typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten   | Standarderzeugnisse mit Varianten                        | Standarderzeugnisse ohne Varianten      |   |
| 3                           | Erzeugnisstruktur                              | mehrtellige Erzeugnisse mit komplexer Struktur |   | mehrtellige Erzeugnisse mit einfacher Struktur           | geringteilige Erzeugnisse               |   |
| 4                           | Ermittlung des Erzeugnis-/Komponentenbedarfs   | bedarfsorientiert auf Erzeugnisebene           | erwartungs-/bedarfsorientiert auf Komp.ebene              | erwartungsorientiert auf Komp.ebene                      | erwartungsorientiert auf Erzeugnisebene | verbrauchsorientiert auf Erzeugnisebene |
| 5                           | Auslösung des Sekundärbedarfs                  | auftragsorientiert                             |   | teilw. auftragsorientiert<br>teilw. periodenorientiert   | periodenorientiert                      |   |
| 6                           | Beschaffungsart                                | weitgehender Fremdbezug                        |   | Fremdbezug in mittlerem Umfang                           | Fremdbezug unbedeutend                  |   |
| 7                           | Bevorratung                                    | keine Bevorratung von Bedarfspositionen        | Bevorratung von Bedarfspositionen auf unt. Strukturebenen | Bevorratung von Bedarfspositionen auf ob. Strukturebenen | Bevorratung von Erzeugnissen            |   |
| 8                           | Fertigungsart                                  | Einmalfertigung                                | Einzel- und Kleinserienfertigung                          | Serienfertigung  | Massenfertigung                         |   |
| 9                           | Ablaufart in der Fertigung                     | Werkstattfertigung                             | Inselfertigung  | Reihenfertigung  | Fließfertigung                          |   |
| 10                          | Ablaufart in der Montage                       | wenig Fügetätigkeiten                          |   |  |   |   |
| 11                          | Fertigungsstruktur                             | Fertigung mit hohem Strukturierungsgrad        | Fertigung mit mittlerem Strukturierungsgrad               | Fertigung mit geringem Strukturierungsgrad               |   |   |
| 12                          | Kundenänderungseinflüsse während der Fertigung | Änderungseinflüsse in größerem Umfang          | Änderungseinflüsse gelegentlich                           | Änderungseinflüsse unbedeutend                           |   |   |

Bild 2-10: Morphologie der Auftragsabwicklung bei Chargenfertigung (modifiziert nach /58/)

### 2.5.7.3 Klassifizierung der Fertigungsart hinsichtlich Häufigkeit und Menge

Diese Klassifizierung leitet sich aus einer Abgrenzung hinsichtlich der grundlegenden Organisationsform der betrieblichen Produktionsabläufe ab. Hierbei werden sowohl die Wiederholhäufigkeit einzelner Chargen und Aufträge als auch die Relation zwischen den direkt und indirekt produktiven Anteilen der Nutzungszeit der Fertigungsmedien in Betracht gezogen. Unter Berücksichtigung der Chargenanzahl pro Fertigungslos können die in Bild 2-11 gezeigten vier Bereiche unterschieden werden /28/, wobei die Grenzen zwischen den jeweiligen Fertigungsbereichen generell fließend sind /191/. Meist erfolgt die Produktherstellung in mittlerer bis großer Chargenanzahl pro Jahr, sodass von häufigen Anlagenumbauten mit Umrüst- und Reinigungsaktivitäten auszugehen ist /18/.



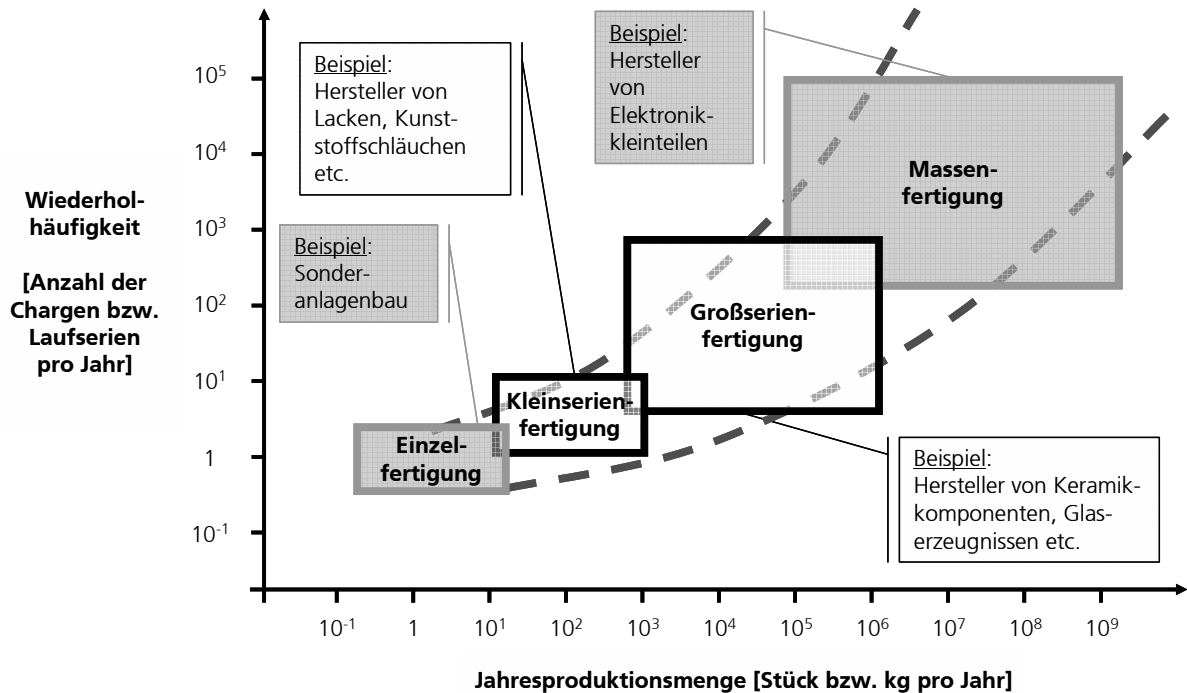


Bild 2-11: Klassifizierung der Fertigungsarten in Anlehnung an /113/

### 2.5.7.4 Verwaltung von Chargen und Chargenrückverfolgbarkeit

Entsteht durch ein verarbeitetes Material ein Schaden, so hängt die Ersatzpflicht des Herstellers davon ab, inwieweit die Beeinträchtigung durch den jeweiligen Einsatzstoff bedingt ist. Zur Rückverfolgbarkeit der Ursache ist der Hersteller nach ProdHaftG verpflichtet, zu einer ausgelieferten oder weiterverarbeiteten Charge alle Herstellungs- und Materialdaten zu sichern /123/. Bei der Produktion von Lebensmitteln, pharmazeutischen Erzeugnissen etc. ist dies uneingeschränkt obligatorisch, wobei in diesen Branchen noch weiterreichende Hygienestandards nach HACCP oder GMP gefordert werden /106/. Bei chargenpflichtigen Stoffen ist es unerlässlich, dass jeder Teilbestand einer Charge zugeordnet wird. Zur Charge sind das Verfalls- und Wareneingangsdatum, die Herkunft und der Lagerbestand in den Unterlagen zu führen /25/.

### 2.5.7.5 Betriebliche Organisationsstruktur

Die Unternehmen aus der Prozessindustrie sind historisch vorwiegend aus der Verfahrenstechnik entstanden. Da die verfahrenstechnischen Prozesse vielfach nur schwer einseh- und beherrschbar sind, dominieren Ingenieure und Naturwissenschaftler wie Chemiker und Physiker die Denk- und Handlungsweisen in den Unternehmen. Die Führungspositionen sind überwiegend mit Personen besetzt, deren Kenntnisse und Erfahrungen von ingenieur- und naturwissenschaftlichen Inhalten und Arbeitsformen geprägt sind. Im Unterschied dazu sind die Beschäftigten auf der Werkerebene häufig angelernte Kräfte, was zu entsprechenden Defiziten in der Kommunikation

führen kann /154/. In der Konsequenz sind die Aufbau- und die Ablauforganisation oftmals noch tayloristisch ausgelegt, was die Prozessorientierung in den Betrieben beeinträchtigt /18/.

### 2.5.8 Ökonomische Relevanz

Neben der makroökonomischen Bedeutung von Unternehmen mit Chargenfertigung erfolgt im Weiteren die Darstellung der branchenspezifischen Merkmale dieses Fertigungstypus.

#### 2.5.8.1 Makroökonomische Tragweite und anteilige Zuordenbarkeit

Bei der Betrachtung der statistischen Daten zu Jahresumsatz, Beschäftigtenzahl und Investitionsvolumen im produzierenden Gewerbe Deutschlands mit Differenzierung nach eingesetzten Fertigungsverfahren zeigt sich die Bedeutung der Prozessindustrie entsprechend Bild 2-12.

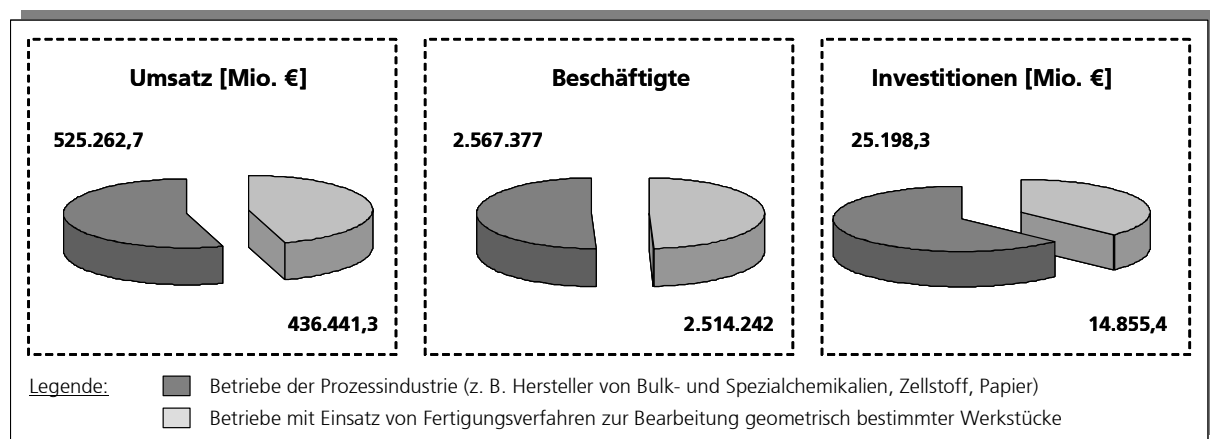


Bild 2-12: Relevanz von Betrieben der Prozessindustrie in den Jahren 2005 und 2006 nach /168/

Innerhalb der Prozessindustrie ist zwischen kontinuierlichen und diskontinuierlichen Produktionsverfahren zur Bestimmung des Anteils der Chargenfertigung zu differenzieren /155/. Die Unvergleichbarkeit von Zahlen einzelner Verbände lässt eine direkte Unterscheidung nicht zu, sodass eine indirekte Differenzierung entsprechend der Zuordnung in Bild 2-13 notwendig wird /154/.

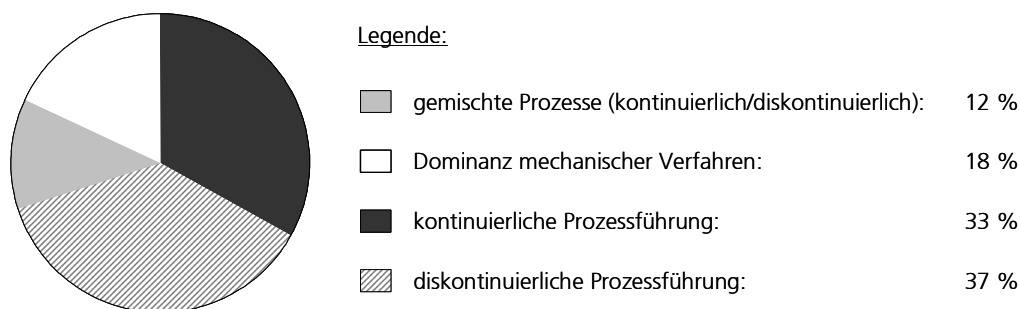


Bild 2-13: Anteile der Produktionsverfahren in der Prozessindustrie nach /151/

Die chargenorientierte Produktion weist folglich einen Anteil von mindestens 37 % auf, wenn lediglich von diskontinuierlichen Prozessen ausgegangen wird. In der Praxis erhöht sich der Gesamtanteil durch solche Unternehmen, die auch gemischte Prozesse betreiben.

### 2.5.8.2 Kennzeichen und statistische Daten ausgewählter Branchen

Die statistischen Merkmale ausgewählter Branchen illustriert die nachstehende Tabelle.

Tabelle 2-2: Merkmale ausgewählter Branchen mit Chargenfertigung nach /168/

| Branche             | Anzahl Unternehmen |                                  | Ø Marktanteil der Branchengrößten | Ø Mitarbeiterzahl (der zehn Branchengrößten) | Ø Mitarbeiterzahl (der restlichen Betriebe) |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|
|                     | in der Branche     | die Produkt ebenfalls herstellen |                                   |  |   |
| primäre Kunststoffe | 93                 | 187                              | 8,4 %                             | 7105   | 163   |
| Körperpflegemittel  | 88                 | 193                              | 7,2 %                             | 1678   | 132   |
| Farbstoffe          | 27                 | 105                              | 9,1 %                             | 506  | 61  |
| Isolatorenkeramik   | 12                 | 33                               | 6,3 %                             | 154  | 49  |
| Beton, Zement, Gips | 38                 | 76                               | 7,6 %                             | 249  | 57  |

Die Branchengröße ist insgesamt als gering zu bezeichnen. Die hohe Anzahl an branchenfremden Betrieben, die ein gleiches Produkt – neben anderen – ebenfalls herstellen können, verdeutlicht eine ausgeprägte Konkurrenzsituation. Branchenintern wiederum existiert eine hohe Konzentrationsdichte mit einer Polarisierung der Beschäftigtenzahl, da die zehn größten Unternehmen im Durchschnitt ein Vielfaches mehr an Personen beschäftigen als die restlichen /154/.

### 2.5.9 Zusammenfassung der Besonderheiten bei Chargenfertigung

Chargenfertiger weisen aufgrund der skizzierten Restriktionen besondere Schwierigkeiten auf, kundenindividuell zu agieren sowie ihre Organisationsstrukturen flexibel zu gestalten. Dies verdeutlicht neben den beschriebenen Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren die aggregierte Darstellung in Bild 2-14. Hinsichtlich der Anforderungen lässt sich festhalten, dass Chargenfertiger durch Art und Wesen der Verfahrenstechnik geprägt sind. Die Schwierigkeiten resultieren aus mangelnden Flexibilisierungsmöglichkeiten durch Ablaufbindung an physikalisch-technische Vorgänge, aus hoher Kapitalbindung durch die Anlagen- und Automatisierungsintensität sowie aus meist langen Maschinenanfahr- und Umrüstzeiten /24/. Die Qualitätssicherung lässt sich durch eine Vielzahl von Prozessparametern, oftmals erhebliche Hygieneforderungen und Güteunterschiede bei Rohstoffen sowie eine aufwendige Mess- und Prozessleittechnik charakterisieren. Gleichzeitig sind die Fertigungsabläufe oftmals schwer beherrschbar und für den Einsatz der gängigen Qualitätsmethoden aus dem Bereich der Teilefertigung und Montage, wie z. B. der Anwendung einer Werkerselbstprüfung, zumeist wenig geeignet /123/.

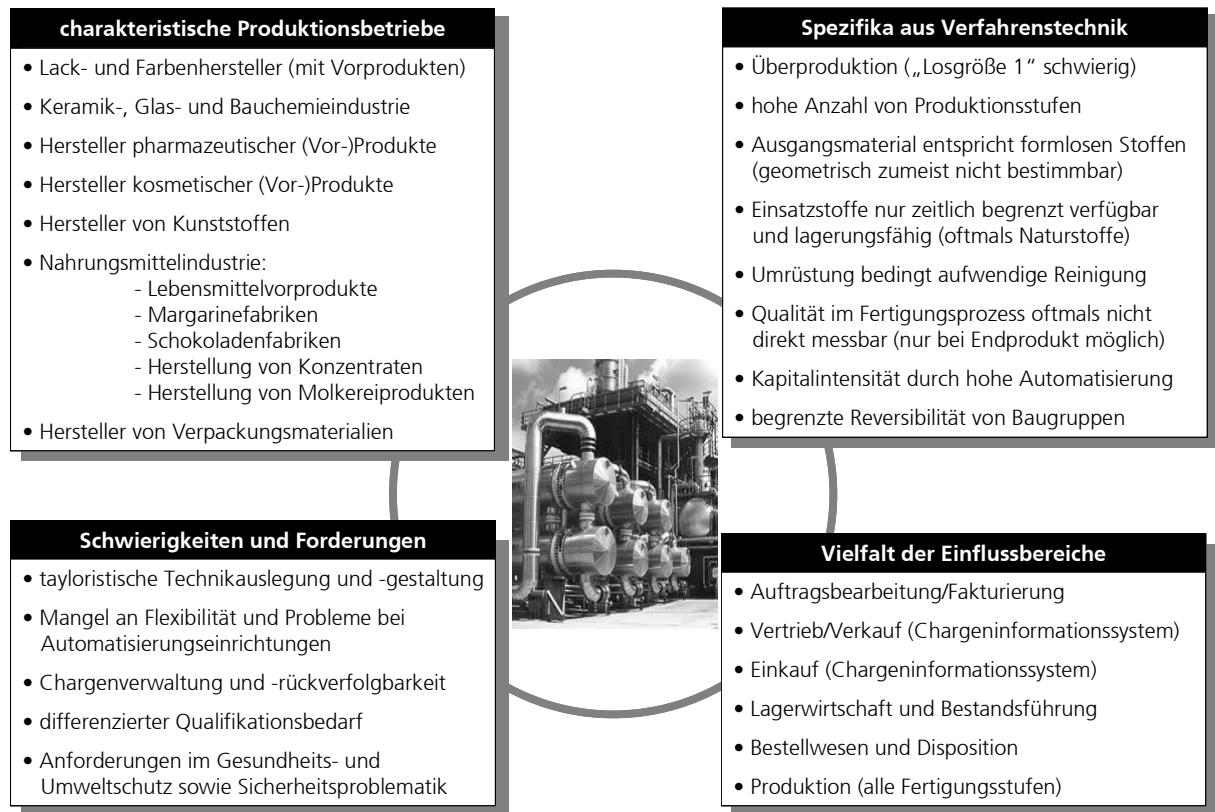


Bild 2-14: Typische Umfeldbedingungen und Restriktionen bei Chargenfertigung

## 2.6 Beschreibung bestehender Ansätze zum Qualitätscontrolling

Ein Kennzahlenverfahren zur Qualitätsbewertung, das Unsicherheiten berücksichtigt, wird von KAISER /96/ innerhalb der Einzel- und Kleinserienfertigung konzipiert. Das Verfahren zielt im Sinne des erweiterten Qualitätsbegriffs auf Rationalisierungsmaßnahmen ab. Ein Merkmal stellt die Integration von Fuzzy-Logik und Fuzzy-Arithmetik dar, wodurch alle zu handhabenden Daten sowohl einer regelbasierten als auch einer arithmetischen Verarbeitung zugänglich sind. Kennzeichnend für das generische Bewertungssystem ist die Verwendung von bereits in den Betrieben eingesetzten Kennzahlen. Aufgrund des niedrigen Detaillierungsgrads sind keine Aussagen zur Wirksamkeit der Systematik möglich. Eine Rückführung der Bewertung im Sinne des Regelungsprinzips und Auswirkungen auf Regler bzw. Regelstrecke sind nicht beschrieben.

MÜLLER /113/ entwickelt ein Instrumentarium, dessen Zielsetzung in der simultanen Berücksichtigung von Kosten und Nutzenaspekten bei der Planung, Weiterentwicklung oder Überarbeitung von Produkten liegt. Ein Markt- und ein Nutzenmodell dienen zur Abbildung von Leistungsdimensionen, während die Berücksichtigung von Kostendimensionen durch ein Ressourcen- und Kostenmodell erfolgt. Der Prozess des Qualitätscontrollings gliedert sich in die Elemente Lageanalyse, Zielplanung und Bewertung. Zur Verbindung der Kosten- und Leistungsdimensionen

dient ein Produktstrukturmodell. Die Controllingsystematik erlaubt somit die Abschätzung der Kosten- und Ertragswirkung der produktbezogenen Zielwerte. Eine Übertragbarkeit des Verfahrens zur ganzheitlichen Bewertung von Unternehmensleistungen ist jedoch nicht möglich.

THEILIG /174/ entwickelt ein Qualitätscontrollingverfahren, das auf die Beeinflussung von Qualitätsplanung und -verbesserung ausgerichtet ist. Innerhalb des Ansatzes wird in eine Struktur-, eine Informations- sowie eine Reaktionsebene differenziert. Zur Gestaltung der Informationsebene erfolgt die Bildung eines Kennzahlensystems, das in der Größe der „Qualitätsproduktivität“ mündet. Um Verbesserungspotenziale nutzen zu können, wird untersucht, auf welche Weise Verschwendung erzeugt und durch welche systemspezifischen Strukturmerkmale die Verschwendung beeinflusst wird. Die Anwendung des ausschließlich für Montagesysteme konzipierten Verfahrens auf ganze Geschäftsprozesse ist nicht möglich. Ferner behandelt der Ansatz nicht die Integrierbarkeit externer Qualitätsinformationen von Kunden.

Ein Kennzahlensystem, mit dem sich die Verschwendung von innerbetrieblichen Leistungen bewerten lässt, wird von SCHÜRRLER /152/ dargestellt. Es baut auf dem Ansatz des Wirkungsgrades auf und bezieht sich wie der Ansatz von TOMYS /176/ auf Geschäftsprozesse. Das Kennzahlensystem umfasst einen deskriptiven und einen analytischen Teil. Im deskriptiven Teil beschreiben Primärkennzahlen die betrachteten Prozesse hinsichtlich der Durchlaufzeiten und Prozesskosten. Der analytische Teil verknüpft die ermittelten Kennzahlen zur Größe der Prozesseffizienz. Dabei stehen die Prozessdurchlaufzeit und der wertschöpfende Zeitanteil jeweils zur Anzahl der wertschöpfenden Tätigkeiten in Relation. Entsprechend der vorherrschenden Markt- und Branchenbedingungen sind die ermittelten Kennzahlen betriebspezifisch zu gewichten.

Ein Modell zum TQM-gerechten Controlling wird von WILMES /193/ vorgestellt. Auf seiner Basis lässt sich ein Fabrikbetrieb den Anforderungen des TQM entsprechend steuern. Die inhaltliche Koordination erfolgt dabei in Anlehnung an das EFQM-Modell. Dabei werden rechnerisch Verbesserungspotenziale – in Abhängigkeit von Aspekten wie Umsetzungsgrad, Wirkungsnachhaltigkeit sowie Verankerung in der betrieblichen Politik und Strategie – ermittelt, die eine Alternativenbetrachtung nach dem Prinzip der Nutzwertanalyse ermöglichen. Das Zusammenwirken der Modellelemente wird anhand eines Regelkreises dargelegt. Aufgrund des geringen Konkretisierungsgrades ist jedoch keine Einzelbewertung von Unternehmensleistungen möglich. Zudem finden systemexterne sowie monetäre Qualitätsindikatoren keine Berücksichtigung.

Der Entwurf eines umfassenden TQM-Kennzahlensystems erfolgt bei WOLTER /195/. Das Konzept ist zweiteilig aufgebaut und gliedert sich in ein Führungskennzahlensystem für die Unternehmensleitung und in eine Systementfaltung als Vorgehensweise zur Kennzahldefinition durch die Mitarbeiter. Das Entwicklungskonzept orientiert sich ebenfalls am EFQM-Modell und verbin-

det sowohl monetäre als auch nichtmonetäre Größen. Insgesamt stellt dieses ganzheitliche Konzept einen weitreichenden Ansatz dar, der allerdings die Sinnhaftigkeit bzw. Operationalisierbarkeit der miteinander verknüpften Kennzahlen nicht plausibilisiert und für Betriebe mit hohem Implementierungs- und Erfassungsaufwand verbunden ist. Zudem sind die vorgestellten Kennzahlen global definiert und dadurch lediglich für übergeordnete Bewertungen geeignet.

WUNN /198/ konzipiert einen Ansatz, der bei der Einführung von TQM sowohl die Beachtung „weicher Faktoren“ als auch ein Verständnis von TQM als Lernprozess voraussetzt. Darauf aufbauend wird ein Regelkreissystem vorgestellt. Der Regelkreis „Führungsqualifikation“ sichert die Mitarbeiterorientierung. Auf die Förderung der Prozessorientierung zielt der Regelkreis „Prozessmanagement“. Der dritte Regelkreis „Kundennutzenmanagement“ soll die Kundenorientierung verbessern. Das Regelkreismodell berücksichtigt speziell die Anforderungen von Kleinunternehmen der Werkzeug- und Schneidwarenindustrie. Das Verfahren besteht ferner aus der Rückführung der Regelgröße sowie der Maßnahmenentwicklung. Zur Messung der Größen werden keine Festlegungen getroffen, ferner finden nur Ex-Post-Kriterien Berücksichtigung.

Neben den dargestellten Forschungsarbeiten liegen weitere Ansätze vor. Diese sind jedoch im Kontext der vorliegenden Arbeit von untergeordneter Bedeutung, sodass auf ihre Bewertung verzichtet wird. Der dargelegte Stand der Technik und Forschung soll nachfolgend zusammengefasst und bewertet werden, um ein konkretes Forschungsdefizit auszuweisen.

## **2.7 Zusammenfassende Darstellung und Ausweis des Defizits**

Vor dem Hintergrund des Gegenstandsbereichs der vorliegenden Arbeit verdeutlicht die Diskussion einer Auswahl von Methoden und Bewertungsverfahren des Qualitätscontrollings zusammenfassend, dass diese Konzepte und Vorgehensweisen jeweils Charakteristika und Defizite aufweisen, die aus ihrer Problem- und Anwendungsorientierung resultieren. Keiner der vorgestellten Ansätze verfolgt die Intention, eine ganzheitliche Beurteilung der Unternehmenseffizienz im Sinne von sowohl kunden- und prozessorientierten als auch monetären und nichtmonetären Kennwerten in aggregierter Form einer Qualitätsbilanz zur Verfügung zu stellen. Zudem werden die vorgestellten Ansätze nicht im Zusammenhang mit industriellen Produktionssystemen und dem damit verbundenen Prinzip der Vermeidung von Verschwendung zur Steigerung der Unternehmenseffizienz abgehandelt. Überdies weisen die bestehenden Ansätze vielfach einen niedrigen Detaillierungsgrad auf, sodass sie sich vornehmlich für strategische Überlegungen und weniger für Fragestellungen auch hinsichtlich des operativen Qualitätscontrollings eignen /13/. Eine Gegenüberstellung und Klassifizierung der beschriebenen Ansätze stellt Bild 2-15 dar.

| Merkmale zur Differenzierung<br><br>bestehende Ansätze | Operationalisierung  |                                     |  |                    |                     | Anwendung                  |                  |                             |                         |                             | Funktionalität                        |                     |   |            |                                  |
|--|----------------------|-------------------------------------|--|--------------------|---------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------|---|------------|----------------------------------|
|  | Kennzahlensystematik | Differenzierung der Qualitätskosten | spezifische Qualitätscontrollingsystematik | Kundenorientierung | Prozessorientierung | Teilefertigung und Montage | Chargenfertigung | komplexe Produktionssysteme | Arten der Verschwendung | EDV-technische Realisierung | Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit | Mehrdimensionalität | effizienter Einsatz (Aufwand-Nutzen-Relation) | Normierung | Dynamik der Qualitätsdimensionen |
| Balanced Scorecard                                     | ◐                    | ○                                   | ○  | ●                  | ●                   | ●                          | ●                | ◐                           | ○                       | ●                           | ●                                     | ●                   | ◐   | ○          | ○                                |
| BARTRAM  | ●                    | ◐                                   | ◐  | ○                  | ◐                   | ○                          | ◐                | ○                           | ○                       | ○                           | ◐                                     | ○                   | ○   | ○          | ○                                |
| DGQ-Kennzahlensystem                                   | ●                    | ○                                   | ◐  | ◐                  | ○                   | ●                          | ●                | ●                           | ○                       | ◐                           | ○                                     | ●                   | ◐   | ●          | ○                                |
| DuPont-Kennzahlensystem                                | ●                    | ○                                   | ◐  | ○                  | ○                   | ●                          | ●                | ◐                           | ○                       | ●                           | ○                                     | ○                   | ◐   | ○          | ○                                |
| EFQM-Modell  | ●                    | ○                                   | ◐  | ●                  | ●                   | ●                          | ●                | ●                           | ○                       | ●                           | ○                                     | ●                   | ○   | ◐          | ○                                |
| FRIES  | ○                    | ●                                   | ◐  | ○                  | ●                   | ●                          | ◐                | ◐                           | ◐                       | ◐                           | ◐                                     | ○                   | ○   | ○          | ○                                |
| HAHN   | ●                    | ◐                                   | ◐  | ○                  | ○                   | ●                          | ◐                | ◐                           | ○                       | ○                           | ◐                                     | ◐                   | ○   | ◐          | ○                                |
| HANNEN   | ◐                    | ◐                                   | ●  | ○                  | ●                   | ●                          | ◐                | ○                           | ◐                       | ●                           | ◐                                     | ○                   | ○   | ○          | ○                                |
| HORVÁTH  | ◐                    | ●                                   | ●  | ●                  | ●                   | ●                          | ◐                | ◐                           | ◐                       | ○                           | ◐                                     | ●                   | ◐   | ○          | ○                                |
| KAISER   | ●                    | ○                                   | ○  | ○                  | ●                   | ◐                          | ○                | ◐                           | ○                       | ●                           | ●                                     | ◐                   | ○   | ●          | ○                                |
| PRESSMAR   | ●                    | ○                                   | ◐  | ◐                  | ◐                   | ●                          | ◐                | ◐                           | ○                       | ○                           | ○                                     | ●                   | ◐   | ●          | ○                                |
| RL-Kennzahlensystem                                    | ●                    | ◐                                   | ◐  | ○                  | ○                   | ●                          | ●                | ●                           | ○                       | ●                           | ◐                                     | ○                   | ◐   | ○          | ○                                |
| ROQ nach KAMISKE                                       | ○                    | ●                                   | ●  | ○                  | ◐                   | ●                          | ●                | ◐                           | ○                       | ●                           | ◐                                     | ◐                   | ◐   | ○          | ○                                |
| SCHÜRRLÉ   | ●                    | ○                                   | ●  | ○                  | ●                   | ●                          | ◐                | ◐                           | ◐                       | ○                           | ◐                                     | ◐                   | ◐   | ○          | ○                                |
| THEILIG  | ●                    | ●                                   | ●  | ○                  | ◐                   | ●                          | ○                | ◐                           | ●                       | ○                           | ○                                     | ●                   | ◐   | ○          | ○                                |
| TOMYS  | ◐                    | ●                                   | ●  | ○                  | ◐                   | ●                          | ●                | ◐                           | ●                       | ◐                           | ◐                                     | ●                   | ●   | ○          | ○                                |
| WILDEMANN  | ●                    | ◐                                   | ●  | ●                  | ●                   | ●                          | ◐                | ○                           | ◐                       | ○                           | ◐                                     | ●                   | ◐   | ○          | ○                                |
| WOLTER   | ●                    | ◐                                   | ◐  | ◐                  | ◐                   | ●                          | ●                | ◐                           | ◐                       | ◐                           | ●                                     | ●                   | ●   | ○          | ○                                |
| ZVEI-Kennzahlensystem                                  | ●                    | ◐                                   | ○  | ○                  | ○                   | ●                          | ◐                | ○                           | ○                       | ●                           | ○                                     | ◐                   | ◐   | ○          | ○                                |
| eigens konzipierter Ansatz                             | ●                    | ●                                   | ●  | ●                  | ●                   | ●                          | ●                | ●                           | ●                       | ●                           | ●                                     | ●                   | ●   | ●          | ●                                |

Legende: ○ trifft nicht zu    ◐ trifft bedingt zu    ● trifft zu

Bild 2-15: Kritische Würdigung bestehender Ansätze und Ableitung von Anforderungen

Aus der Gegenüberstellung lässt sich schlussfolgern, dass die vorgestellten Ansätze überwiegend partielle Bausteine enthalten und eine umfassende Effizienzbewertung unter Integration von

Anforderungen bei Chargenfertigung nicht gestatten. Keiner der Ansätze bietet ferner die Möglichkeit, im Rahmen einer aggregierten Qualitätsbilanz integrativ über alle Prozesse und Produkte hinweg eine Bewertung und Optimierung durchzuführen. Zusammenfassend lässt sich damit der wissenschaftliche Nachweis führen, dass noch erhebliche methodische Defizite im diskutierten Gegenstandsbereich existieren. Dies wird dadurch untermauert, dass sich konzeptionelle Untersuchungen auf dem Gebiet umfassender Qualitätsanforderungen in Produktionssystemen nach /103/ und /110/ insgesamt zumeist noch in den Anfängen befinden. Somit existiert in diesem Themenfeld in Verbindung mit den genannten Defiziten eindeutig Forschungsbedarf.

Vor diesem Hintergrund zeichnet sich ein Qualitätscontrollingansatz zur Bewertung und Optimierung der Leistungsfähigkeit komplexer Produktionssysteme durch die Erfüllung der folgenden Anforderungen aus (entsprechend der in Bild 2-15 verwendeten Überschriften):

- *Operationalisierung*: Der Forschungsansatz bedarf einer Kennzahlensystematik für die Verwendung in Produktionsbetrieben, die sowohl monetäre und nichtmonetäre als auch kunden- und prozessorientierte Kriterien umfasst. Die unternehmensinternen Prozesse sind entsprechend ihres Wertschöpfungsbeitrags im Hinblick auf die Ertrags- und Kostenwirksamkeit in wertsteigernde, wertneutrale und wertmindernde Anteile zu zerlegen.
- *Anwendung*: Der Einsatzbereich umfasst grundsätzlich Betriebe mit komplexen Produktionssystemen aus dem Bereich industrieller Abnehmer unter gezielter Berücksichtigung spezifischer Anforderungen aus Chargenfertigung. Eine erforderliche Rechnerunterstützung zur informationstechnischen Umsetzung der Qualitätscontrollingsystematik und zu deren Anbindung an betriebliche Standardsoftware ist zu gewährleisten.
- *Funktionalität*: Die Fähigkeit zur Anpassung und Erweiterung bezüglich betrieblicher Gegebenheiten ist derart zu garantieren, dass bei Bedarf eine Substitution von Einzelkennzahlen ohne eine Änderung der Bewertungslogik erfolgen kann. Neben der Forderung nach mehrdimensionaler Bewertungsmöglichkeit muss die praktische Durchführung mit kalkulierbarem Aufwand möglich sein. Zur Gewährleistung der Flexibilität bezüglich der Definition von Einzelkennzahlen, deren Integration in das Kennzahlensystem sowie dessen Erweiterbarkeit ist eine Normierung vorzunehmen. Ferner muss das Verhalten von Qualitätsdimensionen veränderlich als Funktion der Zeit beschreibbar, bewertbar und damit aktualisierbar sein.

Mit diesen Erkenntnissen kann im nächsten Kapitel die Konkretisierung der Zielsetzung und der Vorgehensweise der Arbeit erfolgen. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei der zu entwickelnden Systematik nicht um einen losgelösten Ansatz in Konkurrenz zu existierenden Verfahren handelt. Vielmehr bildet die methodische Integration der dargestellten Anforderungen aus spezifizierter Operationalisierung, Anwendung und Funktionalität gleichzeitig den Rahmen für eine wissenschaftliche Weiterentwicklung der bestehenden Qualitätscontrollingverfahren.



### 3 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ein entscheidendes Instrumentarium zur Sicherung des wirtschaftlichen Erfolgs von Produktionsbetrieben liegt im Qualitätscontrolling zur differenzierten Bewertung und Optimierung ihrer Effizienz. Die praktische Realisierung erweist sich unter Berücksichtigung des Einsatzes komplexer Produktionssysteme sowie auch der Anforderungen aus Chargenfertigung als schwierig und wird zukünftig an Bedeutung gewinnen. Hierzu ist es zwingend erforderlich, die Qualität von Produkten und Prozessen im Sinne eines ganzheitlichen Verständnisses zu fördern.

Vor diesem Hintergrund liegt das *Hauptziel* der Arbeit darin, einen methodischen Bewertungsansatz zu entwickeln, der ein Qualitätscontrolling zur systematischen Planung und Steuerung der Leistungsfähigkeit von komplexen Produktionssystemen auf der Basis von sowohl kunden- als auch prozessorientierten Kriterien unter Berücksichtigung monetärer und nichtmonetärer Kennwerte erlaubt. Dieser Ansatz hat sich hierbei am kybernetischen Wirkprinzip zu orientieren, d. h. ausgehend von einer regelmäßigen Analyse der Ist-Situation im Hinblick auf interne und externe Unternehmensergebnisse wird über die Rückführung der Regelgröße die Soll-Situation bezüglich der Geschäftsprozesse erarbeitet (vgl. Bild 3-1). Damit soll ein Beitrag zur Steigerung der Unternehmenseffizienz beim Einsatz komplexer Produktionssysteme geschaffen werden.

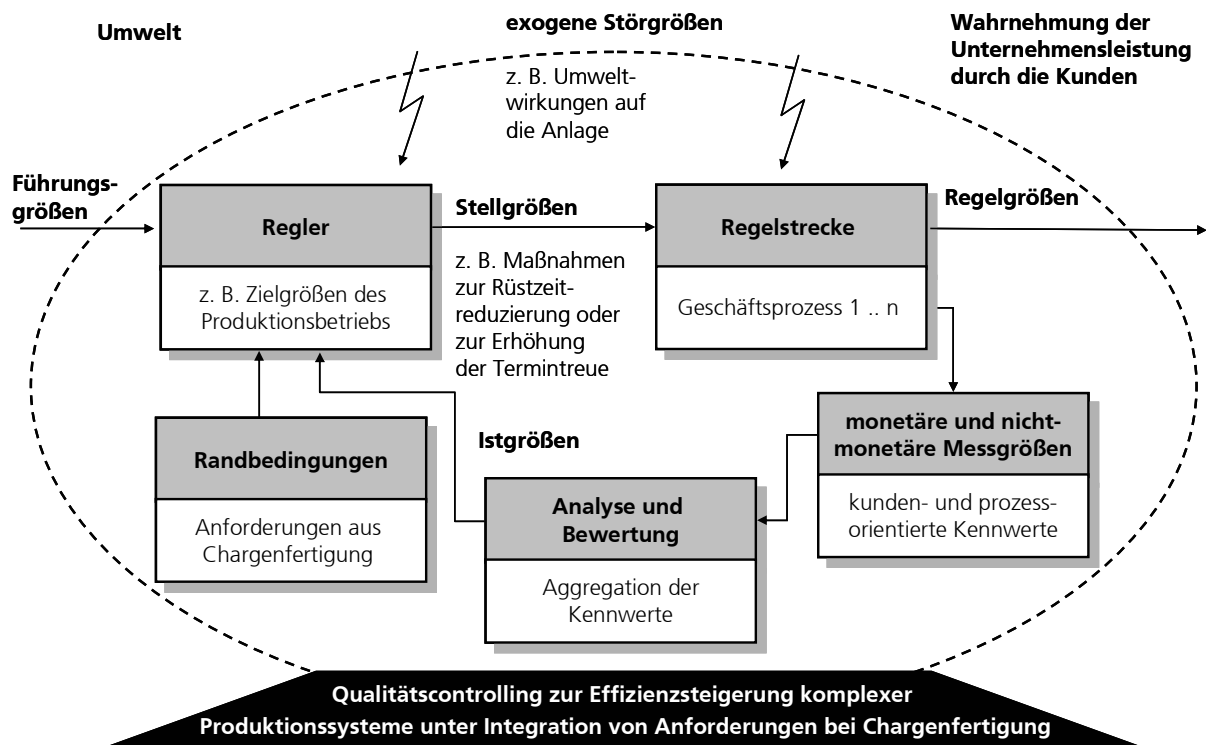


Bild 3-1: Zielsetzung der Arbeit im Kontext eines Regelkreismodells

Zur Detaillierung der Hauptzielsetzung der Arbeit werden die folgenden *Einzelziele* im Hinblick auf den Qualitätscontrollingansatz definiert:

- Um die Qualität von Produkten und Prozessen objektiv bewerten zu können, muss diese, im Gegensatz zu eindeutigen unternehmerischen Lenkungsgrößen wie Kosten oder Zeiten, erst eine *Präzisierung bzw. Operationalisierung* erfahren /47/. Dazu sind sowohl *unternehmensexterne, kundenorientierte Kennwerte* als auch *unternehmensinterne, prozessorientierte Kennwerte* als Entscheidungsgrundlage für das Qualitätscontrolling zur Verfügung zu stellen, um die Leistungsfähigkeit komplexer Produktionssysteme optimieren zu können.
- Der Ansatz muss spezifischen Anforderungen hinsichtlich der Orientierung am Unternehmenszielsystem, der Verständlichkeit und der Nachvollziehbarkeit für die Anwender, der Genauigkeit der verwendeten Indikatoren und Kennwerte sowie der flexiblen Anpassungsfähigkeit in Bezug auf veränderte Umfeldbedingen genügen. Im Sinne der Transparenz sind die Kennwerte hierarchisch aufzubauen, um auf *unterschiedlichen Managementebenen die für den Anwender relevanten Daten in der entsprechenden Verdichtung, Genauigkeit und Aktualität* zur Verfügung stellen zu können. Die im Qualitätscontrollingansatz verwendeten Kennwerte müssen dabei unabhängig voneinander sein, sodass sie isoliert bezüglich ihres jeweiligen Einflusses auf die Zielgröße untersucht werden können.
- Eine weitere Zielsetzung des Ansatzes besteht darin, *Konformität mit den Anforderungen der Norm DIN EN ISO 9000:2005 sowie der technischen Spezifikation ISO/TS 16949:2002 herzustellen*, die zum einen die Ermittlung von Kundenanforderungen mit dem Ziel der Erhöhung der Kundenzufriedenheit und zum anderen die Festlegung operationalisierter Qualitätsziele sowie die Bewertung der Effizienz von Produktrealisierungsprozessen und unterstützenden Prozessen fordern. Durch die Berücksichtigung der qualitätsspezifischen Aspekte „Kundenorientierung“, „Prozessorientierung“ sowie „Messung, Analyse und Verbesserung“ soll die Integrierbarkeit des Ansatzes in bereits bestehende betriebliche Qualitätsmanagementsysteme zur Vermeidung redundanter Aktivitäten sichergestellt werden.
- Wie bereits dargelegt, weisen Firmen aus dem Bereich der Chargenfertigung wesentliche Differenzierungsmerkmale, z. B. bezüglich der technisch-funktionalen Produktqualität oder der verfahrenstechnisch geprägten Anlagenstruktur, gegenüber reinen Montagebetrieben auf. Die Anforderungen, die aus diesen *Differenzierungsmerkmalen* resultieren, werden im Rahmen des zu entwickelnden Qualitätscontrollingansatzes methodisch ausgearbeitet und innerhalb der kunden- und prozessorientierten Kennwerte jeweils spezifisch berücksichtigt.

Entsprechend dieser Zielformulierung gliedert sich das sachlogische *Vorgehen* so, wie im Weiteren dargelegt. Bei der Entwicklung der notwendigen Qualitätscontrollingsystematik wird zur Gewährleistung der Anwendbarkeit ein praxisnaher Forschungsansatz gewählt. Dieser Ansatz

zur Realisierung der oben genannten Einzelziele der Arbeit besteht mit der Operationalisierung der unternehmensexternen Kundenergebnisse, der Operationalisierung der unternehmensinternen Prozessergebnisse sowie der Aggregation dieser Bewertungsergebnisse zu einer ganzheitlichen Qualitätsbilanz aus den folgenden drei Kernelementen:

- Zur *Operationalisierung der externen Kundenergebnisse* wird eine wissenschaftliche Bewertungsmethodik entwickelt, die das Begeisterungsmodell von KANO /100/ erweitert und bezüglich der Ausprägung von Kennwerten nach Basisanforderungen, Leistungsmerkmalen sowie Begeisterungsmerkmalen deutlich differenziert. Die kundenbezogenen externen Prozesse in Produktionsbetrieben werden dabei entsprechend ihrer Qualitätstreiber in Form von Kennwerten mit Unterkriterien bzw. Beiwerten abgebildet. Um die Akzeptanz von Gewichtungen hinsichtlich der erarbeiteten Kennwerte zu sichern, werden diese im Rahmen des Ansatzes von den unternehmensexternen Kunden selbst definiert. Als Zusatz zu den Kennwerten hat die Bewertungsmethodik einen möglichen Korrekturfaktor zur Plausibilisierung sowie die Möglichkeit zur Durchführung eines ergänzenden Selbstbewertungsprozesses im Unternehmen zu berücksichtigen.
- Die *Operationalisierung der internen Prozessergebnisse* wird methodisch durch eine Differenzierung zwischen technischen und wirtschaftlichen Indikatoren der Qualität vorgenommen. Die Beurteilung der technischen Indikatoren erfolgt über die qualitätsspezifische Modifikation von Anteilen aus Wirkleistung, Stützleistung, Fehlleistung und Blindleistung in den Prozessen. Innerhalb der wirtschaftlichen Indikatoren finden die Wertschöpfung und der Wertverlust eine inhaltliche Berücksichtigung. Da die beiden Indikatoren voneinander abhängig sind, werden sie im Rahmen des Ansatzes integrativ betrachtet. Für die Bewertung wird als Werkzeug die Prozess-FMEA wissenschaftlich weiterentwickelt und neben den technisch-funktionalen um die erforderlichen ökonomischen Aspekte ergänzt, die zur Berücksichtigung der skizzierten Anforderungen wesentlich sind. Hierbei wird dem Präventionsgedanken dahingehend systematisch Rechnung getragen, dass über eine synchrone Risikobewertung im Hinblick auf sowohl technische als auch ökonomische Kriterien gezielt Potenziale zur Vermeidung von Fehlern bei Produkten und Prozessen identifizierbar sind. Um den Ansatz handhabbar zu halten und den Aufwand zur praktischen Umsetzung zu begrenzen, ist eine Auswahl von Referenzprodukten und -prozessen zur Ausführung der Operationalisierung vorgesehen.
- Nach der Operationalisierung der externen Kunden- sowie der internen Prozessergebnisse besteht ein wesentlicher Teil des Ansatzes in der *Aggregation dieser Bewertungsergebnisse in der ganzheitlichen Qualitätsbilanz*. In Anlehnung an wertvolle Ansätze aus dem Forschungsbereich des Ökocontrollings wird die Qualitätsbilanz kaskadenartig in eine qualitätsspezifische Prozessbilanz, eine qualitätsspezifische Produktbilanz sowie eine qualitätsspezifische Betriebsbilanz aufgebaut. Die Prozessbilanz ermöglicht die Analyse einzelner oder meh-

rerer Verfahrensschritte innerhalb der Auftragserfüllung. Die Produktbilanz verdichtet die Qualitätsausprägungen einzelner Erzeugnisse und verfolgt die Zielsetzung, ausgewählte Produkte miteinander zu vergleichen und solche mit einer hohen bzw. niedrigen Qualitätsfähigkeit ausfindig zu machen. Durch die Betriebsbilanz soll die ganzheitliche Bewertung der Qualitätsleistung des Unternehmens erfolgen. Hieraus lassen sich im Rahmen des sowohl strategischen als auch operativen Qualitätscontrollings zielgerichtet Maßnahmen zur systematischen Effizienzsteigerung komplexer Produktionssysteme unter Integration von Anforderungen bei Chargenfertigung ableiten (vgl. Bild 3-2).

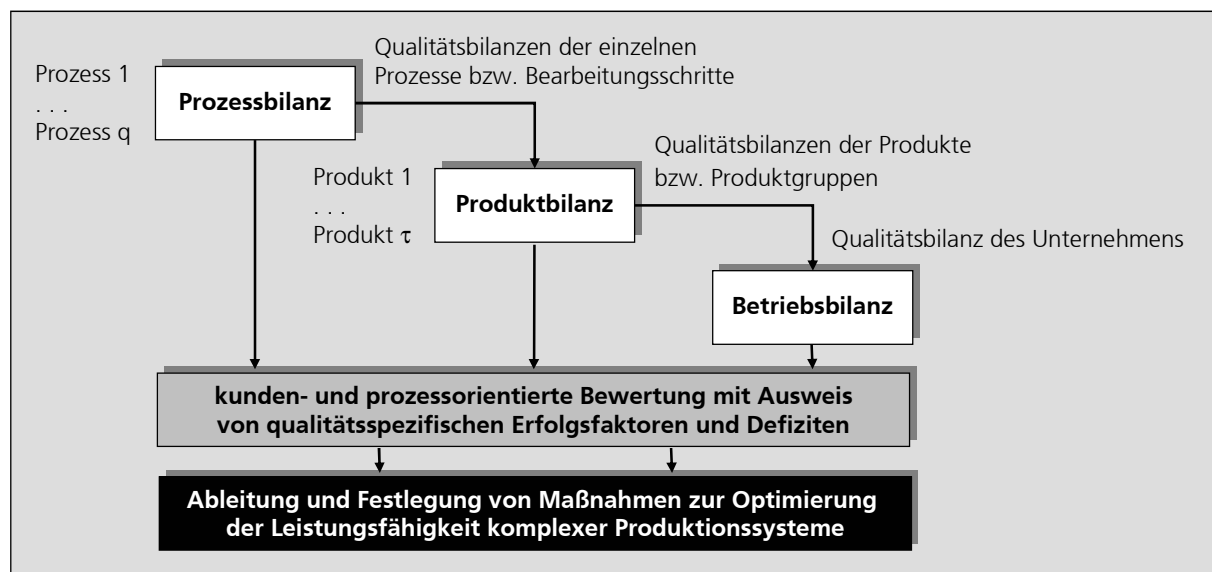


Bild 3-2: Entwicklung einer kaskadenartig aufgebauten Struktur der Qualitätsbilanz

Die inhaltliche Konkretisierung der einzelnen Abschnitte erfolgt dergestalt, dass ausgehend von der Betrachtung des Stands der Technik und Forschung in Kapitel 2 sowie der an dieser Stelle detailliert erörterten Zielsetzung und Vorgehensweise im nachstehenden Kapitel 4 die inhaltliche Ausführung des ingenieurwissenschaftlichen Ansatzes vorgenommen wird. Dieser umfasst die Konzeption der kunden- und prozessorientierten Bewertungsmethodik sowie die Aggregation zur ganzheitlichen Qualitätsbilanz für Unternehmen mit komplexen Produktionssystemen. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend findet in Kapitel 5 die Erprobung und Anwendung des Qualitätscontrollingansatzes im Rahmen mehrerer Fallbeispiele statt. Unter Verwendung von repräsentativen Praxisdaten soll dabei die industrielle Anwendbarkeit der Systematik geprüft und bewertet werden, was eine entsprechende Evaluierung und kritische Diskussion beinhaltet. Das Kapitel 6 fasst die wesentlichen Vorgehensschritte sowie die Erkenntnisse aus der Ausführung des Ansatzes zusammen, und die Arbeit schließt in Kapitel 7 mit einem Ausblick über die zukünftige Entwicklung im Themen- und Einsatzgebiet der industriellen Produktionssysteme.

## 4 Entwicklung der Qualitätscontrollingsystematik

Auf den bisherigen Kapiteln aufbauend werden in diesem Abschnitt die Modellierung der Grundstruktur des Ansatzes sowie die Konzeption zur Operationalisierung der externen Kunden- und der internen Prozessergebnisse erarbeitet. Daran anschließend erfolgt methodisch die mehrstufige Aggregation zur qualitätsspezifischen Betriebsbilanz.

### 4.1 Grundlegende Strukturierung des Ansatzes

Eine Bewertung der kundenseitig wahrgenommenen Leistungsfähigkeit komplexer Produktionssysteme soll Potenziale aufzeigen, die sich z. B. durch organisatorische, technische oder produkt-spezifische Maßnahmen erschließen lassen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Erfüllung der Kundenanforderungen ein Hauptziel bei der Gestaltung von Unternehmensabläufen und Organisationsstrukturen ist. Eine Bewertung der Leistungsfähigkeit betriebsinterner Prozesse zielt darauf ab, die qualitätsspezifische Effektivität und Effizienz der Prozesse zu beurteilen und damit Defizite und Mängel systematisch zu erkennen und zu beheben. Die Aggregation zur betrieblichen Qualitätsbilanz soll sicherstellen, dass eine systematische Ermittlung qualitätsrelevanter Potenziale auf allen Organisationsebenen über die Betrachtung von Prozessen und Produkten stattfinden kann (vgl. Bild 4-1). Die Qualitätsbilanz bildet damit das Fundament für die Optimierung im Rahmen der Qualitätscontrollingsystematik, indem aus ihr die Ableitung einer entsprechenden Gestaltungsstrategie durch die Unternehmensleitung möglich wird.

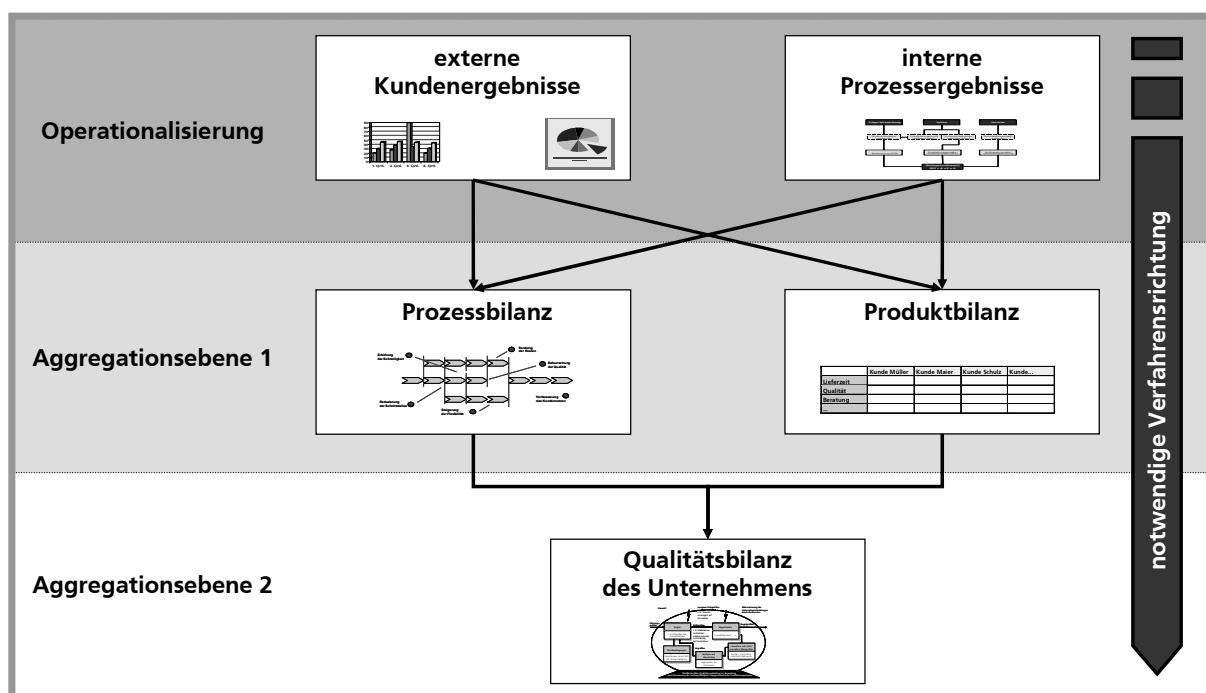


Bild 4-1: Elemente zur Entwicklung der Qualitätscontrollingsystematik

Aus der Darstellung in Bild 4-1 lässt sich erkennen, dass ein wesentliches Strukturmerkmal des Qualitätscontrollingansatzes durch die Trennung der Bewertung in Form einer dualen Beurteilungssystematik charakterisiert wird. Dieses Strukturmerkmal ermöglicht einerseits eine nicht-monetäre Bewertung im Hinblick auf das Außenverhältnis, d. h. auf die Kundenorientierung, und andererseits eine monetäre sowie nichtmonetäre Bewertung in Bezug auf das Innenverhältnis, d. h. auf die Prozessorientierung des Produktionsbetriebs. Eine wesentliche Randbedingung des Ansatzes liegt hierbei in der Dimensionierung des Geltungsbereichs der Qualitätscontrolling-systematik. Dieser Geltungsbereich umfasst zum einen im Außenverhältnis nur betriebliche Kunden mit der Bereitstellung vorwiegend unfertiger Erzeugnisse des Sekundärbedarfs aus dem Business-to-Business-Bereich und schließt damit Endverbraucher und Fertigprodukte aus. Zum anderen finden im Innenverhältnis der Unternehmen nur direkt-produktive, d. h. Produktionsprozesse, und indirekt-produktive Prozesse, d. h. produktionsunterstützende sowie produktionsnahe Abläufe, eine entsprechende Berücksichtigung. Von Relevanz für beide Betrachtungs- und Bewertungsperspektiven ist dabei der Begriff des Fehlers, der eine unzulässige untere oder obere Grenzabweichung eines Merkmals und damit die unternehmensinterne oder -externe Nichterfüllung einer Forderung charakterisiert /190/. Ein weiteres differenzierendes Strukturmerkmal des Ansatzes liegt darin, dass durch seinen inhaltlichen und formalen Aufbau gezielt unterschiedliche Leitungsebenen und Funktionsbereiche im Unternehmen berücksichtigt und adressiert werden können. Die Qualitätscontrollingsystematik umfasst entsprechend der Übersicht in Bild 4-1 verschiedenartige Betrachtungsebenen, die von der Daten- und Informationsgenerierung auf der Operationalisierungsebene über die Daten- und Informationszuordnung zu Prozessen und Produkten auf der ersten Aggregationsebene bis hin zur gesamtheitlichen Daten- und Informationsverdichtung auf der zweiten Aggregationsebene reicht. Diese Orientierung an unterschiedlichen Ebenen ist unerlässlich, um die einzelnen Handlungen und Entscheidungen im Produktionsbetrieb zielorientiert aufeinander abzustimmen. Dies ist vor dem Hintergrund der Erarbeitung und Auswahl einer geeigneten Gestaltungsstrategie zur permanenten Anpassung und Verbesserung der Unternehmensstrukturen und damit zur systematischen Effizienzsteigerung für Betriebe mit komplexen Produktionssystemen von zentraler Bedeutung. Die inhaltliche Ausgestaltung der einzelnen Betrachtungsdimensionen erfolgt im nächsten Abschnitt zuerst im Hinblick auf die Bewertung der externen Kundenergebnisse innerhalb der Operationalisierungsebene.

## 4.2 Operationalisierung der externen Kundenergebnisse

Entsprechend der bisherigen Ausführungen besteht bei einer ausschließlichen Fokussierung des Produktionsbetriebs auf externe Fehler und Fehlerkosten die Gefahr, nur solche Fehler als relevant zu betrachten, die ertragswirksame Auswirkungen haben. Damit wird das Fehlerpotenzial betrieblicher Produkte und Prozesse systematisch unterschätzt, da Kunden nicht in allen Fällen mit Garantie- oder Kulanzansprüchen an das Unternehmen herantreten /87/. Somit resultiert für

das operative Qualitätscontrolling die Aufgabe, die planenden und steuernden Unternehmensbereiche mit weitergehenden Informationen in Bezug auf die Fehlerhäufigkeiten und deren Ursachen zu versorgen, um die tatsächliche Qualitätssituation zu verdeutlichen. Wie im Abschnitt zum Stand der Technik und Forschung dargestellt, existieren derzeit keine praxiserprobten Qualitätscontrollingverfahren, die hinsichtlich des betrieblichen Außenverhältnisses bei der Ausprägung von Kennwerten nach Basiserfordernissen, Leistungserfordernissen sowie Begeisterungserfordernissen deutlich differenzieren und eine wechselseitige Kompensation vermeiden. Vor diesem Hintergrund besteht der Kerngedanke bei der Operationalisierung der externen Kundenergebnisse darin, eine systematische und handlungsleitende Differenzierung der relevanten Qualitätsniveaus zu ermöglichen. Um diesen Kerngedanken zu realisieren, wird für den Ansatz zunächst das KANO-Modell /99/ in seiner Grundstruktur herangezogen und theoretisch weiterentwickelt. Als Leitmotiv gilt dabei, dass für die Zufriedenheit externer Abnehmer aus der Vielzahl der einem Produkt oder Prozess zugeordneten technischen Merkmale diejenigen signifikant für die Bewertung sind, die für den Kunden ein Differenzierungspotenzial charakterisieren.

### 4.2.1 Modellierung kundenspezifischer Qualitätserfordernisse

Zur Klassifizierung unternehmensexterner Qualitätserfordernisse und -ausprägungen wird eine Einteilung entsprechend ihrer kundenspezifischen Relevanz vorgenommen. Demnach sind die in Bild 4-2 dargestellten Kategorien entsprechend ihrer Abhängigkeit der Kundenreaktion auf die wahrgenommene Ausprägung des jeweiligen Produkt- bzw. Prozessattributs zu unterscheiden.



Bild 4-2: Kategorisierung der Qualitätserfordernisse mit Differenzierungspotenzial

Als zentrales Merkmal zur Bewertung von Produkt- und Prozessattributen sowie zur Entwicklung einer diesbezüglichen Gestaltungsstrategie wird im Kontext der spezifischen Qualitätserfordernisse der Gesamtzufriedenheitsgrad  $G_{k_t}$  eines Kunden  $k$  in Periode  $t$  definiert.

Bezeichnet

- $e_{jk_t}$  : Zufriedenheitsgrad des Kunden k mit Produkt j in Periode t
- $e_{mk_t}$  : Zufriedenheitsgrad des Kunden k mit Prozess m in Periode t
- $\varphi_{jk_t}$  : Gewichtung des Produkts j in Periode t
- $\varphi_{mk_t}$  : Gewichtung des Prozesses m in Periode t,

so ist der Gesamtzufriedenheitsgrad  $G_{k_t}$  eines Kunden k in Periode t wie folgt definiert /144/:

$$G_{k_t} = \sum_j e_{jk_t} \cdot \varphi_{jk_t} + \sum_m e_{mk_t} \cdot \varphi_{mk_t} \tag{Gleichung 4.1}$$

mit  $\sum_j \varphi_{jk_t} = 1$  und  $\sum_m \varphi_{mk_t} = 1$

Anstiege beim Gesamtzufriedenheitsgrad  $G_{k_t}$  sind entsprechend der Darstellung in Bild 4-3 dabei gleichbedeutend mit der positiven Beeinflussung von Ergebniseigenschaften in Bezug auf Erzeugnisse und Prozesse durch den Produktionsbetrieb /113/.

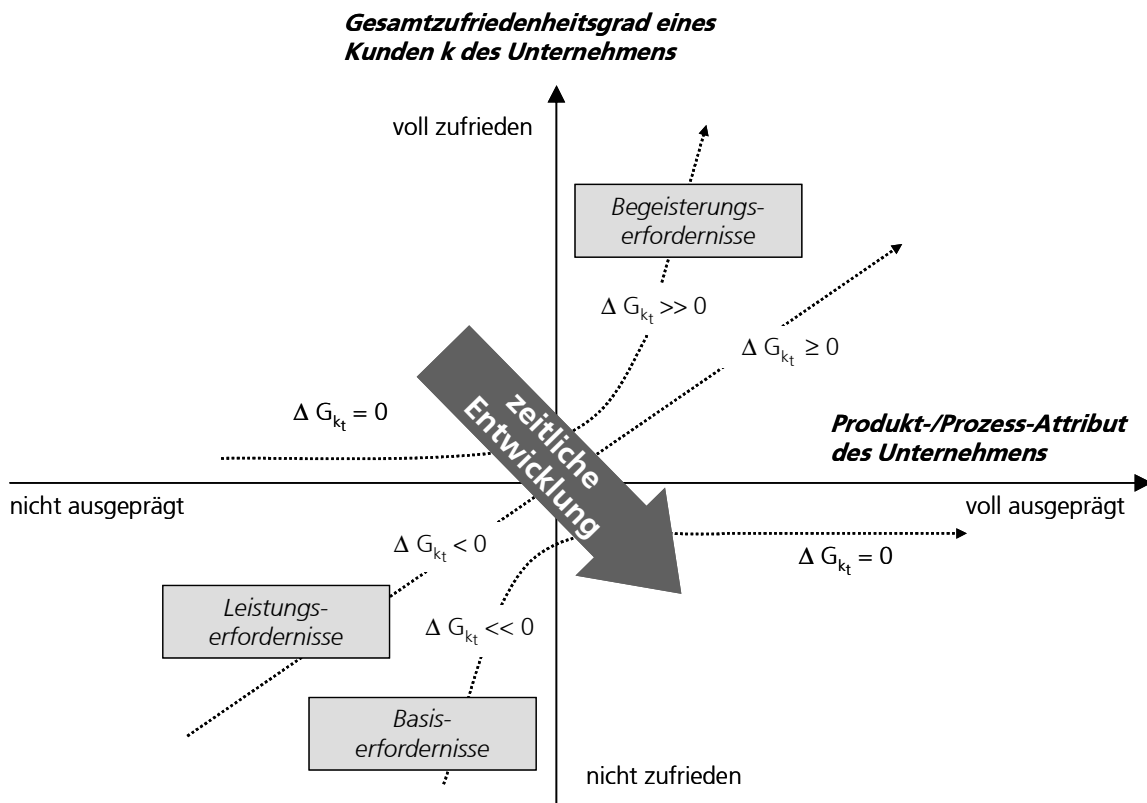


Bild 4-3: Zusammenhang zwischen Gesamtzufriedenheitsgrad und Qualitätseinflussgrößen



Unter Berücksichtigung der aus dem Stand der Technik abgeleiteten Anforderungen an den Ansatz sind entsprechend der kausalen Zusammenhänge in Bild 4-3 jene Produkt- bzw. Prozessmerkmale bei der Bewertung besonders zu berücksichtigen, die dem Prinzip der Erfüllung von Begeisterungsanforderungen besonders Rechnung tragen ( $\Delta G_{k_t} \gg 0$ ). Damit soll dem Faktum entsprochen werden, dass es für die mittel- und langfristige Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit eines Produktionsbetriebs bei Weitem nicht ausreicht, lediglich Produkte und Prozesse mit Basismerkmalen ( $\Delta G_{k_t} = 0$ ) oder Leistungsmerkmalen ( $\Delta G_{k_t} \geq 0$ ) anzubieten /8/.

Bezeichnet zudem

$\omega_{k_t}$  : Gewichtung des Kunden k in Periode t,

so ist der Gesamtzufriedenheitsgrad über alle Kunden  $G_{ges_t}$  des Betriebs wie folgt ermittelbar:

$$G_{ges_t} = \sum_k \omega_{k_t} \cdot \left( \sum_j e_{jk_t} \cdot \varphi_{jk_t} + \sum_m e_{mk_t} \cdot \varphi_{mk_t} \right) \quad \text{Gleichung 4.2}$$

$$\text{mit } \sum_k \omega_{k_t} = 1$$

Neben dem Zusammenhang zwischen dem Gesamtzufriedenheitsgrad und den Qualitätseinflussgrößen spielt auch das dynamische Verhalten von Basis-, Leistungs- und Begeisterungserfordernissen für den Ansatz zur Operationalisierung eine zentrale Rolle. Hierbei gilt, dass die Qualitätseinflussgrößen nicht als statische Attribute anzusehen sind, sondern diese eine Veränderung in Abhängigkeit der Zeit entsprechend der Darstellung in Bild 4-3 erfahren. Daraus folgt, dass ein Merkmal, das derzeit noch Begeisterung beim Kunden auslöst, in Zukunft schon üblicher Standard oder sogar selbstverständliche Grundanforderung sein kann (z. B. blaue Farbgebung bei Flaschen in der Hohlglasverpackungsindustrie, die sich innerhalb weniger Jahre vom Trendprodukt zum Alltagsgebrauchsgegenstand gewandelt haben).

Zur mathematischen Formulierung dieses Erklärungsmodells wird im Hinblick auf den dargestellten zeitlichen und kausalen Zusammenhang für den Qualitätscontrollingansatz die sachlogische Grundstruktur des Halbwertszeit-Konzepts nach WILDEMANN /192/ herangezogen und für den geforderten Gegenstandsbereich inhaltlich modifiziert. Dieses empirisch bestätigte Konzept beinhaltet, dass sich ein identifizierter Verbesserungsbedarf von produkt- und prozessbezogenen Leistungsattributen  $Y$ , der als Differenz vom Ausgangswert des betreffenden Parameters ( $Y_{t_0}$ ) und einem angestrebten Zustand ( $Y_{Soll}$ ) definiert wird, jeweils innerhalb einer feststehenden Zeitperiode um die Hälfte verändert. Unter Berücksichtigung der Grundstruktur dieses Konzepts

und dessen inhaltlicher Abwandlung lässt sich damit das temporale Verhalten des Gesamtzufriedenheitsgrads  $G_{k_t}$  eines Kunden  $k$  ceteris paribus wie nachstehend definieren:

$$G_{k_{t_1}} = \left(\frac{1}{2}\right)^l \cdot G_{k_{t_0}} \quad \text{mit } l \in \mathfrak{R}_0^+ \quad \text{Gleichung 4.3}$$

Bezeichnet in diesem inhaltlichen Zusammenhang

|       |   |                            |
|-------|---|----------------------------|
| $l$   | : | Anzahl der Halbwertszyklen |
| $t_1$ | : | Beobachtungszeitpunkt      |
| $t_0$ | : | Ausgangszeitpunkt          |
| $t_H$ | : | Halbwertszeit,             |

so lässt sich folgende mathematische Beziehung formulieren:

$$l = \frac{t_1 - t_0}{t_H} \quad \text{Gleichung 4.4}$$

$$G_{k_{t_1}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{t_1 - t_0}{t_H}\right)} \cdot G_{k_{t_0}} \quad \text{Gleichung 4.5}$$

Die Bedeutung des aufgezeigten Zusammenhangs liegt darin, dass in Abhängigkeit der Halbwertszyklen, die z. B. branchen- oder produktabhängig sind, durch den Kunden wahrgenommene Produkt- und Prozessattribute aufgrund der Modellstruktur an ihrem Beitrag zur Gesamtzufriedenheit verlieren und so eine vormals starke Wettbewerbsposition des Produktionsbetriebs tendenziell geschwächt wird. Im Umkehrschluss dazu muss die Konsequenz aus dem formulierten kausalen und temporalen Verlauf des Gesamtzufriedenheitsgrads für die weitere Operationalisierung der Kundenergebnisse darin bestehen, einen Bewertungsansatz zu generieren, der diese inhaltliche und zeitliche Beziehung systematisch aufgreift.

Für das weitere Vorgehen bedeutet dies, dass solche Produkt- und Prozessattribute in ihrer Ausprägung signifikant zu beurteilen sind, die als Begeisterungsmerkmale maximalen Kundennutzen stiften und noch keinen vollständigen Halbwertszyklus durchlaufen haben. Dagegen sind Produkt- und Prozessattribute aus dem Bereich der Leistungs- und Basisanforderungen, die bereits einem oder mehreren Halbwertszyklen unterlagen, deutlich geringer zu bewerten. Dazu wird Bezug nehmend auf die formulierten Zusammenhänge sowie die bisherige Modellbildung die Relation zwischen der Ausprägung eines Attributs  $a_i$  und der Zuordnung zur spezifischen Bewer-

tungsgröße mittels einer exponentiellen Transformation definiert, um eine starke Differenzierung sicherzustellen. Diese Exponentialfunktion betont die nichtkompensatorische Charakteristik und markiert einen deutlichen Unterschied zu einer in der nachfolgenden Darstellung beispielhaft gewählten Lineartransformation (vgl. dazu die schraffiert gekennzeichnete Fläche in Bild 4-4).

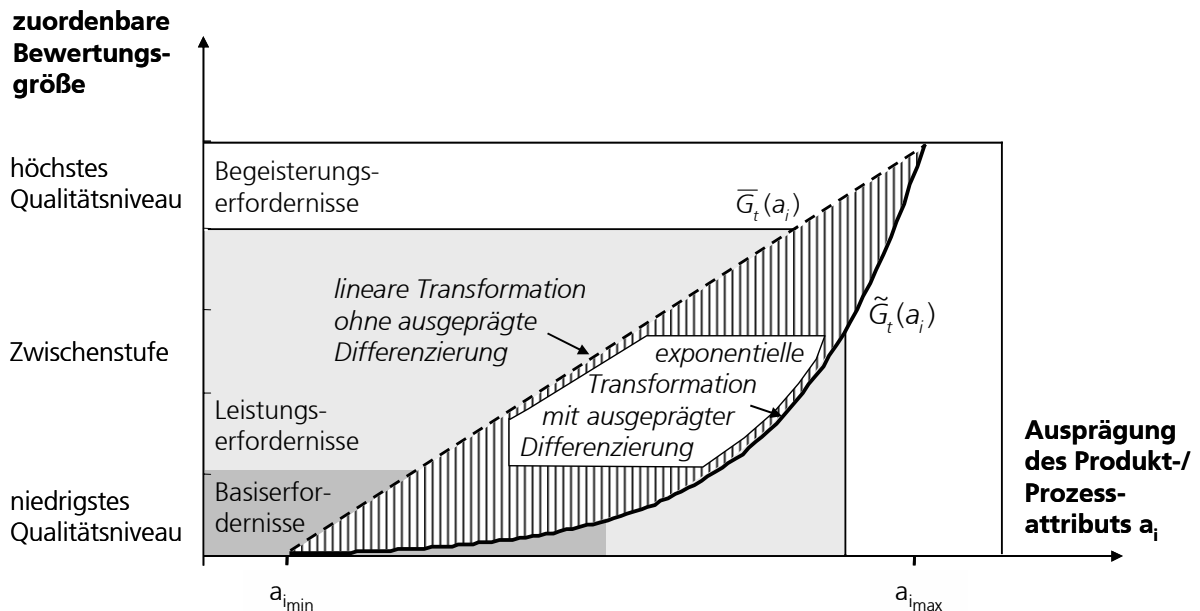


Bild 4-4: Differenzierung der Transformationsvorschriften für die Attributausprägungen

Dementsprechend ergibt sich abschließend mit

$\tilde{G}_t(a_i)$  : Zufriedenheit bzgl. eines Attributs  $a_i$  eines Produktes oder Prozesses

die nachfolgende exponentielle Transformationsvorschrift für den Bewertungsansatz:

$$\tilde{G}_t(a_i) = \begin{cases} \alpha \cdot b^{(\delta \cdot a_i)} + c & \text{für } a_i \in [a_{i_{\min}} ; a_{i_{\max}}] \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.6}$$

mit  $\alpha, b, \delta \in \mathfrak{R}_0^+$ ;  $c \in \mathfrak{R}$

### 4.2.2 Skalierung und Normierung nichtmonetärer Bewertungsgrößen

Für die weitere mathematische Verarbeitung der zu erhebenden Daten sowie zur Gewährleistung der geforderten Flexibilität des Qualitätscontrollingansatzes ergibt sich die Notwendigkeit zur Formulierung einer entsprechenden Skalierung und Normierung. Vor diesem Hintergrund werden die nachfolgenden Festlegungen getroffen.

### 4.2.2.1 Charakterisierung der Qualitätsmerkmale

Ein Qualitätsmerkmal  $\wp$  wird bestimmt durch die Menge seiner Ausprägungen:

$$\wp = \{a_1, a_2, \dots\} \quad \text{Formel 4.1}$$

Zu jeder produkt- oder prozessbezogenen Ausprägung  $a_i$  gehört eine Bestimmung, wie die Einheit beschaffen sein muss, damit an ihr eine determinierende Leistungsstufe festgestellt werden kann. Es ist damit möglich, jeder Einheit  $e$  genau eine Ausprägung von  $\wp$  zuzuschreiben:

$$e \mapsto a(e) = a_i \quad \text{Formel 4.2}$$

Zur Merkmalsermittlung wird eine Menge von Einheiten  $E$  vollständig auf ein Merkmal  $\wp$  untersucht, dabei entsteht die folgende Abbildung:

$$E \mapsto \wp \quad \text{Formel 4.3}$$

Hierbei wird abschließend festgelegt, dass die zu bewertenden Qualitätsmerkmale im Außenverhältnis des Produktionsbetriebs keine Dimension besitzen.

### 4.2.2.2 Ordinalskalierung der Qualitätsmerkmale

Auf  $\wp$  wird die nachstehende Ordnungsrelation definiert:

$$a_1 \succ a_2 \succ \dots \succ a_r \quad \text{Formel 4.4}$$

Zwischen allen Leistungsstufen  $a_i$  gibt es eine Ordnungsbeziehung, die mit  $\succ$  bezeichnet wird.

Ferner ist  $(\wp, \succ)$  ein ordinales Merkmal, sodass für die Leistungskriterien  $a_1, a_2, \dots, a_r$  gilt:

$$a_1 \succ a_2 \succ a_3 \succ \dots \Leftrightarrow b(a_1) \succ b(a_2) \succ b(a_3) \succ \dots \quad \text{Formel 4.5}$$

mit  $b(a_i)$ : Bewertungsfunktion auf  $\wp$

Steht  $a_1$  für die volle Erfüllung von Qualitätsforderungen und  $a_r$  für die Nichterfüllung, so gilt, dass abnehmende Erfüllungsgrade von Qualitätsforderungen fallende Bewertungsgrößen bedeuten. Hierbei muss die Umsetzung der Ausprägungen  $a_i$  eines ordinalen Merkmals in Bewertungsgrößen eine Skalierung sein, d. h. eine Abbildung folgender Art:

$$s : h \mapsto \mathfrak{R}$$

**Formel 4.6**

Diese hat bezüglich  $\succ$  und  $\succ$  (oder  $\prec$ ) ordnungserhaltend zu sein. Das entstehende numerische Merkmal  $x(e)$  nimmt eine ordinale Skalierung konkreter Leistungen  $e$  vor, wobei gilt:

$$e \mapsto s(a(e)) = sa(e) =: x(e)$$

**Formel 4.7**

Diese Skala darf beliebigen (streng) monotonen Transformationen unterzogen werden, wobei hier die Dimensionslosigkeit der Bewertungskennzahlen beibehalten werden muss.

#### 4.2.2.3 Definition des Wertebereichs

Es wird festgelegt, dass sich der gültige Wertebereich  $W$  der Bewertungsgrößen auf einem festgelegten und abgeschlossenen Intervall befindet. Es sind hierzu zwei Werte  $BK_{\min}$  und  $BK_{\max}$  zu bestimmen, die den Wertebereich  $W$  auf einen gültigen Abschnitt begrenzen. Einer der Werte repräsentiert die absolute Nichterfüllung, der andere die vollständige Erfüllung der jeweiligen Qualitätsforderungen. Der dazwischenliegende Intervallbereich bestimmt den Übergang zwischen Nichterfüllung und Erfüllung der Qualitätsforderungen, wobei gilt:

$$W = [BK_{\min}; BK_{\max}], \text{ mit } BK_{\min} \leq BK_{\max}$$

**Formel 4.8**

#### 4.2.2.4 Verknüpfungsoperationen

Abschließend ist sicherzustellen, dass alle Kennzahlen bei ein- oder mehrstufigen Verknüpfungsoperationen den Wertebereich  $W$  nicht verlassen. Vor dem Hintergrund der bereits erarbeiteten Festlegungen an Skalierung und Normierung bedeutet dies eine weitere Eingrenzung durch eine Skalierung  $s'$ , für die gilt:

$$s' \subset s$$

**Formel 4.9**

Bei  $s'$  handelt es sich um eine nichtintervallskalierte Bewertungsgröße. Stellen  $e'$ ,  $e''$ ,  $e'''$ ,  $e''''$  vier verschiedene Zustände von  $e$  dar, so gilt durch eine Bewertungsfunktion  $b(e)$  die folgende Relation, die eine wechselseitige Kompensation von Merkmalsausprägungen ausschließt:

$$b(e'') - b(e') \neq b(e''''') - b(e''')$$

**Formel 4.10**

Entsprechend der damit getroffenen Festlegungen lässt sich nun im nächsten Schritt die inhaltliche Konzeption ausführen.

### 4.2.3 Konzeption der Ausrichtungselemente des Bewertungsverfahrens

Im Hinblick auf die Beurteilung der durch die externen Kunden wahrgenommenen Unternehmensleistungen werden im Weiteren das Bewertungsverfahren festgelegt und die Ausrichtungselemente inhaltlich determiniert. Im konkreten Anwendungsfall erfolgt die Zuordnung von definierten Bewertungsmaßstäben zu den Beurteilungskriterien entsprechend der erarbeiteten Transformationsvorschrift unter der Verwendung von Punktwerten. Nach erfolgter kundenindividueller Gewichtung der einzelnen Kriterien und Anwendung eines Korrekturfaktors lassen sich mit geeigneten Berechnungsregeln die Ergebnisse auf die beiden Aggregationsebenen verdichten und im Rahmen der betrieblichen Qualitätsbilanz diskutieren. Damit ist bei der Anwendung des Qualitätscontrollingansatzes zu jedem beliebigen Zeitpunkt die Feststellung möglich, ob und welche Ansatzpunkte zur Optimierung bestehen. Die dabei zu gewinnenden Erkenntnisse aus Kundensicht erlauben auf diese Weise einen diesbezüglichen Einsatz sowohl für die technisch-funktionale Produktverbesserung als auch für die Gestaltung von Unternehmensprozessen.

#### 4.2.3.1 Klassifizierung der Produkt- und Prozessattribute

Zur Ausführung werden fünf Qualitätsniveaustufen auf der Basis der Transformationsvorschrift generiert und mittels Kategorien entsprechend der Darstellung in Bild 4-5 charakterisiert.






| <b>Niveaustufen</b><br><b>Kategorie</b>                   | <b>Niveau 1</b>   | <b>Niveau 2</b>   | <b>Niveau 3</b>   | <b>Niveau 4</b>   | <b>Niveau 5</b>   |
|---|---|---|---|---|---|
| <b>Klassifizierung der Ausprägung nach DIN ISO 2859-1</b> | kritischer Fehler   | Hauptfehler (A oder B)  | Nebenfehler (A oder B)  | fehlerfrei  | fehlerfrei  |
| <b>Geschäftsbeziehung</b>                                 | hohes Risiko des kurzfristigen Abbruchs   | mittleres Risiko des kurzfristigen Abbruchs   | hohes Risiko des mittelfristigen Abbruchs   | mittleres Risiko des mittelfristigen Abbruchs   | kein Abbruch  |
| <b>semantische Hinterlegung</b>                           | Basisanforderungen nicht erfüllt  | lediglich Erfüllung von Basisanforderungen  | teilweise Erfüllung von Leistungsanforderungen                                      | volle Erfüllung von Leistungsanforderungen  | Erfüllung von Begeisterungsanforderungen  |
| <b>Liquiditätskomponente</b>                              | sehr hohe Kosten  | hohe Kosten   | mittlere Kosten   | mittlere Erlöse   | hohe Erlöse   |
| <b>Opportunitätskomponente</b>                            | sehr hohe Opportunitätskosten   | hohe Opportunitätskosten  | mittlere Opportunitätskosten  | geringe Opportunitätskosten   | Opportunitäts-erlöse  |
| <b>symbolische Darstellung</b>                            |  |  |  |  |  |
| <b>zugeordneter Wert der Ausprägung</b>                   | 0   | 1   | 10  | 30  | 100   |

Bild 4-5: Definition der Niveaustufen mit einzelnen Ausprägungen

Unter Anwendung auf die einzelnen zu bewertenden Produkt- und Prozessattribute entspricht das *Niveau 1* der schlechtesten Ausprägung mit höchstem Risikopotenzial für das Unternehmen. Das *Niveau 5* charakterisiert die beste Ausprägung mit dem höchsten Chancenpotenzial für den Produktionsbetrieb im Hinblick auf die Erarbeitung von Wettbewerbsvorteilen sowie auf die Steigerung seiner Erlöse. Für den konkreten Anwendungsfall ist es unerlässlich, die in Bild 4-5 eingeführten und in der letzten Zeile dargestellten Punktwerte mit einer semantischen Besetzung zu hinterlegen. Was die Klassifizierung der Niveaustufen in Bezug auf die Norm DIN ISO 2859-1 betrifft, so wird an dieser Stelle auf die einschlägige Literatur (/36/, /42/, /190/) verwiesen.

**4.2.3.2 Identifikation produkt- und prozessbezogener Qualitätstreiber**

Für die inhaltliche Gestaltung der einzelnen Bewertungskriterien ist es zunächst erforderlich, Qualitätsattribute herzuleiten, die eine Kundenwahrnehmung erfahren und damit eine Bewertung im Sinne des Ansatzes ermöglichen. Unter methodischer Anwendung der Portfolio-Technik in Bild 4-6 reduziert sich der fokussierte Bewertungsbereich bezüglich der unternehmerischen Gestaltungsmöglichkeiten sowie des inner- und überbetrieblichen Betrachtungsrahmens auf die Qualitätsmerkmale, die durch den Produktionsbetrieb selbst beeinflussbar sind und die an den Schnittstellen zum Kunden liegen bzw. beim externen Kunden eine Wahrnehmung erfahren.

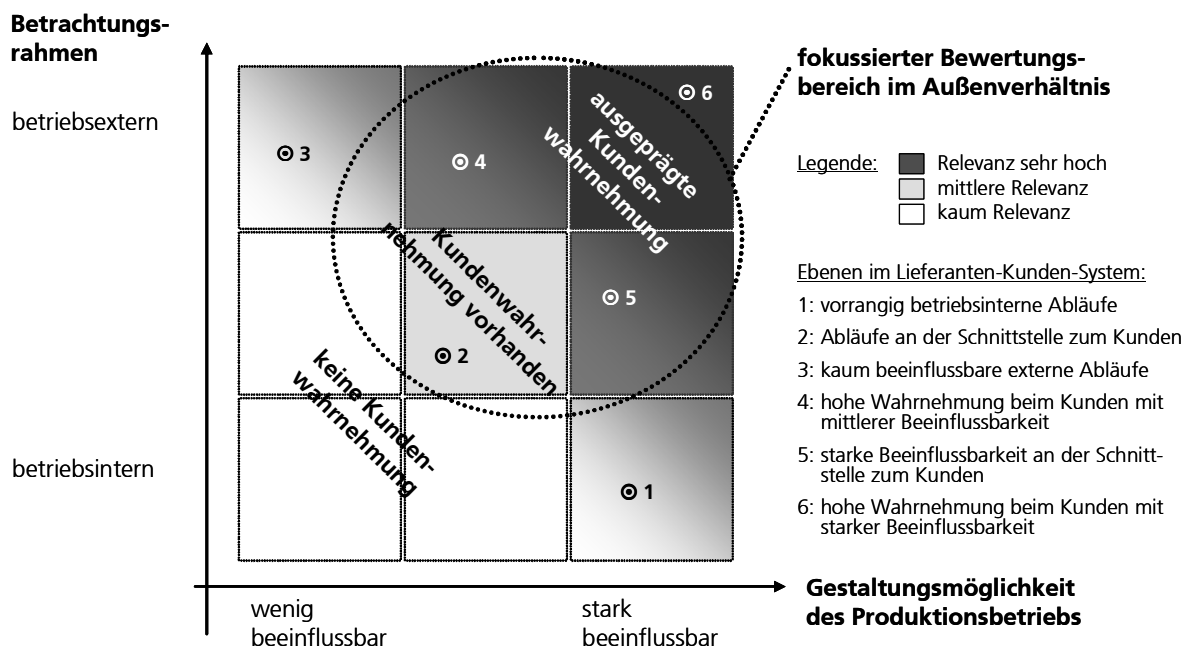


Bild 4-6: Portfolio zur Fokussierung der Bewertung externer Kundenergebnisse

Die dazu erforderliche Identifikation von Produktattributen kann im Hinblick auf die technisch-funktionalen Qualitätsmerkmale erfolgen, wohingegen die Abgrenzung bzgl. betrieblicher Prozesse weiter zu detaillieren ist. Vor diesem Hintergrund erfolgt entsprechend der weiterführenden

den betriebsorganisatorischen Literatur eine Definition des Prozessbegriffs nach CORSTEN /28/. Demgemäß lassen sich Produktions- und Geschäftsprozesse unterscheiden, wobei als Produktionsprozesse diejenigen Abläufe bezeichnet werden, die eine Herstellung oder physische Bearbeitung bzw. Änderung eines Produktes bewirken. Die Kundenwahrnehmung der Produktionsprozesse erfolgt somit direkt über das Produkt. In Abgrenzung dazu stellen Geschäftsprozesse betriebliche Abläufe dar, die Dienstleistungen betreffen oder produktionstechnische Vorgänge unterstützen. Für die weitere Arbeit wird ein kundenorientiertes Prozessverständnis zugrunde gelegt, das unter Einsatz der SIPOC-Methode jedem Prozess einen Lieferanten, messbare Eingangs- und Ausgangsgrößen sowie einen Kunden zuordnet, um ein bestimmtes materielles oder immaterielles Produkt zu erbringen /129/. Im konkreten Anwendungsfall fokussiert der Bewertungsbereich im Außenverhältnis nur auf diejenigen Geschäftsprozesse, bei denen ein Bezug nach der SIPOC-Methode auf ausschließlich unternehmensexterne Kunden besteht.

**4.2.3.3 Ableitung der Bewertungsdimensionen**

Unter Anwendung der Identifikationsvorschrift lassen sich die Bewertungsdimensionen definieren, die für das zu beurteilende Außenverhältnis als Qualitätstreiber relevant sind. Die identifizierten Dimensionen und deren systematische Herleitung aus generischen Betrachtungen unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des Ansatzes veranschaulicht Bild 4-7, wobei die Definition der einzelnen Qualitätsdimensionen und der zugehörigen Beiwerte sowie die Entwicklung der Berechnungsvorschriften der Erfüllungsgrade im nächsten Abschnitt erfolgt.

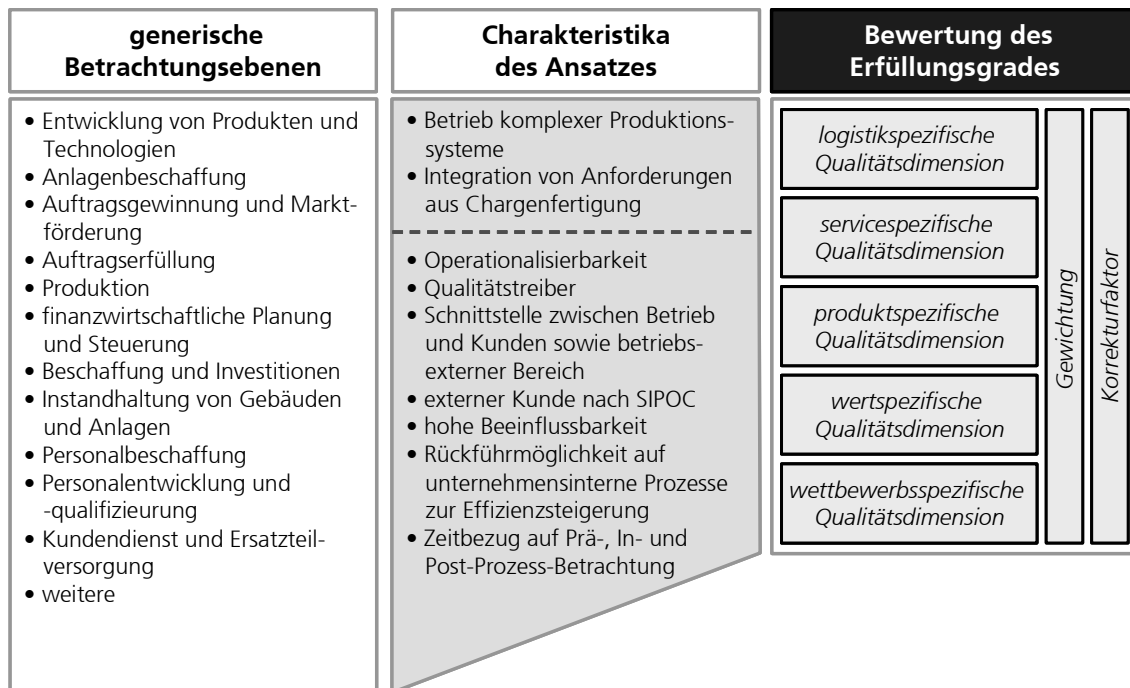


Bild 4-7: Identifikation der inhaltlichen Dimensionen für den Bewertungsansatz



#### 4.2.4 Erfüllungsgrad der logistikspezifischen Qualitätsdimension

Die Logistik füllt heute eine bedeutende Position im Verhältnis zum Kunden aus. Neben der Kostenwirkung hat auch die Leistungskomponente der Logistik deutlich an Relevanz zugenommen. Durch die Tendenz einer Angleichung der technischen Produkteigenschaften spielen logistische Leistungsdimensionen wie z. B. Lieferfähigkeit und Lieferzeit daher zunehmend eine entscheidende Rolle. Vor dem Hintergrund einer Bewertung der logistikspezifischen Qualitätsdimension lässt sich der Kundennutzen durch zeitgerechte, vollständige und kostengerechte Erfüllung von Aufträgen steigern. Logistische Leistungen bieten dann eine Differenzierungsmöglichkeit gegenüber dem Wettbewerb, wenn es dem Produktionsbetrieb gelingt, diesbezügliche Fähigkeiten im Hinblick auf kurze Lieferzyklen und geringe Umlaufbestände zu einer Kernkompetenz auszubauen und dem Kunden anzubieten. Im Kontext der Arbeit begrenzt sich der logistische Betrachtungsbereich im unternehmerischen Außenverhältnis auf die Distributionslogistik, wohingegen die Produktionslogistik bei der Bewertung der internen Prozesse berücksichtigt wird. Der Erfüllungsgrad der logistikspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{log}$  beschreibt generell die Zufriedenheit des Kunden im Hinblick auf eine güterflussbezogene Raum- und Zeitüberbrückung sowie eine art- und mengenmäßige Zusammensetzung der Produkte. Zudem betrifft er den Abschluss und die Erfüllung einer logistikbezogenen Vereinbarung zwischen dem Produktionsbetrieb und dem Kunden, die zur Vorgabe für die Leistungserwartung und als Bewertungsniveau für deren Erbringung dient. Diese Vereinbarung ist in der Regel detailliert beschrieben. Wird das vereinbarte Niveau durch Lieferanten nicht erreicht, gilt die logistikspezifische Qualitätsdimension als nicht erbracht. Die logistikspezifische Qualitätsdimension setzt sich allgemein aus den Beiwerten *Terminierungsgrad*  $TG_k$ , *Mengengrad*  $MG_k$  und *Sicherungsgrad*  $SG_k$  der Kunden  $k$  zusammen.

##### 4.2.4.1 Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung

Der beim Chargenfertiger umzuschlagende Warenbestand lässt sich wie bei anderen Produktionsbetrieben in Neuprodukte, kundenspezifische Spezialprodukte sowie Standardprodukte gliedern. Innerhalb der Distributionsstufe seiner Produkte unterliegt er jedoch spezifischen Anforderungen bezüglich der Konfektionierung, Kommissionierung und der Verpackung der Chargen entsprechend der Darstellung in Bild 4-8. Diese lassen sich dadurch charakterisieren, dass er innerhalb dieser Verfahrensschritte auf die jeweilige Zugehörigkeit eines Erzeugnisses zu einer Rohstoff- bzw. Produktionscharge achten muss. Speziell im Bereich der Kommissionierung für den Kunden ist die Einhaltung der Chargenzugehörigkeit bei der Bereitstellung der Erzeugnisse für den gewerblichen Abnehmer bzw. Weiterverarbeiter wichtig. Ferner unterliegt der Chargenfertiger einer deutlich höheren Dokumentationsverpflichtung als andere Produktionsbetriebe. Neben der betriebsinternen Notwendigkeit zur Chargendokumentation ist auch der Umgang mit dieser im Hinblick auf die Bereitstellung der Nachweise für den Kunden von Relevanz.

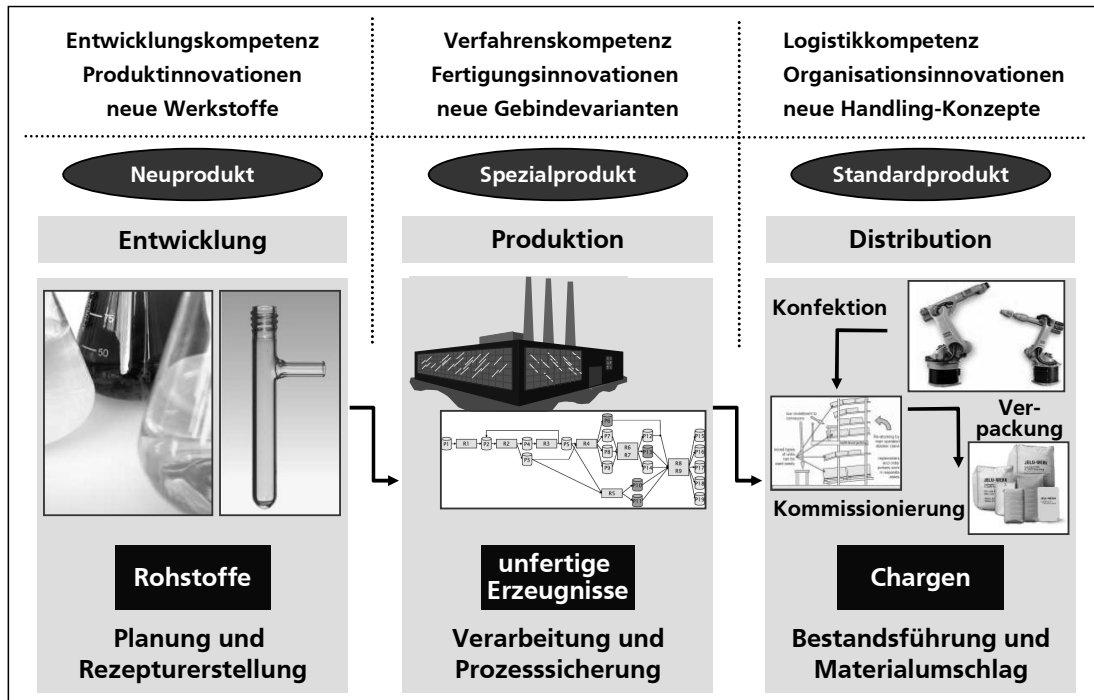


Bild 4-8: Abgrenzung der Distributionsstufe bei Chargenfertigung (modifiziert nach /153/)

Eine Berücksichtigung der beschriebenen Anforderungen erfolgt mittels der betriebspezifischen Komponenten der nachstehenden Beiwerte zur logistikspezifischen Qualitätsdimension. Zudem werden der Umgang mit Kleinmengen bzw. Kleinchargen im *Terminierungsgrad*  $TG_k$  sowie der Umgang mit falschen, verwechselten oder verschmutzten Chargen im *Sicherungsgrad*  $SG_k$  abgebildet. Speziell im *Sicherungsgrad*  $SG_k$  ist zudem der Einsatz einer betriebspezifischen Komponente für einen Anwendungsfall möglich, bei dem hinsichtlich Produkten aus der Lebensmittelindustrie exemplarisch die Einhaltung von Grenzwerten in Bezug auf Temperatur, Zeit, Feuchtigkeit, Wasseraktivität, pH-Wert, Konservierungsstoffe sowie Salzgehalt zu bewerten ist.

#### 4.2.4.2 Konzeption des Beiwerts Terminierungsgrad

Im *Terminierungsgrad*  $TG_k$  sind alle Aspekte berücksichtigt, die eine zeitliche Relevanz für den Erfüllungsgrad des Kunden besitzen. Diese umfassen die Lieferterminsetzung für Neuprodukte und Spezialprodukte, die bei diesen mit entsprechenden Vorlaufzeiten verbunden ist, sowie für Standardprodukte, die in kleineren Mengen im Regelfall ab Lager abgerufen werden. Als weitere Zeitgrößen fließen die Einhaltung von vereinbarten Lieferterminen sowie der präventive Umgang mit Terminverschiebungen durch den Lieferanten ein. Zur Ergänzung wird auch das Ausmaß von Lieferverzügen im Hinblick auf Produktionsstörungen beim Kunden bewertet. Dies reicht von notwendigen Umrüstvorgängen bis hin zum Stillstand ganzer Produktionseinrichtungen aufgrund technischer oder organisatorischer Störungen. Der *Terminierungsgrad*  $TG_k$  ist im Hinblick auf die Erweiterungsfähigkeit um eine betriebspezifische Komponente ergänzbar.

**4.2.4.3 Konzeption des Beiwerts Mengengrad**

Mittels des *Mengengrads*  $MG_k$  wird bewertet, wie die Logistikleistung des Produktionsbetriebs in Bezug auf die Mengentreue aus Sicht des Kunden wahrgenommen wird. Der *Mengengrad*  $MG_k$  wird durch Über- und Unterlieferungen sowie durch den präventiven Umgang mit Mengenänderungen beim Lieferanten beeinflusst. In Analogie zum *Terminierungsgrad*  $TG_k$  kann auch der *Mengengrad*  $MG_k$  um eine betriebspezifische Komponente erweitert werden.

**4.2.4.4 Konzeption des Beiwerts Sicherungsgrad**

Der *Sicherungsgrad*  $SG_k$  beurteilt, wie sich die logistische Situation bezüglich beschädigter oder zerstörter Produkte des Lieferanten aufgrund von logistikbedingten Fehlern und unsachgemäßem Teileumschlag darstellt. Hier werden auch durch den Produktionsbetrieb beauftragte Logistikdienstleister einer Bewertung unterzogen.

**4.2.4.5 Definition der Beiwertkomponenten**

Die relevanten Inhalte der Bewertungskomponenten sind in Bild 4-9 erläutert.

| Inhalt und Struktur der logistikspezifischen Qualitätsdimension $\eta_{log}$ |                               |   |                    |                 |                 |
|--|-------------------------------|---|--------------------|-----------------|-----------------|
| Definition<br>Beiwerte   | Komponenten                   | Erläuterung der aus Sicht des Produktionsbetriebs relevanten Inhalte der Beiwertkomponenten               | Bezeichnung        | Produktattribut | Prozessattribut |
| <b>Terminierungsgrad</b><br>$TG_k$   | Terminsetzung                 | Bewertung der dem Kunden gegenüber zugesagten Lieferfristen und Wiederbeschaffungszeiten                  | $U_{1kom1_k}$      |                 |                 |
|  | Termineinhaltung              | Bewertung der dem Kunden gegenüber realisierten Liefervereinbarungen                                      | $U_{1kom2_k}$      | ○               | ●               |
|  | Terminverschiebung            | Bewertung von Terminverschiebungen und Produktionsbeeinträchtigungen durch Lieferverzug                   | $U_{1kom3_k}$      |                 |                 |
|  | betriebspezifische Komponente | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebspezifischen Bewertungskomponente             | $U_{1kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| <b>Mengengrad</b><br>$MG_k$  | Mengeneinhaltung              | Bewertung von Über- und Unterlieferungen  | $V_{1kom1_k}$      |                 |                 |
|  | Mengenverschiebung            | Bewertung von Mengenänderungen und Produktionsbeeinträchtigungen durch Lieferverzug                       | $V_{1kom2_k}$      | ○               | ●               |
|  | betriebspezifische Komponente | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebspezifischen Bewertungskomponente             | $V_{1kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| <b>Sicherungsgrad</b><br>$SG_k$  | Verpackung und Bruch          | Bewertung der Beeinträchtigungen aufgrund defekter Verpackung sowie der Transportrisiken bei Auslieferung | $Z_{1kom1_k}$      |                 |                 |
|  | Falschliefereung              | Bewertung der Verwechslung oder Verschmutzung von Produkten   | $Z_{1kom2_k}$      | ◐               | ●               |
|  | betriebspezifische Komponente | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebspezifischen Bewertungskomponente             | $Z_{1kom\_betr_k}$ |                 |                 |

Bild 4-9: Festlegungen zur logistikspezifischen Qualitätsdimension

**4.2.4.6 Berechnungsvorschrift**

Der Erfüllungsgrad der logistikspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{log}$  errechnet sich wie nachfolgend beschrieben:

$$\eta_{log} = \frac{1}{k} \cdot \sum_k (\alpha_{TG} \cdot TG_k + \alpha_{MG} \cdot MG_k + \alpha_{SG} \cdot SG_k) \tag{Gleichung 4.7}$$

mit:

$$TG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists u_{1g_k} \in \{u_{1kom1_k}; u_{1kom2_k}; u_{1kom3_k}; u_{1kom\_betr_k}\} \text{ mit } u_{1g_k} = 0 \\ \frac{u_{1kom1_k} + u_{1kom2_k} + u_{1kom3_k} + u_{1kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{u_{1kom1_k}; u_{1kom2_k}; u_{1kom3_k}; u_{1kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \tag{Gleichung 4.8}$$

$$MG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists v_{1g_k} \in \{v_{1kom1_k}; v_{1kom2_k}; v_{1kom\_betr_k}\} \text{ mit } v_{1g_k} = 0 \\ \frac{v_{1kom1_k} + v_{1kom2_k} + v_{1kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{v_{1kom1_k}; v_{1kom2_k}; v_{1kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \tag{Gleichung 4.9}$$

$$SG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists z_{1g_k} \in \{z_{1kom1_k}; z_{1kom2_k}; z_{1kom\_betr_k}\} \text{ mit } z_{1g_k} = 0 \\ \frac{z_{1kom1_k} + z_{1kom2_k} + z_{1kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{z_{1kom1_k}; z_{1kom2_k}; z_{1kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \tag{Gleichung 4.10}$$

Für die Gewichtungsfaktoren gilt:

$$\alpha_g \in [0; 1] \text{ und } \sum_g \alpha_g = 1$$

Damit ist die Möglichkeit geschaffen, den Erfüllungsgrad der logistikspezifischen Qualitätsdimension bewerten zu können. Überdies ist eine Zuordnung der Beiwerte zu sowohl produkt- als auch prozessbezogenen Attributen entsprechend der Darstellung in Bild 4-9 möglich. Der Erfüllungsgrad der logistikspezifischen Qualitätsdimension gestattet eine präzise Veranschaulichung der extern wahrgenommenen logistischen Leistung des Produktionsbetriebs. Durch die gewählte Strukturierung ist es möglich, bis auf Einzelwertebene detaillierte Analysen durchzuführen, um die individuellen Ausprägungen von Attributen zu identifizieren, die sich im Kontext der logistik-

spezifischen Qualitätsdimension als Begeisterungsmerkmale charakterisieren lassen. Die Berücksichtigung verschiedenartiger Bedeutungsgewichte ist zweckmäßig, wenn die Unternehmensleitung ersichtliche Problembereiche in Bezug auf die logistikspezifische Qualitätsdimension mit begrenzten Ressourcen einer Lösung oder Optimierung zuführen muss. Sollten in den Einzelbewertungen Handlungsfelder erkennbar sein, die dem Niveau eines kritischen Fehlers entsprechen, so gilt die zugehörige Leistung ebenfalls als nicht erbracht.

#### 4.2.5 Erfüllungsgrad der servicespezifischen Qualitätsdimension

Der professionelle Umgang mit Dienstleistungen wird für Unternehmen zunehmend relevant, da bei ihren Erzeugnissen oftmals eine zunehmend schnelle technologische Nivellierung stattfindet und die reine Technologie- und technische Produktqualitätsführerschaft damit kein hinreichendes Alleinstellungsmerkmal im Wettbewerb mehr darstellt. Aufgrund dieser sich verstärkenden Homogenisierung der Sachleistungen ist für Produktionsbetriebe eine Konzentration auf lediglich neue technische Produkteigenschaften nicht opportun, sondern sie müssen sich auch intensiv mit dem Erfüllungsgrad ihrer industriellen Dienstleistungen im Außenverhältnis auseinandersetzen. Neben einer möglichen Differenzierung gegenüber Konkurrenten können dabei mit dem strukturierten Angebot von Dienstleistungen weitere wettbewerbsstrategische Ziele verfolgt werden /14/. Diese servicespezifischen Dienstleistungen bieten entsprechend Bild 4-10 die Möglichkeit zur marktbezogenen Diversifikation, und sie beschleunigen die Diffusion von Innovationen durch gezielte Beratung und Information der Kunden.

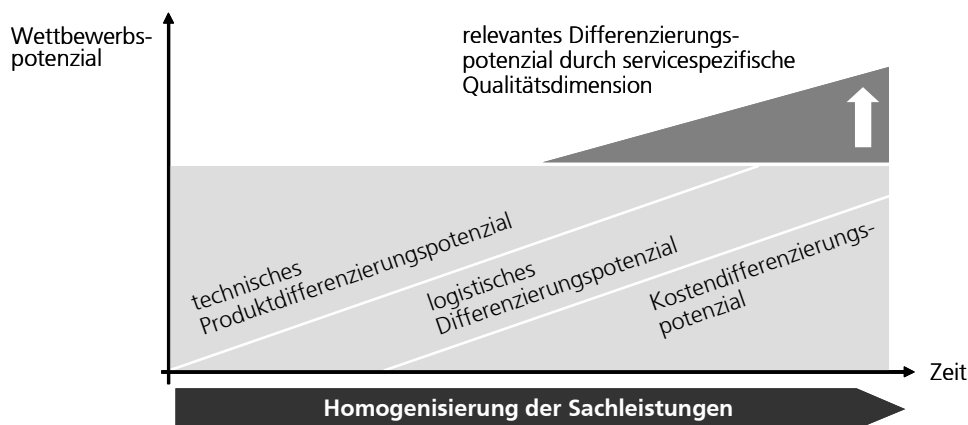


Bild 4-10: Differenzierungspotenzial durch industrielle Dienstleistungen (erweitert nach /119/)

In Bezug auf die Zielstellung der Arbeit müssen sich diese Dienstleistungen durch eine hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an Kundenanforderungen auszeichnen. Vor dem Hintergrund der Bereitstellung von Begeisterungsmerkmalen lässt sich mittels innovativer Dienstleistungen eine Möglichkeit erarbeiten, die eigene Wettbewerbsposition auszubauen und gänzlich neue Geschäftsfelder zu erschließen. Demzufolge operationalisiert der Erfüllungsgrad der servicespezi-

fischen Qualitätsdimension  $\eta_{ser}$  die Zufriedenheit unternehmerischer Kunden mit integrierten produktionsnahen Dienstleistungen. Findet eine dazu notwendige Gestaltung der Geschäftsprozesse, eine Interaktion zwischen den Beschäftigten sowie ein übergreifendes Schnittstellenmanagement zwischen den Kunden und dem Produktionsbetrieb als Dienstleistungserbringer nicht statt, so gilt die servicespezifische Qualitätsdimension als nicht erfüllt. In den Erfüllungsgrad der servicespezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{ser}$  gehen generell die Beiwerte *Angebots- und Beratungsgrad*  $BG_k$ , *Auftragsabwicklungsgrad*  $AG_k$  sowie *Problemlösungsgrad*  $PG_k$  ein.

#### 4.2.5.1 Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung

Die servicespezifische Qualitätsdimension berücksichtigt im spezifischen Anwendungsfall der Chargenfertigung vornehmlich die systematische Kooperation mit dem Kunden im Hinblick auf dessen Prozess der Leistungserstellung und -erbringung. Diesbezügliche Formen einer solchen Dienstleistung bei Unternehmen mit chargenorientierter Produktion lassen sich bei den Herstellern bauchemischer Produkte exemplarisch finden. Hier wird die Herstellung der Erzeugnisse um eine konkrete Anwendungs- und Verarbeitungsberatung für den unternehmerischen Abnehmer ergänzt, bei dem es sich in diesem Fall zumeist um mittelständische Handwerksbetriebe, z. B. aus der Betoninstandsetzungs-, der Bauwerksanierungs- oder der Industriebodenbeschichtungsbranche, handelt. Darüber hinaus charakterisieren sich weitere spezifische Anforderungen durch das im Stand der Technik und Forschung beschriebene oftmals hohe Gefährdungspotenzial der Produkte und technischen Verfahrensabläufe bei Chargenfertigern, was eine Integration dieses Aspekts in den Beiwert *Problemlösungsgrad*  $PG_k$  erfordert. Diese Beurteilung umfasst die technische und methodische Problemlösungskompetenz des Produktionsbetriebs im Rahmen der Qualitätsvorausplanung und des Fehlermanagements sowie die Bereitstellung individueller und alternativer Abhilfemaßnahmen speziell im Umfeld der Chargenfertigung. Dabei spielt die Kenntnis der kundenseitigen Unternehmenssituation z. B. im Hinblick auf die eingesetzte Verfahrens- und Anwendungstechnik eine wesentliche Rolle bei der Bewertung durch den Abnehmer.

#### 4.2.5.2 Konzeption des Beiwerts Angebots- und Beratungsgrad

Die Bewertung aller Kriterien, die eine inhaltliche und strukturelle Relevanz zur Erfassung von sowohl technischen als auch betriebswirtschaftlichen Anforderungen seitens des Kunden haben, erfolgt durch den *Angebots- und Beratungsgrad*  $BG_k$ . In Bezug auf den Ablauf der Angebotserstellung und -verfolgung umfasst er die Detailliertheit und Übersichtlichkeit von Dokumenten und Aufzeichnungen sowie deren Vollständigkeit. Der Beiwert wird ferner genutzt, um die Zufriedenheit des unternehmerischen Kunden im Hinblick auf den technischen und betriebswirtschaftlichen Beratungsvorgang zu beurteilen. Wesentliche Kriterien sind hierbei einerseits die Verbindlichkeit der Beratung sowie die Einhaltung von Zusagen des Lieferanten und andererseits die Verständlichkeit der Beratung durch die eindeutige Erklärung produktrelevanter oder produktionstechnischer Zusammenhänge. In Ergänzung zu den obigen Kriterien werden auch das

aktuelle Fachwissen sowie die technische und methodische Kompetenz des Leistungserbringers einer Bewertung unterzogen. Von zentraler Bedeutung ist überdies die Beurteilung des Kunden in Bezug auf die Wahrung seiner Unternehmensinteressen bei der Bewertung der Herstellbarkeit durch den Anbieter sowie der dazu notwendigen Risikoanalyse, wobei auch für den *Angebots- und Beratungsgrad*  $BG_k$  eine betriebspezifische Erweiterung möglich ist.

#### 4.2.5.3 Konzeption des Beiwerts Auftragsabwicklungsgrad

Der Beiwert *Auftragsabwicklungsgrad*  $AG_k$  umfasst als Bewertungskriterium alle Aspekte, die im Rahmen der Erfüllung des kundenseitigen Bestellvorgangs relevant sind. Hierbei sind unter der Auftragsabwicklung zum einen Neuprodukte, Spezialprodukte sowie Standardprodukte berücksichtigt. Zum anderen bezieht sich die Auftragsabwicklung sowohl auf Einzelaufträge als auch auf mittel- oder langfristige Lieferverträge mit kundenseitigen Abrufen. Grundsätzlich ist im Bereich der Auftragsabwicklung davon auszugehen, dass es diesbezüglich anspruchsvoll ist, Dienstleistungen anzubieten, von denen die Kunden im Sinne der Erfüllung von Begeisterungsanforderungen positiv überrascht sind. Entsprechend der vorgenommenen Dimensionierung erfasst der *Auftragsabwicklungsgrad*  $AG_k$  damit die Ausprägung betriebswirtschaftlicher und technischer Modalitäten sowie die Vertragsgestaltung. Im Übrigen wird der Kontakt zum unternehmerischen Kunden in Bezug auf den Ansprechpartner, die Kontinuität, das Informations- und Kommunikationsmedium, die Ansprech- und Wartezeiten sowie die Erreichbarkeit einer Bewertung unterzogen. Daneben sind im Bereich der Information und Kommunikation auch Aspekte wie die inhaltliche Vorbereitung, die unaufgeforderte Benachrichtigung des Kunden bei Problemen sowie die Bereitstellung unaufgeforderter Hinweise an den Kunden in Bezug auf Entwicklungen und Veränderungen sowohl bei Produkten als auch bei betrieblichen Abläufen zu berücksichtigen.

Eine zentrale Rolle in der Bewertung des *Auftragsabwicklungsgrads*  $AG_k$  spielt die diesbezügliche Durchlaufzeit der kundenseitigen Bestellung in den indirekt-produktiven Bereichen des Unternehmens. Diese setzt sich aus den vier Bestandteilen Hauptdurchführungszeit  $t_{HD}$ , Nebendurchführungszeit  $t_{ND}$ , Transformationszeit  $t_T$  sowie Liegezeit  $t_L$  zusammen, wobei diese Bestandteile kundenseitig nur schwer differenzierbar sind [114]. Für den Produktionsbetrieb ist es jedoch wichtig, aufbauend auf der Gesamtbewertung der Durchlaufzeit, den relativen Anteil der Hauptdurchführungszeit  $t_{HD}$  zu maximieren.

Die notwendige Einrichtung einer betriebspezifischen Komponente ist in Bezug auf den *Auftragsabwicklungsgrad*  $AG_k$  dahingehend nutzbar, dass vom Kunden festgelegte besondere Merkmale, die einer individuellen Auslegung, Dokumentation und Lenkung bedürfen, dementsprechend hier integriert werden können.

**4.2.5.4 Konzeption des Beiwerts Problemlösungsgrad**

Ein zentraler Aspekt des Beiwerts *Problemlösungsgrad*  $PG_k$  ist die Schnelligkeit der Problemlösung bezüglich der Herbeiführung und Umsetzung von Entscheidungen. Zudem werden sowohl das Verhalten des Lieferanten im Garantie- und Kulanzfall als auch der Umgang mit Fehlern im Feld sowie der Ablauf von Sonderfreigaben bei Störungen im Verfahrensablauf des Produktionsbetriebs einer Beurteilung unterzogen. Auch der *Problemlösungsgrad*  $PG_k$  sieht eine betriebsspezifische Komponente vor, wobei diese beispielhaft die kurzfristige Bereitstellung von Ersatzprodukten in Störungsfällen vorsehen kann.

**4.2.5.5 Definition der Beiwertkomponenten**

Die erforderlichen Inhalte der Bewertungskomponenten zeigt Bild 4-11 im Überblick.

| Inhalt und Struktur der servicespezifischen Qualitätsdimension $\eta_{ser}$ |                                     |  |                    |                 |                 |
|---|-------------------------------------|--|--------------------|-----------------|-----------------|
| Definition<br>Beiwerte  | Komponenten                         | Erläuterung der aus Sicht des Produktionsbetriebs relevanten Inhalte der Beiwertkomponenten                    | Bezeichnung        | Produktattribut | Prozessattribut |
| <b>Angebots- und Beratungsgrad</b><br>$BG_k$                                | Erfassung von Anforderungen         | Bewertung der systematischen Erfassung technischer und betriebswirtschaftlicher Kundenanforderungen            | $U_{2kom1_k}$      |                 |                 |
|   | Vollständigkeit und Verbindlichkeit | Bewertung der Vollständigkeit der Angebotsdokumente, der Zeitdauer der Erstellung sowie der Verbindlichkeit    | $U_{2kom2_k}$      | ◐               | ●               |
|   | Interessenbetrachtung               | Bewertung der Interessenbetrachtung im Rahmen der technischen Machbarkeit sowie in der Anwendung               | $U_{2kom3_k}$      |                 |                 |
|   | betriebsspezifische Komponente      | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente                 | $U_{2kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| <b>Auftragsabwicklungsgrad</b><br>$AG_k$                                    | Zuverlässigkeit und Zeitdauer       | Bewertung der technischen und betriebswirtschaftlichen Verbindlichkeit sowie der administrativen Durchlaufzeit | $V_{2kom1_k}$      |                 |                 |
|   | Information und Kommunikation       | Bewertung des präventiven Informationsverhaltens sowie des Einsatzes von Kommunikationsmedien                  | $V_{2kom2_k}$      | ○               | ●               |
|   | betriebsspezifische Komponente      | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente                 | $V_{2kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| <b>Problemlösungsgrad</b><br>$PG_k$   | Kompetenz und Entscheidung          | Bewertung der technischen Problemlösungskompetenz sowie der eskalierenden Entscheidungsverhaltensweise         | $Z_{2kom1_k}$      |                 |                 |
|   | Schnelligkeit und Kulanz            | Bewertung der betrieblichen Handlungsweise bei zeitkritischen Situationen und des Kulanzumfangs                | $Z_{2kom2_k}$      | ◐               | ●               |
|   | betriebsspezifische Komponente      | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente                 | $Z_{2kom\_betr_k}$ |                 |                 |

Bild 4-11: Festlegungen zur servicespezifischen Qualitätsdimension

**4.2.5.6 Berechnungsvorschrift**

Die Berechnung des Erfüllungsgrads der servicespezifischen Qualitätsdimension erfolgt mittels der nachstehenden Gleichung:



$$\eta_{\text{ser}} = \frac{1}{k} \cdot \sum_k (\beta_{BG} \cdot BG_k + \beta_{AG} \cdot AG_k + \beta_{PG} \cdot PG_k) \quad \text{Gleichung 4.11}$$

mit:

$$BG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists u_{2g_k} \in \{u_{2kom1_k}; u_{2kom2_k}; u_{2kom3_k}; u_{2kom\_betr_k}\} \text{ mit } u_{2g_k} = 0 \\ \frac{u_{2kom1_k} + u_{2kom2_k} + u_{2kom3_k} + u_{2kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{u_{2kom1_k}; u_{2kom2_k}; u_{2kom3_k}; u_{2kom\_betr_k}\}} \quad \text{sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.12}$$

$$AG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists v_{2g_k} \in \{v_{2kom1_k}; v_{2kom2_k}; v_{2kom\_betr_k}\} \text{ mit } v_{2g_k} = 0 \\ \frac{v_{2kom1_k} + v_{2kom2_k} + v_{2kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{v_{2kom1_k}; v_{2kom2_k}; v_{2kom\_betr_k}\}} \quad \text{sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.13}$$

$$PG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists z_{2g_k} \in \{z_{2kom1_k}; z_{2kom2_k}; z_{2kom\_betr_k}\} \text{ mit } z_{2g_k} = 0 \\ \frac{z_{2kom1_k} + z_{2kom2_k} + z_{2kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{z_{2kom1_k}; z_{2kom2_k}; z_{2kom\_betr_k}\}} \quad \text{sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.14}$$

Für die Gewichtungsfaktoren gilt:

$$\beta_g \in [0; 1] \quad \text{und} \quad \sum_g \beta_g = 1$$

Die Vergabe unterschiedlicher Bewertungsgewichte im Rahmen der servicespezifischen Qualitätsdimension ist geeignet, um eine betriebliche Priorisierung aufgrund von Praxiserfordernissen zu beachten. Durch den hierarchischen Aufbau des Ansatzes lassen sich bis auf Einzelwertebene konkrete Detailinformationen generieren. Die Zuordnung der Beiwerte zu einerseits produktbezogenen und andererseits prozessbezogenen Attributen ist in Bild 4-11 ersichtlich. Mit der vorgenommenen Definition ist die Möglichkeit geschaffen, den Erfüllungsgrad der servicespezifischen Qualitätsdimension zu ermitteln. Der Produktionsbetrieb wird in die Lage versetzt, den durch die unternehmerischen Kunden wahrgenommenen Erfüllungsgrad seiner industriellen Dienstleistung systematisch zu bewerten und darauf aufbauend, zielgerichtet auf Kundenbedürfnisse hin, eine Konfiguration vornehmen zu können. Diese Gelegenheit ist umso bedeutungsvoller, als dass es bisher für die Entwicklung technischer Dienstleistungen an geeigneten

Vorgehensweisen und Methoden speziell bei Unternehmen aus der Prozessindustrie mangelt. Viele Service- und Beratungsangebote entstehen daher bislang vorwiegend ad hoc aus Einzelinitiativen heraus und bilden insofern nicht die Basis für die effiziente Planung, Konzeption und Marktpositionierung neuer oder modifizierter Dienstleistungen bei diesen Unternehmen.

#### 4.2.6 Erfüllungsgrad der produktspezifischen Qualitätsdimension

Das Leitmotiv zur Bewertung der technisch-funktionalen Produktqualität basiert auf dem produkt- und kundenorientierten Qualitätsbegriff, wonach sich Differenzierungen auf Unterschiede in der Menge oder Eigenschaft eines Bestandteils oder Attributs zurückführen lassen. Hierbei ist die herstellungsbedingte Qualität als Anforderung durch den Kunden definiert. Damit findet eine Qualitätsdifferenzierung durch den Vergleich der erbrachten Leistung mit den zuvor durch den Kunden formulierten Anforderungen statt. Die zur Bewertung von technisch-funktionalen Produkteigenschaften geeigneten Kriterien lassen sich in Modifikation zu den Bewertungsmethoden für Prozessketten /53/ hinsichtlich ihrer Schnittstellen zwischen dem Produktionsbetrieb und dessen Kunden klassifizieren. Der Erfüllungsgrad der produktspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{prod}$  differenziert entsprechend dieser Klassifikation inhaltlich und zeitlich nach der Anwendung und Weiterverarbeitung der Erzeugnisse des Produktionsbetriebs in Bewertungskriterien zur Prä-Prozess-, In-Prozess- sowie zur Post-Prozess-Phase beim gewerblichen Abnehmer, die jeweils unterschiedliche Beurteilungsgrößen in Bezug auf die abgenommenen Produkte bereitstellen. Insgesamt konstituiert sich die produktspezifische Qualitätsdimension  $\eta_{prod}$  entsprechend dieser formulierten Klassifikation allgemein aus den Beiwerten *Prä-Prozess-Eignungsgrad*  $VG_k$ , *In-Prozess-Eignungsgrad*  $WG_k$  sowie *Post-Prozess-Eignungsgrad*  $NG_k$ , die zunächst im Hinblick auf ihre spezifischen Anforderungen aus chargenorientierter Produktion eruiert werden.

##### 4.2.6.1 Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung

Neben den kundenseitig gestiegenen Ansprüchen an die technisch-funktionale Produktqualität erfährt diese besonders im Gegenstandsbereich der Chargenfertigung sowohl durch legislative Restriktionen als auch durch gewichtige Haftungsrisiken eine weitere Verschärfung. So muss ein chargenfertigender Betrieb grundsätzlich in allen Anwendungsfällen nachweisen können, von welchen Lieferanten welche Substanzen stammen und an welche Kunden die hergestellten Produkte ausgeliefert wurden. Diese Restriktionen und Haftungsrisiken und die daraus resultierenden Anforderungen an die Produktqualität bestehen nicht nur im Lebensmittel- oder Kosmetikbereich, sondern etwa auch in der Pharmaindustrie, bei der es einerseits um die Verwendungsdauer von Medikamenten geht, andererseits aber auch verderbliche Grundstoffe zum Einsatz kommen. Anders als in der Lebensmittelindustrie hängt die Haltbarkeit der Endprodukte jedoch nicht von der Haltbarkeit der Vorprodukte oder Rohstoffe ab, da diese über chemische Reaktionen in neue Stoffe und damit eine entsprechende Chargenzuordnung überführt werden. In der Branche der Automobil- und Automobilzulieferindustrie und damit im Geltungsbereich der

ISO/TS 16949:2002 hingegen spielen Chargen dahingehend eine wesentliche Rolle, dass z. B. bestimmte Kabel in Chargen geführt werden, während jedem einzelnen Motor exakt eine Seriennummer zugeordnet ist. Innerhalb der Textilverarbeitung oder Keramikproduktion dagegen hat z. B. das Mindesthaltbarkeitsdatum nur nachrangige Bedeutung, was die große Varianz der Anforderungen an die technisch-funktionale Produktqualität bei Produktionsbetrieben insgesamt verdeutlicht. Vor dem Hintergrund dieser Varianz bei der Chargenfertigung sollen in den Beiwerten Beurteilungskomponenten zum Einsatz kommen, die ausgehend von der formulierten Betrachtungsweise der technisch-funktionalen Produktqualität inhaltlich und zeitlich nach der Anwendung und Weiterverarbeitung über unterschiedliche Status differieren. Diese müssen im konkreten Gegenstandsbereich branchenneutral und somit auch bei Nischenanbietern einsetzbar sein. Eine exemplarische Darstellung dieser Status sowie möglicher Produktattribute im Hinblick auf Anwendung und Weiterverarbeitung aus der bauchemischen Industrie zeigt Bild 4-12.

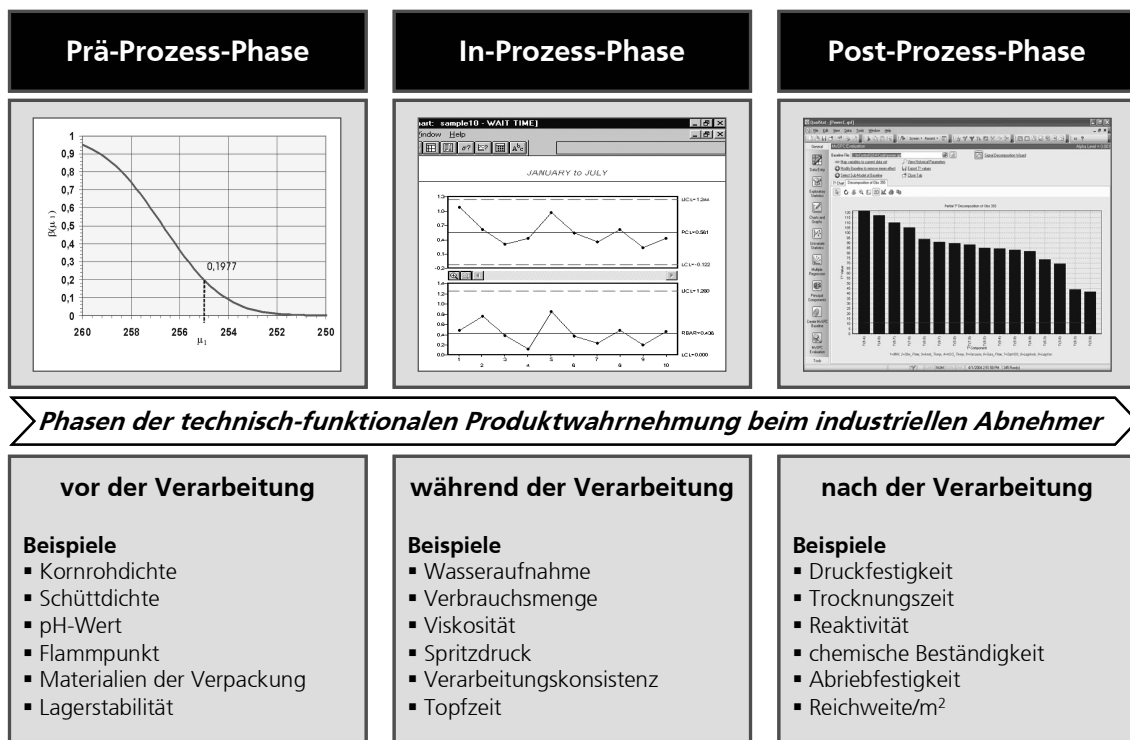


Bild 4-12: Schnittstellenbereiche zur Beurteilung der produktspezifischen Qualitätsdimension

Der Bewertungsansatz berücksichtigt damit die spezifischen Charakteristika bei der Chargenfertigung, indem sich die Produktzustände in den einzelnen Schnittstellenphasen aufgrund des vielfachen Einsatzes von Naturrohstoffen mit den zugehörigen nacherntephysiologischen Prozessen und den ökophysiologischen Einflussfaktoren sowie des Entstehens von Kuppelprodukten häufig erheblich verändern können. In diesem Kontext soll im Rahmen des Bewertungsansatzes auch der Problematik der Chargenidentität, der Chargenrückverfolgbarkeit und des Chargensplittings explizit Rechnung getragen werden. Zur Vermeidung inhaltlicher Redundanzen erfolgt

die kontextuelle Zuordnung dieser spezifischen Problemstellungen im Hinblick auf die Operationalisierung der betrieblichen Außensicht innerhalb der drei allgemeingültigen Beiwerte.

#### 4.2.6.2 Konzeption des Beiwerts Prä-Prozess-Eignungsgrad

Als primäre Schnittstelle im Gefahrenübergang zwischen Produktionsbetrieb und Kunden ist die Vereinnahmung der gelieferten Produkte beim industriellen Abnehmer zu sehen. Im *Prä-Prozess-Eignungsgrad*  $VG_k$  sind daher alle physikalischen, chemischen und physiologischen Aspekte relevant, die bereits vor einer Anwendung oder Weiterverarbeitung des gelieferten Produkts durch den Kunden auf die Konformität hinsichtlich der technisch-funktionalen Anforderungen geprüft und bewertet werden. In diesem Kontext fließt als weitere Zeitgröße das vom Hersteller zugesagte Lagerverhalten und damit die Stabilität der Produkte beim Kunden in die Beurteilung mit ein. Die Beurteilung der vom Lieferanten produzierten Materialien und deren stofflicher Konsistenz erfolgt auf Basis eines Kriterienkatalogs, der in Form eines Checklistsensystems aufgebaut ist und sich an den Inhalten aus den Sicherheitsdatenblättern sowie den technischen Merkblättern orientiert. Die Durchführung der Bewertung findet während des Wareneingangs beim Kunden etwa in Form von Stichprobenprüfungen bzw. Skip-Lot-Verfahren, Analysen, zerstörenden Prüfungen sowie der Probenbearbeitung statt, wobei diese zumeist im Hinblick auf amorphe Stoffe Anwendung finden. Aufgrund des in der Praxis bei Stichprobenprüfungen auftretenden Kundenrisikos einer fälschlichen Chargenannahme (sog. Fehler 2. Art) besteht die Möglichkeit, dass fehlerhafte Chargen in die Anwendung oder Weiterverarbeitung beim Kunden gelangen.

Bezeichnet in diesem Zusammenhang

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| $p_{n,c}(\phi)$ | : | Annahmewahrscheinlichkeit der Gesamtheit einer Charge der Größe $\mathbf{P}$ |
| $\phi$          | : | Anteil der defekten Stücke in der Gesamtheit („Off-Spec-Problematik“)        |
| $n$             | : | Stichprobenumfang $n$  |
| $i$             | : | Anzahl defekter Stücke in der Stichprobe                                     |
| $c$             | : | Annahmezahl $c$ ,  |

so lässt sich die Annahmewahrscheinlichkeit  $P_{n,c}$  der Charge beim industriellen Abnehmer in der Praxis als Näherung über die Binomialverteilung wie folgt errechnen:

$$p_{n,c} = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} \cdot (1-\phi)^{n-i} \cdot \phi^i \quad \text{Gleichung 4.15}$$

Dieser stochastische Zusammenhang ist bei der Beurteilung der produktspezifischen Qualitätsdimension im Rahmen der Verwendung oder Weiterverarbeitung des Produkts innerhalb des Beiwerts *In-Prozess-Eignungsgrad*  $WG_k$  zu berücksichtigen. Entsprechend der obigen Festlegung

wird mittels des *Prä-Prozess-Eignungsgrads*  $VG_k$  zudem bewertet, inwieweit eine Erfüllung der chargenspezifischen Anforderungen aus Sicht des Kunden erfolgt. Diesbezüglich ist es von Relevanz, inwieweit eine direkte Zuordnung sowohl von hergestellten Produkten als auch von chargengeführten Hilfsstoffen für den Kunden, z. B. über RFID-Technologie, zur Chargenrückverfolgung möglich ist und inwieweit die Identität von Chargen im Sinne einer hohen Reproduzierbarkeit für den Verarbeiter gewährleistet wird. Diese produktgenealogischen Anforderungen sind für einige chargenfertigende Branchen zudem seit Beginn des Jahres 2005 im Geltungsbereich der EU rechtlich verbindlich, sodass ein diesbezügliches Fehlen entsprechend des Bewertungsansatzes als kritischer Fehler und die Leistung als nicht erbracht gilt. Ein weiterer Bestandteil des Beiwerts ist der Umgang mit Chargensplittung durch den Hersteller, was dadurch bedingt sein kann, dass etwa in der Lebensmittelindustrie produzierte Chargen grundsätzlich einen Quarantänestatus erhalten. Erst nach umfangreichen Laboruntersuchungen werden diese freigegeben, wobei die Freigabe im Einzelfall nur teilweise erfolgt und daraus ein Chargensplittung resultiert. In Analogie zu den zuvor definierten Beiwerten ist auch der *Prä-Prozess-Eignungsgrad*  $VG_k$  um eine betriebsspezifische Komponente ergänzbar.

#### 4.2.6.3 Konzeption des Beiwerts In-Prozess-Eignungsgrad

Der Beiwert *In-Prozess-Eignungsgrad*  $WG_k$  dient dazu, speziell in der Phase der Anwendung und Weiterverarbeitung des Produkts systematische Aussagen über dessen qualitatives Verhalten zu erlangen. Hierzu erfolgt ein Vergleich des aktuellen Produktzustands mit der zugehörigen Soll-Charakteristik, wobei es entsprechend der getroffenen Schnittstellenbetrachtung zu drei Grenzabweichungszuständen kommen kann. Diese lassen sich dadurch unterscheiden, dass entweder das im vorigen Abschnitt beschriebene Kundenrisiko (Fehler 2. Art) eingetreten ist oder eine entsprechend der Stichprobenprüfung richtigerweise angenommene Charge im Hinblick auf ihre Produkthanwendung bzw. -weiterverarbeitung versagt oder aber beim weiterverarbeitenden Abnehmer ein Fehler in der Verarbeitung bzw. Anwendungstechnologie auftritt. Der letztere Fall bietet dem Produktionsbetrieb die Möglichkeit, über seine servicespezifische Qualitätsdimension im Rahmen der Problemlösung dem Kunden technische oder prozessbezogene Anwendungsberatung zu offerieren. Als Beiwert umfasst der *In-Prozess-Eignungsgrad*  $WG_k$  demzufolge erstens die stoffbezogene Einsatzfähigkeit des Produkts im Sinne von „Fitness for Use“ mit der Festbeschreibung von Ausfallraten oder Kurzzeitprozessfähigkeiten, zweitens die unmittelbare Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit bei der Anwendung oder Weiterverarbeitung durch den Abnehmer sowie drittens eine fakultativ einsetzbare betriebsspezifische Bewertungskomponente.

#### 4.2.6.4 Konzeption des Beiwerts Post-Prozess-Eignungsgrad

Gegenstand des Beiwerts *Post-Prozess-Eignungsgrad*  $NG_k$  ist die Bereitstellung produktspezifischer Informationen, wobei hier als letzte Schnittstellenphase nur der Zeitraum nach der Verarbeitung oder Anwendung der Produkte durch den Abnehmer von Relevanz ist. Im Gegensatz

zur zweiten Phase sind die Beurteilungskriterien von der unmittelbaren Anwendung beim Kunden zumeist entkoppelt und besitzen eher einen mittel- bis langfristigen Aussagecharakter. Für den Produktionsbetrieb ist der *Post-Prozess-Eignungsgrad*  $NG_k$  besonders bedeutsam, da dieser problemadäquate Informationen zu Zuverlässigkeits-, Verträglichkeits- oder Beständigkeitswerten einerseits sowie zu Reaktivitäten und Chargeninterdependenzen andererseits bereitstellt und somit einen gewichtigen Beitrag zur systematischen Produktoptimierung und -innovation leistet.

**4.2.6.5 Definition der Beiwertkomponenten**

Eine Zusammenfassung der festgelegten Inhalte der Bewertungskomponenten zeigt Bild 4-13.

| Inhalt und Struktur der produktspezifischen Qualitätsdimension $\eta_{prod}$ |                                     |  |                    |                 |                 |
|--|-------------------------------------|--|--------------------|-----------------|-----------------|
| Definition<br>Beiwerte   | Komponenten                         | Erläuterung der aus Sicht des Produktionsbetriebs relevanten Inhalte der Beiwertkomponenten            | Bezeichnung        | Produktattribut | Prozessattribut |
| Prä-Prozess-Eignungsgrad<br>$VG_k$   | Stoff-/Materialkonsistenz           | Bewertung der Werkstoff- und Materialarten sowie deren Zusammensetzung bei Vereinnahmung               | $U_{3kom1_k}$      |                 |                 |
|  | Stabilität bei Lagerung             | Bewertung der Stoff-/Materialkonsistenz im Hinblick auf das zeitliche Lagerungsverhalten               | $U_{3kom2_k}$      | ●               | ◐               |
|  | Forderungen bzgl. Chargenfertigung  | Einhaltung der Restriktionen aus Chargenidentität, Chargensplitting und Chargenrückverfolgbarkeit      | $U_{3kom3_k}$      | ●               | ◐               |
|  | betriebsspezifische Komponente      | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente         | $U_{3kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| In-Prozess-Eignungsgrad<br>$WG_k$  | stoffbezogene Einsatzfähigkeit      | Bewertung der Einsatzfähigkeit des Produkts bzgl. stofflicher Anwendbarkeit und Verarbeitbarkeit       | $V_{3kom1_k}$      |                 |                 |
|  | Funktionsfähigkeit bei Verarbeitung | Bewertung der produktspezifischen Funktionalität bei kundenseitiger Weiterverwendung oder Verarbeitung | $V_{3kom2_k}$      | ●               | ◐               |
|  | betriebsspezifische Komponente      | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente         | $V_{3kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| Post-Prozess-Eignungsgrad<br>$NG_k$  | Zuverlässigkeit nach Anwendung      | Bewertung der definierten Zuverlässigkeit sowie der mittel- und langfristigen Wirksamkeit des Produkts | $Z_{3kom1_k}$      |                 |                 |
|  | Reaktivität und Beständigkeit       | Bewertung von Reaktivitäten und chemischer Beständigkeit sowie von Auswirkungen auf das Ökosystem      | $Z_{3kom2_k}$      | ●               | ◐               |
|  | betriebsspezifische Komponente      | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente         | $Z_{3kom\_betr_k}$ |                 |                 |

Bild 4-13: Festlegungen zur produktspezifischen Qualitätsdimension

In Erweiterung zu den zuvor festgelegten Qualitätsdimensionen lässt sich damit eine Zuordnung von Attributen direkt zu den betrieblichen Erzeugnissen des Produktionsbetriebs vornehmen.

**4.2.6.6 Berechnungsvorschrift**

Der Erfüllungsgrad der produktspezifischen Qualitätsdimension lässt sich wie folgt errechnen:

$$\eta_{prod} = \frac{1}{k} \cdot \sum_k (\chi_{VG} \cdot VG_k + \chi_{WG} \cdot WG_k + \chi_{NG} \cdot NG_k) \tag{Gleichung 4.16}$$

mit:

$$VG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists u_{3g_k} \in \{u_{3kom1_k}; u_{3kom2_k}; u_{3kom3_k}; u_{3kom\_betr_k}\} \text{ mit } u_{3g_k} = 0 \\ \frac{u_{3kom1_k} + u_{3kom2_k} + u_{3kom3_k} + u_{3kom\_betr_k}}{\sum \text{theor. max } \{u_{3kom1_k}; u_{3kom2_k}; u_{3kom3_k}; u_{3kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.17}$$

$$WG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists v_{3g_k} \in \{v_{3kom1_k}; v_{3kom2_k}; v_{3kom\_betr_k}\} \text{ mit } v_{3g_k} = 0 \\ \frac{v_{3kom1_k} + v_{3kom2_k} + v_{3kom\_betr_k}}{\sum \text{theor. max } \{v_{3kom1_k}; v_{3kom2_k}; v_{3kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.18}$$

$$NG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists z_{3g_k} \in \{z_{3kom1_k}; z_{3kom2_k}; z_{3kom\_betr_k}\} \text{ mit } z_{3g_k} = 0 \\ \frac{z_{3kom1_k} + z_{3kom2_k} + z_{3kom\_betr_k}}{\sum \text{theor. max } \{z_{3kom1_k}; z_{3kom2_k}; z_{3kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.19}$$

Für die Gewichtungsfaktoren gilt:

$$\chi_g \in [0; 1] \quad \text{und} \quad \sum_g \chi_g = 1$$

Mit der methodischen Zerlegung und differenzierten Lokalisierung der technisch-funktionalen Produktqualität beim betrieblichen Anwender steht nun ein Instrumentarium zur Verfügung, um den Erfüllungsgrad der produktspezifischen Qualitätsdimension einer objektiven Bewertung zu unterziehen. Die Zuweisung der Beiwerte ist entsprechend der Übersicht in Bild 4-13 primär zu produkt- und sekundär zu prozessbezogenen Attributen möglich. Mittels des Erfüllungsgrads der produktspezifischen Qualitätsdimension kann eine exakte Beurteilung der im betrieblichen Außenverhältnis wahrgenommenen Produktleistung des Unternehmens erfolgen. Über die vorgenommene Zerlegung sieht sich der Produktionsbetrieb in die Lage versetzt, bis auf Einzelwertebene Analysen im Detail vorzunehmen, wobei die differenzierte Vergabe betriebsspezifischer Bewertungsgewichte eine problemadäquate Fokussierung erlaubt.

Der Erfüllungsgrad der produktspezifischen Qualitätsdimension dient damit im Besonderen als Maßstab, um sowohl Informationen über die Schlüsselparameter eines bestimmten Produktes zu erhalten als auch „Off-Spec-Chargen“ zu minimieren und eine hohe Reproduzierbarkeit von

Chargen zu erreichen, was sich über eine effiziente Fehleranalyse auch in einer entsprechenden Risikominimierung und der Einhaltung von Vorschriften zur Produktgenealogie niederschlägt. Zudem bietet er einen Mechanismus zur Rezeptur- und Arbeitsplankontrolle, indem erkennbar wird, ob Produktionsvorgaben eingehalten wurden und wie sich Alternativverfahren auswirken.

### 4.2.7 Erfüllungsgrad der wertspezifischen Qualitätsdimension

Eine zentrale Rolle für den wirtschaftlichen Erfolg von Produktionsbetrieben liegt in ihrer Marktstellung, wobei sich diese bei Chargenfertigung vorwiegend durch die zuvor beschriebene Varianz im Hinblick auf die Kundenanforderungen und auch durch eine im Vergleich zu anderen Industriezweigen differente Abnehmerstruktur spezifizieren lässt. Die Gründe dieser differenten Struktur industrieller Abnehmer liegen in einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendergruppen, die exemplarisch durch den Geschäftszweig der bauchemischen Industrie verdeutlicht werden. Diese Unternehmen beschäftigen selbst häufig mehrere hundert Mitarbeiter, während ihre Kunden als Gegenstück dazu oftmals kleine oder mittlere Handwerksbetriebe und Baufirmen sind. Die Operationalisierung dieser marktsituativen Merkmale folgt nun dem methodischen Leitgedanken, diese entsprechend der Darstellung in Bild 4-14 in wesentliche Determinanten zu separieren und eine Bewertung nach der wertspezifischen sowie der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension mit einer Beurteilung von Innovationsverhalten und Marktposition vorzunehmen.

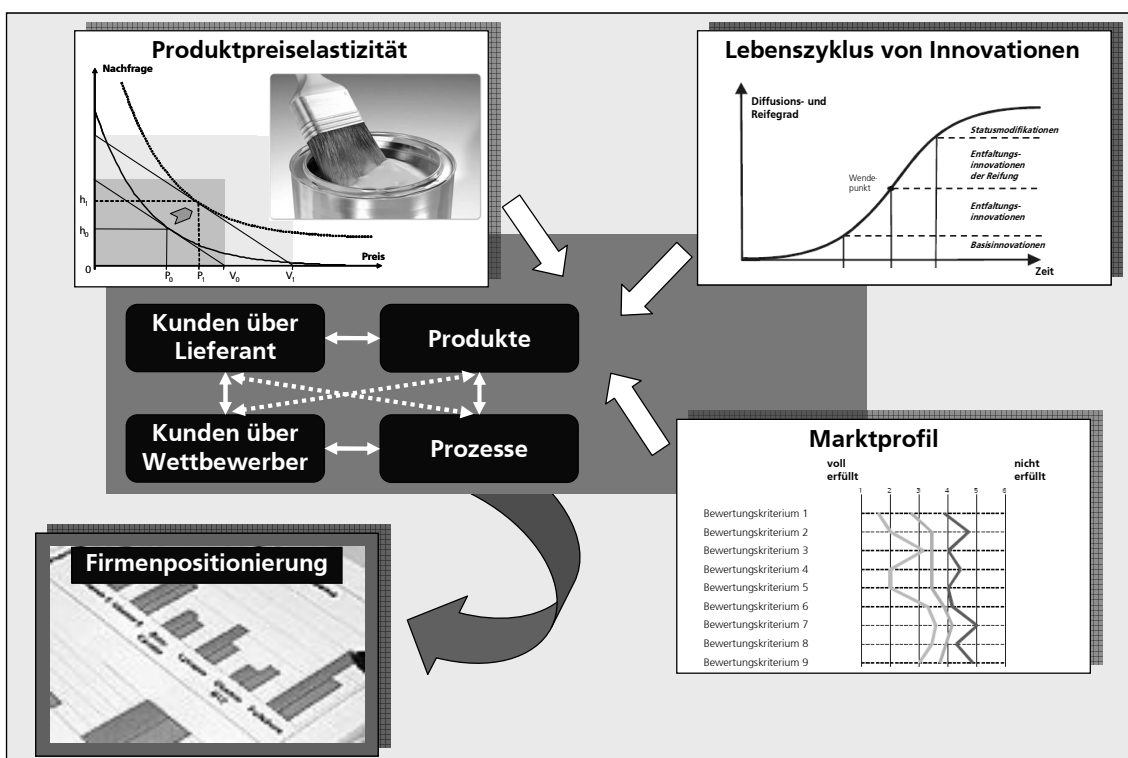


Bild 4-14: Unternehmensexterne situative Determinanten im Gegenstandsbereich



Im Kontext der dargestellten Konkurrenzsituation in Form eines häufig heterogenen Polypols auf einem unvollkommenen Markt lassen sich in Bezug auf die Geschäftsfelder ein preislicher und ein nichtpreislicher Wettbewerb unterscheiden. Neben dem Wettbewerb um den Preis kann noch um andere Faktoren gemäß der bereits definierten betrieblichen Qualitätsdimensionen konkurriert werden. Diese Faktoren haben jedoch lediglich indirekt mit dem Preis zu tun, da bei gleichartiger Bewertung der Unternehmensleistung durch den Kunden letztlich der Preis darüber entscheidet, welches Produkt gekauft wird und welcher Anbieter den Zuschlag erhält. Diese marktsituativen Gegebenheiten machen eine Abgrenzung im Hinblick auf Unternehmen mit Chargenfertigung nicht erforderlich, sodass im Rahmen der wertspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{val}$  die Produktionsbetriebe des Gegenstandsbereichs allgemeine Berücksichtigung finden.

#### 4.2.7.1 Konzeption des Beiwerts Wertrelationsgrad

Das Leitmotiv für die Definition des Beiwerts *Wertrelationsgrad*  $RG_k$  bildet der Wertrelationsbegriff, der sich nicht allein auf den Preis eines materiellen Produkts oder einer immateriellen Dienstleistung des Produktionsbetriebs bezieht, sondern auch eine kundenindividuelle Beurteilung des dadurch gestifteten Nutzens umfasst. Damit wird dem Gedanken Rechnung getragen, dass die Preispolitik des Herstellers den Erfolg eines Produktes oder einer Dienstleistung und damit die Bewertung durch den Kunden in besonderem Maße beeinflusst, da die Preishöhe deren Verkäuflichkeit wesentlich bestimmt und eine Operationalisierung ausschließlich des Preises zu einer Verzerrung der Beurteilung aufgrund marktpolitischer Restriktionen führen würde. Für den vorliegenden Ansatz wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass eine Preissteigerung die Nachfrage nach einem Produktionsfaktor durch den Abnehmer reduziert. Die diesbezügliche Preiselastizität der Nachfrage für ein Produkt  $j$  bezüglich des Faktorpreises  $s_i$  des Produktionsbetriebs an einem Referenzpunkt  $\mathbf{T}$  kann gemäß der nachfolgenden Gleichung dargestellt werden:

$$\eta_{h_j}(s, \mathbf{T}), s_i = \frac{\partial h_j(s, \mathbf{T}) / \partial s_i}{h_j(s, \mathbf{T}) / s_i} \quad \text{Gleichung 4.20}$$

mit  $i, j \in \{1, \dots, n\}$  und  $s \in \mathfrak{R}_{++}^n, \mathbf{T} \in \mathfrak{R}_{++}$

Dabei bedeutet:

$h_j$  : Nachfrage nach Produkt  $j$  des Unternehmens

Falls  $i \neq j$  ist, so bezeichnet  $\eta_{h_j}(s, \mathbf{T}), s_i$  die Kreuzpreiselastizität der Produktnachfrage.

Im vorliegenden Kontext bedeutet eine positive Kreuzpreiselastizität der Nachfrage nach einem Produkt  $j$  des Unternehmens in Bezug auf den Preis  $s_i$  an einem Referenzpunkt  $\mathbf{T}$ , dass der in-

dustrielle Abnehmer bei steigenden Preisen von Produkt i verstärkt Produkt j nachfragen wird, wobei es sich dabei auch um Offerten des Wettbewerbs handeln kann. Hierbei ist anzumerken, dass die Kreuzpreiselastizität auch die Nachfrage nach Prozessen als immaterielle Unternehmensprodukte beinhaltet. Die wertspezifische Qualitätsdimension  $\eta_{val}$  umfasst damit ausschließlich den Beiwert *Wertrelationsgrad*  $RG_k$  des Kunden k, der neben dem Preis von Produkten und Prozessen auch die Integration einer betriebsspezifischen Komponente berücksichtigt.

**4.2.7.2 Definition der Beiwertkomponenten**

Eine Übersicht über die festgelegten Inhalte der Bewertungskomponenten sowie eine Zuordnungsmöglichkeit des Beiwerts *Wertrelationsgrad*  $RG_k$  zu den Produkten und Prozessen des Produktionsbetriebs zeigt Bild 4-13.

| Inhalt und Struktur der wertspezifischen Qualitätsdimension $\eta_{val}$ |                                 |   |                    |                 |                 |
|--|---------------------------------|---|--------------------|-----------------|-----------------|
| Definition<br>Beiwert  | Komponenten                     | Erläuterung der aus Sicht des Produktionsbetriebs relevanten Inhalte der Beiwertkomponenten     | Bezeichnung        | Produktattribut | Prozessattribut |
| Wertrelationsgrad<br>$RG_k$  | Preis für Produkte und Prozesse | Bewertung des Preises im Verhältnis zur wahrgenommenen Kernleistung und des gestifteten Nutzens | $U_{4kom1_k}$      | ●               | ●               |
|  | betriebsspezifische Komponente  | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente  | $U_{4kom\_betr_k}$ | ●               | ●               |

Bild 4-15: Festlegungen zur wertspezifischen Qualitätsdimension

Für die rechnerische Ermittlung der wertspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{val}$  ist eine Separierung des Qualitätsbegriffs in Teilqualitäten erforderlich, wobei diese Teilqualitäten allgemeine Gültigkeit besitzen und keine inhaltlichen Kriterien determinieren. Die methodische Ausführung ist vor der Festlegung der Berechnungsvorschrift im Weiteren beschrieben.

**4.2.7.3 Berechnungsvorschrift**

Ein Vorschlag aus der Marketingforschung zur Aufteilung des Qualitätsbegriffs in Teilqualitäten findet sich bei FREYER /60/, nach dem unter dem Begriff des „modernen Marketings“ die stetige Entwicklung von der Gestaltung und Vermarktung der Kernleistungen hin zur zunehmenden Relevanz der Vermarktung von Zusatzleistungen betrachtet wird. Diese Aufteilung soll dementsprechend aus Kundensicht zur Unterscheidung der angebotenen Leistungen dienen und aus Sicht des Produzenten Wettbewerbsvorteile generieren.

Die weiteren Überlegungen stimmen mit diesem Grundansatz der Festlegung von Teilqualitäten nach Kern- und Zusatzleistungen überein, allerdings wird vor dem Hintergrund industrieller Abnehmer und Anwender eine modifizierte Differenzierung der Kern- und Zusatzleistungen im Hinblick auf den Qualitätsbegriff von Produkten und Prozessen wie folgt vorgenommen:

- *Kernleistung*: Die Grundidee zur Festlegung der Kernleistung liegt darin, die für den Erfolg des Unternehmens am Markt wichtigen Leistungen im Hinblick auf Produkte und Prozesse zu identifizieren. Diese leiten sich aus den Kernkompetenzen ab und sind daher nur schwer substituierbar. Die Bewertung der Kernleistung wird im Kontext der Arbeit direkt über die Erfüllungsgrade der logistikspezifischen, der produktqualitätsspezifischen sowie der service-spezifischen Qualitätsdimension ermittelt, da diese objektiv vergleichbar sind und sich direkt sowohl dem Produkt als auch dem Prozess zuschreiben lassen.
- *Zusatzleistung*: Diese Leistungen gehen über die Kernleistung hinaus und bilden damit produkt- bzw. prozessbegleitende Leistungen des Unternehmens. Oftmals weisen Zusatzleistungen ein hohes Maß an Immaterialität auf und sind damit subjektiv geprägten Aspekten wie z. B. Design, Innovation, Umweltverhalten oder Image zuordenbar.

Mit dieser Differenzierung ist die Möglichkeit geschaffen, die Berechnungsvorschrift aufzustellen, so dass sich der Erfüllungsgrad der wertspezifischen Qualitätsdimension über eine Transformationszahl  $Z_k$  wie folgt ermitteln lässt:

$$Z_k = \frac{100 \cdot RG_k}{100 \cdot (v_{KL1} \cdot \eta_{log} + v_{KL2} \cdot \eta_{ser} + v_{KL3} \cdot \eta_{prod}) + 1} \quad \text{Gleichung 4.21}$$

mit  $Z_k \in \mathfrak{R}_0^+$

Ferner ist festgelegt:

$$RG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists u_{4g_k} \in \{u_{4kom1_k}; u_{4kom\_betr_k}\} \text{ mit } u_{4g_k} = 0 \\ \frac{u_{4kom1_k} + u_{4kom\_betr_k}}{\sum \text{theor. max } \{u_{4kom1_k}; u_{4kom\_betr_k}\}} \quad \text{sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.22}$$

Die Gewichtungsfaktoren entsprechen den folgenden Bestimmungen:

$$v_{KLi} \in [0; 1] \quad \text{und} \quad \sum_i v_{KLi} = 1$$

Nach einer Berechnung der Größen aus den beiden obigen Gleichungen kann mit Hilfe des im nachfolgenden Bild 4-16 vorgegebenen Bewertungsmaßstabs die resultierende Ausprägung für die wertspezifische Qualitätsdimension ermittelt werden.

| Differenzierung nach Errechnung | Intervallgrenzen für $Z_k$ | Wert für $\eta_{valk}$ | qualitative Bedeutung der ermittelten Qualitätsniveaus |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------|--|
| Fall 1                          | [0; 0,1)                   | 0                      | ungenügende Wertrelation                               |
| Fall 2                          | [0,1; 0,25)                | 1                      | schwache Wertrelation                                  |
| Fall 3                          | [0,25; 0,6)                | 10                     | mäßige Wertrelation                                    |
| Fall 4                          | [0,6; 1,7)                 | 30                     | gute Wertrelation                                      |
| Fall 5                          | sonst                      | 100                    | übertrifft Leistungsanforderungen                      |

Bild 4-16: Vorschrift zur Zuordnung der wertspezifischen Qualitätsdimension

Abschließend gilt für die wertspezifische Qualitätsdimension  $\eta_{val}$ :

$$\eta_{val} = \frac{1}{k} \cdot \sum_k \eta_{valk} \quad \text{Gleichung 4.23}$$

Damit ist die Bestimmung der wertspezifischen Qualitätsdimension vollzogen und in einem weiteren Schritt kann die Ermittlung der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension erfolgen.

#### 4.2.8 Erfüllungsgrad der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension

Entsprechend der bereits in Bild 4-14 dargestellten Determinanten der Marktposition des Produktionsbetriebs wird das Innovationsmanagement durch Wandel des Wettbewerbsumfeldes immer mehr zur Schlüsselkompetenz, da hier die Konzeption und die Umsetzung von Prozessen und Produkten mit Begeisterungsmerkmalen stattfinden. Zudem nimmt sowohl der potenzielle als auch der tatsächliche Wettbewerb Einfluss auf das Marktverhalten des Betriebs. Hierbei umfasst der potenzielle Wettbewerb mögliche neue Konkurrenten durch z. B. das Überwinden produktbezogener Unterschiede oder räumlicher Distanzen. Diesen beiden Aspekten soll durch die Konzeption der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{com}$  Rechnung getragen werden, mittels der eine situative Bewertung der Innovationsleistung sowie der Wettbewerbsstellung des Unternehmens erfolgt. Dazu gehört die Bestimmung der allgemeingültigen Beiwerte *Innovationsgrad*  $IG_k$  und *Marktpositionsgrad*  $CG_k$ . Im Sinne einer inhaltlichen Eingrenzung des Beiwerts *Innovationsgrad*  $IG_k$  werden im Kontext der Arbeit nur solche Innovationen des Produktionsbetriebs einer Bewertung unterzogen, bei denen eine strukturelle Einbeziehung der Kunden k in den Innovationsprozess vorliegt und die Kunden somit als Innovationsquelle fungieren.

##### 4.2.8.1 Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung

In Analogie zu den vorigen Qualitätsdimensionen erfolgt zunächst die Ausarbeitung der besonderen Umfeldbedingungen bei Chargenfertigung. Diese macht die nachfolgende Skizzierung der Spezifika des Innovationsprozesses mit Kundeninteraktion bei Chargenfertigern deutlich /20/:

- *Berücksichtigung personeller Kapazitäten beim Weiterverarbeiter:* Die betrieblichen Abnehmer verfügen aufgrund ihrer oftmals geringen Größe nur über begrenzte personelle Kapazitäten und können sich daher nur schwer an institutionalisierten Verfahren zur Innovationsförderung von Produkten und Dienstleistungen oder neuen Anwendungsfeldern beteiligen.
- *Problematik der Kleinmengen und -chargen:* Durch den betrieblichen Verarbeiter initiierte Probe- oder Versuchsaufträge erhalten in der Fertigung des Herstellers keine Priorität, da sie als Kleinmengen und -chargen den effizienten Ablauf der Produktion stören und der vorwiegend von Anlagenauslastung geprägten Denkweise in den Betrieben widersprechen.
- *Überwindung terminologischer Differenzen:* Zwischen den Entwicklern des Herstellers mit natur- und ingenieurwissenschaftlich geprägtem Fachwissen und den Weiterverarbeitern mit fertigungstechnischen und anwendungstechnologieorientierten Spezialkenntnissen weist die notwendige Kommunikation und Kooperation aufgrund von fachsprachlichen sowie qualifikatorischen Barrieren häufig Defizite auf.

Diese Aspekte sind damit innerhalb der Bewertung zu integrieren, wobei sich diese Anforderungen bei Chargenfertigung auf den *Innovationsgrad*  $IG_k$  beschränken.

#### **4.2.8.2 Konzeption des Beiwerts Innovationsgrad**

Der Innovationsprozess umfasst in Erweiterung zur Festlegung nach DISSELKAMP /51/ grundsätzlich die Summe aller Tätigkeiten von der Grundlagenforschung bis hin zur ersten Markteinführung eines neuen Produktes, einer neuen Dienstleistung oder einer neuen Organisation. Die hierzu erforderlichen unterschiedlichen Phasen des Innovationsprozesses können verschiedenartige Unternehmen bzw. Personengruppen ausführen. Im Weiteren erfolgt eine Einschränkung auf den Bereich der Produkt- und Verfahrensinnovationen, wobei es sich bei diesen ihrer Art nach um Entfaltungsinnovationen oder Statusmodifikationen handelt /125/. Der Begriff der Innovation selbst beschreibt dagegen die letzte Phase des Innovationsprozesses, sodass die eigentliche Innovation dann vorliegt, wenn ein neues Produkt oder ein neues Verfahren in den Markt eingeführt wird oder wenn ein Unternehmen ein Erzeugnis in sein Produktionsprogramm aufnimmt, das funktionale oder technische Verbesserungen enthält und für den betrieblichen Kunden beurteilbar ist. In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass der hier resultierende Begriff des innovativen Produktionsbetriebs keinesfalls etwas über die Effizienz und Effektivität im Hinblick auf die technische oder wirtschaftliche Güte seiner Innovationsprozesse aussagt.

Im Zusammenhang mit dem abgegrenzten Gegenstandsbereich ist zu berücksichtigen, dass in der Lieferbeziehung zwischen dem Produktionsbetrieb und dem industriellen Abnehmer die Erzeugnisse des Herstellers wiederum Produktionsfaktoren des Weiterverarbeiters werden. Somit umfasst ein neues Produktkonzept oftmals auch eine Prozess- bzw. Verfahrensinnovation, und diese bedingt den Übergang zu einer neuen Produktionsfunktion beim industriellen Kunden. Die

daraus resultierende innovationsbedingte Möglichkeit zur Substitution verschiedener Produktionsfaktoren untereinander hat für den betrieblichen Weiterverarbeiter wesentlichen Einfluss auf die Kostensituation seines Unternehmens. Daher ist für ihn im Bereich der Innovation beim Erzeugnishersteller von Relevanz, wie sein Unternehmen durch geeignete Variation des Faktoreinsatzverhältnisses zweier Inputs auf Änderungen der technischen Grenzrate der Substitution zwischen diesen beiden Inputs reagieren kann, wenn der Output und die Einsatzmengen der übrigen Inputs beibehalten werden sollen. Die Beziehung, die wesentlichen Einfluss auf die Bewertung durch den betrieblichen Abnehmer hat, lässt sich durch die technische Substitutionselastizität zwischen zwei vom Produktionsbetrieb bezogenen Inputs  $i$  und  $j$  wie folgt ermitteln:

$$\sigma_{ij}(q) = \lim_{\Delta(q_i/q_j) \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta(q_i/q_j)/(q_i/q_j)}{\Delta(F_j(q)/F_i(q))/(F_j(q)/F_i(q))} \right) \quad \text{Gleichung 4.24}$$

mit  $i, j \in \{1, \dots, l\}$  und  $i \neq j$

Dabei bedeuten:

- $F_i$  : Produktionsfunktion des industriellen Abnehmers bzw. Verarbeiters
- $q$  : Referenzpunkt im festgelegten Gegenstandsbereich

Mit der technischen Substitutionselastizität kann also überprüft werden, wie das Faktoreinsatzverhältnis  $q_i/q_j$  bei unterstellter kostenminimaler Produktion auf eine marginale relative Änderung eines zugehörigen Faktorpreisverhältnisses  $s_j/s_i$  reagiert. Bildet man das totale Differenzial der Produktionsfunktion unter der Berücksichtigung der Tatsache, dass entlang einer Isoquante definitionsgemäß eine Veränderung des Outputniveaus unterbleibt ( $dq = 0$ ), so ergibt sich die Grenzrate der technischen Substitution als reziprokes Verhältnis der partiellen Grenzproduktivitäten der Produktionsfaktoren beim industriellen Abnehmer.

#### 4.2.8.3 Konzeption des Beiwerts Marktpositionsgrad

Zur Formulierung des Beiwerts *Marktpositionsgrad*  $CG_k$  wird die Position im Markt und damit die Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsbetriebs beurteilt, wobei diese auf komparativen Vorteilen beruht, die sich jedoch entsprechend den Ausführungen zum Halbwertszeitkonzept dynamisch verhalten. Der Wettbewerbsprozess dient im Kontext der Arbeit dazu, den betrieblichen Abnehmern eine freie Entscheidungsmöglichkeit gemäß ihren Präferenzen anzubieten, sodass sie entsprechend ihrer Produktionsfaktoren individuell optimal allokkieren können. Für den vorliegenden Gegenstandsbereich lässt sich die Intensität des Wettbewerbs durch mehrere Faktoren bestimmen. Zum einen existieren oftmals gleich ausgestattete Konkurrenten, was grundsätzlich zu instabilen Verhältnissen führt und damit der Produkt- und Prozessdifferenzierung ein hohes

Gewicht verleiht. Zum anderen besteht aufgrund der beschriebenen kapitalintensiven Prozesse und Anlagen gerade bei Chargenfertigung ein hoher Fix- und Lagerkostendruck, der zur beschriebenen Auslastungsorientierung von Produktionseinrichtungen und damit zur tendenziellen Vernachlässigung von Kleinmengen und -chargen führt. Mit Berücksichtigung dieser Triebkräfte im Wettbewerbsumfeld lässt sich ableiten, dass eine Bewertung der Marktposition im Hinblick auf die Konkurrenten einen wichtigen Aspekt im Außenverhältnis darstellt. Die Bewertung der Leistungsfähigkeit des Unternehmens beinhaltet entsprechend der Darstellung in Bild 4-17 damit sowohl bedeutende existierende Wettbewerber als auch potenzielle neue Wettbewerber.

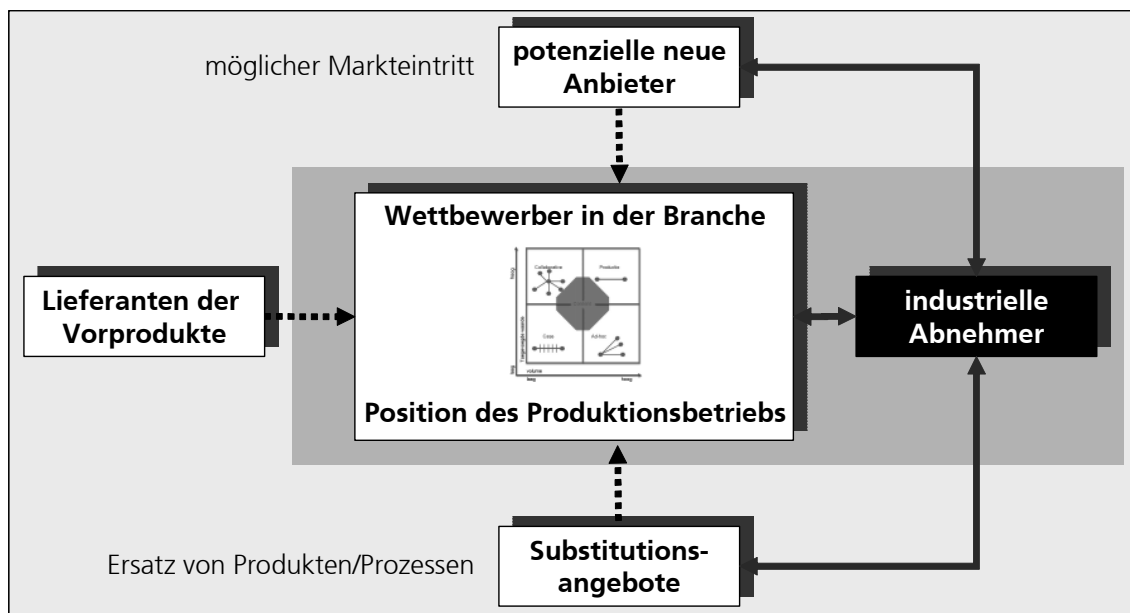


Bild 4-17: Determinanten und Einflussgrößen hinsichtlich der Wettbewerbsposition nach /125/

Für die Ermittlung des *Marktpositionsgrads*  $CG_k$  sind aus der Illustration in Bild 4-17 neben dem Einfluss potenzieller Wettbewerber auch Substitutionsangebote für Produkte und Prozesse relevant, wobei sich deren Geltung in der Preiselastizität der Nachfrage ausdrückt. Ein hohes Gewicht kommt der Unternehmenspositionierung im Hinblick auf die bestehenden Produkte und Prozesse aus Sicht der Kunden zu, da sich hier Chancen und Defizite in Bezug auf Begeisterungsanforderungen im Marktumfeld bewerten lassen. Durch die Marktpositionierung aus Kundensicht sind über eine strukturierte Vorgehensweise Erfolg versprechende Gestaltungsstrategien für das Unternehmen ableitbar, indem die zukünftige Geschäftsfeldentwicklung vorhersehbar wird und der einzelne Betrieb einen gewissen Einfluss auf die Wettbewerbsintensität nehmen kann. Eine Bewertung durch den *Marktpositionsgrad*  $CG_k$  bedeutet damit auch, die Fähigkeit zu generieren, sich immer wieder kurzfristig auf Modifikationen einstellen zu können. Diese frühzeitige Erkennung von Branchenentwicklungen ist wichtig, weil die Kosten für strategische Reaktionen meist beträchtlich steigen, wenn der Bedarf an Veränderungen dringlich wird /27/.

**4.2.8.4 Definition der Beiwertkomponenten**

Eine Zusammenfassung der festgelegten Inhalte der Bewertungskomponenten zeigt Bild 4-13.

| Inhalt und Struktur der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension $\eta_{com}$ |                                  |  |                    |                 |                 |
|---|----------------------------------|--|--------------------|-----------------|-----------------|
| Definition<br>Beiwerte  | Komponenten                      | Erläuterung der aus Sicht des Produktionsbetriebs relevanten Inhalte der Beiwertkomponenten        | Bezeichnung        | Produktattribut | Prozessattribut |
| <b>Innovationsgrad</b><br>$IG_k$  | produktspezifische Innovationen  | Bewertung der Notwendigkeit und Dringlichkeit für Innovationen sowie der wahrgenommenen Häufigkeit | $U_{5kom1_k}$      |                 |                 |
|   | prozessbezogene Innovationen     | Bewertung der Notwendigkeit und Dringlichkeit für Innovationen sowie der wahrgenommenen Häufigkeit | $U_{5kom2_k}$      | ●               | ●               |
|   | innovationspezifische Einbindung | Berücksichtigung von personellen Kapazitäten, Kleinchargenproblematik sowie Kommunikationsweise    | $U_{5kom3_k}$      | ●               | ●               |
|   | betriebsspezifische Komponente   | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente     | $U_{5kom\_betr_k}$ |                 |                 |
| <b>Marktpositionsgrad</b><br>$CG_k$   | produktrelevanter Wettbewerb     | Bewertung der Marktsituation im Hinblick auf die produkt- und wertspezifische Qualitätsdimension   | $V_{5kom1_k}$      |                 |                 |
|   | prozessrelevanter Wettbewerb     | Bewertung im Hinblick auf die logistik-, service- und wertspezifische Qualitätsdimension am Markt  | $V_{5kom2_k}$      | ●               | ●               |
|   | Relevanz des Unternehmens        | Bewertung der unternehmensbezogenen Wettbewerbsposition sowie der Relevanz als Zulieferbetrieb     | $V_{5kom3_k}$      | ●               | ●               |
|   | betriebsspezifische Komponente   | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebsspezifischen Bewertungskomponente     | $V_{5kom\_betr_k}$ |                 |                 |

Bild 4-18: Festlegungen zur wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension

In Analogie zur Vorgehensweise bei den bereits determinierten Qualitätsdimensionen erfolgt auch im Rahmen der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{com}$  eine Attributzuweisung zu Produkten und Prozessen aus den einzelnen Beiwerten.

**4.2.8.5 Berechnungsvorschrift**

Der Erfüllungsgrad der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension ist damit durch nachstehende Gleichung ermittelbar:

$$\eta_{com} = \frac{1}{k} \cdot \sum_k (\gamma_{IG} \cdot IG_k + \gamma_{CG} \cdot CG_k) \tag{Gleichung 4.25}$$

mit:

$$IG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists u_{5g_k} \in \{u_{5kom1_k}; u_{5kom2_k}; u_{5kom3_k}; u_{5kom\_betr_k}\} \text{ mit } u_{5g_k} = 0 \\ \frac{u_{5kom1_k} + u_{5kom2_k} + u_{5kom3_k} + u_{5kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{u_{5kom1_k}; u_{5kom2_k}; u_{5kom3_k}; u_{5kom\_betr_k}\}} \text{ sonst} \end{cases} \tag{Gleichung 4.26}$$



$$CG_k = \begin{cases} 0, \text{ falls } \exists v_{5g_k} \in \{v_{5kom1_k}; v_{5kom2_k}; v_{5kom3_k}; v_{5kom\_betr_k}\} \text{ mit } v_{5g_k} = 0 \\ \frac{v_{5kom1_k} + v_{5kom2_k} + v_{5kom3_k} + v_{5kom\_betr_k}}{\sum \text{ theor. max } \{v_{5kom1_k}; v_{5kom2_k}; v_{5kom3_k}; v_{5kom\_betr_k}\}} \end{cases} \quad \text{sonst} \quad \text{Gleichung 4.27}$$

Für die Gewichtungsfaktoren gilt:

$$\gamma_g \in [0; 1] \quad \text{und} \quad \sum_g \gamma_g = 1$$

Anhand des Erfüllungsgrads der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension  $\eta_{com}$  ist eine Bewertung der Innovationsleistung sowie der Marktposition des Unternehmens durchführbar. Damit sind die Bewertungsdimensionen vollständig definiert, die für das zu beurteilende Außenverhältnis als Qualitätstreiber relevant sind. Eine notwendige Gewichtung der Einzeldimensionen sowie die Handhabung eines Korrekturfaktors werden im Rahmen der weiteren Aggregation im Hinblick auf die Qualitätsbilanz des Unternehmens erarbeitet, bei der auch die jeweils produkt- und prozessbedingten Zuordnungen systematisch verdichtet werden. Im nächsten Abschnitt erfolgt entsprechend der gewählten Strukturierung des wissenschaftlichen Ansatzes die dazu notwendige Operationalisierung der internen Prozessergebnisse des Produktionsbetriebs.

### 4.3 Operationalisierung der internen Prozessergebnisse

Aufgrund der bei komplexen Produktionssystemen zumeist vorherrschenden hohen Automatisierungsgrade stellt die in den Herstellabläufen vorwiegend eingesetzte Verfahrenstechnik einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Prozess- und Produktqualität sowie die Produktionskosten dar. Gegenüber Montagebetrieben mit der Tendenz zu niedrigeren fixen Kosten und höheren variablen Kosten weisen besonders Chargenfertiger aufgrund der Kapitalbindung im Anlage- und Umlaufvermögen erheblich größere Fixkostenanteile auf, wobei in hoch automatisierten Produktionssystemen sogar Umkehrungen im Verhältnis von fixen und variablen Kostenbestandteilen möglich sind /108/. Dieser kostenspezifischen Gegebenheit soll durch die Bereitstellung einer nichtmonetären Bewertung im Hinblick auf die Prozesseffektivität einerseits und einer monetären Bewertung in Bezug auf die Prozesseffizienz andererseits Rechnung getragen werden.

Im Kontext der Arbeit sind gemäß der Darstellung des Stands der Technik und Forschung in Abschnitt 1 gegenwärtig nur wenige Ansätze existent, die eine quantitative Beurteilung interner Prozesse hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz durch die duale Bereitstellung nichtmonetärer und monetärer Entscheidungsgrößen erlauben. Überdies hat keines der Verfahren den Charakter eines mehrdimensionalen Bewertungssystems, das unter der Berücksichtigung von externen

Kunden- und internen Prozessergebnissen eine integrative Gesamtbeurteilung in Form einer betrieblichen Qualitätsbilanz für Produktionsbetriebe ermöglicht. Aus dieser Situation ergibt sich, dass für den vorliegenden Gegenstandsbereich ein spezieller Ansatz zur Bewertung der internen Prozessergebnisse erforderlich ist. Vor diesem Hintergrund erfolgt im Weiteren zunächst die Herleitung der konzeptionellen Grundstruktur und der inhaltlichen Dimensionierung des zweiten Kernelements der Qualitätscontrollingsystematik.

### 4.3.1 Strukturierung und Dimensionierung des Bewertungsansatzes

Das methodische Leitmotiv besteht darin, das komplexe Produktionssystem in eine Anordnung aus verschiedenen internen Prozessen aufzugliedern, in denen Menschen und Maschinen als soziotechnische Subsysteme zusammenwirken. Zur Bestimmung eines prozessstrukturunabhängigen Idealzustands wird das Bewertungskonzept der Gesamtanlageneffektivität /1/, das sich lediglich am Nutzungsgrad von Anlagen orientiert, auf den vorliegenden Betrachtungsraum umfassend modifiziert und die nichtmonetäre Kenngröße der Gesamtprozesseffektivität definiert. Darauf aufbauend erfolgt im weiteren Vorgehen die Differenzierung der prozessspezifischen Wertschöpfungsbeiträge über die systematische Identifikation von Anteilen mit wertsteigernder, wertneutraler und wertmindernder Charakteristik. Als weiterer Bestandteil werden die monetären Werte über einen speziellen Ansatz für die Zeitanteile an Zusatz- und Fehltätigkeiten innerhalb der Prozesse determiniert. Eine Zusammenfassung zur methodischen Vorgehensweise für die Bewertung unternehmensinterner Prozessergebnisse ist in Bild 4-19 nachfolgend dargestellt.

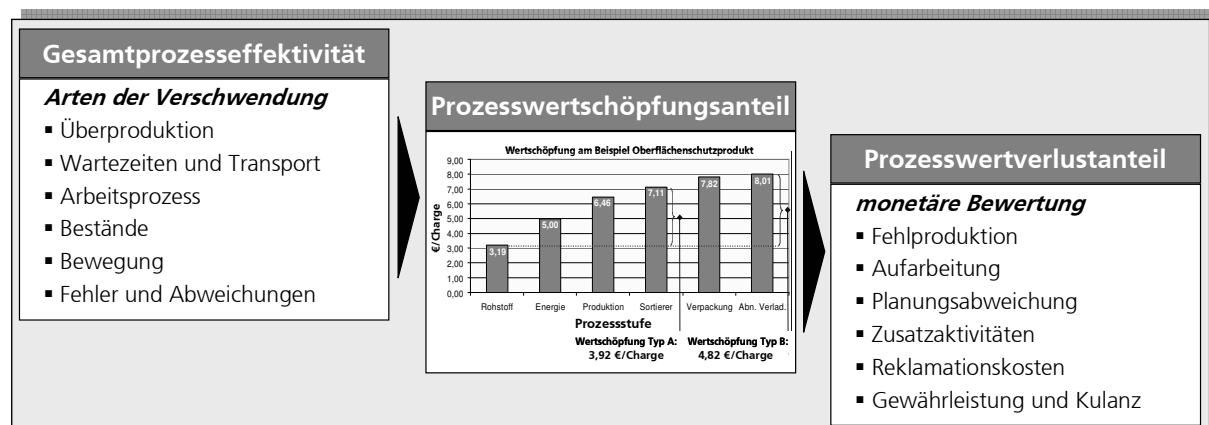


Bild 4-19: Inhaltliche Struktur und Dimensionierung zur Bewertung interner Prozesse

### 4.3.2 Definition nichtmonetärer Bewertungsgrößen

Kennzeichnend für den Umgang mit nichtmonetären Bewertungsgrößen ist im Weiteren der Begriff der Effektivität, die das Verhältnis von einem erreichten zu einem definierten Ziel beur-

teilt. Das Kriterium für das Vorhandensein von Effektivität ist damit lediglich die Feststellung, ob das definierte Ziel erreicht wird oder nicht /55/. Dies ist im Unterschied zur Effizienz unabhängig vom zur Zielerreichung nötigen Aufwand. Effektiv Prozesse zu betreiben besagt, unter Einsatz aller Mittel ein Ziel zu erreichen. Prozesse effizient zu betreiben bedeutet indes, ein Ziel mit möglichst geringem Mitteleinsatz zu erreichen. Die Effektivität von Prozessen ist somit die Voraussetzung von Effizienz, die grundsätzlich die Relation von Aufwand und Ertrag einer Bewertung unterzieht. Entsprechend dieser Schlussfolgerung wird zunächst die Effektivität operationalisiert.

**4.3.2.1 Leitgedanke zur Konzeption der Gesamtprozesseffektivität**

Das im Folgenden gewählte Vorgehen kommt der realen Gegebenheit nach, dass es vor dem Hintergrund der bestehenden Kapazitätssituation in der industriellen Praxis der Produktionsbetriebe heute nur vereinzelt darum geht, möglichst viel zu produzieren. Somit bestimmt der Vertrieb und nicht die technische oder personelle Kapazität in der Mehrheit aller Fälle, was in welchen Mengen und Gebinden zu fertigen ist. Gleichzeitig dominiert der Trend zu immer kleineren Mengen und Chargen, was zu steigenden Anforderungen an die Flexibilität der produzierenden Betriebe führt. Während bisher den technischen Verbesserungen zur Steigerung der Prozessausbringung hohe Priorität eingeräumt wurde, müssen zunehmend organisatorische Maßnahmen in den Vordergrund zur Vermeidung von Verschwendung rücken. Diesen Anforderungen soll im Rahmen des ingenieurwissenschaftlichen Ansatzes dadurch Rechnung getragen werden, dass die gewählte Systematik das Nutzungsgradkonzept zur Bewertung von Produktionsanlagen grundlegend in Bezug auf die Bewertung von Prozessen erweitert. Somit differenziert die Systematik vor dem Ziel eines Gesamtprozessoptimums nicht nach der Nutzung einzelner Maschinen oder Anlagen und dementsprechend einer hohen Einzelkapazitätsauslastung, sondern sie zielt auf eine hohe Verfügbarkeit des technischen und personellen Ressourceneinsatzes im Prozess. Unter Fortführung des Prozessverständnisses aus Abschnitt 4.2.3.2 ist es zur Bewertung interner Prozesse zweckmäßig, diese entsprechend der Darstellung in Bild 4-20 weiter aufzugliedern.

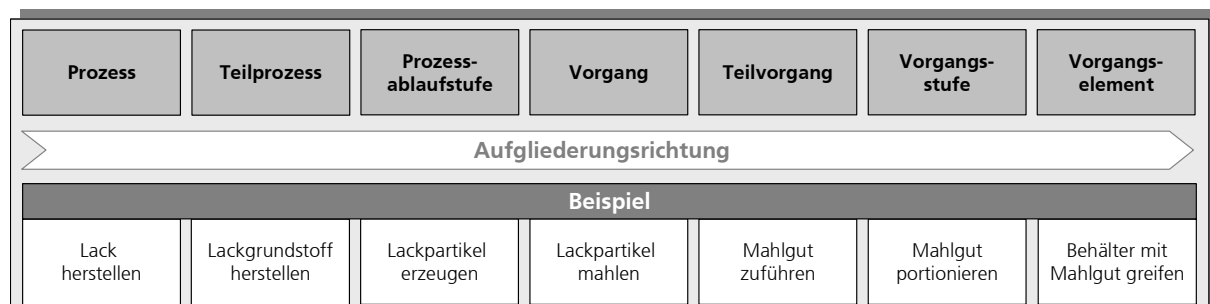


Bild 4-20: Zerlegung von Prozessen in Einzelsegmente (in Anlehnung an REFA /134/)

Ein Prozess lässt sich demgemäß über Teilprozesse bis hin zu Vorgangselementen weiter unterteilen. Die Mikroabschnitte Vorgang, Teilvorgang, Vorgangsstufe und Vorgangselement betref-

fen dabei innerhalb eines Fertigungsauftrags jeweils eine Charge oder ein Einzelteil. Für die weitere Vorgehensweise ist festzuhalten, dass die Vorgangselemente Teile einer Vorgangsstufe sind, die weder in ihrer Beschreibung noch in ihrer zeitlichen Erfassung weiter unterteilbar sind. Dies ist für die weitere Bewertung der Gesamtprozesseffektivität über zugehörige Zeitanteile relevant.

Die Bestimmung der Gesamtprozesseffektivität lässt sich über den Einfluss der im Toyota Produktionssystem /172/ definierten Verlustarten im Hinblick auf das Prozessergebnis beschreiben. Folglich kann die Gesamtprozesseffektivität über die temporale Differenz zwischen der theoretisch zur Verfügung stehenden Prozesszeit (Bruttozuordnungszeit) und der Summe aller zeitlichen Verlustanteile im Prozess gemäß der Veranschaulichung in Bild 4-21 ermittelt werden.

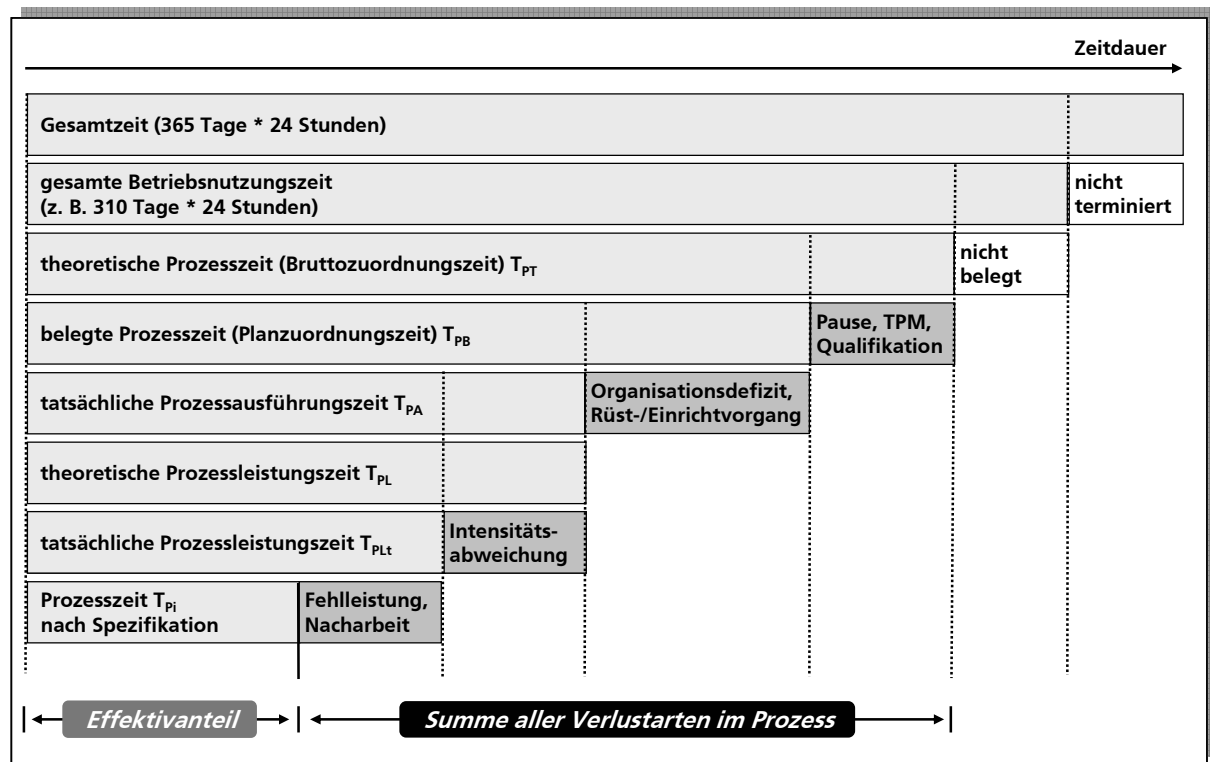


Bild 4-21: Schematische Darstellung der Einflussgrößen auf die Gesamtprozesseffektivität

Diese einzelnen Verlustarten lassen sich den folgenden zeitlichen Beziehungsgrößen zuordnen:

- *Prozessnutzungsgrad PNG*: Darüber kommt die Relation zwischen der tatsächlichen Prozessausführungszeit  $T_{PA}$  und der theoretischen Prozesszeit  $T_{PT}$  zum Ausdruck. Unter der tatsächlichen Prozessausführungszeit  $T_{PA}$  wird die Dauer verstanden, in der die Bearbeitung einzelner Vorgangselemente erfolgt. Geplante Stillstandsdauern und störungsbedingte Ausfalldauern durch z. B. arbeitsorganisationsbedingte Defizite sind in der tatsächlichen Prozessausführungszeit  $T_{PA}$  nicht enthalten. Die theoretische Prozesszeit  $T_{PT}$  umfasst die für einen bestimmten Zeitabschnitt vorgesehene Bruttozuordnungszeit für die Prozessrealisierung.

- *Prozessleistungsgrad PLG*: Das Verhältnis des mathematischen Produkts aus der tatsächlichen Prozessleistungszeit  $T_{PLt}$  und der Anzahl bzw. der Menge der erbrachten Prozessergebnisse zur tatsächlichen Prozessausführungszeit  $T_{PA}$  im Hinblick auf Anzahl bzw. Menge wird als Prozessleistungsgrad bezeichnet. Wesentliche Determinanten des Prozessleistungsgrads sind Divergenzen zwischen der geplanten und tatsächlichen Bearbeitungsgeschwindigkeit im Prozess sowie Leerzeiten und Kurzstillstände z. B. aufgrund von Informationsdefiziten.
- *Prozessqualitätsgrad PQG*: Der Anteil der Prozessergebnisse, die keine Fehler oder Defizite bzw. keine Notwendigkeit zur Nachbearbeitung aufweisen, im Verhältnis zur Gesamtheit aller erbrachten Prozessergebnisse wird über den Qualitätsgrad beschrieben. Die Relation der Prozesszeit nach Spezifikation  $T_{Pi}$  zur tatsächlichen Prozessleistungszeit  $T_{PLt}$  bewertet den prozessimmanenten Zeitverlust durch Fehler in der Durchführung oder notwendige Nacharbeiten, wobei diese z. B. durch administrative Ursachen bedingt sein können.

Zusammenfassend gilt für die *Gesamtprozesseffektivität GPE* in Periode t:

$$GPE(t) = PNG(t) \cdot PLG(t) \cdot PQG(t) \quad \text{Gleichung 4.28}$$

Die Gesamtprozesseffektivität stellt damit ein Maß für die Summe der Zeitverluste in Bezug auf alle Vorgangselemente eines Prozesses dar. Somit ist die Möglichkeit geschaffen, eine prozentuale Aussage zur Nutzung der für interne Unternehmensprozesse zur Verfügung gestellten Zeit in Form von z. B. Arbeitsstunden in Relation zur theoretischen Prozesszeit  $T_{PT}$  zu treffen. Im Gegensatz zur maschinenspezifischen Bewertungsgröße der Gesamtanlageneffektivität ist jedoch noch keine Bewertung möglich, ob die betrachteten Prozesse zur Wertschöpfung des Unternehmens beitragen. So kann ein exemplarischer Vorgang „termingerechtes Umfüllen und Bereitstellen eines Bulk-Produktes“ durch fehlerfreie Ausführung mit geplanter Bearbeitungsgeschwindigkeit in der vorgesehenen Dauer ohne zeitliche Verluste zwar zu einer hohen Gesamtprozesseffektivität führen. Aus dieser ist jedoch nicht erkennbar, ob mit diesem zeiteffektiven Vorgang eine Wertschöpfung im Prozess erfolgt. Im Sinne der Operationalisierbarkeit sowie der Bewertung wertsteigernder Tätigkeiten ist die ausschließliche Betrachtung der Gesamtprozesseffektivität daher nicht ausreichend. So soll bei der weiteren Auslegung des Verfahrens explizit darauf geachtet werden, dass durch eine methodische Differenzierung wertsteigernder und wertneutraler Prozessanteile konkrete Handlungsfelder zu Prozessverbesserungen identifiziert werden können.

#### 4.3.2.2 Generelle Konzeption zur Differenzierung nach Prozessleistungsarten

Zur systematischen Ermittlung von Möglichkeiten der Kostensenkung und der Produktivitätssteigerung vornehmlich im Bereich von Montagetätigkeiten leitete TOMYS /176/ ein Verfahren her, das eine Beurteilung von Prozessen im Rahmen des kostenorientierten Qualitätsmanagements verfolgt. Innerhalb des Ansatzes wird eine Gliederung der Leistungsarten entsprechend des Wer-

teverzehr eines Prozesses in die vier Kategorien der Nutzleistung, der Stützleistung, der Blindleistung sowie der Fehlleistung vorgenommen und in einem Wirkungsgrad der Prozesse zusammengefasst /132/. Als wesentliche Defizite des Ansatzes sind ein fehlender Bewertungsmaßstab für den unternehmensinternen Ressourcenbedarf und die nicht ausgeführte Assoziation über mehrere Prozesse bzw. Teilprozesse zu nennen /174/. Außerdem werden Tätigkeiten pauschal einzelnen Leistungsarten zugeordnet (z. B. Verschwendung durch Überproduktion oder Nacharbeit), was eine verursachungsgerechte Nachvollziehbarkeit nicht immer präzise gewährleistet. Aufgrund dieser genannten Schwächen lässt sich schlussfolgern, dass der Ansatz von TOMYS eine Operationalisierbarkeit der internen Prozessergebnisse speziell vor dem Hintergrund der Anforderungen im Kontext der Arbeit nicht hinreichend gestattet.

#### **4.3.2.3 Differenzierung nach spezifischen Wertschöpfungsbeiträgen im Prozess**

Basierend auf dem grundlegenden Ansatz zur Separierung unterschiedlicher Ausprägungen von Leistung in Prozessen wird daher eine Modifikation des Konzepts vorgeschlagen. Diese systematische Weiterentwicklung zielt darauf ab, Prozesse über ihren Anteil zur Wertschöpfung zu bewerten, und bezeichnet den Zusammenhang zwischen der Erreichung von Wertschöpfung und Ressourceninput nicht als Leistung, sondern als spezifischen Wertschöpfungsbeitrag des unternehmensinternen Prozesses. Zur objektiven Bemessung des spezifischen Wertschöpfungsbeitrags bildet im Weiteren die sog. Wertschöpfungsentstehungsrechnung /120/ die Bewertungsgrundlage. Entsprechend dieser Rechnung setzt sich die Wertschöpfung einer Wirtschaftseinheit zusammen aus der Gesamtleistung als Summe aller im Laufe einer Periode geschaffenen ökonomischen Werte (Umsatzerlöse sowie Bestandsveränderungen an fertigen und unfertigen Erzeugnissen) abzüglich der Vorleistungen. Diese Vorleistungen umfassen den Waren- oder Materialeinsatz als Wertschöpfung anderer Wirtschaftseinheiten sowie die Abschreibungen als Vorleistungen weiterer Wirtschaftseinheiten, die in früheren Wirtschaftsperioden bezogen wurden. Im Kontext der Arbeit sollen unter dem Begriff der Wirtschaftseinheit sowohl die wertschöpfenden als auch die nichtwertschöpfenden Prozesse des Produktionsbetriebs verstanden werden, die entsprechend des Wertstromverständnisses nach ROTHER /141/ notwendig sind, um ein Produkt entlang der Bearbeitungsschritte vom Rohmaterial bzw. Halbfabrikat bis an die Schnittstelle zum Kunden herzustellen. Die Prozesse zur Erzielung von Wertschöpfung orientieren sich damit nach dem Wertstromverständnis immer am Material- und am Informationsfluss.

#### **4.3.2.4 Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung**

Unter Berücksichtigung der industriellen Praxis der Chargenfertiger soll den Spezifika dieser Unternehmen im Hinblick auf die Prozessausbringung dahingehend Rechnung getragen werden, dass eine Differenzierung nach der Art der Wertschöpfungserbringung erfolgt. Diese notwendige Unterscheidung nach geplanter und tatsächlicher Wertschöpfungserbringung wird nachste-

hend über die Gegebenheiten chargenorientierter Fertigungsstrukturen unter den Aspekten Stoffumsatz und Ausbeute exemplarisch für Prozesse mit chemischen Reaktionen hergeleitet.

Der *Stoffumsatz*  $X_A$  definiert den Quotienten aus der im Laufe einer Reaktion tatsächlich reagierenden Substanzmenge  $n_{A,t}$  eines Edukts A zu der eingesetzten Substanzmenge dieser Komponente  $n_{A,0}$ . Dabei bezeichnet ein Edukt A den Ausgangsstoff der chemischen Reaktion. Die folgende Beziehung hinsichtlich des Edukts A bei diskontinuierlichem Betrieb ist festgelegt /155/:

$$X_A = \frac{n_{A,0} - n_{A,t}}{n_{A,0}} \quad \text{Gleichung 4.29}$$

Für den vorliegenden Gegenstandsbereich ist der Stoffumsatz eines Edukts A für die Differenzierung nach der Art der Wertschöpfungserbringung nicht immer hinreichend. Dies trifft vor allem dann zu, wenn bei der Änderung der Stoffeigenschaften mehrere Reaktionen ablaufen und die Information darüber benötigt wird, welche Substanzmenge  $n_{C,t}$  des Produkts C erzeugt wird und welchen Wertschöpfungsbeitrag der Prozess damit leistet. Das Produkt C determiniert hierbei den bei einer chemischen Reaktion entstehenden Stoff. Diese Information liefert die *Prozessausbeute*  $Y_C$ , die angibt, welcher Anteil eines Edukts A in das geplante Produkt C beim Verlassen des Reaktors durch chemische Reaktion innerhalb des Prozesses umgewandelt wurde. Es gilt die nachstehende Bestimmung in Bezug auf das Produkt C bei diskontinuierlichem Betrieb /80/:

$$Y_C = \frac{n_{C,t} - n_{C,0}}{n_{A,0}} \cdot \frac{|v_A|}{v_C} \quad \text{Gleichung 4.30}$$

Dabei bedeutet:

$v_i$  : stöchiometrischer Koeffizient

Aufgrund in der industriellen Praxis oftmals beobachtbarer verlustreicher Trennoperationen ist die tatsächliche Prozessausbeute in der Realität zumeist niedriger als die stöchiometrisch errechnete Ausbeute einer Reaktion in der Theorie. Der im Produktionsprozess tatsächlich erzielte Ertrag wird als *technische Ausbeute*  $Y_{p,tech}$  bezeichnet und grundsätzlich wie folgt dargestellt /25/:

$$Y_{p,tech} = \frac{\sum \text{Produkte}}{\sum \text{Edukte}} \quad \text{Gleichung 4.31}$$

Für die Differenzierung der Wertschöpfungsbeiträge der internen Prozesse im besonderen Anwendungsfall der Chargenfertigung ist die technische Ausbeute von zentraler Relevanz, da diese zur methodischen Unterscheidung von Prozessergebnissen auf der Basis der geplanten technischen Ausbeute  $Y_{P,tech,plan}$  und der tatsächlich realisierten technischen Ausbeute  $Y_{P,tech,ist}$  befähigt.

**4.3.2.5 Bestimmung der nichtmonetären Bewertungsdimensionen**

Das im weiteren Vorgehen angewandte Differenzierungsmerkmal zur Charakterisierung von Prozessen ist deren spezifischer Wertschöpfungsanteil. Entsprechend der Herleitung über die Ermittlung der Gesamtprozesseffektivität sowie der systematischen Unterscheidung der Wertschöpfungsanteile lassen sich die in Bild 4-22 dargestellten Anteilsausprägungen zum spezifischen Wertschöpfungsbeitrag klassifizieren. Hierbei wird die Wertschöpfung als mathematische Funktion des Ressourceninputs jeweils innerhalb eines Koordinatensystems schematisch beschrieben, wobei die lineare Funktionsdarstellung lediglich exemplarisch gewählt ist.

| Fehlanteil  | Zusatzanteil  | Stützanteil  | Realwirkanteil   | Planwirkanteil   |
|---|---|--|--|--|
| <p><i>ungeplant</i></p>   | <p><i>ungeplant</i></p>   | <p><i>geplant</i></p>  | <p><i>ungeplant</i></p>  | <p><i>geplant</i></p>  |
| <p>Beispiele wesentlicher Bestandteile:<br/>                     störungsbedingte Zeit mit Produktion außer Spezifikation<br/>                     ablaufbedingte Zeit mit Produktion außer Spezifikation</p> | <p>Beispiele wesentlicher Bestandteile:<br/>                     Wartezeit <math>t_w</math><br/>                     Nacharbeitszeit<br/>                     Betriebsmittelverteilzeit <math>t_{GB}</math></p> | <p>Beispiele wesentlicher Bestandteile:<br/>                     Nebenzeit <math>t_n</math><br/>                     Rüstgrundzeit <math>t_{rg}</math></p> | <p>Beispiele wesentlicher Bestandteile:<br/>                     Hauptzeit <math>t_h</math> mit <math>Y_{P,tech,ist} &lt; Y_{P,tech,plan}</math><br/>                     oder<br/> <math>P_{c,ist} &lt; P_{c,plan}</math></p> | <p>Beispiele wesentlicher Bestandteile:<br/>                     Hauptzeit <math>t_h</math> mit <math>Y_{P,tech,ist} = Y_{P,tech,plan}</math><br/>                     oder<br/> <math>P_{c,ist} = P_{c,plan}</math></p> |
| <p>Festlegung:<br/> <math>\frac{dW}{dRI} &lt; 0</math></p>  | <p>Festlegung:<br/> <math>\frac{dW}{dRI} = 0</math></p>   | <p>Festlegung:<br/> <math>\frac{dW}{dRI} = 0</math></p>  | <p>Festlegung:<br/> <math>\frac{dW}{dRI} &gt; 0</math></p>   | <p>Festlegung:<br/> <math>\frac{dW}{dRI} &gt; 0</math></p>   |

Legende: W: Wertschöpfung, RI: Ressourceninput,  $P_c$ : Schnittleistung

Bild 4-22: Kategorisierung der fünf Wertschöpfungsanteile im Prozess

Die systematische Unterscheidung der Wertschöpfungsanteile erfolgt sowohl durch die Feststellung, ob die Prozesselemente geplant oder ungeplant durchgeführt werden, als auch durch die Differenzierung der Wertschöpfung nach dem Ressourceninput der Prozesselemente. Hierbei ist



unter dem Begriff des Ressourceninputs die in Zeiteinheiten bewertete Eingangsgröße für die Prozessdurchführung zu verstehen. Dies kann sowohl ein personeller Mitteleinsatz durch Mitarbeiter als auch ein über bereitgestellte Fertigungskapazität bewerteter maschineller Mitteleinsatz sein. Zum besseren Verständnis soll dies anhand des exemplarischen Vorgangs „Transport eines Behälters mit Siliziumcarbid von der Grundformung zur Wärmebehandlung“ erläutert werden. Die Durchführung dieses Vorgangs in der Keramikfertigung entsprechend der Vorgaben lässt sich als Stützanteil charakterisieren, da das unfertige Erzeugnis durch diesen Vorgang keine Wertschöpfung erfährt, dieser jedoch im Rahmen der Arbeitsvorbereitung so geplant wurde. Das wesentliche Differenzierungsmerkmal im Hinblick auf die Integration der Anforderungen aus Chargenfertigung ist nach Bild 4-22 die Berücksichtigung des Realwirkanteils zur Erzielung von Wertschöpfung in Prozessen bei einem Anlagenbetrieb, der nicht vollständig den Ausbeuteplanungen entspricht. Diese in der Prozessindustrie gängige Praxis tritt auch bei anderen Branchen in Erscheinung und ist in diesen Anwendungsfällen ebenfalls als Anteil zu berücksichtigen.

**4.3.2.6 Transformationsvorschrift für die Wertschöpfungsanteile im Prozess**

Aufbauend auf der Betrachtung der Wertschöpfungsanteile werden zur Ausführung der Bewertung fünf Prozessniveaustufen generiert und gemäß der Beschreibung in Bild 4-5 kategorisiert.






| <b>Niveaustufen</b><br><b>Kategorie</b> | <b>Niveau 1</b>   | <b>Niveau 2</b>   | <b>Niveau 3</b>   | <b>Niveau 4</b>   | <b>Niveau 5</b>   |
|---|---|---|---|---|---|
| <b>Bezeichnung</b>                      | Fehlanteil  | Zusatzanteil  | Stützanteil   | Realwirkanteil  | Planwirkanteil  |
| <b>Planungs-komponente</b>              | Prozess-durchführung entgegen Planung   | Prozess-durchführung entgegen Planung   | Prozess-durchführung entspricht Planung   | Prozess-durchführung entgegen Planung   | Prozess-durchführung entspricht Planung   |
| <b>Wertbeitrags-komponente</b>          | Prozess erzeugt keinen Wertbeitrag  | Prozess erzeugt reduzierten Wertbeitrag   | Prozess erzeugt keinen Wertbeitrag  | Prozess erzeugt reduzierten Wertbeitrag   | Prozess erzeugt Wertbeitrag   |
| <b>Erlös-komponente</b>                 | nicht wirksam   | nicht wirksam   | nicht wirksam   | bedingt wirksam   | wirksam   |
| <b>symbolische Darstellung</b>          |  |  |  |  |  |
| <b>zugeordneter Wert der Ausprägung</b> | 0   | 1   | 10  | 30  | 100   |

Bild 4-23: Einzelne Niveaustufen der Prozesse mit Ausprägung

Die methodische Auslegung der Bewertung der internen Prozessergebnisse orientiert sich in sachlogischer Analogie ausdrücklich an der entwickelten Systematik zur Beurteilung der Kundenergebnisse. Dies ist von grundlegender Bedeutung vor dem Hintergrund, dass beide Bewer-

tungsdimensionen im Rahmen der zweistufigen Aggregation zur betrieblichen Qualitätsbilanz integrierbar sein müssen. In enger Anlehnung an die vorige Anwendung auf die einzelnen kundenseitig zu bewertenden Produkt- und Prozessattribute entspricht für die prozessspezifischen Wertschöpfungsanteile das *Niveau 1* der schlechtesten Ausprägung mit wertschöpfungsminderndem Zeitanteil. Demgegenüber charakterisiert das *Niveau 5* die beste Ausprägung mit dem höchsten Zeitanteil an geplanter Wertschöpfung.

Zur zusammenfassenden Bestimmung der gesamtprozessbezogenen Wertschöpfung in Form einer nichtmonetären Bewertungsgröße wird der Wertschöpfungsbeitragsgrad  $\eta_{wb}$  eines Prozesses definiert. Dieser beschreibt die Güte eines solchen im Hinblick auf dessen Eignung, kundenrelevante Wertschöpfung mit erlöswirksamer Verrechnungskomponente zu generieren. Die mathematische Vorschrift zur Ermittlung des Wertschöpfungsbeitragsgrads  $\eta_{wb}$  eines Prozesses lässt sich damit über die wertschöpfungsspezifischen Zeitanteile seiner Vorgangselemente wie folgt formulieren:

$$\eta_{wb} = \frac{t_{ZAD} + 10 \cdot t_{SAD} + 30 \cdot t_{RAD} + 100 \cdot t_{PAD}}{t_{FAD} + t_{ZAD} + t_{SAD} + t_{RAD} + t_{PAD}} \quad \text{Gleichung 4.32}$$

mit:

$$t_{FAD} + t_{ZAD} + t_{SAD} + t_{RAD} + t_{PAD} = T_{PT} \wedge T_{PT} \neq 0 \quad \text{Formel 4.11}$$

In obiger Festlegung charakterisieren sich die Vorgangselemente innerhalb der Prozessausführung über die zugehörigen Zeiträume  $t_{FAD}$ ,  $t_{ZAD}$ ,  $t_{SAD}$ ,  $t_{RAD}$  und  $t_{PAD}$ , die bezogen auf die Dauer als Fehlanteil, Zusatzanteil, Stützanteil, Realwirkanteil sowie Planwirkanteil bezeichnet werden.

Auf diese Weise ist es möglich, einen Prozess über seine anteiligen Zeitkomponenten sowie deren Wertschöpfungsbeiträge entsprechend des eingangs diskutierten Effektivitätsgedankens bewerten zu können. Über die festgelegte Strukturierung wird gewährleistet, dass über eine Aufgliederung ausgehend vom Prozess über Teilprozesse eine konkrete Beurteilung und Analyse bis hin zu einzelnen Vorgangselementen praktikabel ist. Die Quantifizierungssystematik erfüllt die Anforderungen an Skalierung und Normierung nichtmonetärer Bewertungsgrößen aus Abschnitt 4.2.2 sowie die getroffenen Festlegungen zum Wertebereich des Verfahrens.

Zusätzlich zur nichtmonetären Beurteilung erfolgt nachstehend die monetäre Bewertung von Prozessanteilen, wobei hier die ökonomisch zuordenbare Wertschöpfung am unfertigen Erzeugnis in einzelnen Fertigungsschritten bzw. am Endprodukt im Fokus der Ausgestaltung steht.

### 4.3.3 Definition monetärer Bewertungsgrößen

Der erste Baustein der monetären Bewertung charakterisiert sich durch die Vorgehensweise zur rechnerischen Zuordnung der Wertschöpfung zu einzelnen Prozessen. Hierbei wird über den im vorigen Abschnitt definierten Planwirk- und Realwirkanteil in einer Periode  $t$  die Bruttowertschöpfung eines Prozesses bestimmt. Zur Errechnung von dessen Nettowertschöpfung ist eine monetäre Quantifizierung des Wertverlustpotenzials als entstehender Nonkonformitätsaufwand durch Zusatz- und Fehlanteile entsprechend der Darstellung in Bild 4-24 notwendig.

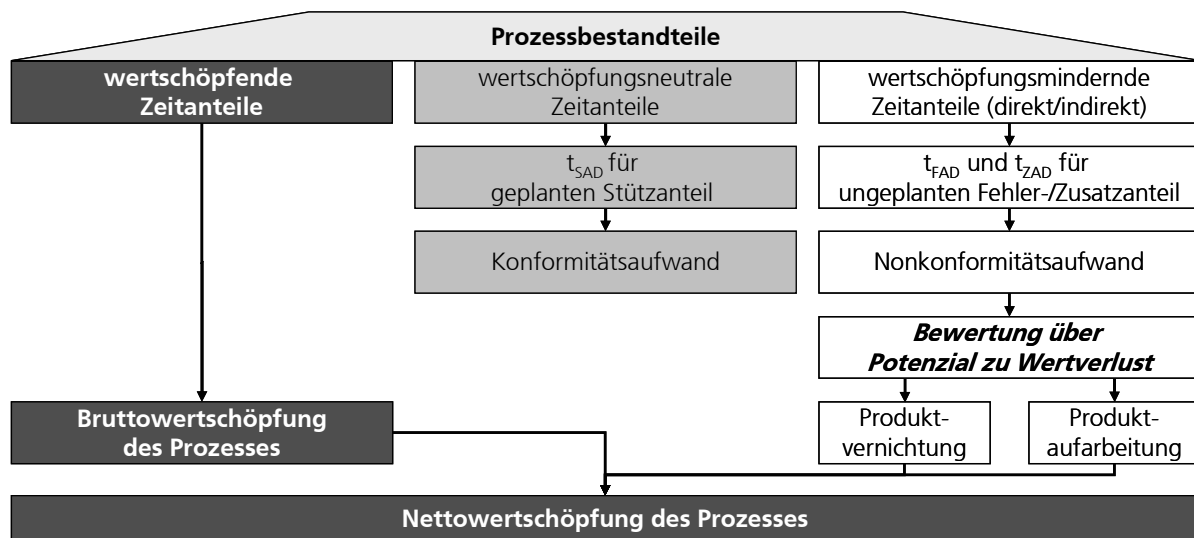


Bild 4-24: Determinanten der Prozesseffizienz

#### 4.3.3.1 Abhandlung charakteristischer Anforderungen aus Chargenfertigung

Aufgrund des vorwiegenden Einsatzes amorpher Stoffe sowie der oftmals schwankenden Rohstoffspezifikation kommt hier den Fehl- und Zusatzanteilen in den Prozessen besondere Relevanz zu. Die Integration dieser Anforderungen ist dahingehend notwendig, dass eine Nacharbeit im Gegensatz z. B. zu Montagebetrieben als Rückmontage etwa eines Getriebes mit anschließender Remontage bei Chargenfertigung zumeist unmöglich ist. Ein weiterer Aspekt im Umgang mit Fehl- und Zusatzanteilen liegt in den Stoffeigenschaften und wirkt sich dergestalt aus, dass eine nachträgliche Veränderung der Mikrostrukturen eines Produktes wie z. B. Keramik entweder technisch oder wirtschaftlich nicht praktikabel ist. Zudem weisen sowohl die unfertigen Erzeugnisse vor bzw. im Wertstrom als auch die Endprodukte eine begrenzte Haltbarkeit auf, was zu einer spezifisch notwendigen Handhabung der Materialien führt. Oftmals bilden die Einsatzstoffe vor, während oder nach der Bearbeitung im Herstellprozess des Chargenfertigers ein Gefährdungspotenzial für Mitarbeiter oder die Umwelt, was ebenfalls besondere Anforderungen im Umgang mit fehlerhaften Produkten erfordert. Diese Gesichtspunkte sind bei der Bewertung von Fehl- und Zusatzaufwendungen in den Abschnitten 4.3.3.7 und 4.3.3.8 zu integrieren.

### 4.3.3.2 Modellierung des komplexen Produktionssystems

Zur Bewertung der monetären Relevanz von Fehl- und Zusatzanteilen im Wertstrom wird zunächst eine prozessrelevante Modellierung des komplexen Produktionssystems vorgeschlagen. Dies erfolgt vor dem Hintergrund, dass in der betrieblichen Praxis die Produkte bis zu ihrer Fertigstellung zahlreiche Verfahrensschritte und Einzelanlagen durchlaufen, die durch stoffwirtschaftliche Abhängigkeiten eng miteinander verflochten sind. Die drei grundsätzlichen Formen der Anordnung von Verfahren und Einzelapparaten im Produktionsbetrieb zeigt Bild 4-25.

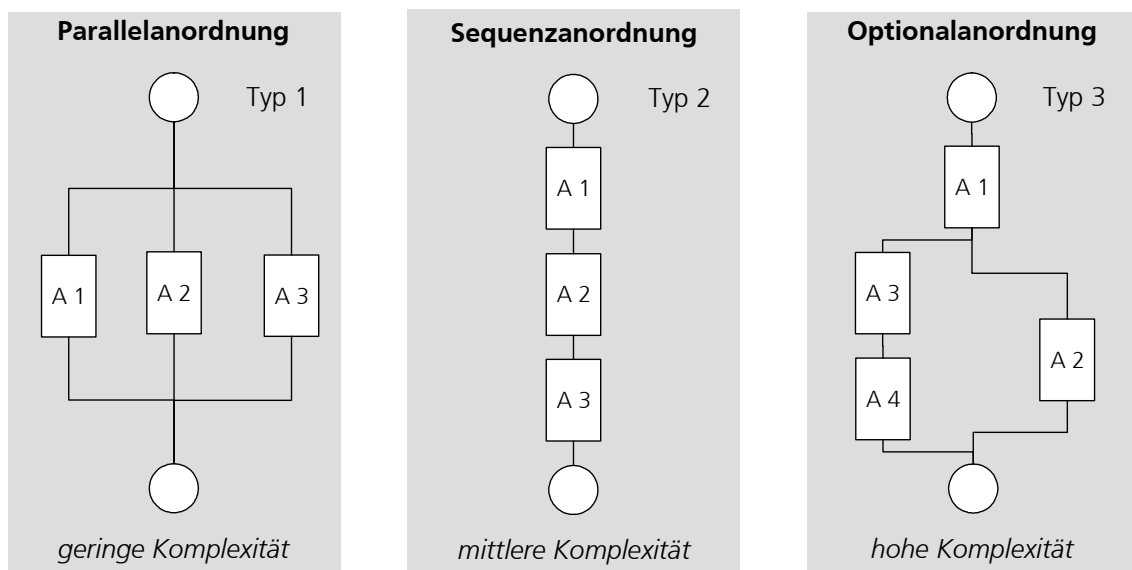


Bild 4-25: Generische Anordnungsstruktur von Verfahren und Apparaten mit Komplexitätsgrad

Für das Betreiben der Produktionssysteme findet im Gegenstandsbereich zumeist die Anordnung von Verfahren und Einzelapparaten entsprechend einer Mischkonstellation aus Parallel- und Sequenzstrukturen industrielle Anwendung, woraus sich eine vornehmlich hohe Komplexität begründet. Dies hat für die Ermittlung von Fehlern und Aufarbeitungsaufwand im Hinblick auf die methodische Bestimmung des Wertverlustpotenzials gravierende Auswirkungen, was zunächst diskutiert wird. Entsprechend der Booleschen Algebra mit Verknüpfungen über binäre Schaltfunktionen lassen sich für den vorliegenden Anwendungsfall im Hinblick auf die grundsätzliche Möglichkeit des Auftretens einer Fehlerausprägung im Gesamtsystem folgende Wahrscheinlichkeitsfunktionen  $p$  unterscheiden. Bezeichnet in diesem inhaltlichen Zusammenhang

- $p_{s,y}$  : Wahrscheinlichkeit eines fehlerfreien Produkts im Gesamtsystem des Typs  $y$
- $p_F(i)$  : Wahrscheinlichkeit des Fehlereintritts in der  $i$ -ten Anlage oder Prozessstufe,

so lassen sich unter der Differenzierung der Verfahrens- und Apparateanordnung bezüglich der drei dargestellten Typen die folgenden kombinatorischen Zusammenhänge formulieren:

- *Typ 1:* Die Anlagen sind parallel angeordnet, sodass eine alternative Herstellung oder Weiterverarbeitung des Produkts über mehrere Apparate erfolgen kann. Es wird angenommen, dass das Gesamtsystem erst dann nicht nach Produktspezifikation arbeitet, wenn sich alle alternativen Anlagen im Zustand einer Störung befinden bzw. an allen alternativen Anlagen die Fehlerrausprägung auftritt. Beispielhaft ist hier die Aufteilung eines Bulks zur Abfüllung auf mehrere einfache Konfektionierungsanlagen in der Herstellung von Kosmetikpräparaten wie etwa Sonnenschutzcreme zu nennen, wobei sich diese Anlagenanordnung aus wirtschaftlichen Aspekten zumeist auf einfache und wenig kapitalintensive Apparate beschränkt.

$$p_{s,I} = 1 - p_F(a_1) \cdot p_F(a_2) \cdot p_F(a_3) \quad \text{Gleichung 4.33}$$

- *Typ 2:* Das Produktionssystem besteht aus Anlagen, die in sequentieller Anordnung konfiguriert sind. Dies kann exemplarisch eine abschnittsweise Linienanordnung innerhalb der Herstellung von Kunststoffprodukten zur elektrischen oder mechanischen Isolation sein. Oftmals geht diese Anordnung mit einem gerichteten Materialfluss über starre Verkettungen wie z. B. Rohrleitungen oder Fördereinrichtungen einher.

$$p_{s,II} = (1 - p_F(a_1)) \cdot (1 - p_F(a_2)) \cdot (1 - p_F(a_3)) \quad \text{Gleichung 4.34}$$

- *Typ 3:* In diese Kategorie fallen Anlagenkonfigurationen, die sich durch eine gemischte Anordnung von sowohl sequentiellen als auch parallelen Verfahren oder Apparaten innerhalb von Subsystemen charakterisieren und die durch eine Vielzahl von Verflechtungen in der Divergenz zu Typ 1 und Typ 2 die vergleichsweise höchste Komplexität aufweisen. Solche Anlagenkonstellationen finden sich z. B. im Wertstrom zur Herstellung bauchemischer Produkte oder Behälterglas dahingehend, dass von einem zentralen Verfahrensabschnitt als Ausgangspunkt eine Aufteilung in einzelne Teilabläufe erfolgt, die im weiteren Produktionsfortschritt wieder über ein zentrales Verfahren, beispielsweise zur Verpackung, geleitet werden.

$$p_{s,III} = (1 - p_F(a_1)) \cdot [1 - p_F(a_2) \cdot (1 - p_F(a_3) - p_F(a_4) - p_F(a_3) \cdot p_F(a_4))] \quad \text{Gleichung 4.35}$$

Unter Berücksichtigung einer Wahrscheinlichkeit zur Identifikation einer Fehlerrausprägung im jeweiligen Gesamtsystem durch die Einführung technischer oder arbeitsorganisatorischer Maßnahmen wie z. B. einer berührungslosen Füllgradmessung von Cremebehältern oder einer Sichtprüfung durch einen Mitarbeiter zur Erkennung einer falschen Etikettierung ergibt sich in der Parallelanordnung die nachstehende Veränderung für die Gesamtwahrscheinlichkeit  $p'$  wie folgt:

$$p'_{s,i} = 1 - p_F(a_1) \cdot (1 - p_E(a_1)) \cdot p_F(a_2) \cdot (1 - p_E(a_2)) \cdot p_F(a_3) \cdot (1 - p_E(a_3)) \quad \text{Gleichung 4.36}$$

mit:

$$p_E(a_i) = 1 - p_D(a_i) \quad \text{Gleichung 4.37}$$

Dabei bedeuten:

$p_E(a_i)$  : Wahrscheinlichkeit der Fehleridentifikation in der i-ten Anlage

$p_D(a_i)$  : Wahrscheinlichkeit des Fehlerdurchschlupfes in Anlage i

Unter der weiteren Voraussetzung, dass die Fehlerdurchschlupfmöglichkeiten stochastisch voneinander unabhängig sind, lassen sich die Wahrscheinlichkeiten für einen Fehlerdurchschlupf im Gesamtsystem  $p_{D_g}$  des jeweiligen Konfigurationstyps wie folgt ermitteln:

$$p_{D_{g,I}} = p_F(a_1) \cdot p_D(a_1) \cdot p_F(a_2) \cdot p_D(a_2) \cdot p_F(a_3) \cdot p_D(a_3) \quad \text{Gleichung 4.38}$$

$$p_{D_{g,II}} = 1 - [(1 - p_F(a_1) \cdot p_D(a_1)) \cdot (1 - p_F(a_2) \cdot p_D(a_2)) \cdot (1 - p_F(a_3) \cdot p_D(a_3))] \quad \text{Gleichung 4.39}$$

$$p_{D_{g,III}} = 1 - [1 - p_F(a_1) \cdot p_D(a_1)] \cdot [1 - p_F(a_2) \cdot p_D(a_2) \cdot (1 - p_F(a_3) \cdot p_D(a_3)) \cdot (1 - p_F(a_4) \cdot p_D(a_4))] \quad \text{Gleichung 4.40}$$

Hierbei lässt sich über die verwendete Anzahl von lediglich vier Einzelverfahren und einer Fehlerausprägung in der Diskussion des Grundmodells verdeutlichen, welche Problematik zur mathematischen Beschreibung der Wahrscheinlichkeitsfunktionen für die vornehmlich eingesetzten Produktionssysteme vom Typ 3 entsteht. Vor diesem Hintergrund gelingt es den Betrieben oftmals nicht, die Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu Ausprägungen und Durchschlupfanteilen von Fehlern über alle Kombinationen aus Verfahrensschritten und Produkten exakt zu determinieren oder hinreichend genau abzuschätzen. Dies begründet sich durch die Verflechtungen einer zu meist großen Anzahl an Verfahrensschritten zur Produktherstellung sowie durch eine fehlende oder wenig ausgeprägte Prozessleittechnik. Diese befindet sich z. B. speziell über die gesamte chemische Industrie hinweg, d. h. unter Betrieb sowohl kontinuierlicher als auch diskontinuierlicher Fertigung, nach LOOS bei lediglich 52 % der Unternehmen im Einsatz /108/. Ferner ist es aufgrund der geschilderten Komplexität nicht praktikabel und unter Aufwands- und Nutzenaspekten nicht sinnvoll, für alle Verfahrensschritte und Produkte detaillierte Analysen zu erstellen.

### 4.3.3.3 Konzeption von Referenzprozessmodulen

Um dieser Problematik zu begegnen, wird nachfolgend die Zerlegung der Produktionsstruktur unter systematischer Berücksichtigung des Erzeugnisspektrums in hinreichend große Module vorgeschlagen. Über diese Dekomposition der Produktionsstruktur ist eine notwendige Komplexitätsreduktion des Gesamtsystems erreichbar, ohne dass dadurch eine zu starke und damit unzulässige Vergrößerung eintritt. Zur Ausführung wird ein Produktionssystem über alle Verfahrensschritte und Produkte in als *Referenzprozessmodule* bezeichnete Einheiten zerlegt, wobei diese eine möglichst große Anzahl an ähnlichen Verfahrensschritten in Bezug auf das Erzeugnisspektrum des Produktionsbetriebs enthalten. Dies erfolgt in Anlehnung an THOMAS unter der Anwendung der Begrifflichkeit des Referenzprozesses, wonach ein solcher den standardisierten idealtypischen Ablauf mit geringerem Detaillierungsgrad repräsentiert /175/. Damit abstrahiert der Referenzprozess Abläufe für einen abgegrenzten Problembereich dahingehend, dass er in einer möglichst großen Anzahl von Einzelfällen verwendbar ist. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit bezeichnen die Referenzprozessmodule damit eine reduzierte Abbildung des Zustands eines Produktionssystems, an dem dessen Gesamtausprägung bewertbar ist. Die für einen Galvanisierbetrieb exemplarische Zerlegung der Verfahrensschritte unter methodischer Bezugnahme auf das Produktspektrum zeigt Bild 4-26. Die entstehenden Referenzprozessmodule lassen sich dann zur Bewertung der Abläufe für repräsentative Produktgruppen verwenden.

|          |   | Verfahrensstufen und Einzelapparate |           |             |             |             |         |           |            |            |            |         |              |           |
|----------|---|-------------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|-----------|------------|------------|------------|---------|--------------|-----------|
|          |   | Beizbad 1                           | Beizbad 2 | Eloxalbad 1 | Eloxalbad 2 | Eloxalbad 3 | Drucken | Brennofen | Färbebad 1 | Färbebad 2 | Auswaschen | Stanzen | Etikettieren | Verpacken |
| Produkte | 1 |                                     |           | ●           | ▸           |             | ●       | ●         | ●          | ▸          | ●          | ●       |              | ●         |
|          | 2 |                                     |           | ●           | ▸           |             | ●       | ●         | ●          | ▸          | ●          | ●       |              | ●         |
|          | 3 |                                     |           | ●           | ▸           |             | ●       | ●         | ●          | ▸          | ●          | ●       | ●            | ●         |
|          | 4 | ●                                   | ▸         |             | ●           | ▸           |         |           |            |            |            | ●       |              | ●         |
|          | 5 |                                     |           |             | ▸           | ●           | ●       |           | ●          | ▸          | ●          |         | ●            | ●         |
|          | 6 | ▸                                   | ●         | ▸           |             | ●           | ●       | ●         |            | ●          |            | ●       |              | ●         |
|          | 7 | ●                                   | ▸         | ▸           | ●           |             |         |           | ▸          | ●          |            |         |              | ●         |
|          | 8 | ●                                   | ▸         | ▸           | ●           |             |         |           | ▸          | ●          |            |         | ●            | ●         |
|          |   | Modul 1                             |           | Modul 2     |             |             | Modul 3 | Modul 4   | Modul 5    |            | Modul 6    | Modul 7 |              |           |
| PG 1     |   | RPM 1A                              |           |             | RPM 1B      | RPM 1C      | RPM 1D  |           | RPM 1E     | RPM 1F     |            |         |              |           |
| PG 2     |   | RPM 2A                              |           | RPM 2B      |             | RPM 2C      |         |           | RPM 2D     |            |            |         |              |           |

Legende: RPM: Referenzprozessmodul, PG 1 = {P1, P2, P3}, PG 2 = {P7, P8}, ●: Hauptverfahren, ▸: Alternativverfahren

Bild 4-26: Aufgliederung betrieblicher Bearbeitungsschritte in Referenzprozessmodule

Hierbei werden die einzelnen Verfahrensschritte im Hinblick auf die Herstellung der Produkte in Matrixform angeordnet, wobei im Zusammenhang mit der Differenzierung spezifischer Planwirk- und Realwirkanteile sowohl die Hauptverfahren nach Rezeptur bzw. Arbeitsplan als auch Alter-

nativerfahren bei Eintritt von Störeinflüssen zuzuordnen sind. Das Verfahren macht sich dabei die praxisrelevante Gegebenheit zunutze, dass sowohl unter Verfolgung des Gedankens der Gesamtprozesseffektivität als auch unter Beachtung investitionstheoretischer Aspekte kapitalintensive und spezifische Anlagen zumeist für die Vielzahl der Produkte genutzt werden. Dies führt dazu, dass mit gezielter Auswahl einer zentralen Quelle im Wertstrom die im weiteren Ablauf auftretenden Verästelungen zumeist wieder in einer zentralen Senke zusammengeführt werden, wobei häufig zumindest ein weiterer Knoten zwischen Quelle und Senke auftritt. Demzufolge gestaltet sich die Modellierung damit vorrangig sequenzorientiert und berücksichtigt parallelorientierte Strukturen im Rahmen von Subsystemen mit umfassender Charakteristik. Das materialflussorientierte Vorgehen modelliert damit das Produktionssystem, indem es zunächst die Hauptprozessstruktur in Richtung des Wertstroms abbildet und Subsysteme in Parallelanordnung nachgelagert integriert. Hierbei spielt der Begriff der Ähnlichkeit von Referenzprozessmodulen eine wesentliche Rolle, sodass dieser im Weiteren methodisch ausgeführt wird.

#### 4.3.3.4 Bestimmung ähnlicher Produkt-Prozess-Kombinationen

Zur gezielten Auswahl und Gestaltung der Referenzprozessmodule und damit der Anzahl von Alternativen für eine effiziente Verfahrensdurchführung wird die Bestimmung eines Ähnlichkeitsmaßes vorgeschlagen, das für die weitere Vorgehensweise handlungsleitend sein soll. Unter dem Begriff der Ähnlichkeit ist in Anlehnung an HERTKORN definiert, dass Objekte, die als Gesamtheit betrachtet werden, verschieden sind, aber Ähnlichkeitsmerkmale aufweisen. Dies bedeutet, dass diese Objekte exemplarisch zu der gleichen Kategorie zählen /83/. Die Charakterisierung der einzelnen Elemente eines Objekts erfolgt über Attribut-Wert-Paare, wobei diese z. B. durch geometrische, rohstoffbedingte oder umsatzbezogene Eigenschaften bestimmt sind. Formal lässt sich ein Objekt, dessen Elemente aus Attribut-Wert-Paaren  $u_i$  mit  $i = 1, \dots, n$  bestehen, als Tupel  $(u_1, \dots, u_n)$  unter der Verwendung reeller Zahlen für die Attribute  $u_i$  darstellen.

Zur Berechnung der Ähnlichkeit der Objekte  $\tilde{u}_{c_i}$  und  $\tilde{u}_{c_j}$  wird folgende Funktion definiert /83/:

$$\text{sim} : \tilde{\mathbf{H}} \times \tilde{\mathbf{H}} \mapsto [0; 1] \quad \text{Formel 4.12}$$

Diese besitzt die nachstehenden Eigenschaften im Hinblick auf Symmetrie und Reflexivität:

$$\forall \tilde{u}_{c_i}, \tilde{u}_{c_j} \in \tilde{\mathbf{H}} : \text{sim}(\tilde{u}_{c_i}, \tilde{u}_{c_j}) = \text{sim}(\tilde{u}_{c_j}, \tilde{u}_{c_i}) \quad \text{Formel 4.13}$$

$$\forall \tilde{u}_{c_i} \in \tilde{\mathbf{H}} : \text{sim}(\tilde{u}_{c_i}, \tilde{u}_{c_i}) = 1 \quad \text{Formel 4.14}$$



Das globale Ähnlichkeitsmaß der Objekte ist mit einem Gewichtungsfaktor  $\kappa_l$  wie folgt definiert:

$$sim(\tilde{u}_{c_i}, \tilde{u}_{c_j}) = \frac{\sum_{l=1}^p \kappa_l \cdot sim_l(\tilde{u}_{c_i}, \tilde{u}_{c_j})}{\sum_{l=1}^p \kappa_l} \quad \text{Gleichung 4.41}$$

mit:

$sim_l(\tilde{u}_{c_i}, \tilde{u}_{c_j})$  : lokale Ähnlichkeitsmaße partiell betrachteter Elemente der Objekte

Bei vollständiger Übereinstimmung zweier Objekte hat das Ähnlichkeitsmaß den Wert 1. Gibt es keine Übereinstimmung, dann beträgt sein Wert 0. Damit ist es möglich, über diesen Index eine Auswahl von Referenzprozessmodulen zu treffen, deren lokale Ähnlichkeit in der Produktgruppe insgesamt möglichst hoch ist. Um den Index praktikabel zu halten, wird für die Durchführung eine Gleichverteilung der Einzelgewichtungsfaktoren vorgeschlagen. Dabei müssen diejenigen Merkmale der Referenzprozessmodule innerhalb des Verfahrens Verwendung finden, die am ehesten geeignet sind, relevante Eigenschaften der Produkte und Verfahrensschritte abzubilden.

#### 4.3.3.5 Quantifizierung der Wertschöpfung mit Planwirkanteil

Unter methodischer Anwendung der Wertschöpfungsentstehungsrechnung lässt sich die Bruttowertschöpfung innerhalb eines Referenzprozessmoduls  $g$  in Periode  $t$  im Zustand der Erzielung von Planwirkanteil bei der Herstellung des Produktes  $x_j$  wie folgt ermitteln:

$$BW_{pl,t}^{RPM_g} = \sum_{j=1}^{\tau} (x_{ajt} \cdot v_{pjt} + (x_{pjt} - x_{ajt}) \cdot w_{hjt}) - \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{v=1}^z m_{pl,vjt} \cdot r_{vjt} \cdot x_{pjt} - K_t^A \quad \text{Gleichung 4.42}$$

mit:

- $x_{ajt}$  : extern abgesetzte oder intern transferierte Menge des Produktes  $x_j$  in  $t$
- $x_{pjt}$  : hergestellte Menge des Produktes  $x_j$  in  $t$
- $v_{pjt}$  : externer Verrechnungs- oder interner Transferpreis des Produktes  $x_{aj}$  in  $t$
- $w_{hjt}$  : Herstellkosten des Produktes  $x_{pj}$  in  $t$
- $m_{pl,vjt}$  : Einsatzfaktor der geplanten Sekundär-/Tertiärbedarfe für  $x_{pj}$  in  $t$
- $r_{vjt}$  : Materialkostensatz der Sekundär-/Tertiärbedarfe für  $x_{pj}$  in  $t$
- $K_t^A$  : Abschreibungsbetrag des Referenzprozessmoduls in  $t$

Unterscheiden sich in einer Periode die produzierten und extern abgesetzten oder intern transferierten Mengen, so sind die produzierten Mengen bei der Wertschöpfungsermittlung zu ihren Herstellkosten und die abgesetzten oder betriebsintern transferierten Mengen zu den jeweiligen Verrechnungspreisen zu bewerten. Zur Berücksichtigung der in das Referenzprozessmodul eingehenden Vorleistungen kommt der Materialeinsatz über die verbrauchten Mengen an Sekundär- und Tertiärbedarfen zur Bewertung. Die Abschreibungen als weitere Vorleistungen anderer Wirtschaftseinheiten werden im Rahmen des vorliegenden Ansatzes als periodische Fixkosten berücksichtigt. Was die monetäre Bewertung der Materialeinsatzmengen an Sekundär- und Tertiärbedarfen betrifft, so ist im Hinblick auf die Erzielung der Bruttowertschöpfung entsprechend der Wertschöpfungsanteile nach Planwirkanteil und Realwirkanteil zu differieren und wie im Weiteren beschrieben zu verfahren.

#### 4.3.3.6 Quantifizierung der Wertschöpfung mit Realwirkanteil

Verändert sich der Zustand des Referenzprozessmoduls in Periode t dahingehend, dass Wertschöpfung erzeugt wird, diese sich aber von der geplanten technischen Ausbeute, kundenseitigen Spezifikation oder kalkulierten Leistung unterscheidet, so ist die Veränderung der Einsatzmengen im Hinblick auf die eingesetzte Vorleistung zu berücksichtigen. Damit errechnet sich die Bruttowertschöpfung des Referenzprozessmoduls g in Periode t im Zustand der Erzielung von Realwirkanteil bei der Herstellung des Produkts  $x_j$  wie nachfolgend festgelegt:

$$BW_{re,t}^{RPM_g} = \sum_{j=1}^{\tau} (\hat{x}_{ajt} \cdot v_{pjt} + (\hat{x}_{pjt} - \hat{x}_{ajt}) \cdot \hat{w}_{hjt}) - \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{v=1}^z \hat{m}_{vjt} \cdot r_{vjt} \cdot \hat{x}_{pjt} - K_t^A - \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{s=1}^y q_{sjt} \cdot \hat{r}_{sjt} \cdot \hat{x}_{pjt}$$

**Gleichung 4.43**

mit:

- $\hat{x}_{ajt}$  : modifizierte Menge des abgesetzten oder transferierten Produktes  $x_{aj}$  in t
- $\hat{x}_{pjt}$  : modifizierte Menge des hergestellten Produktes  $x_{pj}$  in t
- $\hat{w}_{hjt}$  : veränderte Herstellkosten des Produktes  $x_{pj}$  in t
- $\hat{m}_{vjt}$  : Einsatzfaktor der ungeplanten Sekundär-/Tertiärbedarfe für  $\hat{x}_{pj}$  in t
- $q_{sjt}$  : Einsatzfaktor der erweiterten Sekundär-/Tertiärbedarfe für  $\hat{x}_{pj}$  in t
- $\hat{r}_{sjt}$  : Materialkostensatz der erweiterten Sekundär-/Tertiärbedarfe für  $\hat{x}_{pj}$  in t

Dabei bezeichnet der letzte Term in obiger Gleichung die entstehenden sonstigen Aufwendungen  $\hat{Z}_t$  durch erweiterte Sekundär- und Tertiärbedarfe aufgrund von Ablaufmodifikationen in t. Für die Bruttowertschöpfung im Referenzprozessmodul lässt sich ceteris paribus schließen:

$$(\hat{x}_{pjt} \leq x_{pjt}) \vee (\hat{m}_{vjt} \geq m_{pl,vjt}) \vee (\hat{Z}_t > 0) \Rightarrow BW_{re,t}^{RPM_g} < BW_{pl,t}^{RPM_g} \quad \text{Formel 4.15}$$

Die Substituierbarkeit von Betriebsmitteln und Einsatzstoffen und damit die Prozessmodifikation von Planwirk- auf Realwirkanteil ist nicht generell durchführbar oder praktikabel, ein Abweichen aufgrund von operativen Störgründen oder Anlagenbelegungsproblemen entspricht jedoch den gängigen fertigungstechnischen Gegebenheiten /108/. Dabei geht neben der Veränderung der Materialeinsatzbeziehungen wegen veränderter Ausbeute oder Leistung verfahrenstechnisch größtenteils auch eine Substitution von Repetierfaktoren einher. Dies begründet die sonstigen Aufwendungen  $\hat{Z}_t$  hinsichtlich der bezogenen Vorleistungen, was eine Differenz zur beabsichtigten Wertschöpfung nach Planwirkanteil charakterisiert. Grundsätzlich gilt die im Realwirkanteil produzierte Menge im Hinblick auf kundenseitige Spezifikationen als aufarbeitbar. Aufgrund der Spezifika der Prozessindustrie, dass die Chargenmengen den gleichen Spezifikationsausprägungen unterliegen, müssen die Bestände an fertigen und unfertigen Erzeugnissen unterscheidbar sein. Sollte damit eine Produktion unter geänderten Verfahren auftreten, so kann sich aufgrund der Unzulässigkeit der Vermischung von Chargen bei modifizierten Prozessabläufen von Plan- auf Realwirkanteil nicht nur die Mengengröße  $\hat{X}_{pjt}$  ändern, sondern auch  $\hat{X}_{ajt}$  variieren.

#### 4.3.3.7 Quantifizierung der Aufwendungen durch Fehlanteil

Weicht das Verfahren z. B. durch eine Änderung physikalischer Parameter oder eine falsche Dosierung aus dem Zustand des Planwirk- oder Realwirkanteils in den Fehlanteil ab, so entstehen Erzeugnisse, die nicht den kundenseitigen Spezifikationen entsprechen und gemäß dieser Klassifizierung nicht aufarbeitbar sind. Diese fehlerhaften Mengen bzw. Chargen im Referenzprozessmodul werden bei Entdeckung direkt aus dem Verfahren ausgeschleust. Damit lässt sich das Wertverlustpotenzial des Referenzprozessmoduls g bezüglich des Fehlanteils wie folgt ermitteln:

$$WV_{fe,t}^{RPM_g} = \sum_{j=1}^r (\dot{x}_{ajt} \cdot v_{pjt} + (\dot{x}_{pjt} - \dot{x}_{ajt}) \cdot w_{hjt}) + \dot{x}_{pjt} \cdot (kv_{jt} + c_{jt}^v) \quad \text{Gleichung 4.44}$$

mit:

- $\dot{x}_{ajt}$  : intern transferierte Fehlproduktionsmenge von  $x_{aj}$  in t
- $\dot{x}_{pjt}$  : hergestellte Fehlproduktionsmenge von  $x_{pj}$  in t
- $kv_{jt}$  : variabler Kostensatz zur Vernichtung und Entsorgung von  $\dot{x}_{pjt}$  in t
- $c_{jt}^v$  : produktspezifischer variabler Opportunitätskostensatz von g in t

Unter monetären Gesichtspunkten verursachen Fehlanteile im Prozess zunächst nur unternehmensinterne Wertverluste. Im Hinblick auf die vorstehende Gleichung ist anzumerken, dass die Verarbeitung eines unfertigen Produktes  $x_j$  in mindestens einem Referenzprozessmodul  $z$  der Weiterverarbeitung zum Enderzeugnis des Produktionsbetriebs entspricht. Im Gegensatz zu Branchen wie etwa der Metallindustrie, in denen sich bei fehlerhaften Produkten zumindest der eingesetzte Materialwert bei Verschrottung wieder erzielen lässt, ist es im besonderen Umfeld der Prozessindustrie aufgrund der Umweltgesetzgebung häufig der Fall, dass für die Vernichtung und Entsorgung fehlerhafter Erzeugnisse zusätzlich direkt dem Referenzprozessmodul zugehörige Kosten entstehen. Einen weiteren notwendigen Aspekt bei der Quantifizierung des Wertverlusts stellen die durch Fehlanteil belegten Referenzprozessmodule im Sinne eines betrieblichen Nutzenentgangs dar. Dieser wird mittels Opportunitätskosten über die Verwendung interner Verrechnungssätze bewertet. Die noch nicht quantifizierten Risiken von Fehlern, die sich durch eine kundenseitige Wahrnehmung charakterisieren lassen, werden nachstehend unter dem Wertverlustpotenzial des ungeplanten Zusatzanteils im Prozess berücksichtigt.

#### 4.3.3.8 Quantifizierung der Aufwendungen durch Zusatzanteil

Bei der Betrachtung des Zusatzanteils in Referenzprozessmodulen ist zunächst eine Diskussion seiner ökonomischen Konsequenz für den wirtschaftlichen Erfolg des Produktionsbetriebs notwendig. Während die durch Zusatzaufwendungen bedingten Aktivitäten in direktem Bezug keine Reduzierung der Bruttowertschöpfung verursachen, da sie im Sinne der Kundenanforderungen auf die Erreichung einer festgelegten Erzeugnisspezifikation abzielen, führen sie in einer Gesamtbetrachtung über das Produkt hinaus zu einer negativen Ergebniswirksamkeit. Hierbei sind die Zusatzaufwendungen nach betriebsinternen und -externen Komponenten zu differenzieren. Interne Nonkonformitätsaufwendungen durch Zusatzanteile lassen sich entweder über die Durchführung eines Referenzprozessmoduls nach Realwirkanteil mit anschließender Aufarbeitungsnotwendigkeit charakterisieren oder über das Auftreten von ungeplanten Zuständen im Hinblick auf den Ressourceneinsatz im Referenzprozessmodul etwa durch ungeplante Transportvorgänge oder Umrüst- und Instandsetzungsaktivitäten. Was die unternehmensexternen Nonkonformitätsaufwendungen betrifft, so umfassen diese neben den Kosten zur Beseitigung von Fehlern ausgelieferter Produkte und den Kosten für notwendige Ersatzlieferungen auch solche Kosten, die aus Gewährleistungsnotwendigkeiten sowie Kulanzregelungen entstehen.

Damit lässt sich das Wertverlustpotenzial des Referenzprozessmoduls  $g$  bezüglich der durch Nonkonformität bedingten Zusatzanteile gemäß der nachstehenden Festlegung bewerten:

$$WV_{zu,t}^{RPM_g} = \sum_{j=1}^{\tau} (\ddot{x}_{pjt} \cdot ik_{pjt} + p_{D,j} \cdot p_{R,j} \cdot \dot{x}_{pjt} \cdot ek_{pjt}) + \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{b=1}^B ar_{bjt} \cdot rk_{bjt} \quad \text{Gleichung 4.45}$$

mit:

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| $\ddot{x}_{pjt}$ | : | aufarbeitbare Produktionsmenge außer Spezifikation von $\hat{x}_{pjt}$ in t       |
| $ik_{pjt}$       | : | interner Aufarbeitungskostensatz für $\ddot{x}_{pjt}$ in t                        |
| $ek_{pjt}$       | : | Kostensatz für betriebsexterne Nonkonformitätsaufwendungen in t                   |
| $p_{D,j}$        | : | Wahrscheinlichkeit des Durchschlupfs eines fehlerhaften Produktes $\dot{x}_{pjt}$ |
| $p_{R,j}$        | : | Reklamationsquote bezüglich des fehlerhaften Produktes $\dot{x}_{pjt}$            |
| $ar_{bjt}$       | : | Einsatzmenge ungeplanter Ressourcen in t  |
| $rk_{bjt}$       | : | spezifischer Kostensatz der ungeplant eingesetzten Ressourcen in t                |

Zusammenfassend ist damit die Möglichkeit geschaffen, über produktgruppenspezifische Referenzprozessmodule die zugehörigen monetären Wertschöpfungsbeiträge und Wertverluste zu quantifizieren. Im Anschluss an die damit vollzogene Operationalisierung von Kunden- und Prozessergebnissen kann im nächsten Schritt deren Aggregation zur Qualitätsbilanz erfolgen.

#### 4.4 Aggregation der Bewertungsergebnisse zur Qualitätsbilanz

Entsprechend der grundlegenden Strukturierung des Qualitätscontrollingansatzes sind für die zusammenfassende Darstellung und Bewertung des komplexen Produktionssystems im Hinblick auf seine Effizienz innerhalb der betrieblichen Gesamtbilanz zwei wesentliche Aggregationsstufen erforderlich. Die dabei verfolgte Zielstellung liegt in der systematischen Assoziation einzelner Kunden- und Prozessdaten zur Abstraktion der Einzelbewertungen. Damit wird die Integrationsfähigkeit der kunden- und prozessbezogenen Beurteilungskomponenten in einen Gesamtkontextrahmen der Qualitätsbilanz gewährleistet. Hierzu ist es erforderlich, die definierten Merkmalsausprägungen in einem Zwischenschritt systematisch den betrieblichen Produkten und Prozessen zuzuordnen. Auf diese Weise lassen sich über diesen Zwischenschritt zusätzlich die Qualitätstreiber zu den Produkten und Prozessen im Hinblick auf ihre Kundenrelevanz und ihre Effizienz zielgerichtet erkennen und bewerten.

Die Integration der Produktbewertung findet methodisch dadurch Berücksichtigung, dass eine Verbindung zwischen den produktgruppenspezifischen Referenzprozessmodulen und den kundenseitigen Beurteilungskomponenten, die sich durch einen direkten oder indirekten Produktbezug entsprechend der Ausführungen in Abschnitt 4.2 charakterisieren lassen, hergestellt wird. Was die Prozessbewertung betrifft, so sind die einzelnen Referenzprozessmodule zu Gesamtabläufen entlang des skizzierten Wertstroms unter Verwendung der betrieblichen Produktgruppen zu integrieren und gemäß der erarbeiteten Systematik repräsentativ im Hinblick auf ihre Leistungsfähigkeit einer nichtmonetären und monetären Beurteilung zu unterziehen. Einen grundle-

genden Überblick zu dieser Vorgehensweise verdeutlicht Bild 4-27 als Gesamtablauf. Was die Aggregation der Kundenergebnisse betrifft, so werden im Weiteren zunächst Vorschriften zur Gewichtung erarbeitet und unter deren Verwendung die Assoziation der einzelnen Qualitätsdimensionen durchgeführt. Daran schließen sich im Hinblick auf die Aggregation der Prozessergebnisse in Abschnitt 4.4.2 die Ermittlung der Nettowertschöpfung sowie in Abschnitt 4.4.3 die Erarbeitung der Fehler-Wertverlust-Matrix an. Auf der Grundlage dieser Aggregationschritte lassen sich dann die Prozess- und die Produktbilanz zuordnen und abschließend die Qualitätsbilanz des Produktionsbetriebs erstellen.

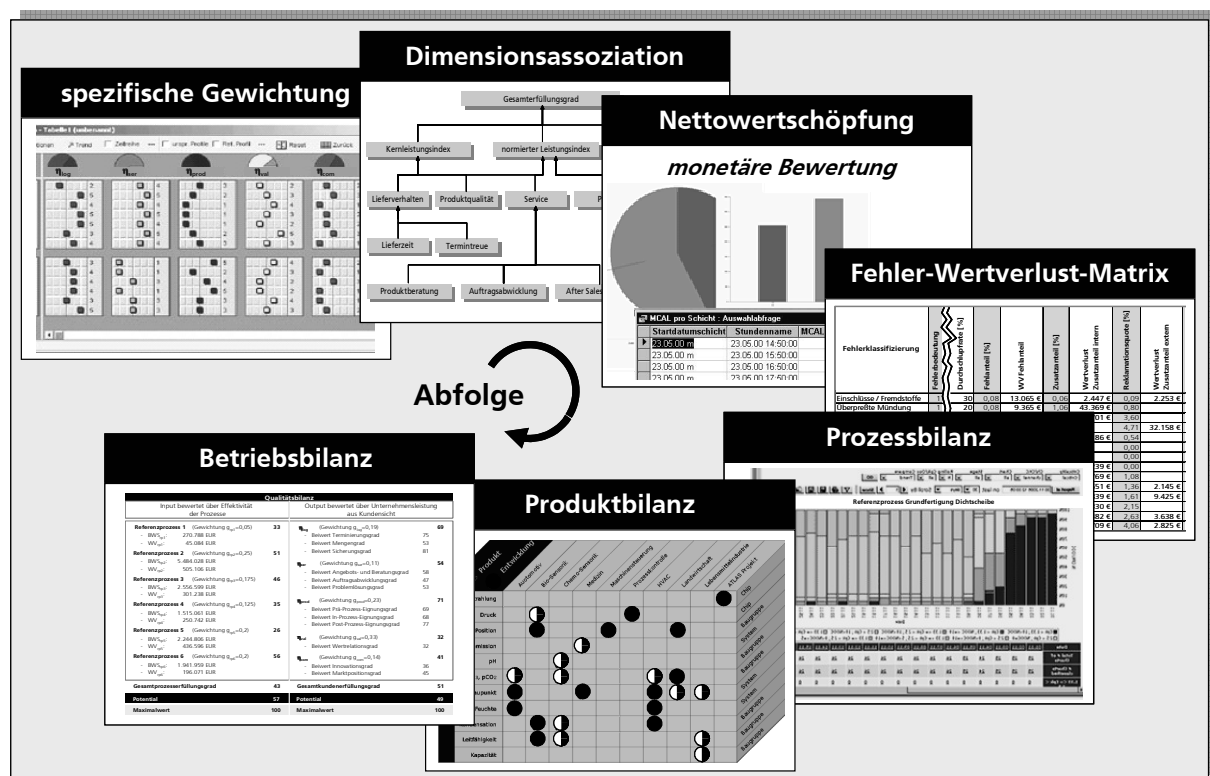


Bild 4-27: Inhalte und Schritte der Aggregation zur betrieblichen Qualitätsbilanz

Mithilfe der gewählten Vorgehensweise ist damit sichergestellt, dass vor der Aggregationsstufe zur Gesamtbilanz sowohl eine vergleichende Betrachtung als auch eine absolute Bewertung von Produktgruppen und Referenzprozessen auf der Arbeits- und der Unternehmensleitungsebene möglich ist. Darüber hinaus sollen dabei gewinnbare Ergebnisse eine spätere Ableitung von Maßnahmen aus der Beurteilung der Gesamtbilanz inhaltlich und argumentativ unterstützen.

### 4.4.1 Aggregation der Kundenergebnisse

Für die weitere Aggregation der operationalisierten Kundenergebnisse ist die Festlegung einer Methodik zur Gewichtung der einzelnen Qualitätsdimensionen erforderlich, da kein allgemein-

gültiger und anerkannter Dimensionsvergleich aus zugehörigen monetären Größen oder aus wissenschaftlich ermittelten Faktoren vorliegt.

#### 4.4.1.1 Kundenindividuelles Gewichtungsverfahren

Der Leitgedanke besteht darin, dass die Gewichtung der Qualitätsdimensionen nicht seitens des Produktionsbetriebs erfolgt, sondern dass die Bewertung ihrer Relevanz ausschließlich durch eine Einschätzung der Kunden vorgenommen wird. Die Methodik der Gewichtung soll dabei möglichst einfach und transparent gestaltbar sein und keine Kompensation der Kriterienausprägungen zulassen, wodurch eine Verwendung nutzwertanalytischer Verfahren ausscheidet. Die Anwendung der Methodik sieht vor, dass Entscheidungsträger seitens des Kunden bei der Vergabe der Präferenzen keine Orientierung durch den Produktionsbetrieb erhalten und damit auf die eigene Einschätzung angewiesen sind. Der Anspruch charakterisiert sich dadurch, dass kundenbezogene Beurteilungen in Form von lediglich ordinalskalierten Rangwerten durch die Gestaltung eines geeigneten Gewichtungsverfahrens auf ein für den Bewertungsansatz adäquates Datenniveau anzuheben sind. Zur Ausführung der Gewichtung werden nicht nur die einzelnen Qualitätsdimensionen aus Sicht der Kunden beurteilt, sondern es erfolgt auch eine Abwägung von diesbezüglichen Unterkriterien. Dies soll die Bewertung für den Kunden vereinfachen und eine pauschale Beurteilung vermeiden. Für das weitere Vorgehen werden die Einschätzungen zu den Qualitätsdimensionen als Basisrelevanz sowie zu den Unterkriterien als Korelevanz bezeichnet. Eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung realistischer Gewichtungsergebnisse aus Kundensicht ist die Forderung nach stochastischer Unabhängigkeit der Unterkriterien zur Beurteilung der Basisrelevanz. Hängen demgegenüber verschiedene Präferenzmerkmale stochastisch zu stark voneinander ab, könnten einzelne Unterkriterien mehrfach bewertet werden, was eine Übergewichtung der Unterkriterien sowie letztlich der Basisrelevanz zur Konsequenz hätte. Um dies zu vermeiden, sind die Unterkriterien zunächst auf ihre Korrelation zu untersuchen. Diese Analyse ist mittels eines geeigneten Korrelationsverfahrens vorzunehmen. Für die vorliegende Anwendung ist der Rangkorrelationskoeffizient  $\rho$  das geeignete Maß für eine Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den Unterkriterien /59/. Dieser lässt sich wie folgt ermitteln:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{j=1}^h d_j^2}{h \cdot (h^2 - 1)} \quad \text{Gleichung 4.46}$$

mit:

$$d_j = R[c'_j] - R[c''_j] \quad \text{Gleichung 4.47}$$

$$\sum_{j=1}^h R[c'_j] = \sum_{j=1}^h R[c''_j] = \frac{h \cdot (h + 1)}{2} \quad \text{Gleichung 4.48}$$

$$\sum_{j=1}^h d_j = 0 \quad \text{Gleichung 4.49}$$

In den Gleichungen bedeuten:

- $R[c_j]$  : Rangplatz der Ausprägung des Unterkriteriums  $C_j$
- $h$  : Anzahl der Unterkriterien

Der Korrelationskoeffizient  $\rho$  kann Werte aus dem Intervall [0; 1] annehmen und erlaubt eine Aussage bezüglich der Stärke der Abhängigkeit zwischen den Unterkriterien, nicht jedoch der Richtung im Sinne einer positiven oder negativen Korrelation. In der Literatur wird von einer hohen Korrelation ausgegangen, wenn  $\rho > 0,8$  gilt /59/. Für die Problemstellung im Rahmen der vorliegenden Abhandlung werden daher Korrelationen, für die die Voraussetzung  $\rho \leq 0,8$  erfüllt ist, als zulässig erachtet. Zur Bestimmung des kundenindividuellen Gewichtungsfaktors stehen aus der Literatur mehrere Ansätze wie z. B. das Swing- oder das Direct-Ratio-Verfahren zur Verfügung /54/. Aufgrund der lediglich überschlägigen Kriteriengewichtung sowie des hohen Aufwands durch die notwendige Durchführung eines paarweisen Vergleichs für sämtliche Kriterien werden diese Ansätze nicht weiter verfolgt. Die nachfolgend vorgeschlagene Vorgehensweise zur Gewichtung lässt sich durch eine zweistufige Relevanzhierarchie charakterisieren. Hierbei sind die Unterkriterien, wie in Bild 4-28 dargestellt, jeweils der Basisrelevanz in einer Matrix zuzuordnen, wobei die Spalten die Basisrelevanz und die Zeilen die Korelevanz disaggregieren.

|   | Basisrelevanz im Hinblick auf die spezifische Qualitätsdimension |         |         |      |            |          |
|---|--|---------|---------|------|------------|----------|
|   | Logistik   | Service | Produkt | Wert | Wettbewerb | $\Sigma$ |
| kundenseitige Punktwerte: Basisrelevanz → | 10   | 30      | 0       | 10   | 100        | 150      |
| $v_{Bi}$                                  | 0,07   | 0,20    | 0,00    | 0,07 | 0,67       |          |
| kundenseitige Punktwerte: Unterkriterien  | ↓  | ↓       | ↓       | ↓    | ↓          | $v_j$    |
| $C_1$                                     |  |         |         | 100  |            | 0,06     |
| $C_2$                                     | 100  |         |         |      | 10         | 0,09     |
| $C_3$                                     | 10   |         |         |      |            | 0,00     |
| $C_4$                                     | 30   |         |         | 10   |            | 0,02     |
| $C_5$                                     | 1  | 30      |         | 1    | 30         | 0,19     |
| $C_6$                                     |  | 100     |         |      | 1          | 0,16     |
| $C_7$                                     | 10   |         |         |      |            | 0,00     |
| $C_8$                                     |  |         |         |      | 100        | 0,47     |
| $\Sigma$                                  | 151  | 130     | 0       | 111  | 141        | 1,00     |

Bild 4-28: Exemplarische Zuordnung von Punktwerten zu Unterkriterien (modifiziert nach /54/)



Im Weiteren wird für jedes Unterkriterium  $C_j$  ein Punktwert  $dv_{ij}$  innerhalb einer Spalte vergeben, der die Bedeutung des Unterkriteriums  $C_j$  hinsichtlich der übergeordneten Basisrelevanz  $B_i$  aus Sicht eines unternehmerischen Kunden quantifiziert. In mathematischer Analogie zur Transformationsvorschrift im Hinblick auf die Klassifizierung sowie Operationalisierung der Produkt- und Prozessattribute des Produktionsbetriebs werden die Punktwerte zur Ermittlung der kundenindividuellen Relevanz entsprechend der in Bild 4-29 dargestellten Festlegung vergeben.

| Relevanzstufen<br>Kategorie      | Niveau 1                       | Niveau 2                                   | Niveau 3                    | Niveau 4                 | Niveau 5                              |
|----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| semantische Hinterlegung         | aus Kundensicht keine Relevanz | aus Kundensicht lediglich geringe Relevanz | aus Kundensicht indifferent | aus Kundensicht relevant | aus Kundensicht von höchster Relevanz |
| zugeordneter Wert der Ausprägung | 0                              | 1  | 10                          | 30                       | 100                                   |

Bild 4-29: Zuordnung der Punktwerte zur Berücksichtigung der kundenindividuellen Relevanz

In gleicher Weise werden die Punkte  $dv_{Bi}$  zur Einschätzung der relativen Bedeutung der Basisrelevanz innerhalb der obersten Zeile durch den Kunden bestimmt. Unter Erweiterung des detaillierten Verfahrens nach EISENFÜHR orientiert sich die Vergabe der Punktwerte für die Unterkriterien innerhalb einer Spalte daran, welche Tragweite das Kriterium im Hinblick auf die übergeordnete Basisrelevanz relativ zu den anderen Unterkriterien besitzt /54/. Bei der Punktezuordnung für die Basisrelevanz aus Kundensicht in der obersten Zeile steht die Gegenüberstellung der Basisrelevanz angesichts der Ausprägungen der zugehörigen Unterkriterien im Vergleich zur jeweiligen anderen Basisrelevanz im Vordergrund. Die Ermittlung der kundenindividuellen Gewichtungsfaktoren  $w_i$  der spezifischen Qualitätsdimension  $i$  ergibt sich rechnerisch wie folgt:

$$V_{Bi} = \frac{dv_{Bi}}{\sum_{i=1}^l dv_{Bi}} \tag{Gleichung 4.50}$$

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^l dv_{ij} \cdot v_{Bi}}{\sum_{j=1}^h dv_{ij}} \quad \forall \sum_{j=1}^h dv_{ij} \neq 0 \tag{Gleichung 4.51}$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^h dv_{ij}}{\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^h dv_{ij}} \quad \forall \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^h dv_{ij} \neq 0 \tag{Gleichung 4.52}$$

Dabei bedeuten:

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| $V_{Bi}$  | : | Gewichtungsfaktor der Basisrelevanz $B_i$                                   |
| $dV_{Bi}$ | : | Kundenbewertung der Basisrelevanz $B_i$                                     |
| $V_j$     | : | Gewichtungsfaktor des Unterkriteriums $C_j$                                 |
| $dV_{ij}$ | : | Kundenbewertung des Unterkriteriums $C_j$ bezüglich der Basisrelevanz $B_i$ |
| $W_i$     | : | Gewichtungsfaktor der spezifischen Qualitätsdimension $i$                   |

Die beschriebene Vorgehensweise liefert wertvolle Hinweise zur Bewertung der Basisrelevanz der Qualitätsdimensionen sowie zur sinnvollen Abgrenzung von Unterkriterien entsprechend der jeweiligen betrieblichen Interessen und der subjektiven Werthaltung der Kunden. Eine Einzelfallprüfung hinsichtlich der resultierenden Gewichtungsergebnisse sollte aufgrund der Abstraktion sowie der Darstellung letztendlich aggregierter Zahlenwerte dennoch erfolgen. Was die Unterkriterien betrifft, so haben sich diese eng an den Inhalten der zu den Qualitätsdimensionen festgelegten Beiwerte zu orientieren. Eine Ergänzung oder Elimination einzelner Unterkriterien wegen betriebsspezifischer Anforderungen seitens des Produktionsbetriebs ist jedoch praktikabel.

#### 4.4.1.2 Zwischenebene zur Aggregation von Produkten und Prozessen

Die Aggregation der Bewertung aus Produkten und Prozessen findet systematisch über mehrere Zwischenebenen statt, sodass abschließend eine zusammenfassende Gesamtintegration innerhalb der betrieblichen Qualitätsbilanz stattfinden kann. Zunächst wird die in Abschnitt 4.2.7.1 zur Ermittlung des Wertrelationsgrads vorgenommene Differenzierung nach Kern- und Zusatzleistungen appliziert, um eine primäre Aggregation ausschließlich nach den kernleistungsspezifischen Ergebnissen vorzunehmen. Diese Aggregation wird als *normierter Kernleistungserfüllungsgrad*  $\eta_{nke}$  bezeichnet und errechnet sich gemäß nachstehender Gleichung:

$$\eta_{nke} = (W_{ser} \cdot \eta_{ser} + W_{log} \cdot \eta_{log} + W_{prod} \cdot \eta_{prod}) \cdot (W_{ser} + W_{log} + W_{prod})^{-1} \quad \text{Gleichung 4.53}$$

Durch die gewählte Berechnungsvorschrift ist gewährleistet, dass ausschließlich die Kernleistung auf dieser Ebene zusammengefasst ist. Die Gewichtung der Qualitätsdimensionen erfolgt entsprechend der im vorigen Abschnitt getroffenen Festlegungen, allerdings müssen die Einzelgewichtungen hier auf eine normierte Basis bezogen werden. Damit lässt sich mittels des *normierten Kernleistungserfüllungsgrads* eine objektive Bewertung der für den Erfolg des Betriebs am Markt wichtigen Leistungen im Hinblick auf Produkte und Prozesse über die servicespezifische, die logistikspezifische sowie die produktqualitätsspezifische Qualitätsdimension durchführen.

Im nächsten Schritt sollen neben den Kernleistungen auch die Zusatzleistungen und damit die nur mittelbar den Produkten und Prozessen zuordenbaren Qualitätsdimensionen einer verdich-

tenden Bewertung zugeführt werden. Diese über die Kernleistung hinausgehenden produkt- bzw. prozessbegleitenden Leistungen des Unternehmens werden als Zusatzleistungen zusammen mit den spezifischen Kernleistungen im Rahmen des betrieblichen *Gesamtleistungserfüllungsgrads*  $\eta_{gle}$  entsprechend der folgenden Berechnungsvorschrift ermittelt:

$$\eta_{gle} = W_{ser} \cdot \eta_{ser} + W_{log} \cdot \eta_{log} + W_{prod} \cdot \eta_{prod} + W_{val} \cdot \eta_{val} + W_{com} \cdot \eta_{com} \quad \text{Gleichung 4.54}$$

Damit ist als methodisches Zwischenergebnis zur Qualitätsbilanz die Möglichkeit geschaffen, eine systematische Bewertung sämtlicher Leistungen, die durch den Produktionsbetrieb in direktem und indirektem Produkt- sowie Prozessbezug erbracht werden, in Verbindung mit einer kundenspezifischen Gewichtung der einzelnen Qualitätsdimensionen auszuführen.

#### 4.4.1.3 Konzeption eines Korrekturfaktors

Vor dem Hintergrund, dass eine Bewertung der Unternehmensleistungen aus Kundensicht neben technisch-funktionalen sowie ökonomischen Faktoren auch von psychologischen Bewusstseinsprozessen und Verhaltensweisen der jeweiligen Kunden  $k$  determiniert wird /15/, erfolgt die Konzeption eines kundenspezifischen Korrekturfaktors. Dieser sichert einerseits die Reliabilität des Bewertungsansatzes und damit dessen Fähigkeit ab, unter ähnlichen Bedingungen möglichst gleiche Operationalisierungsergebnisse zu liefern. Andererseits soll durch den Einsatz und die Überprüfung des Korrekturfaktors auch die Validität gewährleistet sein, indem eine Gegenprobe möglich ist, ob der Bewertungsansatz kundenseitig die konzipierten Qualitätsdimensionen hinreichend operationalisiert. In diesem Kontext ist zu betonen, dass der Einsatz des Korrekturfaktors immer der unternehmensindividuellen Standardisierung unterliegen muss, um eine Verzerrung der kundenseitigen Bewertungen zu vermeiden. Dies lässt sich durch die regelmäßige Prüfung des Korrekturfaktors innerhalb der kontinuierlichen Anwendung des Bewertungsverfahrens z. B. in der Durchführung jährlicher Messwiederholungen in  $t_1, t_2, \dots, t_z$  realisieren.

Die Grundüberlegung zur inhaltlichen Gestaltung liegt darin, die kundenseitige Bewertung im Hinblick auf die einzelnen Qualitätsdimensionen und Beiwerte über die zugehörigen Beurteilungskomponenten mittels des Korrekturfaktors  $\varepsilon_k$  zu plausibilisieren. Die Inhalte dieser Plausibilitätsprüfung lassen sich durch eine Gesamtbeurteilung des Erwartungsabgleichs mit den Leistungen des Herstellers einerseits sowie durch eine zusammenfassende Einschätzung des existierenden Kunden-Lieferanten-Verhältnisses und damit der Geschäftsbeziehung andererseits charakterisieren. Zudem wird die Plausibilisierung durch eine Abwägung der Wahrscheinlichkeit einer Weiterempfehlung des Produktionsbetriebs durch den Kunden und ebenso durch die Beurteilung der Wahrscheinlichkeit der Substitution des Lieferanten aufgrund der Nichterfüllung von Begeisterungs-, Leistungs- und Basisanforderungen untermauert. Korrespondierend zur Konzeption der bewertungsrelevanten Beiwerte zur Operationalisierung der Produkt- und Prozesser-

gebnisse soll auch in Bezug auf den Korrekturfaktor  $\varepsilon_k$  die Möglichkeit gegeben werden, eine betriebsindividuelle Komponente zu implementieren. Eine zusammenfassende Darstellung der Komponenten und Charakteristika des *Korrekturfaktors*  $\varepsilon_k$  illustriert Bild 4-30.

| Inhalt und Struktur des Korrekturfaktors $\varepsilon_k$                                |  |   |                   |                 |                 |
|---|--|---|-------------------|-----------------|-----------------|
| Definition<br>Zweck   | Komponenten                            | Erläuterung der aus Sicht des Produktionsbetriebs relevanten Inhalte der Beiwertkomponenten           | Bezeichnung       | Produktattribut | Prozessattribut |
| spezifische Korrektur zur Absicherung der Ergebnisse aus Sicht des betrieblichen Kunden | Gesamterfüllung der Erwartungen        | ganzheitliche Bewertung des Erfüllungsgrads der kundenseitigen Erwartungen ohne Produkt-/Prozessbezug | $e_{kom1_k}$      | ○               | ○               |
|   | Kunden-Lieferanten-Beziehung           | Beurteilung des gegenwärtigen Geschäftsverhältnisses zwischen dem Kunden und dem Lieferanten          | $e_{kom2_k}$      |                 |                 |
|   | Weiterempfehlung an Dritte             | persönliche Bewertung der Wahrscheinlichkeit zur weiteren Empfehlung an andere Unternehmen            | $e_{kom3_k}$      |                 |                 |
|   | Substitution durch weitere Lieferanten | Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, Produkte und Prozesse bei anderen Lieferanten zu beziehen        | $e_{kom4_k}$      |                 |                 |
|   | betriebspezifische Komponente          | Möglichkeit zur Ergänzung und Berücksichtigung einer betriebspezifischen Bewertungskomponente         | $e_{kom\_betr_k}$ |                 |                 |

Bild 4-30: Festlegungen zum kundenindividuellen Korrekturfaktor

Ausgehend von der beschriebenen Zielsetzung zur inhaltlichen Konzeption des Korrekturfaktors und entsprechend der Darstellung in Bild 4-30 soll aus dieser selbst kein Produkt- oder Prozessbezug abgeleitet, sondern die immaterielle Beziehungsintensität zwischen Produktionsbetrieb und industriellem Abnehmer charakterisiert werden. Analog zur mathematischen Ermittlung der Erfüllungsgrade der Qualitätsdimensionen gestaltet sich auch die rechnerische Bestimmung des Korrekturfaktors, die folgendermaßen definiert ist:

$$\varepsilon_k = \begin{cases} 0, & \text{falls } \exists e_{g_k} \in \{e_{kom1_k}; e_{kom2_k}; e_{kom3_k}; e_{kom4_k}; e_{kom\_betr_k}\} \text{ mit } e_{g_k} = 0 \\ \frac{e_{kom1_k} + e_{kom2_k} + e_{kom3_k} + e_{kom4_k} + e_{kom\_betr_k}}{\sum \text{theor. max } \{e_{kom1_k}; e_{kom2_k}; e_{kom3_k}; e_{kom4_k}; e_{kom\_betr_k}\}} & \text{sonst} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4.55}$$

Der *Gesamtkorrekturfaktor*  $\varepsilon$  determiniert sich mittels der nachstehenden Gleichung:

$$\varepsilon = \frac{1}{k} \cdot \sum_k \varepsilon_k \quad \text{Gleichung 4.56}$$

Damit sind die Formulierung von Inhalt und Bestandteilen sowie die Festlegung zur Ermittlung des Korrekturfaktors abgeschlossen, sodass im nächsten Abschnitt die Gesamttaggregation der Kundenergebnisse erfolgen kann.

**4.4.1.4 Aggregation zum Kundenerfüllungsgrad**

Der Kundenerfüllungsgrad  $\eta_{ges}^{KU}$  ergibt sich unter Berücksichtigung des Gesamtleistungserfüllungsgrads sowie des Korrekturfaktors gemäß der nachstehenden Berechnungsvorschrift:

$$\eta_{ges}^{KU} = \frac{\eta_{gle} + W_{\epsilon} \cdot \epsilon}{1 + W_{\epsilon}} \tag{Gleichung 4.57}$$

Die Gewichtung des Korrekturfaktors  $w_{\epsilon}$  kann Werte aus dem Intervall [0; 1] annehmen und erlaubt damit eine wechselseitige Beeinflussung zwischen dem Gesamtleistungserfüllungsgrad und dem Korrekturfaktor. Grundsätzlich werden die drei in Bild 4-31 dargestellten Fälle zur Wahl des Gewichtungsfaktors unterschieden. Für die Problemstellung im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch von einem adäquaten Wertebereich im Hinblick auf Fall 2 ausgegangen und insofern dieser Wertebereich entsprechend eines gemäßigten Korrektoreinflusses präferiert.

| mögliche Differenzierung | Wertebereich für $w_{\epsilon}$ | qualitative Bedeutung der gewählten Gewichtung für den Kundenerfüllungsgrad |
|--------------------------|---------------------------------|---|
| Fall 1                   | [0; 0,2)                        | schwaches Korrektorniveau, kaum Beeinflussung                               |
| Fall 2                   | [0,2; 0,5)                      | gemäßigtes Korrektorniveau, begrenzte Beeinflussung                         |
| Fall 3                   | [0,5; 1,0]                      | hohes Korrektorniveau, ausgeprägte Beeinflussung                            |

*Bild 4-31: Fallunterscheidung zur Wahl der Gewichtung des Korrekturfaktors  $\epsilon$*

Somit ist die methodische Vorgehensweise beschrieben, um eine systematische Bewertung aller Leistungen, die durch den Produktionsbetrieb in direktem oder indirektem Produkt- oder Prozessbezug erbracht werden, ganzheitlich durchzuführen und die kundenseitigen Ergebnisse in die betriebliche Qualitätsbilanz weiter zu aggregieren. Forschungstheoretisch ist in diesem Kontext zu berücksichtigen, dass die Kunden eines Unternehmens natürliche Gruppen bilden, sodass eine Randomisierung, d. h. eine zufällige Auswahl der Kunden, die um ihre Bewertung gebeten werden, ebenso möglich ist wie eine Herangehensweise über ausgewählte Referenzkunden. Bezüglich der Generalisierbarkeit der Bewertungsergebnisse und damit der Ableitung einer Gestaltungsstrategie zur Produkt- oder Prozessoptimierung innerhalb der Qualitätscontrollingssystematik ist sicherzustellen, dass die Bewertungen der ausgewählten Kunden des Produktionsbetriebs für die Gesamtheit repräsentativ sind und dementsprechend der Umfang zur Durchführung der Kundenbewertungen nicht zu gering angelegt wird.

Als nächster Schritt nach der abgeschlossenen Verdichtung der kundenseitigen Bewertungsergebnisse erfolgt im Weiteren die Beschreibung der Aggregation prozessbezogener Ergebnisse.

## 4.4.2 Aggregation der Prozessergebnisse

Auf der Basis der in Abschnitt 4.3 vollzogenen Zerlegung des komplexen Produktionssystems des Unternehmens in einzelne Referenzprozessmodule erfolgt nachstehend zunächst eine Verdichtung der Effizienzanteile im Hinblick auf die Ermittlung der Nettowertschöpfung.

### 4.4.2.1 Ermittlung der Gesamtwertschöpfung

Mithilfe der Referenzprozessmodule ist es möglich, deren unterschiedliche Wertschöpfungs- bzw. Wertverlustanteile absolut zu quantifizieren. Damit ist die gesamte Bruttowertschöpfung eines Referenzprozessmoduls  $g$  in  $t$  aus Planwirk- und Realwirkanteilen wie folgt erchenbar:

$$BW_t^{RPM_g} = BW_{pl,t}^{RPM_g} + BW_{re,t}^{RPM_g} \quad \text{Gleichung 4.58}$$

Analog dazu ist der Gesamtwertverlust des Referenzprozessmoduls  $g$  in  $t$  folgendermaßen definiert:

$$WV_t^{RPM_g} = WV_{fe,t}^{RPM_g} + WV_{zu,t}^{RPM_g} \quad \text{Gleichung 4.59}$$

Hieraus resultiert zusammenfassend der tatsächlich erbrachte Wertschöpfungsbeitrag als Nettowertschöpfung des Referenzprozessmoduls  $g$  in  $t$  gemäß der nachstehenden Gleichung:

$$NW_t^{RPM_g} = BW_t^{RPM_g} - WV_t^{RPM_g} \quad \text{Gleichung 4.60}$$

Die absolute Höhe der Nettowertschöpfung innerhalb der Referenzprozessmodule ist jedoch nicht hinreichend geeignet, um Maßnahmen abzuleiten und diese über Investitionsrechenarten zu bewerten. Zudem kann die aggregierte Nettowertschöpfung keine funktional-technischen sowie ökonomischen Risiken aufzeigen. Aus diesem Grund erfolgt im Anschluss eine systematische Zuordnung von Fehlern und Risikopotenzialen zu den Referenzprozessmodulen.

### 4.4.2.2 Methodische Erweiterung der FMEA-Systematik

Die methodische Grundlage zur Ermittlung der prozessbezogenen Einzeldaten bildet zunächst eine Differenzierung der Wertverluste aus Fehl- und Zusatzanteilen im komplexen Produktionssystem des Unternehmens. Dazu ist der bisher gewählte Produkt- bzw. Produktgruppenbezug um einen Fokus auf spezifische Einzelfehler zur Bewertung des monetären Wertverlusts zu ergänzen. Diese Erweiterung erfolgt vor dem Hintergrund der Spezifika aus Chargenfertigung, da bei Auftritt eines schadhaften Produkts zumeist ganze Chargen und damit erhebliche Erzeugnismengen aufzuarbeiten oder zu vernichten sind und das zugehörige Risikopotenzial dementsprechend umfassend im Sinne einer technisch-ökonomischen Betrachtung zu beurteilen ist.

Zudem soll bei der Aggregation der Prozessergebnisse auch dem Gedanken der systematischen Möglichkeit zur Beseitigung und Prävention einzelner Fehler nach Art und Menge ausreichend Rechnung getragen werden, was eine Betrachtung der Referenzprozessmodule auf deren Fehlerrelevanz hin erforderlich macht. Hierbei folgt das gewählte Vorgehen dem Grundprinzip der Durchführung einer Prozess-FMEA, deren fundamentales Ziel darin liegt, eine Abschätzung des Fehlerrisikos bei Prozessen vorzunehmen, um gezielt Abstellmaßnahmen ergreifen zu können. Dazu werden potenzielle Fehlermöglichkeiten bezüglich ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit, der Bedeutung ihrer Folgen für den Anwender oder Benutzer sowie der Wahrscheinlichkeit der Fehlerentdeckung beurteilt, wobei das mathematische Produkt dieser drei Einzelbewertungszahlen als Risikoprioritätszahl eine Fehlerbeurteilung ermöglicht. Auf die ausführliche Beschreibung der inhaltlichen Anwendung der Prozess-FMEA wird im Rahmen dieser Arbeit indes verzichtet und auf die Ausführungen zur FMEA in der Literatur, z. B. bei GEIGER /63/, verwiesen.

Da die FMEA jedoch keine monetäre Fehlerbewertung ermöglicht /147/, wird im Hinblick auf die Aggregation der Prozessergebnisse eine für den vorliegenden Gegenstandsbereich erforderliche inhaltliche Modifizierungsform konzipiert. Diese berücksichtigt, über die grundsätzlich notwendige monetäre Bewertung anhand von Wertverlusten einzelner Fehlerarten hinausgehend, zudem auch die hohe Komplexität der Produktionssystemstruktur durch eine strukturierte Informationsbereitstellung zu einzelnen Fehlern und gestattet demzufolge eine spezifizierte Gesamtrisikobeurteilung über die Integration aller Bewertungsdimensionen. Das weitere Vorgehen orientiert sich dabei an der überblicksweisen Darstellung in Bild 4-32.

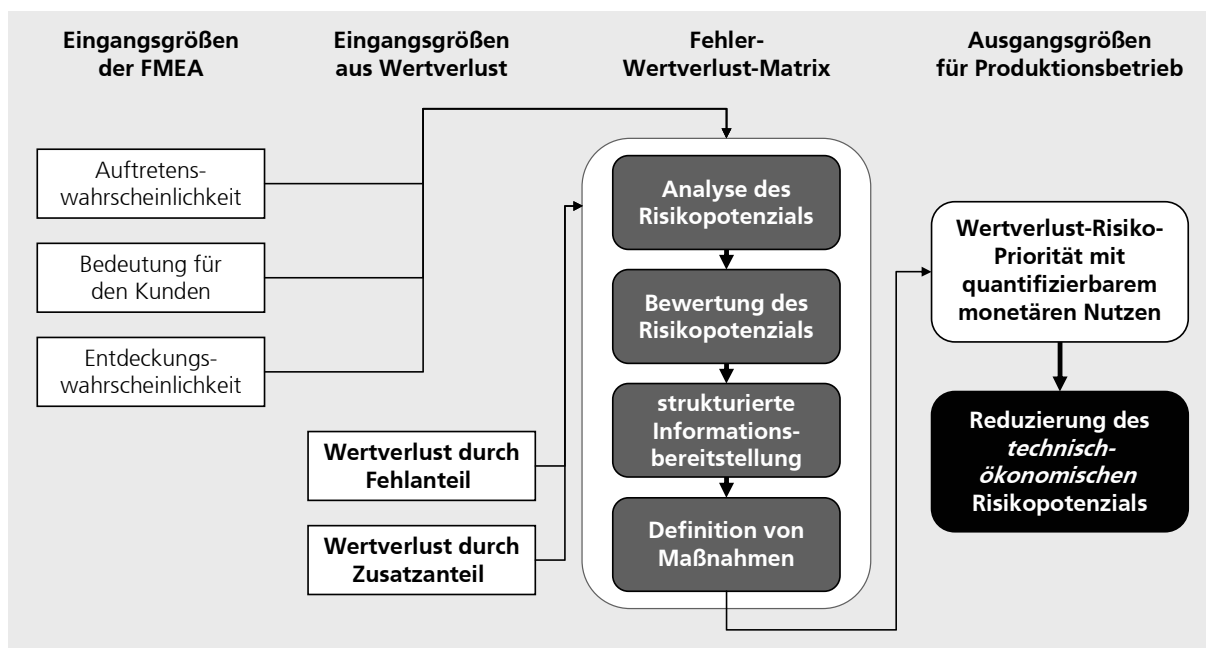


Bild 4-32: Schematischer Ablauf der spezifisch erweiterten FMEA-Systematik

**4.4.2.3 Ermittlung der produktspezifischen Abhängigkeitsrelation**

Vor der Anwendung des Verfahrens sind gemäß der gewählten Vorgehensweise zur Konfiguration von Referenzprozessmodulen aus Abschnitt 4.3.3 die fehlerspezifischen Interdependenzen zwischen den Prozessen und Erzeugnissen des Unternehmens systematisch aufzuzeigen. Die Grundlage dafür bildet die Erstellung einer Zuordnungsmatrix von Produktgruppen zu Referenzprozessmodulen, wobei sich diese unmittelbar aus der Differenzierung der einzelnen Referenzprozessmodule ableiten lässt, indem die Zuweisung der jeweiligen Produktgruppen zu den Modulen herangezogen wird. In Erweiterung dazu sind im Sinne der Qualitätsvorausplanung jedoch auch Produktgruppen zu betrachten, die innerhalb der gleichen Referenzprozessmodule entsprechend der exemplarischen Darstellung in Bild 4-33 allgemein bearbeitet werden können.

| Referenzprozessmodul (RPM) | RPM 1 | RPM 2 | RPM 3 | RPM 4 | ... | ... | ... | ... | RPM z |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|
| Duschbad                   |       | ■     | ■     |       |     |     |     |     | ■     |
| Handcreme                  | ■     |       |       |       | ■   |     |     | ■   |       |
| Badezusätze                |       | ■     |       |       |     | ■   |     |     | ■     |
| Lotionen                   |       |       |       | ■     | ■   |     |     |     | ■     |
| Seife                      |       |       |       | ■     |     |     |     |     | ■     |
| Syndets                    | ■     |       |       |       |     | ■   |     |     |       |
| Reinigungsmilch            |       |       |       |       |     | ■   |     |     | ■     |
| Pflegezusätze              |       |       |       |       |     |     | ■   | ■   |       |

Bild 4-33: Exemplarische Zuordnungsmatrix von Produktgruppen zu Referenzprozessmodulen

Hierbei ist nicht danach zu unterscheiden, ob es sich bei den Interdependenzen um Alternativvorgänge handelt, sondern es ist lediglich eine Bestimmung notwendig, ob eine Wechselbeziehung im Sinne einer binären Zuordnung zwischen Referenzprozessmodul und Produkt besteht.

**4.4.2.4 Ermittlung der fehlerspezifischen Abhängigkeitsrelation**

Unter Berücksichtigung der getroffenen rechnerischen Zuordnungsvorschrift für Wertverluste ist zudem eine fehlerspezifische Auftrennung in Fehl- und Zusatzanteile erforderlich, um eine adäquate Bewertung sowohl interner als auch externer Risikopotenziale durchführen zu können. Im Rahmen eines notwendigen Vorbereitungsschrittes ist daher zunächst eine strukturierte Klassifizierung der produktbezogenen Fehler des Unternehmens nach einzelnen Fehlerarten sowie deren Ausprägungen erforderlich. Vor dem Hintergrund des technisch-funktionalen sowie wirtschaftlichen Risikos wird entsprechend der bei der Strukturierung des Ansatzes berücksichtigten Anforderungen ein Fehler als unzulässige Grenzabweichung mindestens eines Merkmals der Erzeugniseinheit infolge beispielsweise physikalischer oder chemischer Bezugswertdifferenzen definiert /190/. Im Weiteren ist in Analogie zur Zuordnung von Produktgruppen zu Referenzprozessmodulen ein Aufzeigen der Wechselwirkung zwischen den klassifizierten Fehlerarten und Einzelfehlerausprägungen einerseits sowie den Produkten andererseits notwendig. Dabei sind unter dem Begriff der Einzelfehlerausprägung primär produktbezogene Fehler zu verstehen, die



sich exemplarisch bei Pulverlackprodukten als unzulässige Grenzabweichung von Lackteilchen nach deren Größe und Anteil manifestieren. In sekundärer Betrachtung werden verfahrens- oder organisationsbezogene Fehler, die sich etwa durch beschädigte, verschmutzte oder vertauschte Lackbinde charakterisieren lassen, unter einer eigenständigen Fehlerkategorie als allgemein produktbezogen klassifiziert. Den methodischen Rahmen zur Erarbeitung der dargelegten Abhängigkeiten bildet die in Bild 4-34 skizzierte Fehler-Produkt-Matrix des Produktionsbetriebs.

| Fehlerart \ Produktgruppe       | Produktgruppe A |             | Produktgruppe B |             | ... |     | Produktgruppe Y |     |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----|-----|-----------------|-----|
|                                 | Produkt a1      | Produkt ... | Produkt b1      | Produkt ... | ... | ... | Produkt y1      | ... |
| <b>Fehlerklasse 1/Produkt</b>   |                 |             |                 |             |     |     |                 |     |
| Einzelfehler 11                 | ■               | ■           |                 |             | ■   | ■   | ■               | ■   |
| Einzelfehler 12                 | ■               | ■           |                 |             |     |     | ■               | ■   |
| ...                             |                 |             |                 |             |     |     |                 |     |
| <b>Fehlerklasse 2/Produkt</b>   |                 |             |                 |             |     |     |                 |     |
| Einzelfehler 21                 |                 | ■           | ■               | ■           |     |     | ■               | ■   |
| Einzelfehler 22                 |                 |             | ■               | ■           |     |     |                 |     |
| ...                             |                 |             |                 |             |     |     |                 |     |
| <b>Fehlerklasse Z/Verfahren</b> |                 |             |                 |             |     |     |                 |     |
| Einzelfehler z1                 | ■               | ■           |                 |             | ■   | ■   | ■               | ■   |
| Einzelfehler z2                 | ■               | ■           | ■               | ■           | ■   | ■   |                 |     |
| ...                             |                 |             |                 |             |     |     |                 |     |

Bild 4-34: Schematische Darstellung der Fehler-Produkt-Matrix

Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, um den konzipierten Grobablauf der spezifisch erweiterten FMEA-Systematik inhaltlich ausgestalten zu können. Der Ansatz folgt damit methodisch der geforderten Zerlegung von Referenzprozessmodulen zu Produktgruppen, die wiederum eine Zuweisung zu Fehlerkategorien und Einzelfehlerausprägungen erfahren.

**4.4.2.5 Aggregation der Erkenntnisse in der Fehler-Wertverlust-Matrix**

Gemäß der Darstellung in Bild 4-32 wird eine mehrstufige Vorgehensweise im Hinblick auf die Ermittlung der Eingangsgrößen sowie die strukturierte Informationsbereitstellung zur Anfertigung der Fehler-Wertverlust-Matrix über die im Folgenden beschriebenen vier Schritte gewählt.

Die Ermittlung der *Eingangsgrößen aus der FMEA-Systematik* charakterisiert dementsprechend den ersten Schritt, wobei hier die Fehlerkriterien wie folgt Berücksichtigung finden:

- *Auftretenswahrscheinlichkeit des Fehlers (A)*: Hierbei ist im Kontext des Ansatzes die Auftretenswahrscheinlichkeit über die gesamten Bearbeitungsschritte in den einzelnen Referenzprozessmodulen zu berücksichtigen.
- *Bedeutung der Fehlerauswirkungen (B)*: Die Beurteilung der Fehlerrelevanz orientiert sich entsprechend den Festlegungen aus /37/ an der Kritizität der Fehlerauswirkung für den betrieblichen Benutzer bzw. Abnehmer und wird über einen Zuordnungsfaktor vollzogen.

- *Entdeckungswahrscheinlichkeit des Fehlers (E)*: Als Gegenereignis zum Durchschlupf eines Fehlers bewertet die Entdeckungsmöglichkeit, wie umfassend eine unzulässige Grenzabweichung in den Referenzprozessmodulen über vorhandene Mess- und Prüfeinrichtungen detektierbar ist und der Fehler damit in letztlcher Konsequenz nicht zu den Kunden gelangt.

Im zweiten Schritt vollzieht sich die Bestimmung der über die FMEA-Systematik hinausgehenden *monetär quantifizierbaren Eingangsgrößen*, wie nachstehend beschrieben:

- *Tragweite des Wertverlusts aus Fehlanteilen (F)*: Die Bewertung dieser ökonomischen Dimension erfolgt über monetär festgelegte Grenzwerte und beurteilt die wirtschaftliche Bedeutung des jeweiligen Wertverlusts aus Fehlanteilen über eine entsprechende Zuordnungszahl.
- *Ausmaß des Wertverlusts aus unternehmensinternen Zusatzanteilen (ZI)*: Die wirtschaftliche Konsequenz von ungeplanten Zusatzanteilen, die etwa durch die Aufarbeitung von Erzeugnissen entstehen, wird im Ausmaß dieser Wertverlustart ermittelt und betrifft ausschließlich unternehmensintern zuordenbare Zusatzanteile.
- *Ausmaß des Wertverlusts aus unternehmensexternen Zusatzanteilen (ZE)*: In Analogie zur Beurteilung der unternehmensinternen Zusatzanteile erfolgt die Bewertung des unternehmensexternen Anteils ebenfalls unter Festlegung einer entsprechenden Zuordnungszahl, um die ökonomischen Risiken aus z. B. Gewährleistungs- und Kulanzanforderungen methodisch bestimmen zu können.

Der dritte Schritt lässt sich durch die *strukturierte Bereitstellung von Informationen* aus den Prozess-Produkt-Abhängigkeiten einerseits sowie den Produkt-Fehler-Interdependenzen andererseits charakterisieren. Das Ziel dieser Informationsbereitstellung liegt darin, systematisch Wissen über diese Zusammenhänge innerhalb der Fehler-Wertverlust-Matrix zu bündeln und für die Entscheidungsunterstützung im Hinblick auf die Einleitung von Abstell- und Präventivmaßnahmen schlüssig zur Verfügung zu stellen. Diese Informationen zur Entscheidungsunterstützung lassen sich gemäß der folgenden Differenzierung gliedern:

- *Definition der fehlerspezifisch eingesetzten Mess- und Prüfverfahren*: Hierbei erfolgt die Beurteilung, welche Verfahren und Anlagen an welchen Positionen in den Referenzprozessmodulen im Einsatz sind, um unzulässige Grenzabweichungen zu erkennen, und in welchem Maße die Fehler durch automatisierte oder lediglich manuelle Prüfschritte feststellbar sind.
- *Bewertung der Fehlerabhängigkeit*: Es erfolgt eine Bestimmung der wesentlichen Verfahrensparameter, von denen die Entstehung der Fehler im Referenzprozessmodul abhängt.
- *Zuordnung der Entstehungsorte sowie der Ursachen*: In Ergänzung zu vorgenanntem Gesichtspunkt werden zusätzlich die Lokalisierung der Fehlerentstehung sowie die Bewertung bereits bekannter sowie zusätzlicher potenzieller Fehlerursachen in die Matrix einbezogen.

- *Existenz einer spezifischen Erzeugnisabhängigkeit:* In diesem Kontext erfolgt die Prüfung und Festlegung, ob eine unzulässige Grenzabweichung eines Merkmals eine Abhängigkeit zu ausschließlich punktuell fixierbaren Einzelpositionen aufweist und dementsprechend eine darauf angepasste Maßnahmenfestlegung und -beurteilung sinnvoll ist.
- *Gesamtmenge an Fehlerdurchschlupf:* Diese ermittelt sich aus der Gesamtdurchschlupfquote eines Fehlers innerhalb einer Periode t und der in dieser Zeit hergestellten Erzeugnismenge mit dem Ziel, der gesamten Fehlerdurchschlupfmenge ein Risikopotenzial zuzuordnen.

Der vierte Schritt dient abschließend der Aggregation der eingehenden Größen und umfasst die nachstehend beschriebenen Kriterien:

- *Summe des Wertverlusts:* Die zugehörige monetäre Quantifizierung errechnet sich über die Gesamtheit aller fehlerbezogenen Teilverluste.
- *Wertverlust-Risiko-Priorität:* Diese Gesamtbewertungszahl ergibt sich rechnerisch aus den Eingangsgrößen der FMEA-Kriterien sowie der monetären Bewertungsdimensionen.

Eine zusammenfassende Veranschaulichung der Fehler-Wertverlust-Matrix illustriert Bild 4-35.

| Risikokriterien<br>Fehlerart    | FMEA-Kriterien |           |            | monetäre Kriterien |                     |                     | Entscheidungsbeitrag |   |                   | Auswertung         |                              |
|---------------------------------|----------------|-----------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---|-------------------|--------------------|------------------------------|
|                                 | Auftreten      | Bedeutung | Entdeckung | Fehlanteil         | Zusatzanteil intern | Zusatzanteil extern | Prüfverfahren        | : | Durchschlupfmenge | Wertverlust gesamt | Wertverlust-Risiko-Priorität |
| <b>Fehlerklasse 1/Produkt</b>   |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| Einzelfehler 11                 |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| Einzelfehler 12                 |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| ...                             |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| <b>Fehlerklasse 2/Produkt</b>   |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| Einzelfehler 21                 |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| Einzelfehler 22                 |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| ...                             |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| <b>Fehlerklasse Z/Verfahren</b> |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| Einzelfehler z1                 |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| Einzelfehler z2                 |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |
| ...                             |                |           |            |                    |                     |                     |                      |   |                   |                    |                              |

Bild 4-35: Fehler-Wertverlust-Matrix mit Darstellung der Kategorien zur Risikobewertung

Um dem ganzheitlichen Charakter einer technisch-ökonomischen Risikoanalyse gerecht zu werden, erfolgt im Weiteren die Festlegung der Ermittlungsvorschriften für die Einzelbewertungen sowie für deren Gesamtintegration in die Fehler-Wertverlust-Matrix des Produktionsbetriebs.

#### 4.4.2.6 Bewertung der fehlerspezifischen Relevanz

Die Einzelbewertungen der FMEA-Eingangsgrößen erfolgen gemäß der gebräuchlichen Beurteilung der Auftretenswahrscheinlichkeit (A), der Fehlerbedeutung (B) sowie der Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) anhand einer Werteskala von 1 bis 10. Diese zahlenmäßigen Zuordnungen sind semantisch hinterlegt, wobei der Wert 10 jeweils die ungünstigste Situation bezüglich eines Fehlers charakterisiert. Für die zudem definierten Beurteilungskriterien werden fehlerspezifische Bewertungsvorschriften zur Transformation monetärer Beträge zu quantitativen Größen festgelegt. Der Gesamtwertverlust der Ausprägung eines Fehlers  $i$  in Periode  $t$  ermittelt sich über alle zuordenbaren Fehl- und Zusatzanteile im Referenzprozessmodul  $g$ , wie nachfolgend definiert:

$$WV_{i,t}^{Fehler} = \sum_{g=1}^R \mu_{g,i,t}^{fe} \cdot WV_{fe,t}^{RPMg} + \mu_{g,i,t}^{int} \cdot WV_{zu,t}^{RPMg} + \mu_{g,i,t}^{ext} \cdot WV_{zu,t}^{RPMg} \quad \text{Gleichung 4.61}$$

mit:

- $\mu_{g,i,t}^{fe}$  : fehlerspezifisches Gewicht bezüglich des gesamten Fehlanteils
- $\mu_{g,i,t}^{int}$  : fehlerspezifisches Gewicht bezüglich des gesamten internen Zusatzanteils
- $\mu_{g,i,t}^{ext}$  : fehlerspezifisches Gewicht bezüglich des gesamten externen Zusatzanteils

Damit lassen sich die Einzelkomponenten gemäß der nachstehenden Gleichungen bestimmen:

$$WV_{i,t,fe}^{Fehler} = \sum_{g=1}^R \mu_{g,i,t}^{fe} \cdot WV_{fe,t}^{RPMg} \quad \text{Gleichung 4.62}$$

$$WV_{i,t,zu\_int}^{Fehler} = \sum_{g=1}^R \mu_{g,i,t}^{int} \cdot WV_{zu,t}^{RPMg} \quad \text{Gleichung 4.63}$$

$$WV_{i,t,zu\_ext}^{Fehler} = \sum_{g=1}^R \mu_{g,i,t}^{ext} \cdot WV_{zu,t}^{RPMg} \quad \text{Gleichung 4.64}$$

Die Zuordnungszahlen BG zur ökonomischen Risikobewertung werden damit wie folgt definiert:

$$BG(M_A) := \begin{cases} 1, & \text{falls gilt : } 0 \leq M_A \leq O_1 \\ 2, & \text{falls gilt : } O_1 < M_A \leq O_2 \\ 3, & \text{falls gilt : } M_A > O_2 \end{cases} \quad \forall BG \in \{F; ZI; ZE\} \quad \text{Formel 4.16}$$

mit:

$$M_A \in \left\{ \text{WV}_{i,t,fe}^{\text{Fehler}} ; \text{WV}_{i,t,zu\_int}^{\text{Fehler}} ; \text{WV}_{i,t,zu\_ext}^{\text{Fehler}} \right\} \quad \text{Formel 4.17}$$

Unter Verwendung dieser Vorschrift zur Festlegung der Zuordnungszahlen lässt sich das Gesamtrisikopotenzial in der Fehler-Verlust-Matrix, wie nachfolgend beschrieben, ermitteln.

#### 4.4.2.7 Zuordnung der Bewertung zur Fehler-Wertverlust-Matrix

Die Bestimmungszahl der Wertverlust-Risiko-Priorität bezüglich der Ausprägung des Fehlers  $i$  errechnet sich aus allen Risikokriterien gemäß der nachstehenden Gleichung:

$$WRP(i) = A(i) \cdot B(i) \cdot E(i) \cdot F(i) \cdot ZI(i) \cdot ZE(i) \quad \text{Gleichung 4.65}$$

Damit ist die Möglichkeit geschaffen, aus definierten Eingangsgrößen über eine methodische Entscheidungsunterstützung eine gezielte Bewertung des technisch-ökonomischen Risikos von Fehlerausprägungen durchführen zu können. Die Zielsetzung einer derartigen Bewertung liegt jedoch nicht darin, Abläufe zu definieren, die bei der Entscheidung, ob eine Risikominimierung überhaupt durchzuführen ist, zur Anwendung kommen. Kritische Fehler sind insofern grundsätzlich zu beseitigen. Das Grundverständnis der Qualitätscontrollingsystematik besteht darin, dass konformitäts- und nonkonformitätsbezogene Entscheidungen immer auf Basis des fehlerspezifisch ermittelten Risikozustands zu treffen sind. Dazu leistet die in der Fehler-Wertverlust-Matrix angewendete Erweiterung der FMEA-Systematik eine strukturierte Entscheidungshilfe zur Bewertung von Investitionsmaßnahmen. In der Konsequenz sind die in der Praxis begrenzten Finanzmittel in die Maßnahmen zu investieren, die im Hinblick auf die kundenseitigen Begeisterungsanforderungen an Produkte und Prozesse die größte Kapitalverzinsung erbringen.

Im Hinblick auf die Bestimmungszahl der Wertverlust-Risiko-Priorität wird von einer fixen Abgrenzung monetärer Wertebereiche  $M_A$  innerhalb der Zuordnungsvorschrift und der starren Festlegung einer Mindestausprägung explizit abgesehen. Dies begründet sich dadurch, dass eine solche Abgrenzung bzw. Festlegung den Einsatzbereich der Qualitätscontrollingsystematik angesichts verschiedenartiger betrieblicher Gegebenheiten und wirtschaftlicher Rahmendaten beschränken würde. Ein diesbezüglicher Toleranzbereich ist bei der Ausführung des Verfahrens gemäß der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten sowie der kundenseitigen Ergebnisse im Rahmen der Vorgehensweise zur Ermittlung einer Gestaltungsstrategie in Abschnitt 4.5 festzusetzen. Die inhaltliche Erstellung und rechnerische Bewertung der umfassenden Fehler-Wertverlust-Matrix lässt sich über Standardsoftwareapplikationen zur Generierung und Verwaltung von Datenbanken gemäß der im Anhang 9.2 illustrierten Benutzeroberflächen realisieren.

#### 4.4.2.8 Aggregation der Referenzprozessmodule

Für die Erstellung der qualitätsspezifischen Prozessbilanz ist die Aggregation der bewerteten Referenzprozessmodule über die folgenden Schritte erforderlich. Bezeichnet in diesem Kontext

$$R = \{RPM_1, \dots, RPM_G\} \quad : \quad \text{Menge der Referenzprozessmodule } RPM_g$$

$$X = \{x_1, \dots, x_\tau\} \quad : \quad \text{Menge der Produkte } x_j,$$

so lässt sich ein Referenzprozess  $m$  als Teilmenge aller Referenzprozessmodule charakterisieren, in denen eine Bearbeitung eines Produkts  $x_j$  stattfindet:

$$RP_m := \{RP_m \subset R \mid RP_m \cap X \neq \{\emptyset\}\} \quad \text{Formel 4.18}$$

Die Ermittlung der zeitbezogenen Effektivität des Referenzprozesses kann damit über die zusammenfassende Berechnung dessen einzelner Zeitanteile und Wertschöpfungsbeitragsgrade nach Abschnitt 4.3.2.6 entsprechend der nachstehenden Zuordnungsvorschriften erfolgen:

$$t_{spez}^{RP_m} = \sum_{g=1}^{|RP_m|} t_{spez}^{RPM_g} \quad \forall t_{spez}^{RP_m} \in \{t_{FAD}^{RP_m}, t_{ZAD}^{RP_m}, t_{SAD}^{RP_m}, t_{RAD}^{RP_m}, t_{PAD}^{RP_m}\} \quad \wedge$$

$$t_{spez}^{RPM_g} \in \{t_{FAD}^{RPM_g}, t_{ZAD}^{RPM_g}, t_{SAD}^{RPM_g}, t_{RAD}^{RPM_g}, t_{PAD}^{RPM_g}\} \quad \text{Gleichung 4.66}$$

$$\eta_{wb}^{RP_m} = \frac{1}{|RP_m|} \cdot \sum_{g=1}^{|RP_m|} \eta_{wb}^{RPM_g} \quad \text{Gleichung 4.67}$$

Neben diesen zeitbezogenen Beurteilungsgrößen des Referenzprozesses wird im nächsten Schritt eine ganzheitliche Ermittlung der Nettowertschöpfung aus den Referenzprozessmodulen vollzogen. Die Nettowertschöpfung des Referenzprozesses  $m$  in Periode  $t$  ist wie folgt definiert:

$$NW_t^{RP_m} = \sum_{g=1}^{|RP_m|} BW_t^{RPM_g} - \sum_{g=1}^{|RP_m|} WV_t^{RPM_g} \quad \text{Gleichung 4.68}$$

Wie bereits bei der prozesseitigen Operationalisierung diskutiert, ist ein geplanter Stützanteil bei der Quantifizierung der Nettowertschöpfung nicht beinhaltet. Dies könnte zu Verzerrungen bei der ausschließlich absoluten Wertschöpfungsbetrachtung in der Prozessbilanz führen. Daher wird für den spezifischen Grad der Effizienz des Referenzprozesses im Weiteren dessen Relation zum bewerteten Ressourceneinsatz  $r$  in Periode  $t$  mithilfe der folgenden Festlegung ermittelt:

$$EZ_t^{RP_m} = \frac{NW_t^{RP_m}}{\sum_{r=1}^z \text{eingesetzte Ressourcen } r \text{ in } RP_m \text{ in } t}$$

Gleichung 4.69

### 4.4.3 Erstellung der ganzheitlichen Qualitätsbilanz

Auf der Grundlage der durchgeführten Aggregationsschritte ist im Weiteren zunächst ein Kontenrahmen zu formulieren, der die methodische Basis für die Gestaltung der Betriebsbilanz festlegt. Entsprechend der Zielformulierung für den Ansatz in Abschnitt 2 lassen sich an diesen Kontenrahmen die folgenden Anforderungen stellen:

- Die Erfassung aller input- und outputbezogenen Bewertungsergebnisse soll systematisch in Form einer durchgängigen Kontierung erfolgen.
- Der Kontenrahmen soll für die Erarbeitung einer Gestaltungsstrategie in  $t_0$  sowie nach sich wiederholenden Zeitabständen in  $t_1, t_2, \dots, t_z$  eine Generalisierung garantieren, um eine kontinuierliche Anwendbarkeit des Verfahrens sicherstellen zu können.
- Der Erfassungszeitraum hat einheitlich ein festgelegtes Betrachtungsintervall (z. B. das Geschäftsjahr) zu umfassen und für alle Bilanzpositionen verbindlich zu sein.
- Die Qualitätsbilanz muss auf der Basis von Prozess- und Produktbilanz einen hinreichenden Detaillierungsgrad gewährleisten und damit als Sach- und Wirkbilanz kategorisierbar sein.

Diesen Anforderungen trägt das Vorgehen dahingehend Rechnung, dass über einen kaskadenförmigen Aufbau die Integrationsfähigkeit von Prozess- und Produktbilanz sichergestellt wird. Diese beiden Bilanzarten werden im nächsten Unterkapitel inhaltlich definiert.

#### 4.4.3.1 Formulierung der Prozessbilanz

Die Ausgestaltung der Prozessbilanz des Produktionsbetriebs stellt einen sachlogischen Zusammenhang zwischen der unternehmensinternen Bewertung und der -externen Beurteilung über die kundenseitig einschätzbaren Prozessattribute her, um die aggregierten Referenzprozessmodule zusätzlich im Hinblick auf die Erfüllung von Begeisterungsanforderungen einschätzen zu können. Bezeichnet in diesem inhaltlichen Kontext

$$\begin{aligned}
 F &= \{f_1, \dots, f_q\} & : & \text{Menge aller Referenzprozesse } f_m \\
 B &= \{b_1, \dots, b_r\} & : & \text{Menge aller Beiwertkomponenten } b_l \\
 p_{ml} &= b_l(f_m) & : & \text{Erfüllungsgrad einer Beiwertkomponente } b_l \text{ hinsichtlich } f_m,
 \end{aligned}$$

so definiert sich eine Zuordnungsvorschrift  $P := (p_{ml})$  für alle Referenzprozesse  $f_m$  wie folgt:

$$P := \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1r} \\ \vdots & p_{ml} & \vdots \\ p_{q1} & \dots & p_{qr} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} b_1(f_1) & \dots & b_r(f_1) \\ \vdots & b_l(f_m) & \vdots \\ b_1(f_q) & \dots & b_r(f_q) \end{bmatrix} \quad \text{Formel 4.19}$$

Zur weiteren Verknüpfung erfolgt die Bildung nachstehender Teilmengen, die sich über die aus der Operationalisierung der externen Ergebnisse den einzelnen Referenzprozessen direkt oder indirekt zuordenbaren Beiwertkomponenten charakterisieren lassen:

$$F := \bigcup_m RP_m \quad \text{Formel 4.20}$$

$$F_z := \{F_z \subset F \mid F_z \cap B \neq \{\emptyset\}\} \quad \text{Formel 4.21}$$

$$B_z := \{B_z \subset B \mid B_z \cap F \neq \{\emptyset\}\} \quad \text{Formel 4.22}$$

Für die referenzprozessbezogene Zuordnungsvorschrift  $\hat{P}_z$  lässt sich allgemein bestimmen:

$$\hat{P}_z = \frac{1}{|F_z| + |B_z|} \cdot \sum_{m=1}^{|F_z|} \sum_{l=1}^{|B_z|} p_{ml} \quad \text{Gleichung 4.70}$$

Die innerhalb des Verfahrens definierten und unternehmensseitig erweiterbaren Beiwertkomponenten lassen sich damit zur Beurteilung der spezifizierten Referenzprozesse des Produktionsbetriebs heranziehen. Die visuelle Darstellung der betrieblichen Prozessbilanz erfolgt im Rahmen einer Matrix gemäß der skizzierten Ausführungsform in Bild 4-36.

| Kriterien \ Prozesse        | Effektivität |      |     |      |           |      |             |      | $\eta_{ser}$ |      | ... |      | $\eta_{val}$ |      | Effizienz |      |     |      |     |      |  |
|-----------------------------|--------------|------|-----|------|-----------|------|-------------|------|--------------|------|-----|------|--------------|------|-----------|------|-----|------|-----|------|--|
|                             | $t_{PAD}$    |      | ... |      | $t_{ZAD}$ |      | $\eta_{wb}$ |      | AG           |      | ... |      | RG           |      | BW        |      | WV  |      | EZ  |      |  |
|                             | Ist          | Soll | Ist | Soll | Ist       | Soll | Ist         | Soll | Ist          | Soll | Ist | Soll | Ist          | Soll | Ist       | Soll | Ist | Soll | Ist | Soll |  |
| <b>Referenzprozess 1/A</b>  |              |      |     |      |           |      |             |      |              |      |     |      |              |      |           |      |     |      |     |      |  |
| Referenzprozessmodul 1      |              |      |     |      |           |      |             |      | -            | -    | -   | -    | -            | -    |           |      |     |      | -   | -    |  |
| Referenzprozessmodul 2      |              |      |     |      |           |      |             |      | -            | -    | -   | -    | -            | -    |           |      |     |      | -   | -    |  |
| Referenzprozessmodul 3      |              |      |     |      |           |      |             |      | -            | -    | -   | -    | -            | -    |           |      |     |      | -   | -    |  |
| ...                         |              |      |     |      |           |      |             |      |              |      |     |      |              |      |           |      |     |      |     |      |  |
| <b>Referenzprozess 10/B</b> |              |      |     |      |           |      |             |      |              |      |     |      |              |      |           |      |     |      |     |      |  |
| Referenzprozessmodul 10     |              |      |     |      |           |      |             |      | -            | -    | -   | -    | -            | -    |           |      |     |      | -   | -    |  |
| Referenzprozessmodul 11     |              |      |     |      |           |      |             |      | -            | -    | -   | -    | -            | -    |           |      |     |      | -   | -    |  |
| ...                         |              |      |     |      |           |      |             |      |              |      |     |      |              |      |           |      |     |      |     |      |  |

Bild 4-36: Prozessbilanz in schematischer Matrixdarstellung



In der Matrix sind den jeweiligen Referenzprozessen im Hinblick auf die einzelnen Kriterien neben den Ist-Werten auch Soll-Werte zuweisbar, damit ein Anspruchsniveau dokumentierbar ist. Die Ist-Werte entsprechen den anhand der Zuordnungsvorschrift ermittelten Beurteilungsgrößen aus Effektivitätszeitanteilen, den über die Qualitätsdimensionen zurechenbaren Beiwerten sowie den Effizienzbetrachtungen innerhalb des Referenzprozesses. Hierbei ist gemäß der Darstellung in Bild 4-36 anzumerken, dass eine Zuordnung kundenbezogener Qualitätsdimensionen aus Gründen der Transparenz sowie der Praktikabilität explizit nur auf die Ebene der Referenzprozesse erfolgt, sodass die einzelnen Referenzprozessmodule als nicht bewertbar markiert sind. Entsprechend der gewählten Strukturierung schließt sich die Definition der Produktbilanz an.

#### 4.4.3.2 Formulierung der Produktbilanz

Die qualitätsspezifische Produktbilanz analysiert die kundenseitig wahrnehmbaren Qualitätsausprägungen einzelner Produkte  $x_j$  und verfolgt die Zielsetzung, mehrere Produkte miteinander zu vergleichen und solche mit der höchsten Ausprägung im Sinne von Begeisterungsanforderungen ausfindig zu machen. Um aufgrund der Vielzahl der Einzelergebnisse einen Überblick zu gewährleisten und allgemeingültige Aussagen ableiten zu können, ist eine sachlogische und eine grafische Verdichtung erforderlich. Bezeichnet in diesem Zusammenhang

$$o_{jl} = b_l(x_j) \quad : \quad \text{Erfüllungsgrad einer Beiwertkomponente } b_l \text{ hinsichtlich } x_j,$$

so lässt sich eine Zuordnungsvorschrift  $O := (o_{jl})$  über alle Produkte  $x_j$  wie folgt darstellen:

$$O := \begin{bmatrix} o_{11} & \cdots & o_{1r} \\ \vdots & o_{jl} & \vdots \\ o_{\tau 1} & \cdots & o_{\tau r} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} b_1(x_1) & \cdots & b_r(x_1) \\ \vdots & b_l(x_j) & \vdots \\ b_1(x_\tau) & \cdots & b_r(x_\tau) \end{bmatrix} \quad \text{Formel 4.23}$$

Für die einer Produktgruppe zuordenbaren und gemäß den Festlegungen aus Abschnitt 4.2 kundenseitig unmittelbar oder mittelbar im Hinblick auf Produktattribute relevanten Beiwertkomponenten werden nachstehende Teilmengen definiert:

$$X_D = \{X_D \subset X \mid X_D \cap B \neq \{\emptyset\}\} \quad \text{Formel 4.24}$$

$$B_D = \{B_D \subset B \mid B_D \cap X \neq \{\emptyset\}\} \quad \text{Formel 4.25}$$

Die produktgruppenspezifische Zuordnungsvorschrift  $\hat{O}_D$  lautet damit:

$$\hat{O}_D = \frac{1}{|X_D| + |B_D|} \cdot \sum_{j=1}^{|X_D|} \sum_{l=1}^{|B_D|} o_{jl}$$

Gleichung 4.71

Anhand der Bewertungsvorschrift können für alle identifizierten Produktgruppen und Beurteilungskriterien die festgelegten und betriebspezifisch ergänzbaren Bewertungskomponenten ermittelt werden. Für deren grafische Darstellung in Übersichtsform wird eine Matrixanordnung entsprechend der schematischen Veranschaulichung in Bild 4-37 vorgeschlagen:

| Kriterien<br>Produktgruppen           | η <sub>com</sub> |      |     |      | ... |      |     |      | η <sub>val</sub> |      | Effizienz |      |     |      |
|---------------------------------------|------------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|------------------|------|-----------|------|-----|------|
|                                       | IG               |      | CG  |      | ... |      | ... |      | RG               |      | BW        |      | WV  |      |
|                                       | Ist              | Soll | Ist | Soll | Ist | Soll | Ist | Soll | Ist              | Soll | Ist       | Soll | Ist | Soll |
| <b>Erfüllungsgrad Produktgruppe 1</b> |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| Produkt 1.1                           |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| Produkt 1.2                           |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| ...                                   |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| <b>Erfüllungsgrad Produktgruppe 2</b> |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| Produkt 2.1                           |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| Produkt 2.2                           |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| Produkt 2.3                           |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |
| ...                                   |                  |      |     |      |     |      |     |      |                  |      |           |      |     |      |

Bild 4-37: Produktbilanz in schematischer Matrixdarstellung

Den einzelnen Produkten können in Analogie zur Prozessbilanz für jedes Kriterium zusätzlich zu den Ist-Werten auch Soll-Werte zugeordnet werden, um damit ein unternehmensspezifisches Anspruchsniveau vorzugeben. Durch die Integration der Produktbilanz in das methodische Gesamtkonzept lassen sich direkt Ansätze für eine systematische Produktoptimierung ableiten.

**4.4.3.3 Implementierung der betrieblichen Qualitätsbilanz**

Die Gesamttaggregation der Qualitätsbilanz charakterisiert sich durch die gezielte Komplexitätsreduzierung und Informationsverdichtung unter Ausblendung der produktgruppenspezifischen Bewertungen sowie der Zeitanteile der Referenzprozesse. Die Ermittlung des *nichtmonetären Gesamtkundenerfüllungsgrads* mit Berücksichtigung einer betriebspezifisch festzulegenden Kundenrelevanz ergibt sich wie nachstehend definiert aus den jeweiligen Kundenerfüllungsgraden, die wiederum die spezifischen Qualitätsdimensionen und deren Beiwerte integrieren:

$$\eta_{ges}^{Kunde} = \sum_{k=1}^v g_{ges_k}^{KU} \cdot \eta_{ges_k}^{KU} \quad \text{mit } g_{ges_k}^{KU} \in [0; 1] \wedge \sum_{k=1}^v g_{ges_k}^{KU} = 1$$

Gleichung 4.72

Analog dazu werden der *nichtmonetäre Gesamtprozesserfüllungsgrad* unter Transformation der Wertschöpfungsanteile aus den Referenzprozessen mit betriebspezifischen Bewertungsgewichten sowie die *monetäre Gesamtprozesseffizienz* gemäß folgender Gleichungen determiniert:

$$\eta_{ges}^{Prozess} = \sum_{m=1}^q g^{RP_m} \cdot \eta_{wb}^{RP_m} \text{ mit } g^{RP_m} \in [0; 1] \wedge \sum_{m=1}^q g^{RP_m} = 1 \quad \text{Gleichung 4.73}$$

$$EZ_{ges}^{Prozess} = \frac{\sum_{m=1}^q NW^{RP_m}}{\sum_{m=1}^q \sum_{r=1}^z \text{eingesetzte Ressourcen } r \text{ in } RP_m} \quad \text{Gleichung 4.74}$$

Die abschließende inhaltliche Formulierung der Qualitätsbilanz vollzieht sich unter Fortführung der Strukturierungslogik aus der Prozess- und Produktbilanz entsprechend der Veranschaulichung in Bild 4-38 ebenfalls in Matrixform. Im Rahmen der betrieblichen Qualitätsbilanz werden linksseitig die inputorientierten Prozessgrößen sowie rechtsseitig die outputorientierten Kundengrößen in komprimierter Anordnung beschrieben und gegenübergestellt, wobei die innerhalb des Bildes dargestellten Pfeile die gesamte Operationalisierungs- und Aggregationsmethodik zur Ermittlung der Bilanzgrößen zusammenfassend grob skizzieren.

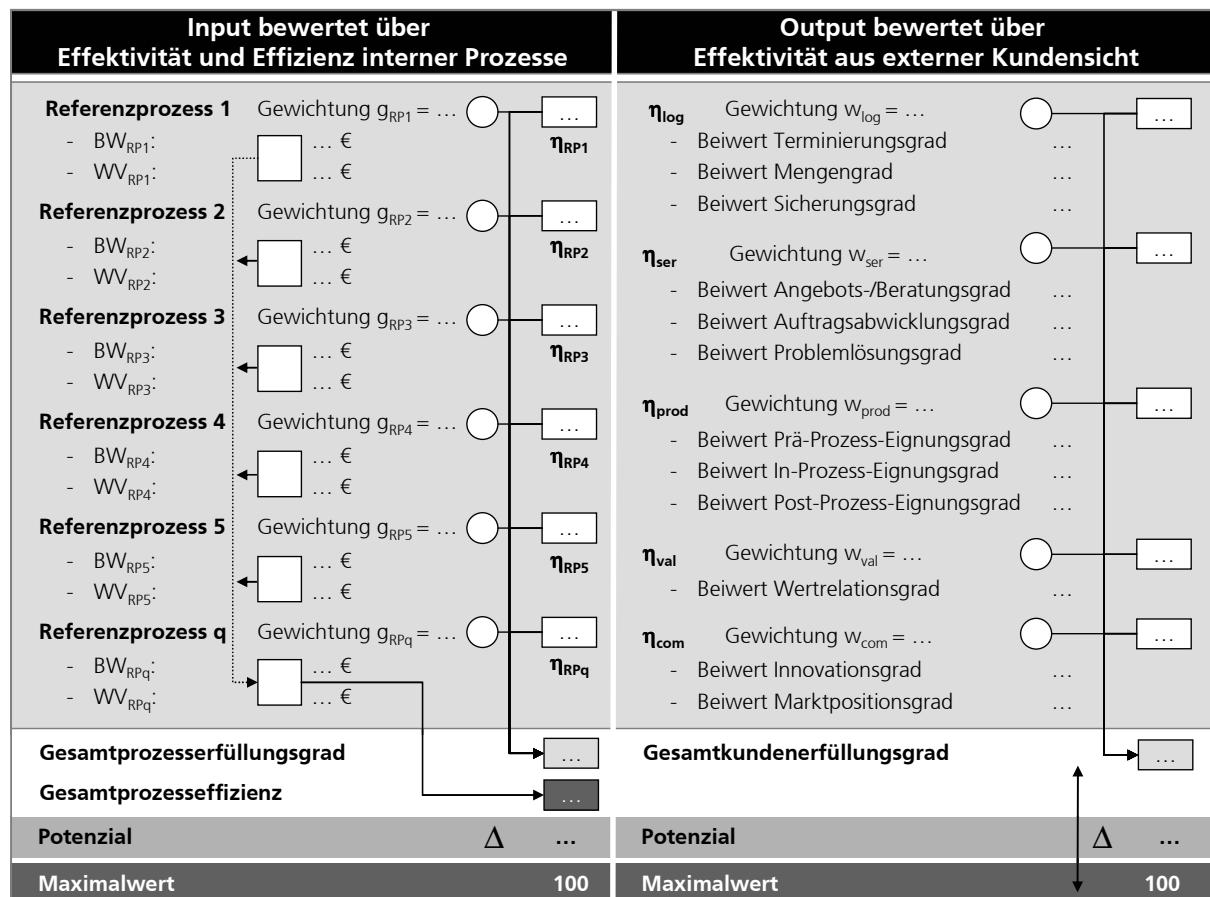


Bild 4-38: Aggregation der betrieblichen Qualitätsbilanz in Matrixstruktur

## 4.5 Ableitung und Bewertung der generischen Gestaltungsstrategie

Die Erstellung der Gestaltungsstrategie hat sich entsprechend der Gesamterfüllungsgrade der aggregierten Qualitätsbilanz daran zu orientieren, in welchen Produkten und Prozessen des Produktionsbetriebs notwendige Abstell- oder Verbesserungsmaßnahmen dringlich sind. Hierbei ist jedoch methodisch sicherzustellen, dass einerseits lokale Optimierungen über ad hoc eingeleitete Einzelmaßnahmen unterbleiben und andererseits auch Verbesserungen im Sinne des strategischen Qualitätscontrollings in Kombination von sowohl produkt- als auch prozessspezifischen Leistungsmerkmalen ausreichend Berücksichtigung finden. Aus diesem Grund wird für die systematische Ableitung und Bewertung einer generischen Gestaltungsstrategie unter dem Einsatz von Methoden zur Unternehmensstrukturierung eine auf den vorliegenden Ansatz hin spezifizierte Form der SWOT-Analyse /4/ für die nichtmonetäre Beurteilung vorgeschlagen.

### 4.5.1 Nichtmonetäre Gestaltungsdimension

Im Rahmen der SWOT-Analyse, die auf den einzelnen Aspekten der Stärken, Defizite, Chancen und Risiken basiert, lässt sich die strategische Position des Produktionsbetriebs durch die Ermittlung der unternehmensinternen Stärken und Defizite sowie der unternehmensexternen Chancen und Risiken in jeweils  $t_0$  und  $t_1$  determinieren. Vor dem Hintergrund der Ableitung und Bewertung einer Gestaltungsstrategie wird der Ansatz der SWOT-Matrix im Hinblick auf eine inhaltliche Charakterisierung der unternehmensinternen Stärken und Defizite im Sinne der direkten Beeinflussbarkeit der vorliegenden Bewertungsergebnisse aus der Qualitätsbilanz modifiziert. Zudem werden die unternehmensexternen Chancen und Risiken nach dem Verständnis einer lediglich indirekten Beeinflussbarkeit durch die aggregierten Kundenergebnisse unter Berücksichtigung der Nachfrage- und Konkurrenzsituation am Markt entsprechend der Informationen z. B. zur Preiselastizität aus der wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimension repräsentiert. Eine zusammenfassende Darstellung zeigt Bild 4-39.

|  |  |  |
|--|--|--|
| unternehmens-extern<br>unternehmens-intern | kunden-/marktspezifische Chancen                   | kunden-/marktspezifische Risiken                   |
| prozessspezifische Stärken                 | <b>SC-Strategieoptionen für Produktionsbetrieb</b> | <b>SR-Strategieoptionen für Produktionsbetrieb</b> |
| prozessspezifische Defizite                | <b>DC-Strategieoptionen für Produktionsbetrieb</b> | <b>DR-Strategieoptionen für Produktionsbetrieb</b> |

Bild 4-39: Prozess- und kundenorientierte Spezifizierung der SWOT-Matrix

Damit erlaubt diese Vorgehensweise die Ableitung und Bewertung von vier generischen Gestaltungsoptionen, wobei die Güte einer entwickelten Gestaltungsstrategie über eine rechnerische Bewertung der erzielbaren oder angestrebten Veränderung im Hinblick auf Vergleichs-, Grenz- und Extremwerte aus den operationalisierten Ergebnissen zu quantifizieren ist. Dieser Vorgang zur Ableitung und Bewertung von Gestaltungsoptionen ist iterativ so oft zu durchlaufen, bis keine weitere Verbesserung erreichbar ist. Vor der Umsetzung festgelegter Gestaltungsoptionen sind diese im Weiteren auf ihren ökonomischen Nutzen hin zu überprüfen.

#### 4.5.2 Monetäre Gestaltungsdimension

Nach der nichtmonetären Gestaltungsdimension erfahren die Verbesserungsmaßnahmen eine monetäre Bewertung entsprechend dynamischer Verfahren der Investitionsrechnung, um deren Vorteilhaftigkeit zu beurteilen. Als Investitionsobjekte sind dabei neben der Neu-, Ersatz- und Rationalisierungsbeschaffung technischer oder verfahrensspezifischer Maschinen, Einrichtungen und Anlagen auch Organisationsentwicklungsvorhaben zu verstehen und zu bewerten. So gilt die Durchführung der zu bewertenden Maßnahme oder des Verbesserungsprogramms unter der Annahme, dass nach der Gesamtnutzungsdauer  $T$  der Investition kein Restwerterlös erzielbar ist, dann als vorteilhaft, wenn ihr Kapitalwert  $C_0 > 0$  ist. Dieser errechnet sich entsprechend der Berücksichtigung der determinierten monetären Aufwendungen aus Nonkonformität im Hinblick auf die von geplanten Maßnahmen tangierten Referenzprozesse  $m$  wie folgt:

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{m=1}^q ((v_{pjt} - w_{hjt}) \cdot \tilde{X}_{pjt} - A_t + EWW_{fe,t}^{RP_m} + EWW_{zu,t}^{RP_m}) \cdot (1+i)^{-t} \quad \text{Gleichung 4.75}$$

mit:

|                   |   |  |
|-------------------|---|--|
| $I_0$             | : | Anschaffungs- oder Durchführungsauszahlung in $t_0$                          |
| $\tilde{X}_{pjt}$ | : | gesteigerte Ausbringungsmenge des Produkts $x_j$ in $t$                      |
| $A_t$             | : | investitionsabhängige Auszahlungen in $t$                                    |
| $EWW_t^{RP_m}$    | : | durch Investition vermeidbarer Wertverlust aus Fehl- und Zusatzanteil in $t$ |
| $i$               | : | Kalkulationszinssatz des Produktionsbetriebs                                 |

Eine hinreichende Kapitalverzinsung ist durch einzelne produkt- oder prozessspezifische Investitionsmaßnahmen bzw. eine Kombination daraus erzielbar. In die Zahlungsreihe der Investition fließen daher einerseits realisierbare Veränderungen der produktbezogenen Bruttowertschöpfung durch z. B. die Steigerung der technischen Ausbeute ein. Andererseits werden auch organisatorische Prozessoptimierungen zur Reduzierung von Wertverlusten, die durch vermiedene Auszahlungen im Hinblick auf Fehl- und Zusatzanteile ökonomisch relevant sind, berücksichtigt.

## 5 Anwendungsbeispiel

Die vorgestellte Qualitätscontrollingsystematik zur Bewertung und Optimierung der Effizienz komplexer Produktionssysteme wurde in der industriellen Praxis mehrfach eingesetzt und an konkreten Aufgabenstellungen auf ihre Vorteile und Nutzenpotenziale hin untersucht.

### 5.1 Beschreibung des industriellen Umfelds

An der anwendungsnahen Erprobung wirkten sechs Industriebetriebe aus unterschiedlichen Branchen mit, die sich wie folgt charakterisieren lassen:

- *Unternehmen A:* Hierbei handelt es sich um einen mittelständischen Hersteller von Wärmeschrumpfprodukten aus Polyolefin, Fluorpolymer, Elastomer und Polyvinylchlorid. Die Produkte des Unternehmens finden in den Bereichen der Automobilzulieferindustrie, Energieversorgung, Elektronik und Telekommunikation industrielle Anwendung.
- *Unternehmen B:* Der Betrieb aus der bauchemischen Branche fertigt in den Anwendungsfeldern Bauten- und Oberflächenschutz vorwiegend Beton- und Mörtelzusatzmittel, Estriche und Estrichzusatzmittel sowie Fugendichtstoff, wobei die Kunden des Unternehmens aus-schreibende Architekten- und Ingenieurbüros sowie Fachbetriebe für die Ausführung sind.
- *Unternehmen C:* Das Unternehmen aus dem Bereich der Hochleistungskeramik produziert Erzeugnisse aus keramischen Werkstoffen mit spezifischen mechanischen, elektrischen, thermischen und biologisch-chemischen Eigenschaftskombinationen. Die Kunden des Unternehmens stammen aus der Medizintechnik- und der Automobilzulieferindustrie.
- *Unternehmen D:* Der Hersteller von hochwertigen Kosmetika mit seinem Hauptproduktsegment der Hautpflegepräparate bedient konzerninterne und -externe Kunden im Auftragsgeschäft. Hierbei wird sein Wertstrom durch eine Vielzahl von Rohstoff- und Substanzkombinationen sowie eine große Menge an konfigurierbaren Einzelanlagen charakterisiert.
- *Unternehmen E:* Bei diesem Betrieb handelt es sich um einen Produzenten von Verpackungen aus Glas für Lebensmittel im Ein- oder Mehrwegeinsatz. Das zugehörige Kundenspektrum besteht vorrangig aus Firmen der Getränke-, Nahrungs- und Genussmittelindustrie und stellt ausgeprägt hohe Qualitätsanforderungen an die produktspezifische Beschaffenheit.
- *Unternehmen F:* Das Hauptgeschäftsfeld des mittelständischen Unternehmens liegt in der Herstellung von Produkten zur Kennzeichnung technischer Aggregate in Form von Typenschildern, Etiketten, komplexen Frontplatten oder Leuchtschaltbildern. Der Anodisierbetrieb unterliegt hohen Umweltauflagen und bedient vorrangig Fach- und Handwerksbetriebe.

Die vorgefundene Ausgangssituation war bei sämtlichen Unternehmen dadurch geprägt, dass diese in die Durchführung zeitlich und inhaltlich umfangreicher Projekte zur organisatorischen

Neustrukturierung sowie zur technisch-funktionalen Verbesserung von Produktqualität und Prozesseffizienz involviert waren. Da eine vollständige Darstellung der Erprobungsfälle den Rahmen der Arbeit übersteigen würde, erfolgt die Verdeutlichung der Wirkungsweise und der Ergebnisse beim Einsatz des entwickelten Verfahrens im Weiteren mittels repräsentativer Beispiele für wichtige oder bedeutende Phasen aus den einzelnen Projektaufträgen. Die generische Basis wird dabei durch ein grundlegendes Vorgehensmodell für alle einzelnen Anwendungsschritte der in Abschnitt 3 erarbeiteten methodischen Verfahrenskomponenten repräsentiert. Dieses Modell ist überblicksweise in Bild 5-1 dargestellt.

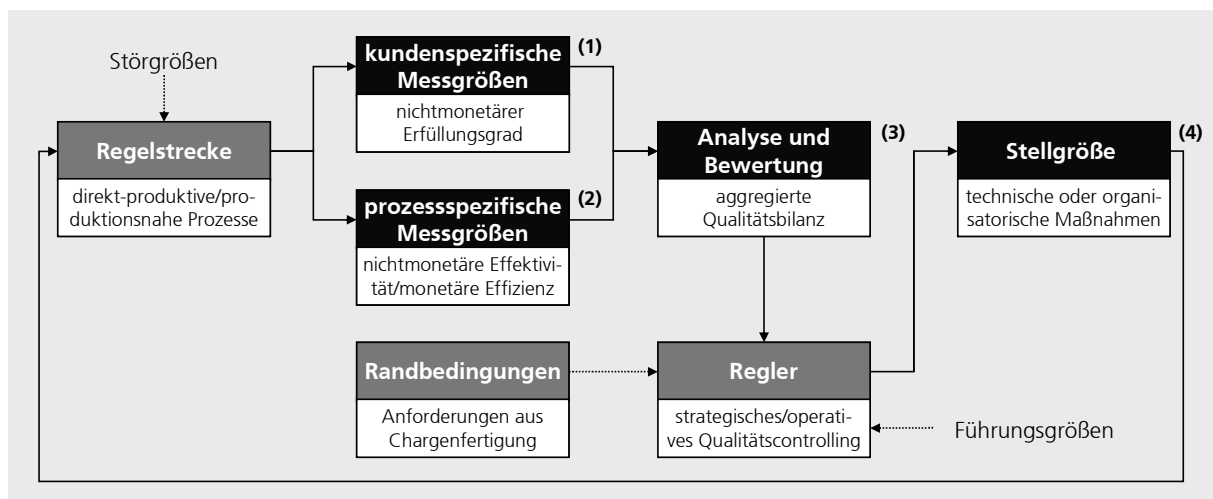


Bild 5-1: Modell zur Anwendung des Instrumentariums bei komplexen Produktionssystemen

Entsprechend der Anforderungen an die Qualitätscontrollingsystematik baut das Vorgehensmodell auf dem kybernetischen Wirkprinzip auf und integriert die Einleitung von Verbesserungsmaßnahmen im Anschluss an die Bewertung der Kunden- und Prozessergebnisse. Dadurch lässt sich ein enger inhaltlicher und zeitlicher Zusammenhang zwischen den drei Kernelementen des Ansatzes gewährleisten und das Vorgehensmodell kann gleichzeitig als Leitfaden für die Umsetzung der Qualitätscontrollingsystematik in der industriellen Praxis dienen. Die nachstehenden Abschnitte erläutern demgemäß zunächst die kundenseitige Analyse und Bewertung der Erfüllungsgrade der Qualitätsdimensionen (1) sowie die prozessseitige Analyse und Bewertung der Produktionsstruktur (2). Im Weiteren folgt nach der Veranschaulichung der Fehler-Wertverlust-Matrix sowie der betrieblichen Qualitätsbilanz aus einem Anwendungsbeispiel (3) die Bewertung der geplanten und später auch realisierten Verbesserungs- und Strukturierungsmaßnahmen (4). Den Abschluss bildet die Verdeutlichung und Bewertung des tatsächlich erzielten Nutzens aus dem Einsatz des vorgestellten Verfahrens. Ein wichtiger Faktor für die zielgerichtete Anwendung des Ansatzes ist seine Ausführung mittels Methoden des Projektmanagements, wobei sich eine Expertenbesetzung des Projektteams zumindest aus den Bereichen Planung bzw. Rezeptur, Versuch, Verfahrenstechnik bzw. Produktion, Logistik, Qualitätswesen und Vertrieb empfiehlt.

## 5.2 Kundenseitige Bewertung der Erfüllungsgrade

Die Erhebung der Kundendaten fand ausschließlich über persönliche Expertengespräche anhand eines Interviewleitfadens, der im Anhang 9.1 auszugsweise dokumentiert ist, statt. Dazu wählten die Projektteams nach festgelegten Kriterien Kunden für die Bewertung der Erfüllungsgrade aus, wobei als primäre Selektionsmerkmale das kundenspezifische Wachstumspotenzial sowie der zugehörige Produktdeckungsbeitrag zur Kundenwertbestimmung definiert wurden. Zudem fand eine mengenmäßige Begrenzung der Kunden mit jeweils maximal 20 Unternehmen statt. Innerhalb der Teams erfolgte auch die Bestimmung von individuellen Komponenten der Beiwerte wie z. B. Beurteilung des Substitutionsverhaltens gegenüber neuen Werkstoffen. Bei der Festlegung der Ansprechpartner bei den Kundenunternehmen wurde stringent darauf geachtet, dass sowohl betriebliche Entscheider und Entscheidungsbeeinflusser als auch Anwender aus dem Betrieb über die Bereiche Einkauf, Qualitätswesen und Produktion repräsentiert waren. Mittels einer kundenspezifischen Erfüllungsgradmatrix wurden die Bewertungen der einzelnen Qualitätsdimensionen und der zugehörigen Beiwerte sowie der jeweiligen Gewichtungsfaktoren individuell zugeordnet. Eine ausschnittsweise Darstellung dieser Matrix einschließlich der Aggregation zum einzelnen Kundenerfüllungsgrad zeigt Bild 5-2, wobei hier zur Veranschaulichung der servicespezifischen Qualitätsdimension die operationalisierte Beiwertebene akzentuiert ist.

| <b>kundenspezifische Erfüllungsgradmatrix der Bauchemie GmbH</b> |   |          |           |            |           |          |           |            |           |
|--|---|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|
| <i>Kundenunternehmen/Abnehmer</i>                                |   | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> | <i>V</i> | <i>VI</i> | <i>VII</i> | <i>XX</i> |
| <b>Kundenerfüllungsgrad</b>                                      |   | 36       | 51        | 54         | 75        | 53       | 27        | 58         | 75        |
| <b>Gesamtleistungserfüllungsgrad</b>                             |   | 25       | 35        | 44         | 52        | 32       | 34        | 50         | 40        |
| <b>normierter Kerneistungserfüllungsgrad</b>                     |   | 45       | 46        | 55         | 66        | 51       | 32        | 76         | 51        |
| $\eta_{log}$   | <b>logistikspezifische Qualitätsdimension</b>   | 90       | 69        | 45         | 76        | 69       | 37        | 69         | 58        |
| $W_{log}$  | <b>spezifische Gewichtung</b>                   | 0,07     | 0,07      | 0,32       | 0,23      | 0,19     | 0,15      | 0,26       | 0,25      |
| $\eta_{ser}$   | <b>servicespezifische Qualitätsdimension</b>    | 52       | 45        | 82         | 61        | 43       | 46        | 85         | 52        |
| BG   | Angebots- und Beratungsgrad                     | 60       | 75        | 89         | 91        | 55       | 54        | 68         | 61        |
| AG   | Auftragsabwicklungsgrad                         | 20       | 23        | 75         | 55        | 20       | 43        | 100        | 65        |
| PG   | Problemlösungsgrad                              | 75       | 38        | 81         | 37        | 55       | 41        | 88         | 29        |
| $W_{ser}$  | <b>spezifische Gewichtung</b>                   | 0,15     | 0,07      | 0,13       | 0,23      | 0,17     | 0,17      | 0,11       | 0,16      |
| $\eta_{prod}$  | <b>produktspezifische Qualitätsdimension</b>    | 29       | 42        | 55         | 59        | 42       | 17        | 82         | 42        |
| $W_{prod}$   | <b>spezifische Gewichtung</b>                   | 0,26     | 0,45      | 0,26       | 0,16      | 0,23     | 0,20      | 0,20       | 0,18      |
| $\eta_{val}$   | <b>wertspezifische Qualitätsdimension</b>       | 1        | 10        | 10         | 30        | 1        | 30        | 10         | 10        |
| $W_{val}$  | <b>spezifische Gewichtung</b>                   | 0,31     | 0,22      | 0,13       | 0,23      | 0,36     | 0,29      | 0,33       | 0,25      |
| $\eta_{com}$   | <b>wettbewerbspezifische Qualitätsdimension</b> | 15       | 30        | 25         | 25        | 25       | 43        | 30         | 43        |
| $W_{com}$  | <b>spezifische Gewichtung</b>                   | 0,20     | 0,19      | 0,16       | 0,14      | 0,05     | 0,19      | 0,09       | 0,16      |

Bild 5-2: Beispielhafte Operationalisierung mittels der einzelnen Qualitätsdimensionen

Zur zielgerechten Auswertung und Aggregation der Daten sowie zu ihrer methodischen Plausibilisierung hat sich in der weiteren Vorgehensweise die flankierende Verwendung ausgewählter



statistischer Werkzeuge bewährt. Eine charakterisierende Zusammenfassung der Gesamtheit der Daten sowie der verwendeten statistischen Funktionen illustriert Bild 5-3.

| Produktionsbetrieb | # Kunden  | # Wertung | Quote [%]   | Maximum | Minimum | Median | QA   |
|--------------------|-----------|-----------|-------------|---------|---------|--------|------|
| Unternehmen A      | 17        | 12        | 70,6        | 77      | 28      | 52     | 5,5  |
| Unternehmen B      | 20        | 20        | 100,0       | 92      | 47      | 61     | 18,5 |
| Unternehmen C      | 18        | 14        | 77,8        | 91      | 14      | 45     | 29,5 |
| Unternehmen D      | 13        | 13        | 100,0       | 87      | 23      | 41     | 22,0 |
| Unternehmen E      | 10        | 9         | 90,0        | 86      | 16      | 47     | 32,5 |
| Unternehmen F      | 19        | 18        | 94,7        | 88      | 27      | 51     | 9,7  |
| <b>gesamt</b>      | <b>97</b> | <b>86</b> | <b>88,7</b> |         |         |        |      |

Bild 5-3: Übersicht zu den Ausprägungen statistischer Kennwerte

Es lässt sich einerseits konstatieren, dass die über den Ansatz vorgeschlagene Form der Erhebung der kundenspezifischen Daten zu einer ausgeprägt hohen Beteiligungsquote bei den Kundenunternehmen von rund 89 % führte. Lediglich elf der insgesamt 97 angefragten Firmen lehnten eine Teilnahme am Bewertungsverfahren innerhalb der Qualitätscontrollingsystematik ab. Andererseits zeigt sich, dass im Hinblick auf die Ausprägung der einzelnen Minimal- und Maximalwerte durch die gewählte starke Differenzierung innerhalb des Ansatzes neben der Verwendung des Medians vor allem die als Quartilsabstand bezeichnete Differenz zwischen dem dritten und dem ersten Quartil (in Bild 5-3 mit QA abgekürzt) sinnvoll ist. Dadurch war es möglich, auftretende Ausreißer zu identifizieren und gezielt zu überprüfen. Somit lässt sich für die Gesamtvorgehensweise im Sinne der weiteren Festlegung der Gestaltungsstrategie über dieses robuste Maß eine Verfälschung der Ergebnisse vermeiden.

In Bezug auf die Aggregation der einzelnen Qualitätsdimensionen zum Gesamterfüllungsgrad lassen sich zwei wesentliche Ergebnisse festhalten. Erstens zeigte eine zuvor bei allen Produktionsbetrieben durchgeführte Selbsteinschätzung anhand der gleichen Bewertungskriterien eine ausgeprägte Divergenz gegenüber der Fremdeinschätzung der Kunden, wobei sich alle sechs Unternehmen bzgl. der eigenen Leistung zu positiv bewerteten. Zweitens ergab sich trotz aller Unterschiedlichkeit der Unternehmen im Hinblick auf ihre Produkte und Branchenzugehörigkeiten eine – in der Grundtendenz einzelner Qualitätsdimensionen beobachtbare – vergleichsweise homogene Gesamtbewertung der Kundenergebnisse. Aus der nichtmonetären Bewertung der einzelnen Kunden des Unternehmens wurde mithilfe der in Abschnitt 4.4 dargestellten Aggregationssystematik der gesamtbetriebliche Erfüllungsgrad ermittelt und in Form eines Portfolios in Bild 5-4 visualisiert. Daraus bleiben für die Erstellung der betrieblichen Qualitätsbilanz sowie die daraus abzuleitende Gestaltungsstrategie bereits nachstehende Erkenntnisse festzuhalten:

- Die generell schlechteste Bewertung sowie die höchste Relevanz erhielt die wertrelationsspezifische Qualitätsdimension, wobei aufgrund der Durchgängigkeit der Bewertung von einem strategischen Wettbewerbsnachteil für die betrachteten Unternehmen auszugehen war.

- Begeisterungsanforderungen werden bisher im Wesentlichen in den logistik- und produkt-spezifischen Qualitätsdimensionen erfüllt, wobei die logistikspezifische Qualitätsdimension über ihre höhere Relevanz stärker zur Gesamtbewertung beiträgt als die produktspezifische.
- Die Relevanz der servicespezifischen Qualitätsdimension war relativ gering ausgeprägt. Bei der detaillierten Plausibilisierung ließ sich konstatieren, dass diesbezügliche Leistungen entweder kundenseitig nicht bekannt waren oder noch nicht in Anspruch genommen wurden.
- Bei den Produktionsbetrieben bisher eingesetzte Verfahren zur Segmentierung von Kundengruppen nach Industrie- bzw. Branchenzugehörigkeit, Produkten oder Vertriebswegen verfälschten die Differenzierung nach Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen.

Die Konsequenzen dieser Erkenntnisse werden in Abschnitt 5.5 wieder aufgegriffen und im Hinblick auf die Ableitung und Formulierung der ganzheitlichen Gestaltungsstrategie berücksichtigt.

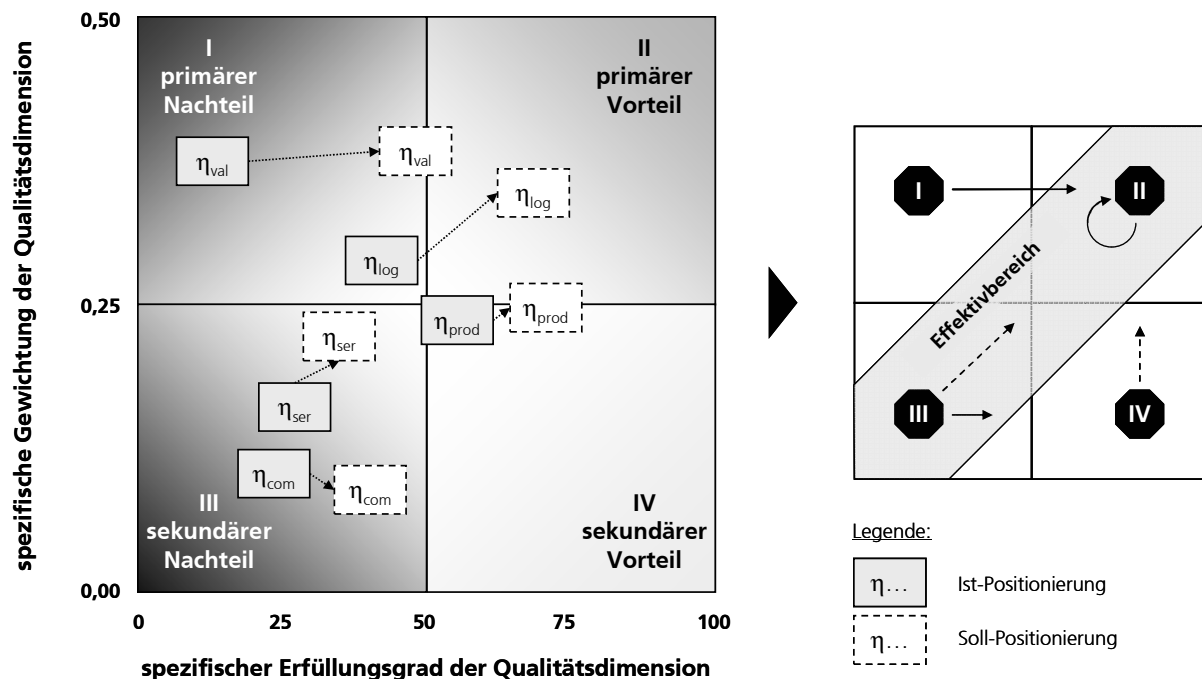


Bild 5-4: Relevanz-Erfüllungsgrad-Portfolio mit wettbewerbsorientierter Ist-/Soll-Positionierung

Was die ausschließlich kundenorientierte Maßnahmenabgrenzung entsprechend der Portfolio-Darstellung in Bild 5-4 betrifft, so bewährte sich deren Priorisierung gemäß der Differenzierung vier verschiedener Quadranten im Portfolio. Höchste Priorität hat demnach die Einleitung von Maßnahmen zur Beseitigung primärer Nachteile (Bereich I). Im weiteren Vorgehen sind Aktivitäten anzustrengen, um die Begeisterungsmerkmale aus Bereich II zu erhalten bzw. auszubauen. Die Selektion von Maßnahmen horizontaler Orientierung in Bereich III hat unter einer gezielten Aufwand-Nutzen-Prüfung in Verbindung mit dem Fördern der Kundenwahrnehmung zu erfolgen. In Bereich IV ist zu prüfen, ob eine Beeinflussung der kundenseitigen Relevanz möglich ist.

### 5.3 Prozessspezifische Bewertung von Effektivität und Effizienz

Zur Darstellung der Prozessbewertung im Hinblick auf ihre Effektivität und Effizienz wird der Ablauf der Glasherstellung exemplarisch verwendet. Dieser verläuft entsprechend der Visualisierung in Bild 5-5 über mehrere Verfahrensschritte. Die Produktion von Glas erfolgt sowohl aus natürlichen Primärrohstoffen als auch unter zusätzlichem Einsatz von Glaszyklaten. Durch Fehler in der Zusammensetzung der Rohstoffe und Verunreinigungen im Rezyklat sind die nächsten Verfahrensschritte des Schmelzens sowie der Formgebung negativ beeinflusst, sodass der Erfüllung der Rohstoffspezifikation eine große Relevanz zukommt. An die Formgebung schließt sich der Kühlvorgang an, bei dem das Glas zunächst im Spannungsfreiglühen wieder erwärmt und nachfolgend mehrstufig gekühlt wird. Nach dem Kühlvorgang wird zuerst die Glasoberfläche durch Aufsprühen einer Vergütungslösung behandelt und daran anschließend erfolgt der Verpackungsvorgang. Insgesamt handelt es sich um ein Produktionssystem mit hoher Komplexität (stark ausgeprägter Typ 3 nach Abschnitt 4.3.3.2), das über eine Vielzahl von Aufbereitern, Schmelzwannen, Formgebungsmaschinen sowie Kühl- und Vergütungsanlagen gemäß Bild 5-5 charakterisiert ist. Dieses wurde entsprechend der Vorgehensweise des erarbeiteten Ansatzes über Referenzprozessmodule zerlegt und in Referenzprozesse zur Bewertung aggregiert.

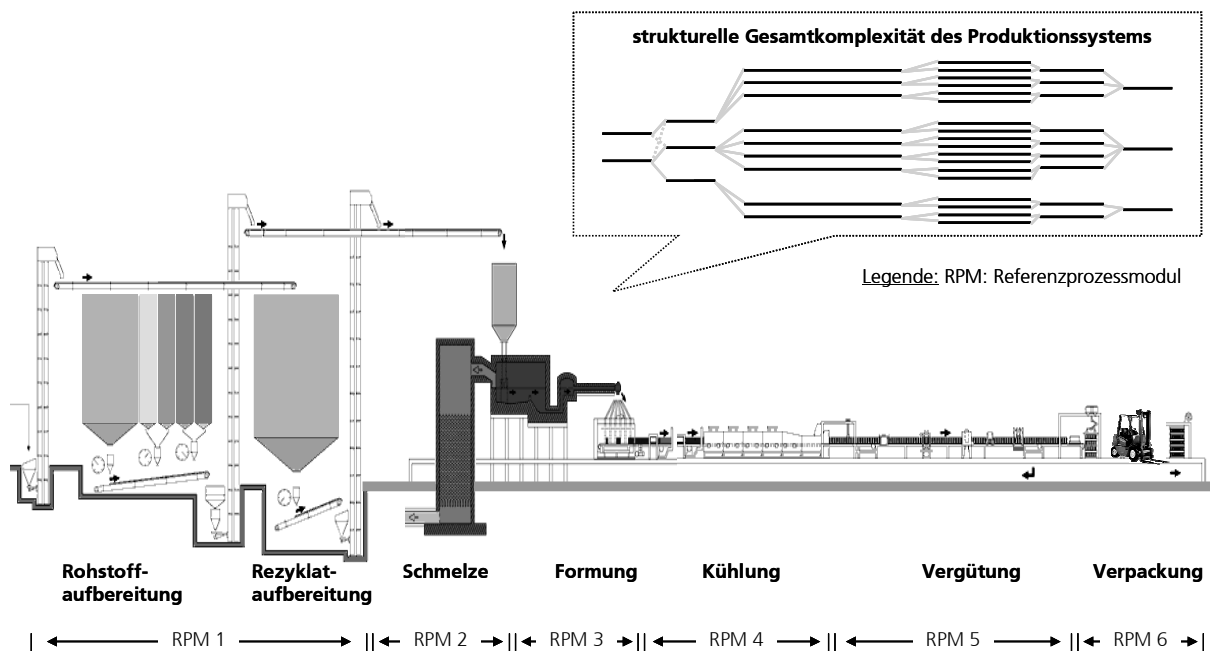


Bild 5-5: Ablauf der Herstellung von Behälterglas mit Zuordnung der Referenzprozessmodule

Für die korrekte Zuordnung von Wertschöpfungsanteilen und Wertverlusten waren für die einzelnen Referenzprozesse die zugehörigen Betriebsdaten zu erfassen. Dies umfasste in erster Linie interne und externe Umsätze, Verrechnungspreise, Materialeinsatzmengen, Kostenstrukturen sowie die zeitliche Inanspruchnahme der Referenzprozessmodule und die zeitlichen Anteile der

Wertschöpfungsentstehung. Hierbei ist anzumerken, dass die notwendigen Daten oftmals nicht in der Form vorlagen, dass eine direkte Weiterverarbeitung möglich war. In diesem Fall mussten die benötigten Daten entweder über Umrechnungsverfahren ermittelt oder selbst erhoben werden. Ausgehend von der theoretischen Prozesszeit  $T_{PT}$  setzten sich die Zeitanteile der Referenzprozesse und der Wertschöpfungsbeitrag gemäß der Veranschaulichung in Bild 5-6 zusammen.

|                     | PAD           | RAD          | SAD           | ZAD           | FAD          | $\eta_{wb}$ | Rang |
|---------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|------|
| Referenzprozess A/1 | 26,3 %        | 9,8 %        | 36,1 %        | 23,9 %        | 3,8 %        | 33          | 5    |
| Referenzprozess B/2 | 47,4 %        | 2,7 %        | 27,3 %        | 15,8 %        | 6,8 %        | 51          | 2    |
| Referenzprozess C/3 | 41,6 %        | 6,5 %        | 25,9 %        | 22,7 %        | 3,3 %        | 46          | 3    |
| Referenzprozess D/4 | 29,7 %        | 5,0 %        | 31,4 %        | 31,4 %        | 2,5 %        | 35          | 4    |
| Referenzprozess E/5 | 24,5 %        | 1,9 %        | 3,2 %         | 62,5 %        | 7,9 %        | 26          | 6    |
| Referenzprozess F/6 | 52,7 %        | 6,7 %        | 14,5 %        | 24,9 %        | 1,3 %        | 56          | 1    |
| <b>Durchschnitt</b> | <b>37,0 %</b> | <b>5,4 %</b> | <b>23,1 %</b> | <b>30,2 %</b> | <b>4,3 %</b> | <b>41</b>   |      |

Bild 5-6: Verteilung der Planwirk-, Realwirk-, Stütz-, Zusatz- und Fehlanteile im Referenzprozess

Es wurde ersichtlich, dass erstens die einzelnen Referenzprozesse bezüglich ihrer Wertschöpfungsbeiträge stark differierten und zweitens die arithmetischen Mittel der ungeplanten Zusatzaktivitäten und Fehlvorgänge beträchtliche Werte aufwiesen. Der nächste Schritt war gekennzeichnet durch die Formulierung der Fehler-Wertverlust-Matrix mit der Bewertung des technisch-ökonomischen Risikopotenzials, was auszugsweise in Bild 5-7 veranschaulicht ist. Den einzelnen Fehlerausprägungen wurden gemäß der erweiterten FMEA-Systematik die Wertverluste aus internen und externen Zusatz- und Fehlanteilen sowie die Wertverlust-Risiko-Priorität zugewiesen.

| Fehlerklassifizierung    | Fehlerbedeutung | Durchschlupfrate [%] | Fehlanteil [%] | Wertverlust Fehlanteil | Zusatzanteil [%] | Wertverlust Zusatzanteil intern | Reklamationsquote [%] | Wertverlust Zusatzanteil extern | Wertverlust gesamt | Wertverlust-Risiko-Priorität (WRP) | Rangfolge |
|--------------------------|-----------------|----------------------|----------------|------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------|
| Einschlüsse/Fremdstoffe  | 7               | 25,0                 | 17,3           | 49.655 €               | 5,2              | 32.447 €                        | 19,3                  | 52.253 €                        | 134.355 €          | 4.725                              | 1         |
| Überpresste Mündung      | 6               | 15,0                 | 3,3            | 9.365 €                | 6,9              | 43.369 €                        | 0,0                   | 0 €                             | 52.734 €           | 450                                | 7         |
| Splitter innen           | 9               | 2,5                  | 15,5           | 44.486 €               | 0,1              | 701 €                           | 3,5                   | 0 €                             | 45.187 €           | 1.296                              | 2         |
| Verschmutzung innen      | 8               | 10,0                 | 0,1            | 326 €                  | 0,0              | 0 €                             | 5,0                   | 32.158 €                        | 32.484 €           | 960                                | 5         |
| Mündungsrisse            | 7               | 5,0                  | 4,3            | 12.439 €               | 11,4             | 71.186 €                        | 0,5                   | 0 €                             | 83.625 €           | 1.260                              | 3         |
| Lochrisse                | 4               | 0,5                  | 0,3            | 813 €                  | 0,0              | 0 €                             | 0,0                   | 0 €                             | 813 €              | 24                                 | 13        |
| angeschlagene Mündung    | 5               | 3,0                  | 0,3            | 946 €                  | 0,0              | 0 €                             | 0,0                   | 0 €                             | 946 €              | 20                                 | 14        |
| eingelaufene Form        | 3               | 5,0                  | 20,4           | 58.473 €               | 0,8              | 5.239 €                         | 0,3                   | 0 €                             | 63.712 €           | 108                                | 10        |
| Halsrisse                | 3               | 10,0                 | 20,4           | 58.473 €               | 1,6              | 9.769 €                         | 2,7                   | 0 €                             | 68.242 €           | 216                                | 9         |
| Bodenrisse               | 4               | 15,0                 | 5,6            | 16.118 €               | 21,7             | 135.551 €                       | 6,0                   | 2.145 €                         | 153.815 €          | 576                                | 6         |
| Körperrisse/Kniffrisse   | 3               | 5,0                  | 5,1            | 14.535 €               | 21,4             | 133.839 €                       | 12,0                  | 9.425 €                         | 157.799 €          | 1.215                              | 4         |
| Kerben in der Mündung    | 5               | 7,5                  | 0,3            | 996 €                  | 0,1              | 330 €                           | 2,2                   | 0 €                             | 1.326 €            | 40                                 | 12        |
| Doppelstöcker            | 4               | 3,5                  | 0,5            | 1.540 €                | 6,0              | 37.482 €                        | 22,1                  | 3.638 €                         | 42.659 €           | 96                                 | 11        |
| schlechte Formverteilung | 2               | 10,0                 | 6,3            | 18.106 €               | 24,9             | 155.709 €                       | 26,4                  | 2.825 €                         | 176.640 €          | 288                                | 8         |

Bild 5-7: Auszug aus der Fehler-Wertverlust-Matrix eines Segments der Musterglas GmbH

Damit lag eine transparente Entscheidungshilfe vor, um Maßnahmen zur Minimierung des sowohl technischen als auch wirtschaftlichen Risikos im Hinblick auf einzelne Fehlerarten zuordnen und bezüglich ihres ökonomischen Nutzens bewerten zu können. Dies wird im Weiteren am Beispiel der Fehlerart „Fremdkörper/Einschlüsse“ verdeutlicht. Nach der Aggregation der Wertverluste des spezifischen Fehlers über alle Referenzprozesse stellte sich dessen Gesamtwertverlust in den Produkt- bzw. Herstellungssegmenten gemäß der Illustration in Bild 5-8 dar.

|   | Segment BA      | Segment EN      | Segment NB      | Segment WR      |                                |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| Input ( $t_0$ )                                   | 100,0 %         | 100,0 %         | 100,0 %         | 100,0 %         |                                |
| Verlustanteil Verfahren                           | 4,5 %           | 4,6 %           | 5,3 %           | 4,2 %           |                                |
| Verlustanteil Fehler gesamt                       | 3,6 %           | 4,6 %           | 4,9 %           | 4,1 %           |                                |
| <b>Ausbeute (<math>t_0</math>)</b>                | <b>91,9 %</b>   | <b>90,8 %</b>   | <b>89,8 %</b>   | <b>91,7 %</b>   |                                |
| <b>Reduzierung Fehlerrate in <math>t_1</math></b> | <b>30,2 %</b>   | <b>23,3 %</b>   | <b>21,7 %</b>   | <b>26,5 %</b>   |                                |
| Input ( $t_0$ )                                   | 100,0 %         | 100,0 %         | 100,0 %         | 100,0 %         |                                |
| Verlustanteil Verfahren                           | 4,5 %           | 4,6 %           | 5,3 %           | 4,2 %           |                                |
| Verlustanteil Fehler                              | 2,5 %           | 3,5 %           | 3,8 %           | 3,0 %           |                                |
| <b>Ausbeute (<math>t_1</math>)</b>                | <b>93,0 %</b>   | <b>91,9 %</b>   | <b>90,9 %</b>   | <b>92,8 %</b>   | <b>Ø 1,2 % Steigerung</b>      |
| Wertverlust durch Fehler in $t_0$                 | 134.355 €       | 101.333 €       | 87.636 €        | 91.573 €        |                                |
| <b>Ergebnisverbesserung</b>                       | <b>40.565 €</b> | <b>23.657 €</b> | <b>18.995 €</b> | <b>24.224 €</b> | <b>107.441 € alle Segmente</b> |

Bild 5-8: Gesamtfehlerbewertung aus den einzelnen Fehler-Verlust-Matrizen

So konnte über Maßnahmen im Bereich des Rezyklateinsatzes zur Feinvermahlung über eine veränderte Brechsystematik sowie zur Absiebung von Keramik-, Porzellan- und Steineinschlüssen die technische Ausbeute um durchschnittlich 1,2 % gesteigert werden, was unter der Annahme gleichbleibender Verfahrensverluste aus der Anlagenkonfiguration zu einer wirtschaftlichen Gesamtergebnisverbesserung in Bezug auf diese eine Fehlerart in Höhe von 107.441 € führte.

## 5.4 Gesamtbilanz

Zur ganzheitlichen Bewertung der kunden- und prozessbezogenen Ergebnisse erfolgte die Aggregation innerhalb der betrieblichen Qualitätsbilanz. In dieser sind auf der Inputseite die Bewertungen der ermittelten Referenzprozesse mit ihren jeweiligen Gewichtungen und auf der Outputseite die kundenspezifischen Bewertungen der fünf Qualitätsdimensionen ebenfalls mit den zugehörigen Gewichtungen zusammengefasst. Zur Verdeutlichung werden inputbezogen den einzelnen Referenzprozessen jeweils der Bruttowertschöpfungsbeitrag sowie der Wertverlust zugeordnet und outputseitig die Ausprägung der einzelnen Beiwerte dargestellt. Über die einzelnen Gewichtungen erfolgen rechnerisch die Ermittlung des Gesamtprozesserfüllungsgrades sowie die des Gesamtkundenerfüllungsgrades. Unter der Maßgabe der Erfüllung von Begeisterungsanforderungen wird ergänzend die jeweilige Differenz zum Maximalwert als Potenzial dargestellt. Eine zusammenfassende Übersicht zur Qualitätsbilanz zeigt das nachfolgende Bild 5-9.

| Qualitätsbilanz der Industriekeramik AG                 |            |   |            |
|---|------------|---|------------|
| Input bewertet über Effektivität der Prozesse           |            | Output bewertet über Unternehmensleistung aus Kundensicht       |            |
| <b>Referenzprozess 1</b> (Gewichtung $g_{RP1} = 0,05$ ) | <b>33</b>  | <b><math>\eta_{log}</math></b> (Gewichtung $w_{log} = 0,19$ )   | <b>69</b>  |
| - $BW_{RP1}$ : 270.788 €                                |            | - Beiwert Terminierungsgrad                                     | 75         |
| - $WV_{RP1}$ : 45.084 €                                 |            | - Beiwert Mengengrad  | 53         |
| <b>Referenzprozess 2</b> (Gewichtung $g_{RP2} = 0,25$ ) | <b>51</b>  | - Beiwert Sicherungsgrad  | 81         |
| - $BW_{RP2}$ : 5.484.028 €                              |            | <b><math>\eta_{ser}</math></b> (Gewichtung $w_{ser} = 0,11$ )   | <b>54</b>  |
| - $WV_{RP2}$ : 505.106 €                                |            | - Beiwert Angebots- und Beratungsgrad                           | 58         |
| <b>Referenzprozess 3</b> (Gewichtung $g_{RP3} = 0,18$ ) | <b>46</b>  | - Beiwert Auftragsabwicklungsgrad                               | 47         |
| - $BW_{RP3}$ : 2.556.599 €                              |            | - Beiwert Problemlösungsgrad                                    | 53         |
| - $WV_{RP3}$ : 301.238 €                                |            | <b><math>\eta_{prod}</math></b> (Gewichtung $w_{prod} = 0,23$ ) | <b>71</b>  |
| <b>Referenzprozess 4</b> (Gewichtung $g_{RP4} = 0,12$ ) | <b>35</b>  | - Beiwert Prä-Prozess-Eignungsgrad                              | 69         |
| - $BW_{RP4}$ : 1.515.061 €                              |            | - Beiwert In-Prozess-Eignungsgrad                               | 68         |
| - $WV_{RP4}$ : 250.742 €                                |            | - Beiwert Post-Prozess-Eignungsgrad                             | 77         |
| <b>Referenzprozess 5</b> (Gewichtung $g_{RP5} = 0,20$ ) | <b>26</b>  | <b><math>\eta_{val}</math></b> (Gewichtung $w_{val} = 0,33$ )   | <b>32</b>  |
| - $BW_{RP5}$ : 2.244.806 €                              |            | - Beiwert Wertrelationsgrad                                     | 32         |
| - $WV_{RP5}$ : 436.596 €                                |            | <b><math>\eta_{com}</math></b> (Gewichtung $w_{com} = 0,14$ )   | <b>41</b>  |
| <b>Referenzprozess 6</b> (Gewichtung $g_{RP6} = 0,20$ ) | <b>56</b>  | - Beiwert Innovationsgrad                                       | 36         |
| - $BW_{RP6}$ : 1.941.959 €                              |            | - Beiwert Marktpositionsgrad                                    | 45         |
| - $WV_{RP6}$ : 196.071 €                                |            |   |            |
| <b>Gesamtprozesserefüllungsgrad</b>                     | <b>43</b>  | <b>Gesamtkundenerfüllungsgrad</b>                               | <b>51</b>  |
| <b>Potenzial</b>  | <b>57</b>  | <b>Potenzial</b>  | <b>49</b>  |
| <b>Maximalwert</b>                                      | <b>100</b> | <b>Maximalwert</b>  | <b>100</b> |

Bild 5-9: Ganzheitliche Qualitätsbilanz des Produktionsbetriebs für Keramikerzeugnisse

So ließ sich im Fallbeispiel der Qualitätsbilanz des Keramikherstellers prozesseitig ein Potenzial von 57 Punkten erkennen, dem ein kundenseitiges Potenzial von 49 Punkten gegenüberstand.

## 5.5 Verbesserungsmaßnahmen aus der Gestaltungsstrategie

Entsprechend der systematisch festgestellten und bewerteten Potenziale kamen in den Betrieben neben technischen auch organisatorische Maßnahmen zum Einsatz. Diese werden anhand von zwei Umsetzungsbeispielen aus den Gestaltungsoptionen der modifizierten SWOT-Matrix dargestellt. Im ersten Fall wurde dem bereits diskutierten Aspekt einer starken Heterogenität in Bezug auf die logistikspezifische Qualitätsdimension organisationsseitig durch die Formulierung einer DR-Strategieoption, die prozessorientierte Defizite und kundenorientierte Risiken verknüpft, Rechnung getragen. Dazu wurde eine ablauforientierte Segmentierung des Keramikherstellers entsprechend der externen und daraus abgeleitet internen Kundenanforderungen in Bezug auf das Lieferverhalten von sowohl Grundfertigung als auch Hartbearbeitung realisiert. Die neu gestalteten Prozesse differierten als autonome Einheiten in ihrer Ausführung produktionsstufenbezogen nach Standardprodukten, Variantenprodukten und Neuprodukten. So ließ sich vor dem Hintergrund der Inkongruenz von Auftrags- und Produktionsmenge unter Beachtung der in den

drei Segmenten als Leistungsanforderungen formulierten Lieferzeiten sowie der Verpflichtung zur Chargendokumentation und -rückverfolgbarkeit exemplarisch der Fertigwarenbestand von ehemals acht Wochen Bestandsreichweite auf drei Wochen reduzieren. Der zweite Fall fokussierte auf eine SC-Strategieoption, die prozessorientierte Stärken und kundenspezifische Chancen integriert, zur Umsetzung des Prinzips der kundenbezogenen Begeisterungsmerkmale innerhalb der produktspezifischen und wettbewerbsspezifischen Qualitätsdimensionen. Durch Integration von Kunden in den Prozess der Neuproduktentwicklung im speziellen Fall eines veränderten Rohstoffeinsatzes für mechanische Eigenschaftskombinationen konnten neue Wertschöpfungspotenziale generiert werden. So ließen sich innerhalb eines Produktbereichs über 50 % der externen Umsatzerlöse mit Produkten realisieren, die weniger als drei Jahre auf dem Markt waren.

Einen beispielhaften Gesamtüberblick zu den aus dem Einsatz der Qualitätscontrollingsystematik erzielbaren Effekten im Hinblick auf die betriebspezifische Wertschöpfung zeigt Bild 5-9.

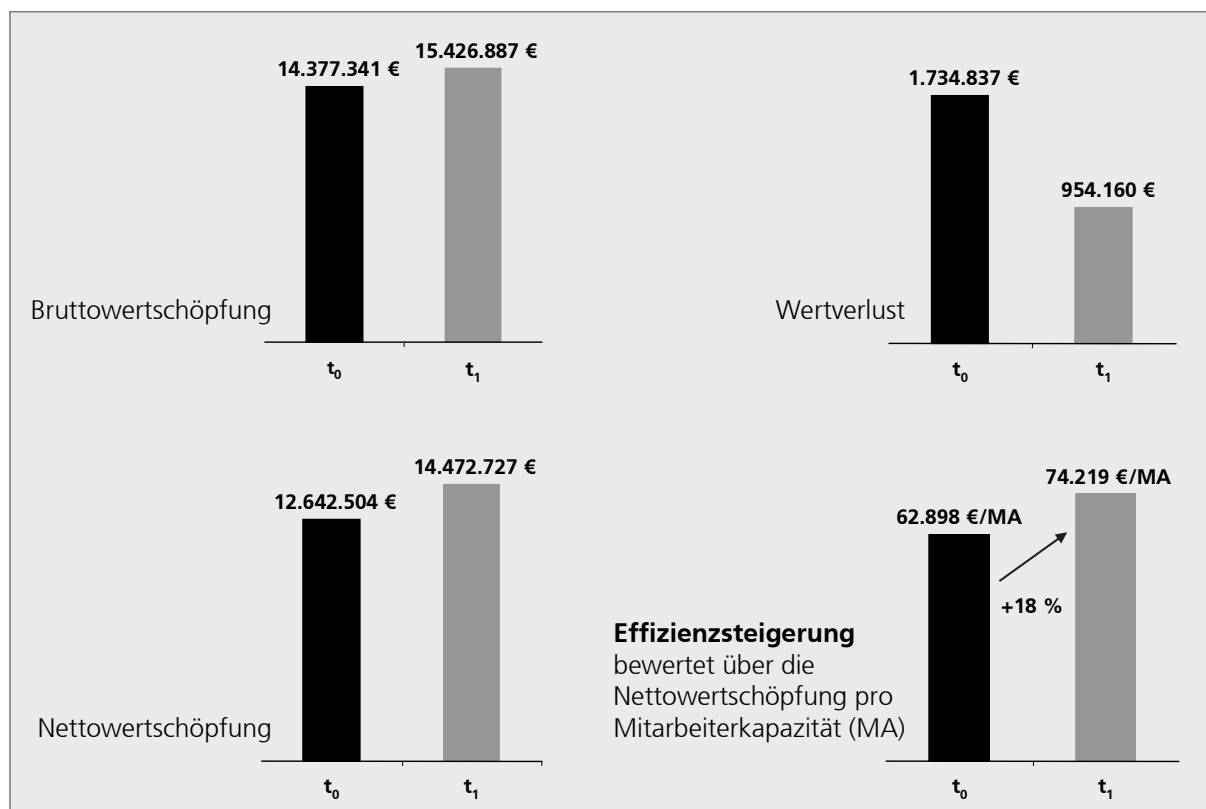


Bild 5-10: Ökonomische Bewertung der erzielten Effizienzsteigerung bei der Musterglas GmbH

Es zeigte sich, dass bei leicht steigender Bruttowertschöpfung über alle Referenzprozesse des Unternehmens hinweg eine deutliche Reduzierung der Gesamtwertverluste möglich war. Zur abschließenden Betrachtung der Gesamteffizienz wurde die resultierende Nettowertschöpfung in Relation zum betrieblichen Ressourceneinsatz gesetzt. Eine Quantifizierung des Ressourcen-

einsatzes fand über die tatsächlich aufgewandte Mitarbeiterkapazität im gesamten Produktionsbetrieb statt. Dadurch ließ sich im Gegensatz zur reinen Verwendung der Mitarbeiteranzahl gewährleisten, dass auch bezahlte Mehrarbeit und die Entwicklung betrieblicher Gleitzeitkonten des Unternehmens in die Effizienzbetrachtung einfließen.

### 5.6 Bewertung der Anwendung

Die Anwendbarkeit der entwickelten Vorgehensweise und ihrer Kernelemente in der industriellen Praxis wird über die Verifizierung innerhalb der Fallbeispiele bestätigt. Die Systematik der Vorgehensweise gewährt dem Anwender eine klare Strukturierung und hilft auf diese Weise bei der Datensammlung und -aufbereitung. Ferner erlaubt die Anwendung der vorgestellten Qualitätscontrollingsystematik eine methodische Aggregation von produkt- und prozessbezogenen Teilergebnissen zur ganzheitlichen Qualitätsbilanz des Produktionsbetriebs. Diese Anwendungsmöglichkeit ist gerade vor dem Hintergrund komplexer Produktionssysteme mit einer Vielzahl von Verfahrensschritten und Einzeleinrichtungen im Hinblick auf verschiedenartige Produkte nicht trivial, sodass ohne den entwickelten Ansatz in den Betrieben des Gegenstandsbereichs kaum relevante Informationen vorhanden bzw. abrufbereit sind. Hingewiesen werden soll an dieser Stelle jedoch auch darauf, dass die Vorgehensweise erstens einen zeitlichen Aufwand durch die Erhebung der kunden- und prozessbezogenen Daten generiert, was sich vor allem bei der Erstanwendung bemerkbar macht. Zweitens erfordert die Anwendung ein interdisziplinäres Team von qualifizierten Mitarbeitern aus verschiedenen Funktionen des Produktionsbetriebs. Im Weiteren lässt sich konstatieren, dass die Anforderungen aus der Chargenfertigung im Hinblick auf verfahrenstechnische Restriktionen bei der Gestaltung von Produkten und Prozessen systematisch und umfassend in der Ausführung des Ansatzes berücksichtigt werden konnten.

Abschließend bleibt damit festzuhalten, dass das ingenieurwissenschaftliche Verfahren alle in der Zielsetzung genannten Voraussetzungen erfüllt. Die entwickelte Qualitätscontrollingsystematik erlaubt über den Einsatz eines wirtschaftlich angemessenen Aufwands die methodische und zielgerichtete Realisierung der in Bild 5-11 dargestellten Nutzenaspekte für Unternehmen mit komplexen Produktionssystemen unter Integration der Anforderungen aus Chargenfertigung.

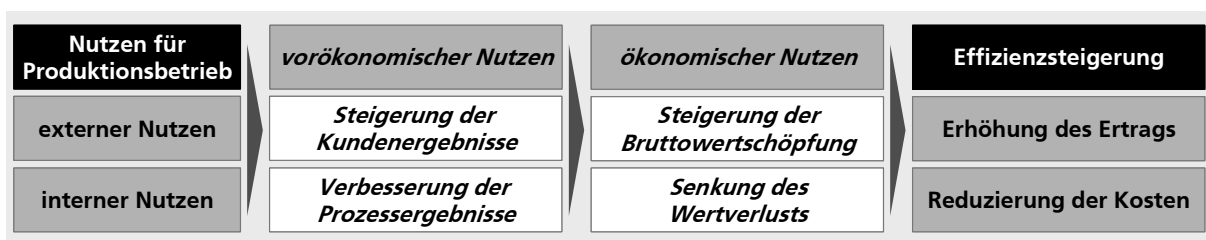


Bild 5-11: Wirkprinzip der internen und externen Nutzenaspekte des entwickelten Verfahrens



## 6 Zusammenfassung

Der ökonomische Erfolg von Unternehmen mit kapitalintensiver Anlagenstruktur hängt im Hinblick auf ihre vielfältigen und technologisch komplexen Produktionssysteme entscheidend davon ab, wie sie ihre betrieblichen Geschäftsprozesse mittels eines systematischen Qualitätscontrollings kundenorientiert sowie effizient organisieren und über Erfolgsindikatoren permanent weiterentwickeln. Besonders Produktionsbetriebe mit Chargenfertigung sehen sich vor dem Hintergrund mangelnder Flexibilisierungsmöglichkeiten, kapitalintensiver Anlagenstrukturen sowie eines zumeist begrenzten finanziellen Handlungsspielraums diesbezüglichen Anforderungen zur Lösung der Problematik gegenübergestellt. Die im Rahmen dieser ingenieurwissenschaftlichen Arbeit konzipierte Qualitätscontrollingsystematik zur Steigerung der Effizienz solcher Produktionssysteme leistet hierbei einen wichtigen Beitrag. Der Fokus der Konzeption lag im Außenverhältnis des Produktionsbetriebs auf industriellen Kunden und Verarbeitern sowie im Innenverhältnis auf direkt-produktiven Herstellungs- sowie produktionsnahen Unterstützungsprozessen.

Auf der Grundlage einer Gegenüberstellung existierender Ansätze ließ sich methodisch aufzeigen, dass diese der dargelegten Zielstellung einer spezifischen Qualitätscontrollingsystematik nicht hinreichend entsprachen. Die Gründe hierfür lagen einerseits darin, dass die Belange von Unternehmen mit komplexen Produktionssystemen in den Themengebieten des strategischen und operativen Qualitätscontrollings insgesamt wenig behandelt wurden. Andererseits wiesen diese Ansätze einen für die praxisrelevante Anwendung zu geringen Detaillierungsgrad auf. In der weiteren Ausführung erfolgte neben der Vermittlung von Grundbegriffen eine Einordnung der Arbeit in das Themenumfeld des Qualitätscontrollings. Daran anschließend war zur Charakterisierung der Chargenfertigung eine Typologisierung mit Darstellung der gesamtwirtschaftlichen Tragweite sowie der herstellungs- und anlagenspezifischen Restriktionen inhaltlicher Gegenstand der Betrachtung. Die nachfolgende Formulierung der Zielsetzung zur Entwicklung eines auf monetären und nichtmonetären Kenngrößen basierenden Bewertungs- und Steuerungssystems wurde auf der Grundlage der identifizierten Handlungsnotwendigkeit durchgeführt.

Die Entwicklung der Qualitätscontrollingsystematik selbst ließ sich innerhalb der weiteren Ausführung durch die methodische Erarbeitung von drei Kernelementen charakterisieren. Das erste Kernelement zur Operationalisierung kundenseitiger Unternehmensergebnisse umfasste neben der inhaltlichen Ausrichtung des Bewertungsverfahrens die Definition von fünf Qualitätsdimensionen sowie die Formulierung der jeweiligen Berechnungsvorschriften. Im Rahmen des zweiten Kernelements zur Operationalisierung der unternehmensinternen Prozessergebnisse erfolgte zunächst die Konzeption der Gesamtprozesseffektivität als nichtmonetäre Bewertungsgröße sowie ihre Auftrennung in einzelne Wirkanteile im Prozess. Darauf aufbauend wurde eine monetäre Quantifizierung anhand der Wertschöpfungs- und Wertverlustentstehungsrechnung über

die Zuordnung von Referenzprozessmodulen entwickelt. Das dritte Kernelement führte die Gesamtoperationalisierung über zwei prozess- und produktbezogene Aggregationsebenen zur betrieblichen Qualitätsbilanz aus, wobei eine Detaillierung durch die Fehler-Wertverlust-Matrix zur Bewertung des technisch-ökonomischen Risikopotenzials sowie zur Ableitung generischer Handlungsempfehlungen im Hinblick auf Referenzprozesse des Produktionsbetriebs stattfand.

Die Wirkungsweise und der Nutzen der industriellen Anwendung der Qualitätscontrollingsystematik ließen sich unter Beschreibung von Reorganisations- und Verbesserungsprojekten bei mehreren Produktionsbetrieben veranschaulichen, wobei eine messbare Steigerung der betrieblichen Leistungsfähigkeit sowohl im monetären als auch im nichtmonetären Bereich nachgewiesen werden konnte. Auf die inhaltliche Zusammenfassung der Vorgehensweise und der Ergebnisse der Arbeit folgt ein Ausblick auf mögliche Forschungsaktivitäten im Kontext des entwickelten Ansatzes. Den Abschluss der Arbeit bildet die Zusammenstellung der zitierten Literatur.

Mit dem Vorliegen der Qualitätscontrollingsystematik steht erstmals ein Instrumentarium zur Verfügung, das den Anwender systematisch zu einer synchronen Verbesserung der kunden- und prozessspezifischen Leistungsfähigkeit von Industriebetrieben mit komplexen Produktionssystemen unter der Berücksichtigung von Anforderungen aus der Chargenfertigung befähigt. Über die auf der Basis kommerzieller Software realisierte Rechnerunterstützung ist es möglich, auch mit umfangreichen Datenmengen im Hinblick auf die monetäre und nichtmonetäre Operationalisierung und Aggregation der Bewertungsgrößen strukturiert umzugehen. Zur Vereinfachung der Dateneingabe im Betrieb sowie zur Konfiguration der Referenzprozessmodule kommen entsprechend programmierte Datenbankformulare zum Einsatz. Durch die Möglichkeit der systematischen Bewertung von Handlungsalternativen unter Verwendung der Fehler-Wertverlust-Matrix lassen sich unterschiedliche Investitionsoptionen im Hinblick auf Prozessveränderungen und deren wirtschaftliche Konsequenz für den Wertbeitrag des Unternehmens ermitteln. Die einzelnen Kernelemente der Qualitätscontrollingsystematik fanden während des Gesamtfortschritts der konzeptionellen Entwicklung mehrmalig Anwendung in Industriebetrieben des Gegenstandsreichs. Dies gestattete die kontinuierliche und konsequente Evaluation der Methodik sowie deren inhaltliche und strukturierte Verbesserung innerhalb eines iterativen Prozesses.

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass über die vorliegende Arbeit ein Verfahren zur Verfügung steht, das die zielgerichtete Bewertung und Steuerung monetärer sowie nichtmonetärer Ergebnisse zur Effizienzsteigerung bei Produktionsbetrieben erlaubt und die industrielle Praktikabilität durch eine flexible Anpassungsfähigkeit an betriebliche Gegebenheiten gewährleistet. Die dazu erforderliche Auswahl von sowohl technischen als auch organisatorischen Maßnahmen findet über qualitative und quantitative Bewertungsgrößen fundierte Unterstützung, was zu einer gleichermaßen rationalen wie ökonomischen Vorgehensweise führt.

## 7 Ausblick

Das Themenfeld der ganzheitlichen Effizienzsteigerung bei Unternehmen, die Produktionssysteme mit hoher Komplexität betreiben, ist mit dem Vorliegen dieser Arbeit indessen nicht erschöpfend bearbeitet. Während die Gegebenheiten und Anforderungen von Industriebetrieben aus dem Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau in sowohl ingenieurwissenschaftlichen als auch betriebswirtschaftlichen Forschungsvorhaben umfassend Gegenstand der Betrachtung und Analyse sind, finden Unternehmen aus der Prozessindustrie sowie aus anderen verfahrenstechnisch orientierten Branchen, trotz ihrer großen Bedeutung für Wertschöpfung und Beschäftigung in der deutschen und europäischen Wirtschaft, bislang nur unzureichend forschungsgemäße Berücksichtigung. Gleichzeitig nimmt das ökonomische Wirkprinzip der Preis-Kosten-Schere und damit der wirtschaftliche Druck auf diese Produktionsbetriebe durch stark steigende Aufwendungen für Energie- und Rohstoffvorleistungen einerseits und dem Preisverfall der Erzeugnisse am Markt durch internationale Anbieter andererseits zu. Im Hinblick auf die Halbwertszeitzyklen von Begeisterungsmerkmalen und deren Marktrelevanz zeigen Beobachtungen beispielsweise, dass innerhalb von nur zwölf Monaten nach Ablauf des Patentschutzes und dem Markteintritt von sog. Me-too-Präparaten, die im juristischen Sinn keine Plagiate darstellen, das originäre Produkt bereits 80 % seines Marktanteils verlieren kann und somit von unterschiedlichen Generikaherstellern kurzfristig große Anteile des Gesamtmarktbedarfes gedeckt werden. Dieser Trend ist ferner auch ein Indiz dafür, dass sich der Anteil an Kleinmengen und -chargen durch geringvolumige kunden- oder länderspezifische Einheiten, die sich z. B. nach Formen, Farben, Dosierungen, Blister- und Packungsgrößen oder Folien differenzieren lassen, wesentlich vergrößern wird.

Der Gegenstandsbereich weiterer Forschungsaktivitäten im vorliegenden Kontext sollte vor diesem Hintergrund im Hinblick auf die Kundenorientierung und damit die Erweiterung der Wertschöpfung darin liegen, betriebliche Konzepte zu entwickeln, die eine systematische Kundenintegration in den Innovationsprozess im Spannungsfeld zwischen wirtschaftlichen Losgrößen einerseits und immer kleineren Abnahmemengen andererseits ermöglichen, wobei dieser neben neuen Produkten und Produktvarianten auch zukünftige produktnahe Dienstleistungen umfassen müsste. Was den Aspekt der Prozessorientierung und folglich die weiter notwendige innerbetriebliche Effizienzsteigerung betrifft, so sind im Hinblick auf den Forschungsbedarf vorrangig zwei Fragestellungen zu beantworten. Zum einen ist zu klären, wie eine Erhöhung des Verbreitungsgrads von Methoden und Werkzeugen aus den Ansätzen ganzheitlicher Produktionssysteme speziell für kleine und mittlere Betriebe mit komplexen Fertigungsstrukturen wissenschaftlich unterstützt werden kann. Zum anderen sind industrieadäquate Vorgehensweisen mit der Zielstellung zu erarbeiten, die Erweiterung und Anwendung dieser Methoden und Werkzeuge auf den spezifischen Kontext administrativer Prozesse bei Produktionsbetrieben etwa in den Funktionsbereichen Entwicklung, Vertrieb, Applikation oder Personalwirtschaft zu fördern.

## 8 Literaturverzeichnis

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit hat der Verfasser folgende Diplomarbeiten und Master's Thesis betreut: Becker, A.; Cramer, S.; Christoffers, J.; Göttel, D.; Hörbrand, P. und Strobel, M.

Die nachstehend angegebene Literatur enthält überwiegend Angaben, auf die im Text direkt referenziert wird. Ferner ist auch ausgewählte Literatur aufgeführt, insofern diese die vorliegende Arbeit wesentlich beeinflusst hat.

- /1/ Al-Radhi, M.: *Konzept zur Steigerung der Effektivität von Produktionsanlagen*. Berlin: FhG-IPK, 1996. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1996.
- /2/ Bartram, J.: *Qualitätsinformationssystem für die Textilindustrie: Gestaltung am Beispiel gewebeherstellender Textilbetriebe mit automatisierten Produktionsabläufen*. St. Gallen, Hochsch., Diss., 1992.
- /3/ Bauer, A.: *Nachhaltige Entwicklung durch Qualität*. Wien: Springer, 2006.
- /4/ Bauer, V.; Wienemann, E. (Hrsg.): *Der interne Prozessbegleiter: Handbuch für Controller in Organisationsentwicklungsprozessen*. Stuttgart: Ibidem, 2002.
- /5/ Becker, A.: *Aktualisierung und inhaltliche Erweiterung eines integrierten Qualitäts- und Umweltmanagementsystems*. Ulm, Fachhochsch., Diplomarb., 2001.
- /6/ Becker, M.; Korge, A.; Scholtz, O.: *Ganzheitliche Produktionssysteme – Erhebung zur Verbreitung und zum Forschungsbedarf: Ergebnisse einer Kurzstudie*. Stuttgart: IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 2003.
- /7/ Bellabarba, A.: *Vorgehensweise zur Berücksichtigung des umfassenden Qualitätsmanagements bei Unternehmensgründungen*. Berlin: Online-Ressource Hochschulschrift, 2003. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2003.
- /8/ Benner, D.: *Qualitätsungewissheit bei Gütern mit Vertrauenseigenschaften: Entwicklung und Anwendung eines entscheidungstheoretisch fundierten Analyserahmens*. Frankfurt: Lang, 2002. Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 2000.
- /9/ Billau, K.; Dietrich, J.; Schweizer, W.: »Der Kunde als Partner – Prozess- und Qualitätsmanagement über die Unternehmensgrenzen hinweg«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 45 (2000) 2. München: Carl Hanser, 2000.

- /10/ Birolini, A.: *Reliability Engineering: Theory and Practice*. Berlin: Springer, 2004.
- /11/ Brandt, T.: *Prozessorientiertes Controllingkonzept für Maßnahmen des Total Quality Managements*. Berlin, Techn. Hochsch., Diss., 1999.
- /12/ Brauckmann, O.: »Steuern mit Wertschöpfungskennzahlen«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 43 (1998) 5. München: Carl Hanser, 1998.
- /13/ Bröckelmann, J.: *Entscheidungsorientiertes Qualitätscontrolling: ein ganzheitliches Instrument der betrieblichen Qualitätssicherung*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 1995. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 1994.
- /14/ Bruhn, M. (Hrsg.): *Dienstleistungscontrolling: Forum Dienstleistungsmanagement*. Wiesbaden: Gabler, 2006.
- /15/ Bruhn, M.: *Qualitätsmanagement für Dienstleistungen: Grundlagen, Konzepte, Methoden*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2006.
- /16/ Bruns, M.: *Systemtechnik – ingenieurwissenschaftliche Methodik zur interdisziplinären Systementwicklung*. Berlin: Springer, 1991. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Habil.-Schr., 1991.
- /17/ Bühner, R.; Akitürk, D.: »Führen mit Kennzahlen: Führungs-Scorecard in Verbindung mit dem EFQM-Modell bringt kontinuierliche Verbesserung«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 45 (2000) 2. München: Carl Hanser, 2000.
- /18/ Bullinger, H.-J. (Hrsg.): *Fokus Kunde: wie mittelständische Unternehmen mit Chargenfertigung ihre Organisation an den Kunden ausrichten*. Tagungs- und Vertiefungsworkshop Baden-Baden, 28./29. September 1999. IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Stuttgart: IRB, 1999.
- /19/ Bullinger, H.-J. (Hrsg.): *Was kommt nach Lean Production? Entwicklung und Implementierung ganzheitlicher Produktionssysteme*. Produktionsforum Stuttgart, 9. November 2001. IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Stuttgart: IRB, 2001
- /20/ Bullinger, H.-J., Schweizer, W.: »Intelligent Production Competition Strategies for Producing Enterprises«. In: *18th International Conference on Production Research (ICPR)*, 1. August 2005. Salerno: ICPR, 2005.

- /21/ Bullinger, H.-J.; Dietrich, J.; Schweizer, W.: »Bewertung der Unternehmensleistung aus Kundensicht«. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 43 (1999) 9. München: Carl Hanser, 1999.
- /22/ Bullinger, H.-J.; Spath, D. (Hrsg.): *Integrierte Modernisierungskonzepte und Lean Production*. IAO-Produktionstage 2002, 5. November 2002. IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Stuttgart: IRB, 2002.
- /23/ Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt (Hrsg.): *Handbuch Umweltcontrolling*. München: Vahlen, 2001.
- /24/ Ceramtec AG (Hrsg.): *Elemente und Methoden des Ceramtec-Produktionssystems*. Unveröffentlichte Firmendokumentation. Plochingen: Ceramtec, 2004.
- /25/ Christen, D.: *Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik: Handbuch für Chemiker und Verfahreningenieure*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005.
- /26/ Christoffers, J.: *Verfahren zur Erhebung und Bewertung von Qualitätskosten im Rahmen eines betrieblichen Verbesserungsprojektes und Einbindung in das Qualitätscontrolling*. Stuttgart, Univ., Diplomarbeit, 2001.
- /27/ Cooper, R. G.: *Winning at new Products: accelerating the Process from Idea to Launch*. Cambridge, Mass.: Perseus Pub., 2001.
- /28/ Corsten, H.: *Produktionswirtschaft – Einführung in das industrielle Produktionsmanagement*. München; Wien: Oldenbourg, 2004.
- /29/ Corsten, H.; Friedl, B.: *Produktionscontrolling – Schriften zum Produktionsmanagement*. Kaiserslautern: Univ., Lehrstuhl für Produktionswirtschaft, 1999.
- /30/ Cramer, S.: *Bewertbarkeit betrieblicher Produktionssysteme*. Konstanz, Fachhochsch., Master's Thesis, 2003.
- /31/ Daenzer, W. F. (Hrsg.): *Systems Engineering: Methodik und Praxis*. Zürich: Verl. Industrielle Organisation, 2002.
- /32/ Daetz, T., Klatt, T.: »Prozessaudit: Qualitätsverbesserung durch Prozessorientierung«. In: *FB/IE – Zeitschrift für Unternehmensentwicklung und Industrial Engineering*, 45 (2002) 4. Darmstadt: Verlag REFA Bundesverband e. V., 2002.

- /33/ Danke, S.-M.: *QM-Konzept zur präventiven Qualitätssicherung für die Montageplanung in der Automobilindustrie*. Berlin: Weißensee-Verl., 2000. Zugl.: Chemnitz, Zwickau, Techn. Univ., Diss., 1999.
- /34/ Dannhauser, M.: *Kostenrechnung und Produktionsplanung und -steuerung: Ansatz für ein integriertes Fertigungscontrolling*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2000. Zugl.: Jena, Univ., Diss., 1999
- /35/ Däumler, K.-D.: *Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung*. Herne; Berlin: Verl. Neue Wirtschafts-Briefe, 2000.
- /36/ Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.: *Managementsysteme – Begriffe: Ihr Weg zu klarer Kommunikation*. DGQ-Band 11-04. Berlin: Beuth, 2002.
- /37/ Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.: *Qualitätskennzahlen (QKZ) und Qualitätskennzahlen-Systeme*. DGQ-Band 14-23. Berlin: Beuth, 1990
- /38/ Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.: *Qualitätskosten: Rahmenempfehlungen zu ihrer Definition, Erfassung, Beurteilung*. DGQ-Band 14-17. Berlin: Beuth, 1985.
- /39/ Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): *DIN EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005)*. Ausgabe: 2005-12. Berlin: Beuth, 2005.
- /40/ Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): *DIN EN ISO 9001: Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2000-12)*. Ausgabe: 2000-12. Berlin: Beuth, 2000.
- /41/ Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): *DIN EN ISO 9004: Qualitätsmanagementsysteme – Leitfaden zur Leistungsverbesserung (ISO 9004:2000)*. Ausgabe: 2000-12. Berlin: Beuth, 2000.
- /42/ Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): *DIN ISO 2859-1: Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung)*. Ausgabe: 2004-01. Berlin: Beuth, 2004.
- /43/ Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): *Technische Spezifikation ISO/TS 16949:2002: Qualitätsmanagementsysteme – spezielle Forderungen für Zulieferer in der Automobilindustrie*. Berlin: Beuth, 2002.
- /44/ Dietrich, J.: »Customer Requirements Engineering«. In: *Fokus Kunde – Tagungsband Fraunhofer IAO*. Bullinger, H.-J. (Hrsg.). Stuttgart: IRB, 1999.

- /45/ Dietrich, J.: »Neue Herausforderungen an das ganzheitliche Produktionssystem«. In: *Kundenindividuelle Montage – Konzepte und Szenarien*. Workshop, 25. März 2004. IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Stuttgart: IAO, 2004.
- /46/ Dietrich, J.: »Umsetzung industrieller Produktionssysteme in der Praxis«. In: *Integrierte Modernisierungskonzepte und Lean Production - Tagungsband Fraunhofer IAO*. Bullinger, H.-J.; Spath, D. (Hrsg.). Stuttgart: IRB, 2002.
- /47/ Dietrich, J.; Bullinger, H.-J.; Theurer, D.: »Aus dem Vollen schöpfen – Kunden- und prozessorientierte Unternehmensstrukturen in KMU umsetzen«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 46 (2001) 7. München: Carl Hanser, 2001.
- /48/ Dietrich, J.; Mesow, B.: »Der Kunde bleibt König«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 43 (1998) 12, S. 1455. München: Carl Hanser, 1998.
- /49/ Dietrich, J.; Mesow, B.: »Verbundforschungsprojekt zu chargenorientierter Produktion soll neue Konzepte ermöglichen«. In: *Lack im Gespräch*, 58 (1999) 5, S. 118. München: Deutsches Lackinstitut, 1999.
- /50/ Dietrich, J.; Schweizer, W.: »Optimierung chargenorientierter Produktionssysteme«. In: *20 Jahre Fraunhofer IAO: Technologiemanagement im Unternehmen der Zukunft*. Stuttgart: IRB, 2001.
- /51/ Disselkamp, M.: *Innovationsmanagement: Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen*. Wiesbaden: Gabler, 2005.
- /52/ Duncan, M.; Reimer, J. A.: *Chemical Engineering Design and Analysis*. New York: Cambridge Univ. Press, 1998.
- /53/ Eichgrün, K.: *Prozesssicherheit in fertigungstechnischen Prozessketten: Systemanalyse, ganzheitliche Gestaltung und Führung*. Kaiserslautern: Univ., Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation, 2003. Zugl.: Kaiserslautern, Univ., Diss., 2003.
- /54/ Eisenführ, F.; Weber, M.: *Rationales Entscheiden*. Berlin: Springer, 2003.
- /55/ Euler, M.: *Entwicklung einer Methode zur Bewertung von präventiven Qualitätsmanagementprozessen*. FQS, Forschungsgemeinschaft Qualität; DGQ, Deutsche Gesellschaft für Qualität. Berlin: Beuth, 1999. Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 1998.



- /56/ European Foundation for Quality Management (Hrsg.): *The EFQM Excellence Modell*. Brussels Representative Office, Avenue des Pléiades 15, 1200 Brussels, Belgium, 2007.
- /57/ Eversheim, W. (Hrsg.): *Prozessorientiertes Qualitätscontrolling: Qualität messbar machen*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1997.
- /58/ Eversheim, W.: *Organisation in der Produktionstechnik: Arbeitsvorbereitung*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1997.
- /59/ Fahrmeir, L.; Künstler, R.; Pigeot, I.: *Statistik*. Berlin: Springer, 2007.
- /60/ Freyer, W.: *Tourismus-Marketing: marktorientiertes Management im Mikro- und Makrobereich der Tourismuswirtschaft*. München; Wien: Oldenbourg, 2004.
- /61/ Fries, S.: *Neuorientierung der Qualitätskostenrechnung in prozessorientierten TQM-Unternehmen: Entwurf eines ganzheitlichen Entwicklungsprozesses zur Auswahl von Prozessmessgrößen*. St. Gallen, Hochsch., Diss., 1994.
- /62/ Gasterstädt, G.; Spanner-Ulmer, B.: »Neun Elemente für bessere Prozesse: Produktionssystem verbindet Normenforderungen und TQM«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 48 (2003) 4. München: Carl Hanser, 2003.
- /63/ Geiger, W.: *Qualitätslehre*. Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 2003.
- /64/ Göttel, D.: *Analyse und Bewertung von Anforderungen industrieller Kunden zur systematischen Ableitung von organisatorischen Maßnahmen in produzierenden Unternehmen*. Stuttgart, Univ., Diplomarbeit, 1999.
- /65/ Göttmann, K.-J.: *Modellansatz zur Übertragbarkeit in der Automobilzuliefer-Industrie erfolgreich eingesetzter Qualitätskonzepte auf andere Branchen*. München: Hanser, 1995. Zugl.: Darmstadt, Techn. Hochsch., Diss., 1995.
- /66/ Griffin, A.; Gleason, G.; Preiss, R.; Shevenaugh, D.: »Die besten Methoden zu mehr Kundenzufriedenheit«. In: *Harvard Manager*, Nr. 3/1995, S. 65-76, 1995.
- /67/ Groeflin, H.: *Optimale Mehrmaschinenbelegung mit Variantenwahl am Beispiel der chemischen Chargenfertigung*. Zürich, Eidgen. Techn. Hochsch., Diss., 1977.
- /68/ Groth, U.: *Kennzahlensystem zur Beurteilung und Analyse der Leistungsfähigkeit einer Fertigung: Einsatz von personellen, organisatorischen und technischen Kennzahlen*. Düsseldorf: VDI-Verl., 1992. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1991.

- /69/ Gruner, K. E.: *Kundeneinbindung in den Produktinnovationsprozess: Bestandsaufnahme, Determinanten und Erfolgsauswirkungen*. Wiesbaden: Gabler, 1997. Zugl.: Koblenz, Wiss. Hochsch. für Unternehmensführung, Diss., 1996.
- /70/ Haas, H.: *Dienstleistungsqualität aus Kundensicht: eine empirische und theoretische Untersuchung über den Nutzen von Zertifikaten nach DIN EN ISO 9000 ff. für Verbraucher*. Berlin: Duncker/Humboldt, 1998. Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 1998.
- /71/ Hahn, O.: *Qualität und Management: Qualitätsmanagement als Aufgabe moderner Unternehmensführung – ein Modell*. Hamburg: v. Stengel, 1996.
- /72/ Hanel, G.: *Prozessorientiertes Wissensmanagement zur Verbesserung der Prozess- und Produktqualität*. Düsseldorf: VDI-Verl., 2002. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2002.
- /73/ Hanewinkel, F.: *Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Geschäftsprozessen*. Düsseldorf: VDI-Verl., 1994. Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 1994.
- /74/ Hannen, C.: *Informationssystem zur Unterstützung des prozessorientierten Qualitätscontrollings*. Aachen: Verl. d. Augustinus-Buchhandlung, 1996. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1996.
- /75/ Harry, M.; Schroeder, R.: *Six Sigma: Prozesse optimieren, Null-Fehler-Qualität schaffen, Rendite radikal steigern*. Frankfurt/Main; New York: Campus Verl., 2005.
- /76/ Hartig, F., Heller, P.; Hoben, R., Mitschele, B., Pischetsrieder, B., Zimmermann, R.: »Qualität muss gelebt werden – Soft-Facts verändern das TQM«. In: *Automobil-Produktion*, 15 (2001) 5, S. 6-24. Landsberg: Verlag Moderne Industrie, 2001.
- /77/ Haskett, J.; Jones, T.; Loveman, G.; Sasser, W.; Schlesinger, L.: »Putting the Service-Profit Chain to Work«. In: *Harvard Business Review*, Nr.2/94, 1994.
- /78/ Hawlitzky, N.: *Integriertes Qualitätscontrolling von Unternehmensprozessen*. München: TCW, 2002. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2002.
- /79/ Helms, A.; Hanisch, H.-M.; Stephan, K.: *Steuerung von Chargenprozessen*. Berlin: Technikverlag, 1989.
- /80/ Hemming, W.; Wagner, W.: *Verfahrenstechnik*. Würzburg: Vogel, 2004.

- /81/ Hentschel, B.: *Dienstleistungsqualität aus Kundensicht: Vom merkmalsorientierten zum ereignisorientierten Ansatz*. Wiesbaden: Gabler, 2002.
- /82/ Herberg, C.: *Messung der Effizienz von Total Quality Management: Kennzahlensystem zur Messung der Effizienz von TQM unter besonderer Berücksichtigung der Qualitätskosten*. Hamburg: Kovac, 2001. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2000.
- /83/ Hertkorn, P.: *Knowledge Discovery in Databases auf der Grundlage dimensionshomogener Funktionen*. Stuttgart: Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen, 2004. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2004.
- /84/ Homburg, C. (Hrsg.): *Kundenzufriedenheit: Konzepte – Methoden – Erfahrungen*. Wiesbaden: Gabler, 2006.
- /85/ Homburg, C.; Rudolph, B.: »Wie zufrieden sind Ihre Kunden tatsächlich?«. In: *Harvard Manager*, Nr. 1/95, S. 43-50, 1995.
- /86/ Hörbrand, P.: *Informationssystematik zur Qualitätsverbesserung*. Ulm, Fachhochsch., Diplomarb., 2000.
- /87/ Horváth, P. (Hrsg.): *Qualitätscontrolling*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1991.
- /88/ Horváth, P.: (Hrsg.): *Qualitätscontrolling – ein Leitfaden zur betrieblichen Navigation auf dem Weg zum Total Quality Management*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1997.
- /89/ Horváth, P.: *Controlling*. München: Vahlen, 2006.
- /90/ Hosseini-Rösner, R.; Fuchs, H.: *Qualitätsmanagement von der Funktions- zur Prozessorientierung – Die Revision der DIN ISO 9000 ff.* Bergisch Gladbach: Heider, 1999.
- /91/ Hubel, H.: »Planung und Logistik in der Chargenfertigung«. In: *Werkstattstechnik*, 89 (1999) 3. Düsseldorf: VDI-Verl., 1999.
- /92/ Ilzarbe, L.: *Wirkung von Einflussgrößen – insbesondere der Produktqualität – auf die Kundenzufriedenheit in der Automobilindustrie*. Berlin: Online-Ressource Hochschulschrift, 2005. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2004.
- /93/ Imboden, H.: *Entwicklung einer integrierten PPS-Architektur für die Prozessindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Verbund- und Kuppelproduktion*. Frankfurt am Main: Lang, 1998. Zugl.: Freiburg, Univ., Diss., 1998.

- /194/ Jung, D.: *Praxis- und prozessnahes Optimierungsmodell zur systematischen, kontinuierlichen Verbesserung komplexer industrieller Prozesse*. Saarbrücken: LFT, 2000. Zugl.: Saarbrücken, Univ., Diss., 2000.
- /195/ Juran, J. M.: *A History of managing for Quality: the Evolution, Trends, and future Directions of managing for Quality*. Milwaukee, Wis.: ASQC Quality Press, 1995.
- /196/ Kaiser, J.: *Qualitätsbewertung von Prozessen und Prozessergebnissen durch integrierten Einsatz von Fuzzy-Logic und Fuzzy-Arithmetic: generierende Software zum Aufbau eines Qualitätsinformationssystems für die Kleinserien- und Einzelfertigung*. Aachen: Shaker, 1997. Zugl.: Darmstadt, Techn. Hochsch., Diss., 1997.
- /197/ Kamiske, G. F. (Hrsg.): *Rentabel durch Total Quality Management: Return on Quality*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1996.
- /198/ Kamiske, G.; Brauer, J.-P.: *Qualitätsmanagement von A bis Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements*. München: Hanser, 2006.
- /199/ Kano, N.: »Upsizing the Organization by attractive Quality Creation«. In: *Total Quality Management: Proceedings of the first World Congress*. Kanji, G. K. (Hrsg.): S. 60-72, London, 1995.
- /100/ Kano, N.; Seraku, N.; Takahashi, F.; Tsuji, S.: »Attractive Quality and must-be Quality«. In: *Quality, the Journal of Japanese Society for Quality Control*, 14 (1984) 2, S. 39-48. Tokio: Japanese Society for Quality Control, 1984.
- /101/ Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: *The Balanced Scorecard: translating Strategy into Action*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 2004.
- /102/ Keck, E. W.: *Modellanalyse der Prozessindustrie zur Gestaltung kundennaher Produktionssysteme: eine empirische Untersuchung*. Frankfurt am Main: Lang, 1994. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 1994.
- /103/ Kickuth, M.: *Operative Exzellenz in der pharmazeutischen Industrie: ein Referenzmodell*. St. Gallen, Hochsch., Diss., 2005.
- /104/ Krafczyk, M.: *Quality Added Value: wertorientiertes Qualitätscontrolling im Firmenkundengeschäft der Banken*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2002. Zugl.: Eichstätt, Kath. Univ., Diss., 2002.

- /1105/ Krämer, F.: *Anpassung des Qualitätswesens bei Total Quality Management*. Berlin: FhG-IPK, 1997. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1997.
- /1106/ Kruse, I.; Ehnert, R.: »Lebensmittel hygienisch herstellen – Implementierung eines HACCP-Systems in der Hohlglasindustrie«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 45 (2000) 4. München: Carl Hanser, 2000.
- /1107/ Laschet, A.: *Konzeption eines Fehlerinformations- und Bewertungssystems: ein Beitrag zur Ermittlung und Reduzierung des Fehlleistungsaufwands in Unternehmen*. Aachen: Shaker, 1995. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1994.
- /1108/ Loos, P.: *Produktionslogistik in der chemischen Industrie: betriebstypologische Merkmale und Informationsstrukturen*. Wiesbaden: Gabler, 1997. Zugl.: Saarbrücken, Univ., Habil.-Schr., 1997.
- /1109/ Lotter, B.; Spath, D.; Baumgartner, P.: *Kundennutzenmessung und Kundennutzenorientierung im Unternehmen*. Renningen-Malmsheim: Expert, 2002.
- /1110/ Mackau, D.: *Empirische Untersuchung zum Einfluss des wahrgenommenen Führungsverhaltens auf das betriebliche Qualitätsbewusstsein von Beschäftigten in Produktions- und Dienstleistungsbereichen*. Aachen: Online-Ressource Hochschulschrift, 2003. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2003.
- /1111/ Malorny, C.: *Einführen und Umsetzen von Total Quality Management*. Berlin: FhG-IPK, 1996. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1996.
- /1112/ Meyer, C.: *Betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Kennzahlen-Systeme*. Sternenfels: Verl. Wissenschaft und Praxis, 2007.
- /1113/ Müller, M.: *Qualitätscontrolling komplexer Serienprodukte*. Aachen: Shaker, 1998. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1997.
- /1114/ Müller, R.: *Verfahren zur Bewertung von Auftrags-Durchlaufzeiten in den indirektproduktiven Bereichen von Maschinenbau-Unternehmen*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1994. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1994.
- /1115/ Mutscheller, A. M.: *Vorgehensmodell zur Entwicklung von Kennzahlen und Indikatoren für das Qualitätsmanagement*. St. Gallen, Hochsch., Diss., 1996.

- /116/ Nagel, A.: »Kunden- und Mitarbeiterorientierung in der lernenden Organisation«. In: *Handbuch Lernende Organisation: Unternehmens- und Mitarbeiterpotentiale erfolgreich erschließen*. Wiesbaden: Dr. Wieselhuber und Partner, 1997.
- /117/ Nagel, K.; Rasner, C.: *Herausforderung Kunde: neue Dimensionen der kunden- und marktorientierten Unternehmensführung*. Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1993.
- /118/ Oeltjenbruns, H.: *Organisation der Produktion nach dem Vorbild Toyotas: Analyse, Vorteile und detaillierte Voraussetzungen sowie die Vorgehensweise zur erfolgreichen Einführung am Beispiel eines globalen Automobilkonzerns*. Aachen: Shaker, 2000. Zugl.: Clausthal, Techn. Univ., Diss., 2000.
- /119/ Olemotz, T.: *Strategische Wettbewerbsvorteile durch industrielle Dienstleistungen*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 1995. Zugl.: Gießen, Univ., Diss., 1995.
- /120/ Olfert, K.; Rahn, H.-J.: *Lexikon der Betriebswirtschaftslehre*. Ludwigshafen: Kiehl, 2004.
- /121/ Pande, P. S.; Neuman, R. P.; Cavanagh, R.: *Six Sigma erfolgreich einsetzen: Marktanteile gewinnen, Produktivität steigern, Kosten reduzieren*. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 2004.
- /122/ Pfeifer, T.: *Praxishandbuch Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken*. München, Wien: Carl Hanser, 2001.
- /123/ Platt, A.: *Rechnergestütztes Qualitätsmanagement für Chargenprozesse in industriellen Dienstleistungsunternehmen*. Hamburg: Kovac, 1998. Zugl.: Freiberg (Sachsen), Techn. Univ., Diss., 1997.
- /124/ Plinke, W.; Rese, M.: *Industrielle Kostenrechnung – eine Einführung*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2006.
- /125/ Porter, M. E.: *Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen erreichen und behaupten*. Frankfurt: Campus-Verl., 2000.
- /126/ Pressmar, D. (Hrsg.): *Total Quality Management*. Wiesbaden: Gabler, 1995.
- /127/ Quacken, G.: *Bestimmung von produktspezifischen, störungsbedingten Qualitätskosten bei der Maschinendiagnose*. Aachen: Verlag Mainz, 2000. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2000.

- /128/ Rapp, R.: *Customer Relationship Management*. Frankfurt: Campus-Verl., 2005.
- /129/ Rath and Strong Management Consultants (Hrsg.): *Six Sigma Pocket Guide: 34 Werkzeuge zur Prozessverbesserung*. Köln: TÜV-Verlag, 2002.
- /130/ Rauba, A.: *Planungsmethodik für ein Qualitätskostensystem*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1990. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1990.
- /131/ Raubach, C.: *Steigerung der Kosten-Leistungs-Transparenz durch Prozesskostenmanagement in der Industrie*. St. Gallen, Hochsch., Diss., 1995.
- /132/ Redeker, G. (Hrsg.): *Qualitätsmanagement für die Zukunft – Business Excellence als Ziel*. Aachen: Shaker, 2001.
- /133/ REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): *Methodenlehre der Betriebsorganisation: Arbeitsgestaltung in der Produktion*. München: Carl Hanser, 1993.
- /134/ REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): *Methodenlehre der Betriebsorganisation: Grundlagen der Arbeitsgestaltung*. München: Carl Hanser, 1993.
- /135/ REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): *Methodenlehre der Betriebsorganisation: Planung und Gestaltung komplexer Produktionssysteme*. München: Carl Hanser, 1990.
- /136/ Regius, B.: *Kostenreduktion in der Produktion: Praxisleitfaden für die Qualitätskostenanalyse*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2002.
- /137/ Reichheld, F. F.; Sasser, W. E.: »Zero Defections: Quality comes to Services«. In: *Harvard Business Review*, Nr.10/90, 1990.
- /138/ Richter, M.: *Dynamik von Kundenerwartungen im Dienstleistungsprozess: Konzeptionalisierung und empirische Befunde*. Wiesbaden: Gabler, 2005. Zugl.: Basel, Univ., Diss., 2005.
- /139/ Robeck, A.: *Dynamische Zielfindung für das Total Quality Management*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1998. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1997.
- /140/ Robertson, J.; Robertson, S.: *Vollständige Systemanalyse*. München; Wien: Carl Hanser, 1996.

- /141/ Rother, M.; Shook, J.: *Sehen lernen: mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*. Aachen: Lean Management Institut, 2006.
- /142/ SAP AG (Hrsg.): *Produktionsplanung für die Prozessindustrie*. Walldorf: SAP, 2005.
- /143/ Sasse, A.: *Ganzheitliches Qualitätskostenmanagement: ein Konzept zur wirtschaftlichen Planung, Steuerung und Umsetzung*. Wiesbaden: Gabler, 2002. Zugl.: Erlangen, Nürnberg, Univ., Diss., 2001.
- /144/ Scharnbacher, K.; Kiefer, G.: *Kundenzufriedenheit: Analyse, Messbarkeit und Zertifizierung*. München; Wien: Oldenbourg, 2003.
- /145/ Scheibeler, A. W.: *Balanced Scorecard für KMU: Kennzahlenermittlung mit ISO 9001:2000 leicht gemacht*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2004.
- /146/ Schlag, S.; Runzheimer, B.: *Balanced Scorecard im Produktionssystemcontrolling: Anwendbarkeit und Ausgestaltung für den operativen Bereich*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2001. Zugl.: Pforzheim, Fachhochsch., Diplomarb., 1999.
- /147/ Schloske, A.; Henke, J.; Schulz, T.: »Was kosten Fehler am Band – Fehler-Prozess-Matrix als Ergänzung zur FMEA«. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, 51 (2006) 4. München: Carl Hanser, 2006.
- /148/ Schmidt, R.: *Marktorientierte Konzeptfindung für langlebige Gebrauchsgüter: Messung und QFD-gestützte Umsetzung von Kundenforderungen und Kundenurteilen*. Wiesbaden: Gabler, 1996. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1995.
- /149/ Schmitz, J.: *Qualitätscontrolling und Unternehmensperformance: eine theoretische und empirische Analyse*. München: Vahlen, 1996. Zugl.: Augsburg, Univ., Diss., 1995.
- /150/ Schneeweiß, C.: *Einführung in die Produktionswirtschaft*. Berlin: Springer, 2002.
- /151/ Schumann, M.: *Trendreport Rationalisierung: Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, chemische Industrie*. Berlin: Ed. Sigma, 1994.
- /152/ Schürdle, L.-H.: *Prozessorientierte Kennzahlen als Analyseinstrument*. Aachen: Shaker, 1996. Zugl.: Darmstadt, Techn. Hochsch., Diss., 1995.
- /153/ Schweizer, W.: »Mass Customization in Process Industries - from Mass Production to Mass Customization«. In: *18th International Conference on Production Research (ICPR)*, 2. August 2005. Salerno: ICPR, 2005.



- /154/ Schweizer, W.; Dietrich, J.: *Chargenfertiger im Wandel – der Kunde im Fokus*. Druckschrift des Fraunhofer IAO zum Forschungsprojekt „Kundenorientierte Unternehmensreorganisation bei chargenorientierter Produktion“. Stuttgart: IRB, 1999.
- /155/ Schwister, K. (Hrsg.): *Taschenbuch der Verfahrenstechnik*. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2007.
- /156/ Seghezzi, H. D.: *Integriertes Qualitätsmanagement: das St. Galler Konzept*. München: Carl Hanser, 2003.
- /157/ Sesma-Vitrian, E.: *Beitrag zur Ermittlung von Kosten und Nutzen der präventiven Qualitätsmethoden QFD und FMEA*. Berlin: Online-Ressource Hochschulschrift, 2004. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2004.
- /158/ Simon, H. (Hrsg.): *Unternehmenskultur und Strategie: Herausforderungen im globalen Wettbewerb*. Frankfurt/Main: Frankfurter Allg. Zeitung, Verl.-Bereich Buch, 2001.
- /159/ Sohrmann, R.: *Kennzahlen-System zur integrierten Prozessbewertung unter Einbeziehung von Qualität, Umweltschutz und Arbeitssicherheit*. Aachen: Shaker, 2001. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2000.
- /160/ Spada, H. (Hrsg.): *Lehrbuch allgemeine Psychologie*. Bern; Göttingen: Huber, 2006.
- /161/ Spath, D. (Hrsg.): *Ganzheitlich produzieren: innovative Organisation und Führung*. Stuttgart: LOG\_X Verlag, 2003.
- /162/ Spath, D. (Hrsg.): *Technologiemanagement in der Praxis: forschen und anwenden*. Stuttgart: IRB, 2006.
- /163/ Spath, D.: *Vom Markt zum Produkt – Impulse für die Innovationen von morgen*. Stuttgart: LOG\_X Verlag, 2001.
- /164/ Spath, D.; Dill, C.; Scharer, M.: *Vom Markt zum Markt: Produktentstehung als zyklischer Prozess*. Stuttgart: LOG\_X Verlag, 2001.
- /165/ Spengler, T.: *Industrielles Stoffstrommanagement – betriebswirtschaftliche Planung und Steuerung von Stoff- und Energieströmen in Produktionsunternehmen*. Berlin: Erich Schmidt, 1998. Zugl.: Karlsruhe, Univ., Habil.-Schr., 1998.
- /166/ Springer, R.: *Rückkehr zum Taylorismus?* Frankfurt: Campus-Verl., 1999.

- /167/ Staal, R.; Buch, V.: *TQM – Leitfaden für Produktions- und Verfahrenstechnik*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1996.
- /168/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.): *Konzentrationstechnische Daten für das Verarbeitende Gewerbe, den Bergbau, die Gewinnung von Steinen und Erden sowie für das Baugewerbe 2005 und 2006*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2007.
- /169/ Steins, D.: *Entwicklung einer Systematik zur qualitätsgerechten Optimierung komplexer Produktionssysteme*. Aachen: Shaker, 2000. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2000.
- /170/ Strobel, M.: *Erfassung, Bewertung und Planung von Qualitätskosten in Referenzprozessen*. Friedrichshafen, Berufsakad., 2004.
- /171/ Stumvoll, H.: *Return on Quality (ROQ): Wirtschaftlichkeit von Produktqualität aus Unternehmenssicht: Entwicklung einer kundenloyalitätsbasierten Bewertungsmethode am Beispiel eines Automobilherstellers*. Aachen: Shaker, 2004. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2004.
- /172/ Taiichi, O.: *Das Toyota-Produktionssystem*. Frankfurt: Campus-Verl., 1993.
- /173/ Takeda, H.: *Das synchrone Produktionssystem: JIT für das ganze Unternehmen*. Landsberg: Verl. Moderne Industrie, 2006.
- /174/ Theilig, O.: *Qualitätscontrolling in der Montage*. Essen: Vulkan-Verl., 2000. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1999.
- /175/ Thomas, O.: »Das Referenzmodellverständnis in der Wirtschaftsinformatik«. In: Loos, P. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz*, Heft 1/2006. Saarbrücken: IWI, 2006.
- /176/ Tomys, A.-K.: *Kostenorientiertes Qualitätsmanagement: Qualitätscontrolling zur ständigen Verbesserung der Unternehmensprozesse*. München; Wien: Hanser, 1994. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1994.
- /177/ Töpfer, A.; Mehdorn, H.: *Prozess- und wertorientiertes Qualitätsmanagement: Wertsteigerung durch Total Quality Management im Unternehmen*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2007.
- /178/ Tröster, F.: *Steuerungs- und Regelungstechnik für Ingenieure*. München; Wien: Oldenbourg, 2005.

- /179/ Uhlig, R.; Bruns, M.: *Automatisierung von Chargenprozessen*. München; Wien: Oldenbourg, 1995.
- /180/ Varnhagen, V.: *Qualitätsplanungs- und Qualitätscontrolling-Systematik im Rahmen des Simultaneous Engineering*. Aachen: Shaker, 2000. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2000.
- /181/ VDA e. V. (Hrsg.): *ISO/TS 16949:2002: VDA 6.1 harmonisiert mit QS-9000, AVSQ und EAQF*. Frankfurt: VDA, 2002.
- /182/ VDMA e. V. (Hrsg.): *Mit gesteigerter Kundenzufriedenheit zum Markterfolg – eine strukturierte Anleitung zur Messung und Analyse der Kundenzufriedenheit im Maschinenbau*. Frankfurt: Maschinenbau Verlag, 1997.
- /183/ Voggenreiter, D.: *Qualitätscontrolling in Unternehmen des Anlagengeschäfts*. Frankfurt/Main: Lang, 1999. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1998.
- /184/ Vollmuth, H. J.: *Controlling-Instrumente von A bis Z: ausgewählte Werkzeuge zur Unternehmenssteuerung*. Freiburg; Berlin: Haufe, 2003.
- /185/ Walter, T.: *Qualitätsmanagement für die Einführung bestandsarmer Produktionskonzepte*. Berlin: FhG-IPK, 1996. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1996.
- /186/ Weber, M.: *Kennzahlen: Unternehmen mit Erfolg führen*. Freiburg; Berlin; München: Haufe, 2002.
- /187/ Weidner, D.: *Engpassorientierte Fertigungssteuerung: eine Untersuchung über die in Optimized Production Technology implementierten Konzepte der Produktionsplanung und -steuerung*. Frankfurt/Main: Lang, 1992. Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 1992.
- /188/ Wendehals, M.: *Kostenorientiertes Qualitätscontrolling: Planung – Steuerung – Beurteilung*. Wiesbaden: Gabler, 2000. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2000.
- /189/ Westkämper, E.: *Einführung in die Organisation der Produktion*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2006.
- /190/ Westkämper, E.: *Null-Fehler-Produktion in Prozessketten: Maßnahmen zur Fehlervermeidung und -kompensation*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1997.
- /191/ Westkämper, E.; Warnecke, H.-J.: *Einführung in die Fertigungstechnik*. Wiesbaden: Teubner, 2006.

- /192/ Wildemann, H. (Hrsg.): *Controlling im TQM: Methoden und Instrumente zur Verbesserung der Unternehmensqualität*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1996.
- /193/ Wilmes, D.: *Controlling des Fabrikbetriebes auf der Basis des Total Quality Managements*. Berlin: FhG-IPK, 1998. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1998.
- /194/ Witte, A.: *Integrierte Qualitätssteuerung im Total Quality Management*. Münster: Lit, 1993. Zugl.: Münster, Univ., Diss., 1993.
- /195/ Wolter, O.: *Entwicklung und Erprobung eines Kennzahlensystems für das Total Quality Management*. Berlin: FhG-IPK, 1997. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1997.
- /196/ Wolter, O.: *TQM Scorecard: die Balanced Scorecard in TQM-geführten Unternehmen umsetzen*. München; Wien: Hanser, 2002.
- /197/ Worthoff, R. H.: *Chemische Verfahrenstechnik: Prozess- und Reaktionstechnik*. Aachen: Shaker, 2001.
- /198/ Wunn, C.: *TQM-Regelkreise in Kleinunternehmen der Werkzeug- und Schneidwarenindustrie*. Düsseldorf: VDI-Verl., 1997. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1997.
- /199/ Zäpfel, G.: *Produktionswirtschaft: operatives Produktionsmanagement*. Berlin: De Gruyter, 1982.
- /200/ Zeithaml, V. A.; Bitner, M. J.; Gremler, D. D.: *Services Marketing: integrating the Customer Focus across the Firm*. Boston: McGraw-Hill, 2006.
- /201/ Zenz, A.: *Strategisches Qualitätscontrolling: Konzeption als Metaführungsfunktion*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 1999. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1998.
- /202/ Zlamal, O.: *TQM-gerechtes Controlling: Qualitäts-Audit als Qualitätscontrollinginstrument*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2000. Zugl.: Wien, Wirtschaftsuniv., Diss., 2000.
- /203/ ZVEI e. V. (Hrsg.): *ZVEI-Kennzahlensystem*. Frankfurt/Main: Sachon, 1989.

## 9 Anhang

### 9.1 Auszug zur Erfassung von Kundendaten



## **II. Produktberatung/Problemlösung für den Kunden**

- 1. Wie sind Sie generell mit der Produktberatung durch die Musterglas GmbH zufrieden?** (Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

Zufriedenheit mit der Beratung:

- 2. Wie sind Sie mit der Produktberatung bezüglich folgender Punkte zufrieden?** (Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

- |   |       |
|---|-------|
| • Genügend Zeit für Beratungsgespräche                      | ..... |
| • Kenntnis Ihrer Unternehmenssituation/Produktanforderungen | ..... |
| • Freundlichkeit  | ..... |
| • Umfassende Beratung in allen Produktfragen                | ..... |
| • Offenheit und Ehrlichkeit                                 | ..... |
| • Wahrung Ihrer Unternehmensinteressen                      | ..... |
| • Kontinuierliche Betreuung                                 | ..... |
| • Einhaltung von Zusagen                                    | ..... |
| • Verständlichkeit  | ..... |
| • Kompetenz des Musterglas-Gesprächspartners                | ..... |

- 3. Beurteilen Sie nun die Qualität der Beratung. Wie zufrieden sind Sie bzgl. folgender Punkte?** (Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

- |   |       |
|---|-------|
| • Aktuelles Fachwissen                                    | ..... |
| • Sorgfältige Vorbereitung bei vereinbarten Terminen      | ..... |
| • Verständliche Erklärung komplizierter Zusammenhänge     | ..... |
| • Ausdrückliche Hinweise auf evtl. Risiken oder Nachteile | ..... |
| • Zuverlässige und korrekte Informationen                 | ..... |
| • Erkennbares Engagement für Ihre Anliegen u. Probleme    | ..... |
| • Unaufgeforderte Information bei Problemen               | ..... |
| • Unaufgeforderte Info bei interessanten Entwicklungen    | ..... |
| • Frühzeitige Information über zukünftige Veränderungen   | ..... |

**4. Bewerten Sie nun die Problemlösungsfähigkeit. Wie werden Ihre Erwartungen erfüllt in Bezug auf ...?** (Wertung: sehr gut, gut, teils/teils, schlecht, sehr schlecht) 5...1

- |   |       |
|---|-------|
| • Schnelle Beantwortung Ihrer Fragen                                    | ..... |
| • Problemlösungen, die auf Ihre Verhältnisse abgestimmt sind            | ..... |
| • Angebot alternativer Problemlösungen                                  | ..... |
| • Schnelles Herbeiführen von Entscheidungen in der Musterglas GmbH      | ..... |
| • Sof. Rückspr., falls Entsch. nicht in Ihrem Sinne getr. werden können | ..... |
| • Schnelle Umsetzung von Entscheidungen                                 | ..... |

**5. Wie schätzen Sie die Qualität der Musterglas-Dienstleistung (hierbei besonders die Beratung) im Vergleich zum Wettbewerb ein?** (Wertung: Musterglas deutlich besser, besser, teils/teils (gleich), etwas schlechter, deutlich schlechter ) 5...1

**6. Wie beurteilen Sie die persönliche Kontakthäufigkeit mit Ihrem Ansprechpartner der Musterglas GmbH?** (Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

**7. Wie oft wünschen Sie sich ein persönliches Kundengespräch?**

- |                   |
|-------------------|
| • alle 6 Monate   |
| • einmal pro Jahr |
| • alle 2 Jahre    |
| • auf Anfrage     |
| • .....           |

### **III. Anfragen und Angebotswesen**

**1. Wie sind Sie generell mit dem Angebotswesen der Musterglas GmbH zufrieden?**

(Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

**2. Wie bewerten Sie die Angebote der Musterglas GmbH bzgl. folgender Merkmale?**

(Wertung: sehr gut, gut, teils/teils, schlecht, sehr schlecht) 5...1

|                     |       |
|---------------------|-------|
| • Detailliertheit   | ..... |
| • Übersichtlichkeit | ..... |
| • Vollständigkeit   | ..... |
| • Verbindlichkeit   | ..... |

**3. Waren Sie mit der Dauer der Angebotserstellung zufrieden?** (Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Standardprodukte: | ..... |
| Neuprodukte:      | ..... |

**4. Wie lange sollte Ihrer Meinung nach die Angebotserstellung höchstens dauern?**

|  |       |
|--|-------|
| Standardprodukte:                        | ..... |
| Neuprodukte:                             | ..... |
| <u>Durchschnittliche Dauer momentan:</u> |       |
| Standardprodukte:                        | ..... |
| Neuprodukte:                             | ..... |

**5. Wie sind Sie mit der Angebotsverfolgung seitens der Musterglas GmbH zufrieden?**

(Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1



- 6. Gibt es positive Aspekte bei der Angebotserstellung bzw. im Angebotswesen der Musterglas GmbH?**

- 7. Was sollte Ihrer Meinung nach im Angebotswesen verbessert werden, wo sehen Sie Schwächen bzw. Potenziale?**

- 8. Existiert derzeit eine Zusammenarbeit zwischen Ihrem Unternehmen und der Musterglas GmbH im Bereich der Problemanalyse und -lösung?** (Wertung: sehr ausgeprägt, ausgeprägt, teils/teils, gering, keine) 5...1

- 9. Wären Sie an einer derartigen Kooperation mit der Musterglas GmbH interessiert?** (Wertung: hohes Interesse, Interesse, teils/teils, geringes Interesse, kein Interesse) 5...1

- 10. Besitzt Ihr Unternehmen solche Kooperationserfahrungen mit Wettbewerbern der Musterglas GmbH?** (Wertung: sehr ausgeprägt, ausgeprägt, teils/teils, gering, keine) 5...1

## ***IV. Kaufentscheidung, Auftragsvergabe und -abwicklung***

### **1. Wie wichtig sind für Sie die folgenden Kriterien bei einer Kaufentscheidung?**

(Wertung: sehr wichtig, wichtig, teils/teils, unwichtig, völlig unwichtig) 5...1

|  |       |
|--|-------|
| • Preis  | ..... |
| • Produktqualität  | ..... |
| • Kurze Lieferzeiten   | ..... |
| • Termintreue der Lieferung  | ..... |
| • Positives ökologisches Image des Produktes (Recycling, Mehrweg)  | ..... |
| • Problemlösungskompetenz  | ..... |
| • Produktberatung  | ..... |
| • Kundenbetreuung  | ..... |
| • Zuverlässigkeit des Lieferanten (auch bzgl. Abfüllprozess)       | ..... |
| • Reklamationsverhalten/Reklamationsmanagement                     | ..... |
| • Gute Referenzen/Ruf am Markt                                     | ..... |
| • Flexibilität (Sonderwünsche, Lieferzeitänderungen, Mengen, etc.) | ..... |
| • Technik/Herstellungsweise (Glasgewicht, Oberflächenbeschichtung) | ..... |
| • Verarbeitung (z. B. bzgl. Abfüllprozess)                         | ..... |
| • Einsatz TQM-Methoden (FMEA, SPC, etc.)                           | ..... |
| • Innovationsstärke des Lieferanten                                | ..... |

### **2. Welche Lieferzeiten (von Anfrage bis Auslieferung) erwarten Sie bei folgenden Produktsegmenten?**

|   |       |
|---|-------|
| • Standardartikel   | ..... |
| • Spezialartikel (geschützte Form) und veredelte Produkte (Pre-Labeling, No-Label-Look, etc.) | ..... |
| • Neuentwicklungen (Projektlaufzeit bis Serie)  | ..... |

3. **Wie beurteilen Sie generell wichtige Wettbewerber bzgl. Lieferzeiten (Dauer) im Vergleich zur Musterglas GmbH?** (Wertung: Musterglas deutlich besser, besser, teils/teils (gleich), etwas schlechter, deutlich schlechter ) 5...1

4. **Wie sind Sie mit den im Angebot/Auftrag der Musterglas GmbH zugesagten Lieferzeiten (Abrufen) zufrieden?** (Wertung: sehr zufrieden, zufrieden, teils/teils, unzufrieden, sehr unzufrieden) 5...1

5. **Haben Sie – aufgrund von zu langen Liefer-/Abrufzeiten – schon Aufträge an den Wettbewerb vergeben?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, sehr oft) 5...1

6. **Wie viele Aufträge vergeben Sie pro Jahr an die Musterglas GmbH bzw. welches finanzielle Volumen umfassen diese Aufträge?**

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Anzahl Aufträge pro Jahr: | Auftragsvolumen in T€/Jahr: |
|---------------------------|-----------------------------|

7. **Wurden Termine während der Auftragsabwicklung verschoben (Produkterstellung) oder haben sich Mengen geändert?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, sehr oft) 5...1

8. **Hatten Sie durch Lieferverzögerungen der Musterglas GmbH bereits kritische Produktionsbeeinträchtigungen (z. B. Produktionsstillstand bei der Abfüllung)?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, sehr oft) 5...1

**9. Wie oft vergeben Sie sehr eilige Aufträge (Schnellschüsse, Eilabrufe) an die Musterglas GmbH?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, sehr oft) 5...1

**10. Wie oft sind die von Ihnen bei der Musterglas GmbH bestellten Produkte mit Qualitätsmängeln behaftet?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, sehr oft) 5...1

**11. Wie oft reklamieren Sie bzw. Ihr Unternehmen bei der Musterglas GmbH?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, sehr oft) 5...1

**12. Wie oft treten die nachfolgenden Reklamationsgründe bei Ihnen auf?** (Wertung: nie, selten, teils/teils, oft, immer) 5...1

|  |       |
|--|-------|
| • (A) Falscher Liefertermin  | ..... |
| • (A) Verwechslung von Produkten   | ..... |
| • (A) Falsche Stückzahl  | ..... |
| • (A) Bruch beim Transport   | ..... |
| • (A) Fehlerhafte Rechnungsstellung  | ..... |
| • (T) Kritische Fehler (gesundheitsgefährdend, z. B. Affenschaukel)  | ..... |
| • (T) Beschädigung der Abfüllanlage (z. B. Füllrohr bricht)  | ..... |
| • (T) Verderb des Füllgutes/Gefährdung der Sicherheit des Produktes  | ..... |
| • (T) Maschinelle Verarbeitung gestört oder beeinträchtigt<br>(Störungen beim Abfüllen/Verschließen/Verpacken des Produktes) | ..... |
| • (T) Schönheitsfehler (z. B. Blasenhäufung, wellige Form, Farbe)  | ..... |
| • (T) Produkte verschmutzt   | ..... |
| • (T) Verpackung defekt/Paletten kaputt  | ..... |

## ***V. Produkte und Prozesse***

**1. Wie beurteilen Sie die Eigenschaften der Musterglas-Produkte bzgl. nachfolgender Merkmale?** (Wertung: sehr gut, gut, teils/teils, schlecht, sehr schlecht) 5...1

|  |       |
|--|-------|
| • (Q) Festigkeit   | ..... |
| • (Q) Maßhaltigkeit  | ..... |
| • (Q) Kontinuität der Qualität                             | ..... |
| • (Q) Einsatzfähigkeit/Maschinenfähigkeit/Verarbeitbarkeit | ..... |
| • (Q) Gewicht/Volumen                                      | ..... |
| • (Q) Optik/Farbe  | ..... |
| • (A) Preis-Leistungsverhältnis                            | ..... |
| • (A) Umwelanforderungen                                   | ..... |
| • (A) Verpackung   | ..... |
| • (A) Innovationsgedanke                                   | ..... |
| • (A) Hygiene (HACCP)                                      | ..... |
| • (A) Heißabfüllung/Pasteurisieren/Sterilisieren           | ..... |

**2. Wettbewerbsbeurteilung** (Wertung: sehr gut, gut, teils/teils, schlecht, sehr schlecht) 5...1

|  |       |
|--|-------|
| • (Q) Festigkeit   | ..... |
| • (Q) Maßhaltigkeit  | ..... |
| • (Q) Kontinuität der Qualität                             | ..... |
| • (Q) Einsatzfähigkeit/Maschinenfähigkeit/Verarbeitbarkeit | ..... |
| • (Q) Gewicht/Volumen                                      | ..... |
| • (Q) Optik/Farbe  | ..... |
| • (A) Preis-Leistungsverhältnis                            | ..... |
| • (A) Umwelanforderungen                                   | ..... |
| • (A) Verpackung   | ..... |
| • (A) Innovationsgedanke                                   | ..... |
| • (A) Hygiene (HACCP)                                      | ..... |
| • (A) Heißabfüllung/Pasteurisieren/Sterilisieren           | ..... |

**3. Haben Sie Vorschläge/Anregungen an die Musterglas GmbH bzgl. Produktverbesserungen, Produktänderungen hinsichtlich folgender Punkte?**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Form</li> <li>• Farbe</li> <li>• Gewicht</li> <li>• Inhaltsgröße</li> <li>• Verpackung</li> <li>• Sonstiges</li> </ul> |
|---|

**4. Wie hoch schätzen Sie die Notwendigkeit und die Dringlichkeit für Innovationen im Bereich der von der Musterglas GmbH bezogenen Produkte/Produktgruppen bzw. Prozesse ein?** (Wertung: sehr hoch, hoch, teils/teils, gering, kein) 5...1

|                             |                |                |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| • <u>Produkte</u> (welche?) | Notwendigkeit: | Dringlichkeit: |
| • <u>Prozesse</u> (welche?) | Notwendigkeit: | Dringlichkeit: |

**5. Hätten Sie selbst Interesse an solchen Innovationen bei o. g. Produkten/Produktgruppen bzw. Prozessen?** (Wertung: sehr hoch, hoch, teils/teils, gering, kein) 5...1

|  |
|--|
|  |
|--|

**6. Wie schätzen Sie das Innovationsverhalten der Musterglas GmbH ein?** (Wertung: sehr innovationsfreudig, innovationsfreudig, teils/teils, zurückhaltend, sehr zurückhaltend) 5...1

|  |
|--|
|  |
|--|

**7. Wären Sie bereit, im Rahmen einer gemeinsamen Produkt-/Prozessentwicklung mit der Musterglas GmbH zusammenzuarbeiten?** (Wertung: sehr hohe Bereitschaft, Bereitschaft, teils/teils, geringe Bereitschaft, keine Bereitschaft) 5...1

|  |
|--|
|  |
|--|

## 9.2 Visuelle Oberflächen der Datenverarbeitung

Bild 9-1: Beispiel zur Erfassung von Daten im Hinblick auf die Referenzprozessmodule

| Parameter                | Soll  | Ist    | Toleranz |
|--------------------------|-------|--------|----------|
| Gewicht                  | 215   | 233    | ± 21,5   |
| Inhalt                   | 540   | 538    | ± 10     |
| Inhalt füllvoll          | 520   | 518    | ± 5,5    |
| Berstdruck               | 82    | 242,25 |          |
| Impact                   | 64    | 10,7   |          |
| Körperdurchmesser UBZ    | 80,4  | 80,1   | ± 1,5    |
| Etikettendurchmesser     | 79,9  | 79,5   | ± 1,5    |
| Körperdurchmesser OBZ    | 80,51 | 80,4   | ± 1,5    |
| Halsanschluß             | 0,42  | 0,39   | ± 2,5    |
| Planparallelität         | 0,35  | 0,35   | ± 1,1    |
| Achsabweichung           | 0     | 0,53   | ± 4,5    |
| Gewindedurchmesser/Wulst | 64,95 | 64,77  | ± 4,5    |
| Kerndurchmesser/Lippe    | 61,8  | 61,79  | ± 4,5    |
| L-Maß                    | 6     | 5,67   | ± 0,25   |
| K-Maß                    | 2,4   | 2,38   | ± 0,25   |
| Etikettenflächeneinzug   | 0,02  | 0,019  | ± 0,1    |

Bild 9-2: Beispiel zur Erfassung von Daten zu Chargenspezifikationen

### 9.3 Auszug aus Quelltexten der VBA-Programmierung

Innerhalb der informationstechnologischen Verarbeitungskomponente werden die erfassten kunden- und prozessspezifischen Qualitätsdaten aggregiert, strukturiert und verdichtet sowie über die jeweiligen Algorithmen im Hinblick auf die Prozess-, Produkt- und Betriebsbilanz ausgewertet und über die Ausgabe- und Dialogkomponente dem Benutzer zugänglich gemacht. Als Software-Tool bietet sich Microsoft-Excel an, da dieses Programm umfangreiche Möglichkeiten zulässt, Auswertungstabellen zu erstellen und zu bearbeiten. Die verwendeten Algorithmen können mit der integrierten Makro-Programmiersprache implementiert werden. Zudem besitzt das Programm ein Grafikmodul, das die Visualisierung der Ergebnisse unterstützt. Bei größeren Datenmengen oder bei komplexeren rekursiven Berechnungsvorgängen empfiehlt sich der Einsatz von Datenbanken (z. B. Microsoft-Access).

Nachfolgend wird als Beispiel für sämtliche Programmiertexte, die in Microsoft-Excel konzipiert und implementiert wurden, ein Auszug zu einer Funktion für die Verarbeitung und Aggregation von Werten aus der Operationalisierung der unternehmensexternen Kundenergebnisse des Produktionsbetriebs dargestellt.

#### **Public Function Preis (Service As Double, Quality As Double, Delivery As Double, PLverhalten As Double) As Double**

```
Dim Quotient As Double
Dim Performance As Double
Performance = ((Service + Quality + Delivery)/gm)
Quotient = 0
Quotient = (PLverhalten/Performance)
If (Quotient <= gn) Then
Preis = 1
Elseif ((go < Quotient) And (Quotient < gp)) Then
Preis = 10
Elseif ((gq <= Quotient) And (Quotient <= gr)) Then
Preis = 30
Else
Preis = 100
End If
End Function
```



## 10 Abstract

With regard to their various and technologically complex production systems, the economic success of enterprises with a capital intensive investment structure decisively depends on the fact how they organize their operating business processes by means of a systematic quality controlling and in a client-orientated and efficient way, and how they permanently develop them by performance indicators. The systematics of quality controlling to increase the efficiency of those production systems, that was conceived within the scope of this treatise of engineering science here makes an important contribution. The focal point of the conception concerning the external relationship of the production enterprise concentrated on industrial clients and manufacturers, concerning the internal relationship it concentrated on the direct-productive fabrication processes and on the supporting processes near to production.

Basing on a survey and a comparison of approaches already existing, it was possible to demonstrate in a methodical manner that these proceedings did not correspond sufficiently to the explained objective of a specific quality controlling systematics. On the one hand, the reasons for this were that the needs of enterprises with complex production systems within the subject area of strategical as well as operative quality controlling altogether were not treated in a sufficient manner. On the other hand, the existing approaches showed a too small degree of itemization to be used for a relevant practical application. During the further disquisition, apart from the imparting of basic terms there was an integration of the treatise into the subject area of quality controlling. Afterwards, for the characterization of batch production structures first an according typologization with explanation of the macroeconomic importance and of the specific restrictions for fabrication and installation were object of consideration. The following formulation of the objective to develop an evaluation and controlling system, basing on monetary and non-monetary performance figures, was defined on the base of the scientific requirements for action that were identified.

The development of the quality controlling systematics itself could be characterized within the further disquisition by elaborating three fundamental elements. The first fundamental element to operationalize the client-orientated enterprise performance comprised – apart from the content bias of the evaluation procedure – the definition of five quality dimensions and the formulation of the respective calculation regulations. Within the scope of the second fundamental element to operationalize the internal process performance of the enterprise, as a first step, the conception of the overall process efficiency as a non-monetary criterion of evaluation and its division into individual parts concerning the effects within the process was elaborated. Founding on that, a monetary quantification was developed by means of the methodical calculation of added value and of disprofit and by the specific assignment of reference process modules. The

third fundamental element exposed the total operationalization via two aggregation levels concerning process and product for the quality balance of the enterprise, whereupon an additive itemization by the matrix of non-conformity and disprofit was made to evaluate the technical-economic risk potential and to derive generic action recommendations for the enterprise with regard to the reference processes.

The effectiveness and the benefit of the industrial application of the quality controlling systematics could be illustrated by describing projects of reorganization and improvement at several manufacturing enterprises, in which a measurable increase of the operating performance could be proved, in the monetary as well as in the non-monetary sector. After the content summary of the proceeding and the results of this treatise there is an outlook on possible future research activities in the context of the approach developed here. The treatise ends by the survey of the cited literature.

With the presentation of this quality controlling systematics, for the first time an instrument is available that empowers the company management to improve the specific performance concerning clients and processes systematically and in a synchronous way. By the realized computer support, basing on commercial data base and spreadsheet software, it is possible to handle also great multitudes of data with regard to the monetary and non-monetary operationalization and aggregation of the performance figures in a structural manner. To simplify the data input in the enterprise and to configurate the reference process modules, basing on the similarity of product and process combinations, data base forms are used that have been programmed according to the specific requests. The possibility to evaluate the alternatives of action systematically by using the matrix of non-conformity and disprofit enables to determine different options of financial investment with regard to the process alterations and their economic consequence for the value proposition of the enterprise. The individual fundamental elements of the quality controlling systematics were applied during the complete progress of the conceptional development several times in industrial enterprises of the subject area. So, it was possible to evaluate the systematics permanently and consequently and its improvement was guaranteed within an iterative process concerning the content and the method.

As a conclusion, it can be stated that with the presentation of this treatise a proceeding is available that allows a goal-directed evaluation and control of monetary and non-monetary results to increase the efficiency in production enterprises, and that guarantees the industrial practicability by means of a flexible adaptability to the enterprise's conditions. The necessary selection of technical measures as well as of organizational measures by the company management is substantially supported by qualitative and quantitative performance figures, what leads to a rational as well as to an economic line of action.