

# **Statistische Prozessregelung bei administrativen Prozessen im Rahmen eines ganzheitlichen Prozesscontrollings**

von Diplom-Ingenieur  
Thomas Gerboth

von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme –  
der Technischen Universität Berlin  
zur Erlangung des akademischen Grads

Doktor der Ingenieurwissenschaften  
– Dr.-Ing. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. K.-P. Timpe

Gutachter: Prof. Dr. J. Herrmann

Gutachter: Prof. Dr. W. Adam

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 10. Dezember 2001

Berlin 2002

D 83



---

## Vorwort des Autors

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit in der Siemens AG in München.

Ich danke all jenen, die sich angesprochen fühlen. Mein besonderer Dank gilt dabei den Mitarbeitern der Siemens AG, der Infineon Technologies AG und der TU Berlin sowie den Freunden, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. Joachim Herrmann danke ich sehr für die Übernahme der Betreuung, die Unterstützung und die wertvollen Hinweise. Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Wolfgang Adam für seine Anregungen und Herrn Prof. Dr. Karl-Peter Timpe für die Mitwirkung im Promotionsausschuss. Frau Frauke Sveceny danke ich für die hervorragende Organisation.

Ich danke der Abteilung CT QM der Siemens AG, insbesondere Herrn Bernhard Sebening, ohne den die Arbeit nicht in dieser Form zu Stande gekommen wäre. Den Herren Dr. Philipp Federspieler, Rolf Müller, Dr. Dieter Reiser, Reinhard Strugalla und Roland A. Walter danke ich für Ihre vielen, wertvollen Hinweise.

Stellvertretend für die vielen Mitarbeiter, die an den erfolgreichen Projekten mitgewirkt haben, die Grundlage für die Fallbeispiele dieser Arbeit waren, danke ich Frau Jana Watzek sowie den Herren Ralf Becker, Ahmed Bohnsack, Sascha Schwillo und Dr. Ulrich Viethen.

Mein tiefer Dank gilt weiterhin den Mitarbeitern der Infineon Technologies AG und Freunden Peter Cygan, Ingrid Hausmann, Susanne Maier und Christian PhoDuc.

Ich danke Alexandra und Tina für das Korrekturlesen.

Mein ganz persönlicher Dank gilt meiner Freundin Bianca sowie meinen Eltern Anita und Jürgen. Ihnen widme ich diese Arbeit.

*München, im Januar 2002*

*Thomas Gerboth*

## **Abstract**

Der Wandel von der Funktionsorientierung hin zur Prozessorientierung muss sich auf sämtliche Prozesse im Unternehmen beziehen. Vor dem Hintergrund, dass der Anteil der Dienstleistungen bereits 70% des Bruttoinlandsproduktes ausmachen und auch innerhalb der Industrieunternehmen deren Anteil ständig zunimmt, rücken die entsprechenden administrativen Prozesse verstärkt in den Vordergrund. Diese Prozesse gilt es ebenso zu bewerten und zu überwachen, wie es bei den Produktionsprozessen bereits seit Jahrzehnten der Fall ist.

Mit der Statistischen Prozessregelung (engl.: Statistical Process Control – SPC) besteht eine Methode, die mit Prozessfähigkeitsindizes und Qualitätsregelkarten Instrumente dafür beinhaltet. Die Anwendung der SPC beschränkt sich bis heute jedoch nur auf Produktionsprozesse; eine Erweiterung auf Nichtproduktionsprozesse – und damit alle Geschäftsprozesse – hat bisher nicht stattgefunden.

Das Ziel dieser Arbeit ist aufzuzeigen, wie die Instrumente der SPC dazu eingesetzt werden können, auch administrative Prozesse kontrollieren zu können. Den Rahmen für eine solche Kontrolle von Geschäftsprozessen bildet ein ganzheitliches Prozesscontrolling, welches innerhalb der Dissertation entwickelt wird.

Des Weiteren erfolgt eine Klassifizierung von Prozessen und prozessorientierten Kennzahlen. Dabei geht es darum, eine einheitliche Nomenklatur für die Arbeit festzulegen, aber auch neuartige Ansätze aufzuzeigen.

Die praktische Anwendung des Konzepts eines ganzheitlichen Prozesscontrollings sowie auch des Einsatzes der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen wird anhand von mehreren Fallbeispielen verdeutlicht.

# Inhalt

	Seite
<b>Abkürzungen</b> .....	7
<b>Abbildungen</b> .....	10
<b>1 Einleitung</b> .....	13
1.1 Problemstellung.....	14
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	15
<b>2 Klassifizierungen von Prozessen und prozessorientierten Kennzahlen</b> .....	17
2.1 Prozessorientierung .....	17
2.1.1 Prozess.....	18
2.1.2 Allgemeines Prozessmodell .....	19
2.2 Klassifizierungen von Prozessen .....	20
2.2.1 Geschäfts-, Schlüssel- und Kernprozesse .....	20
2.2.2 Operative, Unterstützungs- und Managementprozesse.....	21
2.2.3 Haupt- und Teilprozesse sowie Tätigkeiten.....	22
2.2.4 Produktions- und administrative Prozesse .....	23
2.3 Klassifizierungen von prozessorientierten und Prozesskennzahlen.....	25
2.3.1 Kennzahlen, Kennzahlensysteme und Vergleiche .....	25
2.3.2 Klassifizierung von prozessorientierten Kennzahlen.....	27
2.3.3 Klassifizierungen von Prozesskennzahlen .....	28
2.3.3.1 Extrinsische Prozesskennzahlen .....	28
2.3.3.2 Intrinsische Prozesskennzahlen.....	30
2.3.3.3 Effektivitäts- und Effizienzgrößen.....	31
2.3.3.4 Kosten-, Zeit- und Qualitätsgrößen.....	32
2.3.3.5 Lage- und Streuungsgrößen .....	34
2.3.3.6 Universelle und spezifische Größen .....	34
2.3.4 Zuordnung von Prozesskennzahlen.....	35

---

<b>3</b>	<b>Konzept eines ganzheitlichen Prozesscontrollings</b> .....	37
3.1	Prozesscontrolling im Umfeld anderer Ansätze.....	37
3.1.1	Prozessmanagement .....	37
3.1.2	Business Process Reengineering.....	38
3.1.3	Controlling .....	39
3.2	Notwendigkeit eines Prozesscontrollings .....	40
3.3	Einordnung und Abgrenzung des Prozesscontrollings .....	42
3.4	Inhalte und Aufgaben des Prozesscontrollings .....	43
3.4.1	Planung von Prozessen.....	44
3.4.1.1	Planung von Prozessstruktur und Prozesszielen .....	45
3.4.1.2	Planung von Prozesskennzahlen und -zielwerten .....	46
3.4.2	Bereitstellung prozessrelevanter Informationen I: Dokumentation von Prozessen.....	46
3.4.3	Kontrolle von Prozessen .....	48
3.4.3.1	Bewertung von Prozessen .....	48
3.4.3.2	Initiierung von Prozessverbesserungen und Maßnahmencontrolling.....	50
3.4.3.3	Überwachung von Prozessen .....	51
3.4.4	Bereitstellung prozessrelevanter Informationen II: Erstellung von Prozessberichten .....	52
<b>4</b>	<b>Statistische Prozessregelung bei Produktionsprozessen</b> .....	54
4.1	Bewertung von Produktionsprozessen mittels Fähigkeitsindizes .....	54
4.1.1	Messgeräte-, Maschinen- und Prozessfähigkeitsindizes.....	54
4.1.2	Prozessfähigkeitsindizes bei nicht normalverteilten Daten .....	57
4.1.3	Einfluss der Streuung auf die Nomenklatur der Prozessfähigkeitsindizes .....	60
4.1.4	Vertrauensbereiche für Prozessfähigkeitsindizes.....	60
4.1.5	Prozessesfähigkeitsindizes in Theorie und Praxis .....	62
4.2	Überwachung von Produktionsprozessen mittels Qualitätsregelkarten.....	63
4.2.1	Ablauf bei der Anwendung von Qualitätsregelkarten.....	64
4.2.2	Einteilung von Qualitätsregelkarten.....	66
4.2.3	Gebräuchliche Qualitätsregelkarten.....	67
4.2.4	Weitere Qualitätsregelkarten.....	71

---

<b>5</b>	<b>Statistische Prozessregelung bei administrativen Prozessen</b> .....	73
5.1	Vorteile der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen .....	74
5.2	Schwierigkeiten der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen	75
5.3	Voraussetzungen für die Anwendung der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen .....	77
5.4	Bewertung von administrativen Prozessen mittels Prozessfähigkeitsindizes .....	78
5.5	Überwachung von administrativen Prozessen mittels Prozessregelkarten .....	80
5.6	Zusammenfassung der Statistischen Prozessregelung für jegliche Art von Prozessen .....	82
<b>6</b>	<b>Praktische Erprobung</b> .....	84
6.1	Fallbeispiel 1: Controlling eines Entwicklungsprozesses in der Halbleiter-Industrie .....	84
6.1.1	Planung der Hauptprozesse .....	84
6.1.2	Dokumentation des Entwicklungsprozesses .....	85
6.1.3	Kontrolle des Entwicklungsprozesses .....	87
6.1.3.1	Bewertung des Entwicklungsprozesses .....	88
6.1.3.2	Maßnahmen zur Verbesserung des Entwicklungsprozesses .....	89
6.1.3.3	Überwachung des Entwicklungsprozesses .....	91
6.1.4	Projekt- und Prozessreporting .....	92
6.2	Fallbeispiel 2: Kontrolle eines Lieferprozesses in der Mobilfunk-Industrie .....	93
6.2.1	Darstellung des Lieferprozesses .....	94
6.2.2	Bewertung des Lieferprozesses im Geschäftsgebiet „Mobilfunkgeräte“ .....	94
6.2.3	Bewertung des Lieferprozesses im Geschäftsgebiet „schnurlose Telefone“ .....	96
6.2.4	Maßnahmen zur Verbesserung des Lieferprozesses .....	97
6.2.5	Überwachung des Lieferprozesses .....	98
6.3	Fallbeispiel 3: Kontrolle eines Auftragsannahmeprozesses in der Medizintechnik-Industrie .....	99
6.3.1	Darstellung des Auftragsannahmeprozesses .....	99
6.3.2	Bewertung des Auftragsannahmeprozesses .....	100
6.3.3	Maßnahmen zur Verbesserung des Auftragsannahmeprozesses .....	102
6.3.4	Überwachung des Auftragsannahmeprozesses .....	102
6.4	Fazit der Fallbeispiele .....	103

---

<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	105
	<b>Anhang</b> .....	108
	<b>Literatur</b> .....	111

---

## Abkürzungen

akt.	aktuelle
AmVp	Aufträge mit Vorortprüfung
AoVp	Aufträge ohne Vorortprüfung
APQC	American Productivity & Quality Center
ASQC	American Society for Quality Control
bearb.	bearbeitete
BK	Beschaffungskosten
BNK	Bezugsnebenkosten
BPR	Business Process Reengineering
BSC	Balanced Scorecard
bspw.	beispielsweise
CD	Compact Disc
CMM	Capability Maturity Model
CUSUM	Cumulative Sum
DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualität
DIN	Deutsche Industrie Norm
diskr.	diskrete
Diss.	Dissertation
DLZ	Durchlaufzeit
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control
dtv	Deutscher Taschenbuch Verlag
DV	Datenverarbeitung
E	Entwurf
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes
EDI	Electronic Data Interchange
EFQM	European Foundation for Quality Management
EN	European Norm
engl.	englisch

---

ERP	Enterprise Resource Planning
erw.	erweiterte
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis, Fehlermöglichkeits- und –einflussanalyse
GPO	Geschäftsprozessoptimierung
IAO	Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
ICM	Information and Communication Mobile
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
i. e. S.	im engeren Sinn
Inc.	Incorporated
io	Industrielle Organisation
IP	Internet Protocol
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
ISO	International Standard Organisation
IT	Informationstechnologie
IWF	Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
i. w. S.	im weiteren Sinn
kont.	kontinuierliche
korrel.	korrelierte
KPI	Key Performance Indicator
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
max.	maximale
MOSUM	Moving Sum
MR	Moving Range
MS	Microsoft®
OEG	obere Eingriffsgrenze
org	Organisation
OSG	obere Spezifikationsgrenze
P.	Prozess
PCI	Process Capability Index, -Indices
PPS	Produktionsplanung- und –steuerung
Proz.	Prozess

---

PuK	Planung und Kontrolle
Q7	Die sieben Qualitätswerkzeuge
QFD	Quality Function Deployment
qK	qualitätsbezogene Kosten
QRK	Qualitätsregelkarte
QZ	Qualität und Zuverlässigkeit
ROI	Return on Investment
RuR	Ratings und Rankings
SEI	Software Engineering Institute
SPC	Statistical Process Control
TQM	Total Quality Management
TU	Technische Universität
überarb.	überarbeitete
UEG	untere Eingriffsgrenze
USG	untere Spezifikationsgrenze
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Veranst.	Veranstalter
vollst.	vollständig
www	World Wide Web
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
zfo	Zeitschrift Führung und Organisation
zugl.	zugleich
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb

## Abbildungen

	Seite
Abbildung 1: Wachsender Anteil der Dienstleistungen am Bruttoinlandsprodukt .....	13
Abbildung 2: Das EFQM-Modell für Excellence als Prozessmodell.....	18
Abbildung 3: Allgemeines Prozessmodell .....	19
Abbildung 4: Spezifische Prozessstruktur.....	22
Abbildung 5: Prozesshierarchie.....	23
Abbildung 6: Klassifizierung von Prozessen nach ihrem Output .....	25
Abbildung 7: Arten von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen .....	26
Abbildung 8: Klassifizierung von prozessorientierten Kennzahlen.....	27
Abbildung 9: Das Capability Maturity Model.....	28
Abbildung 10: Extrinsische und intrinsische Prozesskennzahlen .....	31
Abbildung 11: Verbesserungen beim „Magischen Dreieck“ .....	33
Abbildung 12: Ausprägungen des „Magischen Dreiecks“ .....	34
Abbildung 13: Zuordnung ausgesuchter Prozesskennzahlen auf –klassen und Prozesse .....	36
Abbildung 14: Einzelne Aspekte eines Prozesscontrollings in der Literatur.....	41
Abbildung 15: Wandel von einem funktionsorientierten über ein prozessorientiertes zu einem Prozesscontrolling .....	42
Abbildung 16: Abgrenzung von Prozessmanagement und Prozesscontrolling.....	43
Abbildung 17: Aufgaben des Prozesscontrollings abgeleitet aus seiner Funktion .....	44
Abbildung 18: Struktur von „Prozesse planen“ .....	45
Abbildung 19: Struktur von „prozessrelevante Informationen bereitstellen“ .....	47
Abbildung 20: Struktur von „Prozesse kontrollieren“ .....	48
Abbildung 21: Qualitative Prozessbewertung.....	49
Abbildung 22: Verbesserungspotenziale der Prozesse.....	51
Abbildung 23: Cockpit-Chart.....	53
Abbildung 24: Darstellung zu Prozessfähigkeitsindizes .....	56
Abbildung 25: Darstellung einer Qualitätsregelkarte.....	63

---

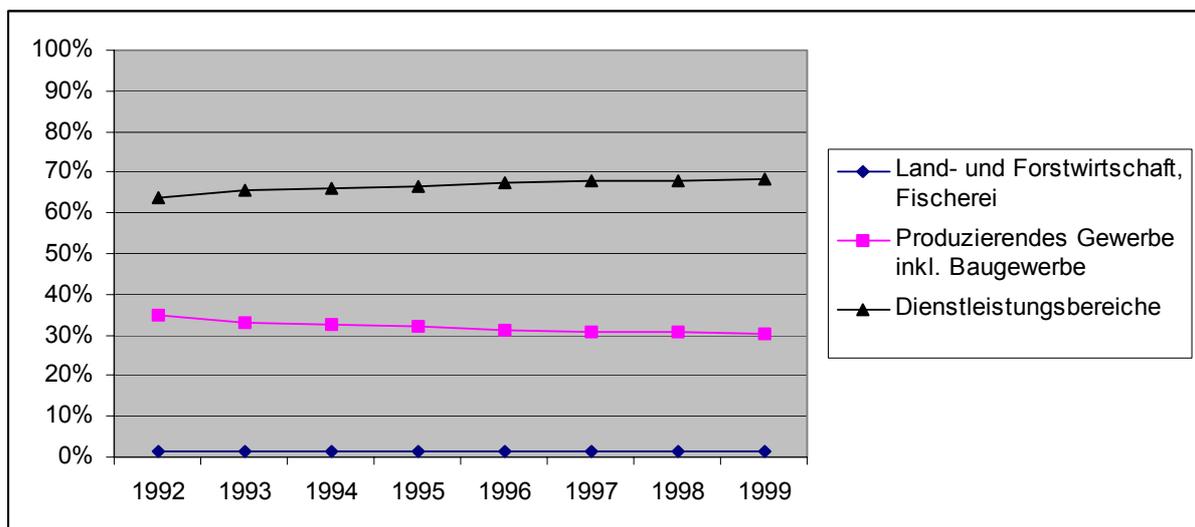
Abbildung 26: Klassifikationen von Qualitätsregelkarten .....	67
Abbildung 27: Übersicht gebräuchlicher Qualitätsregelkarten .....	67
Abbildung 28: Übersicht Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmale .....	69
Abbildung 29: Übersicht weiterer Qualitätsregelkarten.....	71
Abbildung 30: Erweiterung der SPC auf administrative Prozesse im Rahmen eines Prozesscontrollings .....	73
Abbildung 31: Zusammenhang zwischen Prozessfähigkeitsindizes und qualitätsbezogenen Kosten .....	75
Abbildung 32: Darstellung einer Pearson-Karte .....	81
Abbildung 33: Probleme und Lösungsansätze bei der Anwendung der SPC bei administrativen Prozessen .....	82
Abbildung 34: Prozess der Statistischen Prozessregelung .....	83
Abbildung 35: Der Produktentwicklungsprozess bei „Speicherprodukte“ .....	86
Abbildung 36: Komplexitätsklassen.....	87
Abbildung 37: Daten zur Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes .....	88
Abbildung 38: Darstellung der Verbesserungen .....	91
Abbildung 39: Prozessregelkarte für den Entwicklungsprozess .....	92
Abbildung 40: Der Lieferprozess bei „ICM“ .....	94
Abbildung 41: Übersicht der Prozessfähigkeitsindizes für 9 Lieferanten.....	96
Abbildung 42: Wertetabelle .....	98
Abbildung 43: Prozessregelkarte für den Lieferprozess .....	99
Abbildung 44: Der Auftragsannahmeprozess bei „Medical Solutions“ .....	100
Abbildung 45: Prozessregelkarte für den Auftragsannahmeprozess.....	103
Abbildung 46: Zusammenfassung der Arbeit.....	106



## 1 Einleitung

Als Folge zunehmender Dynamik auf den globalen Märkten wächst die Komplexität der Unternehmensstrukturen. Organisations- und Führungsprobleme, die in der Unverträglichkeit von Aufbau-, Ablauf- und Kommunikationsstrukturen ihre Ursachen haben, werden immer deutlicher. Ausgehend von einer bewussten Kundenorientierung rückt die Notwendigkeit der Überwindung von Bereichs- und Funktionsgrenzen zu Gunsten einer an den Geschäftsprozessen ausgerichteten Organisation in das Zentrum des Handelns.<sup>1</sup> Dieser Wandel von der Funktions- zur Prozessorientierung wird unter dem steigenden Einfluss des E-Business auf die Geschäftsabläufe noch weiter verstärkt.

Mit Total Quality Management (TQM) ist eine Managementmethode gegeben, die eine solche Prozessorientierung als wesentlichen Bestandteil beinhaltet. TQM stellt dabei das Vernetzen vieler aufbau- und ablauforganisatorischer Komponenten zu einem ganzheitlichen Unternehmenssystem dar – ausgehend von der Grundidee, dass qualitätsfähige Prozesse eine hohe Produkt- und Unternehmensqualität zur Folge haben. Lange Zeit standen dabei nur Prozesse zur Erzeugung von Waren im Mittelpunkt der Betrachtungen, obwohl Dienstleistungen bereits seit vielen Jahren den größeren Anteil des Bruttoinlandsprodukts ausmachen und weiter zunehmen (s. Abb. 1).



*Abb. 1: Wachsender Anteil der Dienstleistungen am Bruttoinlandsprodukt<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> vgl. Horváth (1998), S. 102

<sup>2</sup> Zahlenbasis vom Statistischen Bundesamt (2000), S. 640 f.

Diese Zunahme der Dienstleistungen findet auch innerhalb der Industrie-Unternehmen statt. So plant beispielweise die Siemens AG den Anteil der Dienstleistungen am Gesamtumsatz von derzeit 30 % auf bis zu 50 % zu steigern.<sup>3</sup>

Es findet also derzeit ein zweifacher Paradigmenwechsel statt: von der Funktionsorientierung zur Prozessorientierung und innerhalb dieser von den Produktionsprozessen zu den Dienstleistungsprozessen.

## **1.1 Problemstellung**

Bei der wachsenden Orientierung an den Geschäftsprozessen wurden die administrativen Prozesse – und damit auch die Dienstleistungsprozesse – trotz ihrer großen wirtschaftlichen Bedeutung lange Zeit vernachlässigt. Daher stellt sich zunehmend die Frage nach geeigneten Methoden und Instrumenten, diese Prozesse zu bewerten und zu überwachen, um darauf aufbauend Verbesserungen einzuleiten. Mit der Statistischen Prozessregelung (engl.: Statistical Process Control – SPC) besteht eine solche Methode, die mit Fähigkeitsindizes und Qualitätsregelkarten entsprechende Instrumente beinhaltet. Die Anwendung der SPC beschränkt sich bis heute jedoch nur auf Produktionsprozesse. Eine Erweiterung auf Nichtproduktionsprozesse bzw. administrative Prozesse hat bisher nicht stattgefunden.

TQM und Prozessorientierung verlangen den Einbezug aller Unternehmensbereiche – so auch des Controllings. Die Unterstützung des Managements, als die primäre Funktion des Controllings, hat ebenso auf der Prozessebene stattzufinden. Dafür bedarf es eines Prozesscontrollings, das bis heute nur in einzelnen Teilaspekten beschrieben wurde. Ein Konzept für ein ganzheitliches Prozesscontrolling, das dessen Inhalte und Einordnung vollständig beschreibt, fehlt bisher.

Die Vielzahl der Publikationen zum Thema „Prozessorientierung“ unterstreichen zum einen dessen Bedeutung, tragen zum anderen aber auch zu einer unübersichtlichen Vielfalt von Prozessbezeichnungen bei. Ähnlich verhält es sich mit Kennzahlen, die für die quantitative Bewertung und Überwachung von Prozessen notwendig sind.

---

<sup>3</sup> vgl. Carl (2001), S. 18 f.

## 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist zweigeteilt: Ein Ziel ist die Erweiterung der Anwendung der Statistischen Prozessregelung auf administrative Prozesse, um somit allgemein gültige und universelle Instrumente zur Bewertung und Überwachung jeglicher Art von Geschäftsprozessen zu schaffen. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung eines Konzepts für ein ganzheitliches Prozesscontrolling, das den Rahmen für die erweiterte Anwendung der SPC bildet.

Im zweiten Kapitel werden nach der Klärung einiger grundlegender Begriffe Prozesse und prozessorientierte Kennzahlen definiert und klassifiziert. Ziel ist es, eine einheitliche Nomenklatur für diese Arbeit festzulegen, aber auch neue Ansätze aufzuzeigen.

Im dritten Kapitel wird das Konzept eines ganzheitlichen Prozesscontrollings erarbeitet. Es erfolgt eine Einordnung und Abgrenzung bezüglich bestehender Ansätze sowie eine Beschreibung der Inhalte. Zudem wird die entsprechende Prozessstruktur grafisch dargestellt.

Das vierte Kapitel gibt einen Überblick über den Stand des Wissens bezüglich der Statistischen Prozessregelung bei Produktionsprozessen. Schwerpunkte bilden dabei die Vorstellung der beiden wesentlichen Instrumente der SPC: Fähigkeitsindizes und Qualitätsregelkarten.

Die Transformation der Statistischen Prozessregelung von Produktionsprozessen auf administrative Prozesse ist Inhalt des fünften Kapitels. Es werden zunächst die Schwierigkeiten bei der Anwendung für Nichtproduktionsprozesse aufgezeigt, um darauf aufbauend die Voraussetzungen zum Einsatz der Instrumente der SPC bei jeglicher Art von Geschäftsprozessen zu erarbeiten. Der Einsatz von Prozessfähigkeitsindizes zur Bewertung und der von Regelkarten zur Überwachung von administrativen Prozessen werden abschließend dargestellt.

Im sechsten Kapitel erfolgt die praktische Erprobung sowohl des Konzepts eines ganzheitlichen Prozesscontrollings als auch der Anwendung von Prozessfähigkeitsindizes und Regelkarten. Anhand von drei Fallbeispielen werden die zu Grunde liegenden Vorgehensweisen mittels konkreter Daten erläutert, die Ergebnisse analysiert und die abgeleiteten Verbesserungsmaßnahmen aufgezeigt.

Das siebte Kapitel fasst den Inhalt der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf weiterführende Ansätze und noch anstehende Aufgaben.

## 2 Klassifizierungen von Prozessen und prozessorientierten Kennzahlen

Durch die Ausweitung der Prozessorientierung haben sich vielfältige Bezeichnungen für Prozesse entwickelt. Begriffe wie „Geschäftsprozesse“, „Produktionsprozesse“ oder „Schlüsselprozesse“ spiegeln hier nur einen geringen Teil dieser Vielfalt wider. Ebenso existiert eine kaum überschaubare Menge an Kennzahlen. Im Zusammenhang mit der Bewertung von Prozessen stellt sich jedoch die Frage, welche Kennzahlen sich dazu eignen und wie sich diese einteilen lassen.

Dieses Kapitel beinhaltet Klassifizierungen von Prozessen und prozessorientierten Kennzahlen, die der gesamten Arbeit als Basis eines einheitlichen Verständnisses zu Grunde gelegt werden. Ziel ist eine ordnende Einteilung, die eine Unterscheidung verschiedener Prozesse und prozessorientierter Kennzahlen ermöglicht, und nicht eine möglichst vollständige Auflistung aller Prozesse und Kennzahlen. Grundlage für die Klassifizierungen bilden unterschiedliche Betrachtungsweisen, die einerseits z. T. bereits in Literatur und Praxis verwendet werden, andererseits aber auch neue Perspektiven eröffnen.

Bevor auf die Klassifizierung eingegangen wird, sind zunächst einige prozessrelevante Begriffe zu erläutern, die als Grundlagen für die späteren Ausführungen dienen.

### 2.1 Prozessorientierung

Der Begriff „Prozessorientierung“ beschreibt grundsätzlich eine Betrachtungsweise der Unternehmensorganisation. Er stellt eine neue Bezeichnung für die klassische Ablauforganisation dar, die die raumzeitliche Strukturierung der Aufgabenerfüllung zum Inhalt hat. Sie bildet das Gegenstück zur Aufbauorganisation, die eine Gliederung in Funktionen und deren Beziehungen zueinander beschreibt.<sup>4</sup>

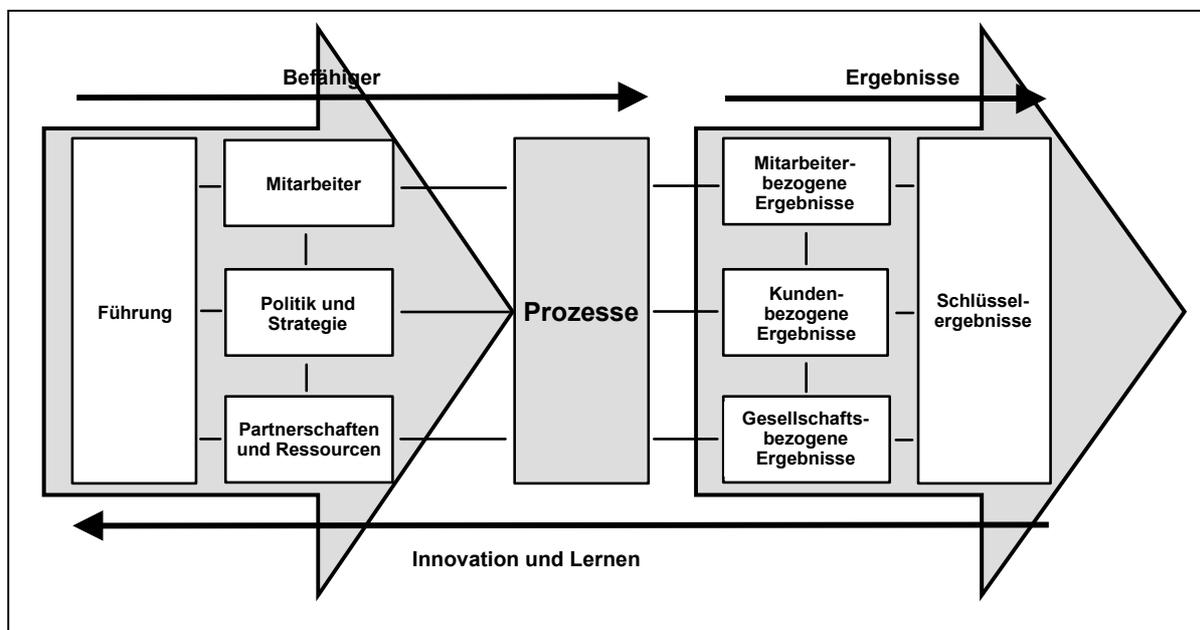
In dieser Arbeit bildet „Prozessorientierung“ jedoch den Oberbegriff für alle prozessrelevanten Themen. Insbesondere die Begriffe „Prozess“, „Prozessmodell“, „Prozessorganisation“, „Prozessmanagement“, „Prozesscontrolling“, „Business Process

---

<sup>4</sup> vgl. Gaitanidis (1983), S. 3 ff. Picot/Franck (1995), S. 16 f. aufbauend auf Seidel (1932), Nordsieck (1955) und Kosiol (1962)

Reengineering (BPR)“, „Geschäftsprozessoptimierung (GPO)“ und „Prozessbenchmarking“ sowie ganz allgemein das Attribut „prozessorientiert“ lassen sich dem zuordnen.

Die zunehmende Bedeutung der Prozessorientierung kommt auch in dem „EFQM-Modell für Excellence“ der „European Foundation for Quality Management (EFQM)“ zum Ausdruck, das vielen Unternehmen als Instrument zur Umsetzung von TQM dient. Das Kriterium „Prozesse“ stellt darin das direkte Bindeglied zwischen den Befähigern – als Stellhebel, die es ganzheitlich zu optimieren gilt – und den daraus folgenden Ergebnissen dar. So kann das EFQM-Modell selbst als ein Prozessmodell aufgefasst werden, in dem die Befähiger, verringert um das Kriterium „Prozesse“, den Input darstellen und die Ergebnisse den Output (s. Abb. 2).



*Abb. 2: Das EFQM-Modell für Excellence als Prozessmodell<sup>5</sup>*

### 2.1.1 Prozess

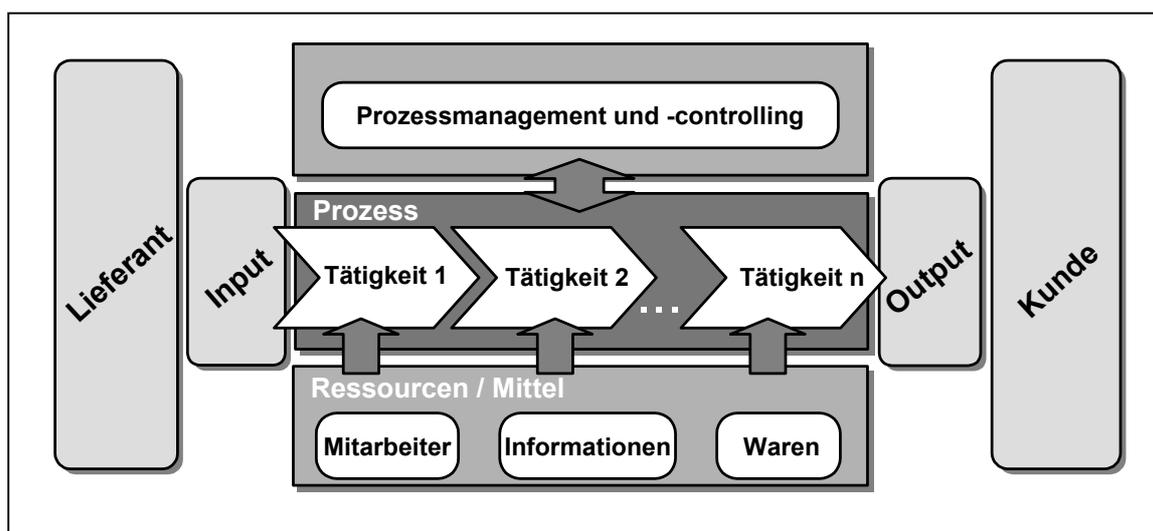
Wurden unter Prozessen bis vor einigen Jahren noch fast ausschließlich Produktionsprozesse verstanden, sind heute infolge der Prozessorientierung inzwischen alle Arten von Prozessen gemeint. Die Norm DIN EN ISO 9000:2000 definiert einen Prozess wie folgt: „Satz von in Wechselbeziehungen oder Wechselwirkungen stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in

<sup>5</sup> vgl. für das EFQM-Modell für Excellence EFQM (2000), S. 8

Ergebnisse umwandelt.“<sup>6</sup> Ein Prozess ist demnach eine Einheit aus Tätigkeiten, die Input durch den Ablauf der Tätigkeiten zu Output transformiert unter Einsatz entsprechender Ressourcen.

### 2.1.2 Allgemeines Prozessmodell

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird der eigentliche Prozess durch die Ressourcen bzw. Mittel, In- und Output, Lieferant und Kunde sowie Prozessmanagement und Prozesscontrolling zum allgemeinen Prozessmodell erweitert. Dabei ist Tätigkeit 1 das Annehmen des Inputs und Tätigkeit n das Liefern des Outputs. Die Ressourcen bzw. Mittel bestehen aus Personal, Betriebsmitteln, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie Informationen (z. B. Verfahren und Software). Lieferant und Input eines Prozesses sind üblicherweise Kunde und Output eines anderen Prozesses.



*Abb. 3: Allgemeines Prozessmodell*

<sup>6</sup> DIN (2000), S. 23

## 2.2 Klassifizierungen von Prozessen

Ein Grund für die Vielzahl von zum Teil widersprüchlichen Bezeichnungen für Prozesse sind die unterschiedlichen Wissenschaftsgebiete, die sich mit Prozessen befassen (z. B. Kostenrechnung, Qualitätsmanagement, Organisationslehre, Informatik). Im Folgenden werden z. T. verbreitete Prozessarten klassifiziert, kurz beschrieben und in einer Prozessstruktur dargestellt. Den Abschluss dieses Abschnitts bildet eine neuartige Einteilung von Prozessen nach ihren Outputs.

### 2.2.1 Geschäfts-, Schlüssel- und Kernprozesse

Geschäfts-, Schlüssel- und Kernprozesse bilden eigentlich keine Klasse, da sie nicht überschneidungsfrei sind, sondern jeweils Teilmenge des anderen. Sie lassen sich dennoch hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Geschäftserfolg unterscheiden.

„*Geschäftsprozess*“ (auch: Unternehmensprozess; engl.: Business Process) ist der Oberbegriff für alle wirtschaftlichen und technischen Prozesse<sup>7</sup> im Gegensatz zu juristischen oder natürlichen Prozessen. Wenn in dieser Arbeit der Begriff „Prozess“ benutzt wird, ist immer der Geschäftsprozess gemeint. In der Literatur wird „Geschäftsprozess“ gelegentlich nur für Prozesse auf oberster Ebene (auch: Makroebene) benutzt,<sup>8</sup> mitunter auch mit „Kernprozess“ gleichgesetzt.<sup>9</sup>

*Schlüsselprozesse* (engl.: Key Processes) sind Geschäftsprozesse, die eine besonders große Wirkung für die Umsetzung der Unternehmensstrategie aufweisen. In einigen Literaturstellen werden sie synonym mit Kernprozessen benutzt.<sup>10</sup>

*Kernprozesse* (engl.: Core Processes) sind die für den Erfolg eines Unternehmens individuell wichtigsten Geschäftsprozesse. Sie leiten sich aus den Kernkompetenzen des Unternehmens ab und sind daher nur schwer bzw. gar nicht imitier- und substituierbar. Ihre Anzahl beschränkt sich auf der Makroebene auf drei bis maximal zwölf Prozesse.<sup>11</sup> Sie sind Bestandteil der Schlüsselprozesse, aber nicht zwangsweise mit ihnen identisch. So kann

---

<sup>7</sup> vgl. bspw. Gaitanidis/Raster/Riebelmann (1994), S. 210. Scheer (1997), S. 115. Griese/Sieber (1999), S. 23 f. Kleinsorge (1999), S. 49

<sup>8</sup> vgl. bspw. Kirstein (1996), S. 41. Schmelzer/Sesselmann (1998), S. 39. Bauske (1999), S. 75

<sup>9</sup> vgl. bspw. Siegle (1994), S. 166. Brandstätter/Zink/Olesen (1996), S. 518. Gleich/Schimpf (1999), S. 415

<sup>10</sup> vgl. bspw. Kreuz (1997), S. 26. Frei/Hartmann (1999), S. 75

<sup>11</sup> vgl. bspw. Thomas (1990), S. 73. Hammer/Champy (1993), S. 53. Osterloh/Frost (1996), S. 34

beispielsweise der Personalbeschaffungsprozess von hoher strategischer Bedeutung sein, ohne jedoch eine Kernkompetenz des Unternehmens zu beinhalten.

### **2.2.2 Operative, Unterstützungs- und Managementprozesse**

Operative, Unterstützungs- und Managementprozesse bilden eine Einteilung der Prozesse nach ihrem Beitrag zur Wertschöpfung.

*Operative Prozesse* (auch: Leistungsprozesse oder Primärprozesse) bilden die Wertschöpfungskette des Unternehmens. Sie erzeugen die Produkte für die externen Kunden. Je nach Unternehmen und Branche zählen auch Entwicklungs-, Beschaffungs- und Vertriebsprozesse dazu. Zentraler Prozess ist dabei der Auftragsabwicklungsprozess.

*Unterstützungsprozesse* (auch: Befähigerprozesse oder Sekundärprozesse; engl.: Support Processes) haben keinen direkt erkennbaren Nutzen für den externen Kunden und sind nicht direkt an der Wertschöpfung beteiligt. Sie dienen der Unterstützung der Management- und operativen Prozesse<sup>12</sup> und laufen zumeist parallel zu diesen ab. Typische Beispiele sind Personal-, Finanz- und so genannte Facility-Prozesse, wie z. B. Gebäude- und Fuhrparkverwaltungsprozesse.

*Managementprozesse* beziehen sich in erster Linie auf die Tätigkeiten des Top-Managements und beinhalten dann im Wesentlichen die Strategie, Organisations- und Budgetplanung sowie Stakeholderbeziehungsprozesse. Im Gegensatz zu den Unterstützungsprozessen laufen sie seltener ab als diese (oft nur einmal pro Jahr). Auch die Managementprozesse tragen nicht direkt zur Wertschöpfung bei. Daher werden sie in einigen Veröffentlichungen den Unterstützungsprozessen zugeordnet.<sup>13</sup>

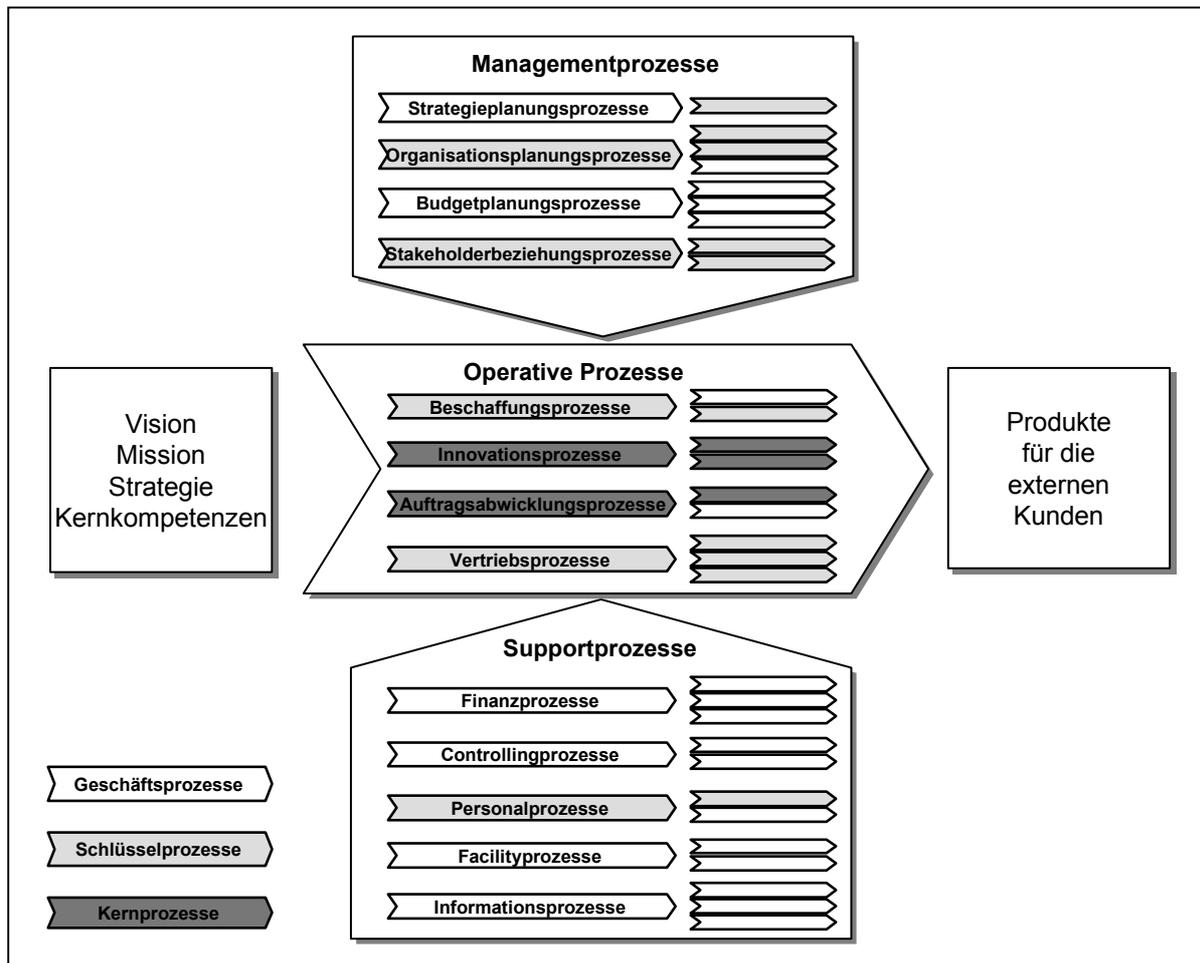
Die Struktur und Ausprägung der bisher aufgeführten Prozessarten ist für jedes Unternehmen spezifisch. Wenngleich sich die Prozessstrukturen für Unternehmen der selben Branche auf den obersten Ebenen sehr ähnlich sind, so unterscheiden sie sich z. T. erheblich bei Unternehmen verschiedener Branchen und in den unteren Ebenen. Geschäftsprozesse, die in dem einen Betrieb Kern- und operative Prozesse sind, stellen in einem anderen Schlüssel- und Supportprozesse dar. So ist z. B. der Prozess der Fuhrparkverwaltung für viele Unternehmen ein Supportprozess, für eine Autovermietung oder ein Taxiunternehmen

---

<sup>12</sup> vgl. bspw. Frei/Hartmann (1999), S. 75. Griese/Sieber (1999), S. 73. Porter (1999), S. 64

<sup>13</sup> vgl. bspw. Osterloh/Frost (1996), S. 35. [www.apqc.org](http://www.apqc.org)

dagegen ein Kernprozess. Abbildung 4 zeigt eine spezifische Prozessstruktur eines Musterunternehmens auf den obersten Ebenen.



*Abb. 4: Spezifische Prozessstruktur*

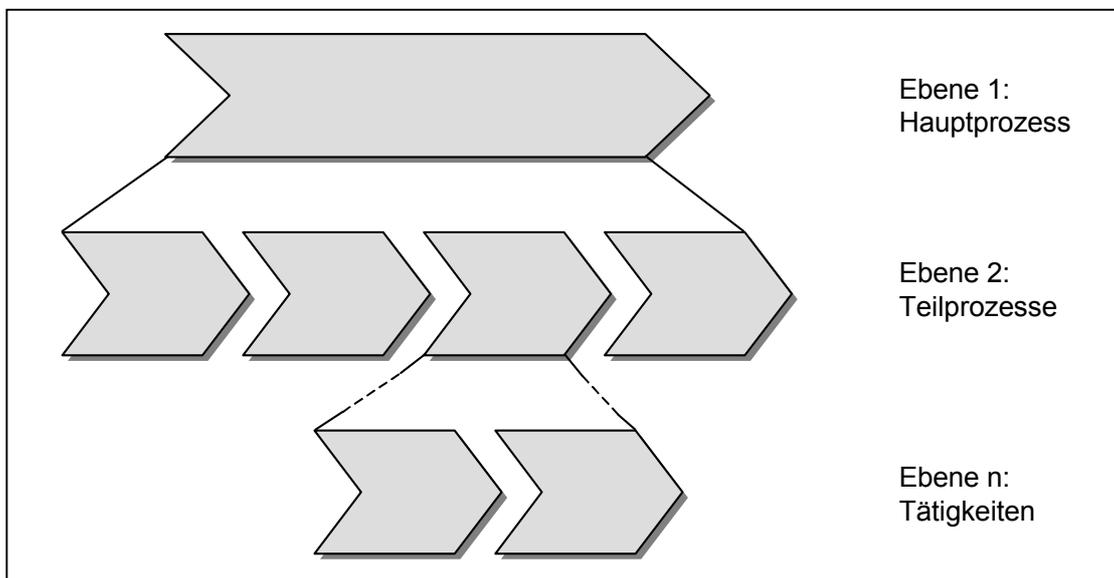
### 2.2.3 Haupt- und Teilprozesse sowie Tätigkeiten

Hauptprozesse, Teilprozesse und Tätigkeiten bilden eine hierarchische Ordnung der Geschäftsprozesse.

*Hauptprozesse* (auch: Makroprozesse) umfassen alle Geschäftsprozesse der Ebene 1 (s. Abb. 5).

*Teilprozesse* (auch: Mikroprozesse oder Subprozesse) ist die Bezeichnung aller Prozesse, die aus einem Herunterbrechen der Hauptprozesse resultieren. Sie bilden die Ebenen 2 bis n - 1.

*Tätigkeiten* (auch: Aktivitäten) sind die kleinsten Einheiten der Prozesse. Sie bilden die Ebene n und beschreiben einfache Handlungen. Ein weiteres Herunterbrechen ist zumeist nicht mehr sinnvoll.



*Abb. 5: Prozesshierarchie<sup>14</sup>*

#### 2.2.4 Produktions- und administrative Prozesse

Eine weitere Unterteilungsmöglichkeit für Geschäftsprozesse besteht hinsichtlich ihres Outputs bzw. Produkts. Die DIN EN ISO 9000:2000 unterteilt Produkte wie folgt:

- verfahrenstechnische Produkte (z. B. Kühlflüssigkeit, Granulat)
- Hardware (z. B. Fahrrad, Stuhl)
- Dienstleistungen (z. B. Transport, Haarschnitt)
- Software inklusive Informationen (z. B. Computerprogramm, Wörterbuch)

Verfahrenstechnische Produkte und Hardware sind üblicherweise materiell und werden häufig auch als Waren bezeichnet. Demgegenüber sind Dienstleistungen, Software und Informationen gewöhnlich immaterielle Produkte.<sup>15</sup> Ausgehend von dieser Unterscheidung lassen sich Warenprozesse, als die Herstellung von materiellen Produkten, und administrative Prozesse, als die Erzeugung von immateriellen Produkten, unterscheiden. Die Warenprozesse umfassen die Tätigkeiten der primären und sekundären Produktion (auch:

<sup>14</sup> vgl. DGQ (1999), S. 34

<sup>15</sup> vgl. DIN (2000), S. 23 f.

technische oder industrielle Produktion) und lassen sich daher auch als Produktionsprozesse i. e. S. bezeichnen.<sup>16</sup> Sie untergliedern sich in verfahrenstechnische und Hardwareprozesse. Die administrativen Prozesse (auch: Nichtproduktionsprozesse; engl.: Transactional Processes) unterteilen sich in Dienstleistungs- und Softwareprozesse.

*Verfahrenstechnische Prozesse* umfassen die Aktivitäten der Gewinnung und Erzeugung von Rohstoffen, wie z. B. Baumwolle, Erze, Salze, Holz, Erdöl und Erdgas, sowie deren mechanische, thermische und chemische Behandlungen.

*Hardwareprozesse* beinhalten alle Tätigkeiten der Herstellung von materiellen Produkten durch Fertigung und Montage. Ihr Input besteht im Wesentlichen aus Rohmaterialien und Halbzeugen, aus denen unter entsprechenden Veredlungsschritten die Endprodukte produziert werden.

*Dienstleistungsprozesse* stellen das Erbringen von Dienstleistungen (engl.: Service) dar. Eine Dienstleistung ist das immaterielle Produkt mindestens einer Tätigkeit, die unter Beteiligung des Kunden ausgeführt wird (direkter oder indirekter Kundenkontakt bzw. Bearbeitung eines vom Kunden beigestellten Objekts). Sie wird bei der Erbringung gleichzeitig konsumiert und ist damit nicht lager- und transportierbar.<sup>17</sup> Typische Dienstleistungsprozesse sind das Transportieren von Waren, das Beraten von Kunden, das Reparieren von Hardware und das Abwickeln von Aufträgen.

*Softwareprozesse* sind die Tätigkeiten der Erstellung von Software und Informationen. Das Produkt ist immateriell, aber im Gegensatz zu Dienstleistungen mittels eines materiellen Mediums lager- und transportierbar und es bedarf keines Kundenkontakts. Beispiele für Softwareprozesse sind das Programmieren einer Software, das Schreiben eines Buches, das Malen eines Bildes, das Drehen eines Films, das Planen von Zahlen und das Entwickeln eines Produkts. Die entsprechenden Medien bzw. Datenträger sind beispielsweise Papier, Folien, Leinwände, Festplatten, CDs, Disketten, Filme und Prototypen, die als Träger von Entwicklungsinformationen dienen.

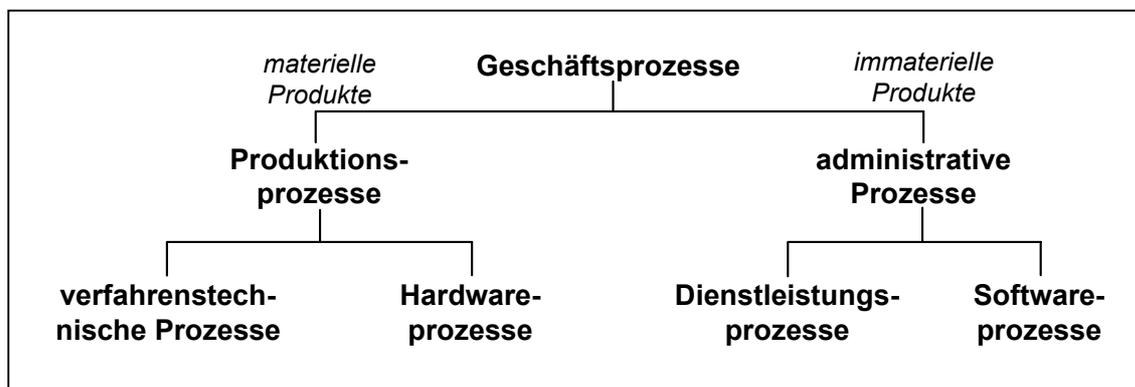
---

<sup>16</sup> zur unterschiedlich weiten Fassung des Begriffs „Produktion“ vgl. Fischbach (1994), S. 25. Spur (1996), S. L1. Wöhe (2000), S. 347 f.

<sup>17</sup> vgl. FQS (1995), S. 35 ff. Pepels (1996), S. 9 ff. DIN (2000), S. 24

Mitunter können einige Prozesse je nach Situation Dienstleistungs- oder Softwareprozess sein. So ist z. B. das Singen zur Aufnahme einer CD ein Softwareprozess, das Singen vor einem Publikum jedoch ein Dienstleistungsprozess.

Abbildung 6 zeigt die produktbezogene Klassifizierung von Prozessen.



*Abb. 6: Klassifizierung von Prozessen nach ihrem Output*

## 2.3 Klassifizierungen von prozessorientierten und Prozesskennzahlen

Der Inhalt dieses Abschnitts geht auf Klassifizierungsmöglichkeiten und Begriffsklärungen von prozessorientierten Kennzahlen ein. Die Klassifizierung erfolgt, wie bei den Prozessen, nach verschiedenen Betrachtungsweisen. Zuvor sind jedoch noch einige grundlegende Begriffe zu klären.

### 2.3.1 Kennzahlen, Kennzahlensysteme und Vergleiche

Kennzahlen sind numerische Größen, die Informationen über Tatbestände und Entwicklung in quantitativer, konzentrierter Form liefern.<sup>18</sup> Werden mehrere Kennzahlen in eine sinnvolle Beziehung zueinander gesetzt, so wird von einem Kennzahlensystem gesprochen.<sup>19</sup> Bekannte Kennzahlensysteme sind das traditionelle DuPont-Kennzahlensystem und die moderne Balanced Scorecard (BSC).<sup>20</sup>

Eine grundlegende Unterteilung von Kennzahlen ist die nach statistischen Gesichtspunkten, wobei sich absolute Zahlen von Verhältniszahlen unterscheiden. Letztere unterteilen sich in Gliederungszahlen (Verhältnis eines Teils zum gleichartigen Ganzen), Beziehungszahlen

<sup>18</sup> vgl. Meyer (1994), S. 1. Reichmann (1997), S. 19. Horváth (1998), S. 547

<sup>19</sup> vgl. Groll (1990), S. 19. Meyer (1994), S. 9 f. Reichmann (1997), S. 23

<sup>20</sup> vgl. Weber (1999), S. 222 ff.

(verschiedenartige Merkmale werden einander zugeordnet, z. B. Gewinn zu Mitarbeiterzahl) und Indexzahlen (Verhältnis zweier gleichartiger Merkmale zu unterschiedlichen Zeiten). Eine weitere Unterteilung von Kennzahlen ist die nach Unternehmensfunktionen wie z. B. Personal-, Finanz- und Logistikkennzahlen.

Abbildung 7 zeigt eine Einteilung verschiedener Arten von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen.

Klassifizierungsmerkmal	Kennzahlenart					
Betriebliche Funktion	Logistik	Produktion	Absatz	Personal	Finanzen	
Statistische Gesichtspunkte	Absolute Zahlen			Verhältniszahlen		
	Einzelzahlen	Summen	Differenzen	Beziehungszahlen	Gliederungszahlen	Indexzahlen
Zeitliche Struktur	Zeitpunktgrößen			Zeitraumgrößen		
Inhaltliche Struktur	Wertgrößen			Mengengrößen		
Quellen im Rechnungswesen	Bilanz		Buchhaltung	Kostenrechnung	Statistik	
Planungsgesichtspunkte	Sollwerte (zukunftsorientiert)			Istwerte (vergangenheitsorientiert)		
Leistung des Betriebs	Wirtschaftlichkeitskennzahlen			Kennzahlen über die finanzielle Sicherheit		
Relevanz	Spitzenkennzahl(en)		Hauptkennzahlen		Hilfskennzahlen	

*Abb. 7: Arten von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen<sup>21</sup>*

Es ist festzustellen, dass diese Kennzahlen überwiegend monetäre Größen betrachten. Erst in den letzten Jahren ist die Bedeutung von nicht monetären Größen verstärkt berücksichtigt worden. Was jedoch fehlt, ist eine Unterteilung hinsichtlich des Klassifizierungsmerkmals „Prozesse“. Obwohl in der entsprechenden Literatur vielfach von Prozesskennzahlen gesprochen wird, fehlen sowohl deren Definition als auch deren Klassifizierungen. Diese Lücke soll im Folgenden geschlossen werden.

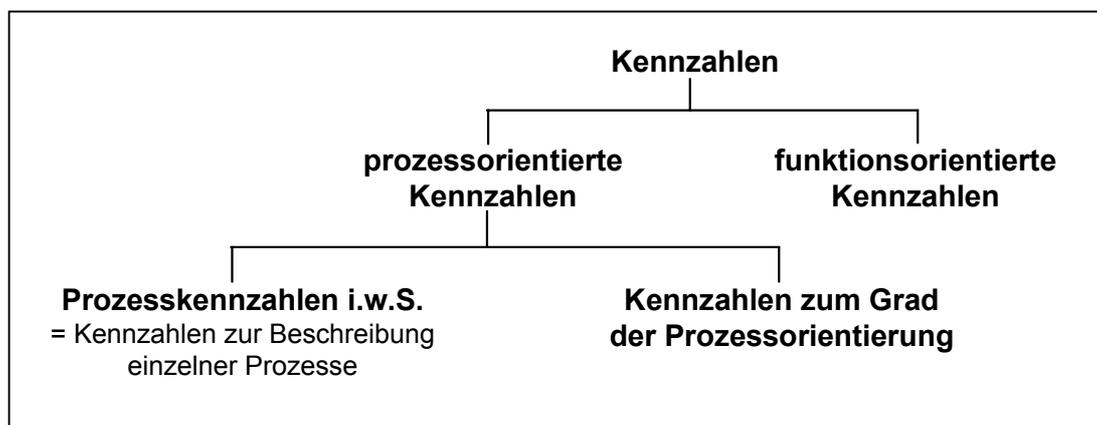
Die bloße Ermittlung einer Kennzahl ist jedoch nur der erste Schritt zu einer Bewertung. Erst durch den Vergleich von Kennzahlen kann eine Bewertung erfolgen. Solche Vergleiche zwischen Kennzahlen sind im Wesentlichen:

<sup>21</sup> vgl. Meyer (1994), S. 7

- Zeitvergleiche: Gegenüberstellung von gleichartigen Kennzahlen aus verschiedenen Zeiträumen
- Soll-Ist-Vergleiche: Gegenüberstellung von Soll- und Istwerten (aus einem Zeitraum)
- Vergleich mit anderen internen oder externen Unternehmenseinheiten in Form eines Betriebsvergleichs bzw. Benchmarkings<sup>22</sup>

### 2.3.2 Klassifizierung von prozessorientierten Kennzahlen

Prozessorientierte Kennzahlen informieren über prozessbezogene Sachverhalte. Ihnen gegenüber stehen die funktionsorientierten Kennzahlen. Die prozessorientierten Kennzahlen lassen sich in Prozesskennzahlen im weiteren Sinn und Kennzahlen zum Grad der Prozessorientierung unterteilen. Während die Prozesskennzahlen i. w. S. zur Beschreibung einzelner Geschäftsprozesse herangezogen werden, beziehen sich die Kennzahlen zum Grad der Prozessorientierung auf ein Kollektiv von Prozessen, z. B. „Anteil dokumentierter Prozesse im Unternehmen“. Abbildung 8 stellt die bisherige Klassifizierung dar. Im weiteren Verlauf werden lediglich die Prozesskennzahlen i. w. S. betrachtet, da nur diese die Bewertung einzelner Prozesse erlauben.



*Abb. 8: Klassifizierung von prozessorientierten Kennzahlen*

<sup>22</sup> vgl. Horváth (1998), S. 548

### 2.3.3 Klassifizierungen von Prozesskennzahlen

Prozesskennzahlen im weiteren Sinn beschreiben einzelne Geschäftsprozesse, mit dem Zweck diese zu steuern und zu bewerten. Neben anderen Einteilungen, die in diesem Abschnitt noch beschrieben werden, lassen sie sich nach der Herkunft bzw. Blickrichtung in intrinsische und extrinsische Prozesskennzahlen gliedern.

#### 2.3.3.1 Extrinsische Prozesskennzahlen

Die extrinsischen Prozesskennzahlen beschreiben einen Prozess von außen betrachtet. Sie unterteilen sich in Reifegrad-, Ressourcen- und Produktkennzahlen.

#### Reifegradkennzahlen als extrinsische Prozesskennzahlen

Reifegradkennzahlen bewerten einen bestimmten Prozess anhand seines formalen Zustands, z. B., ob der Prozess beschrieben ist und ein Prozessverantwortlicher existiert. Sie entsprechen den Kennzahlen zum Grad der Prozessorientierung, beziehen sich jedoch auf einzelne Prozesse. Sie werden meist nur einmalig erhoben und sagen nichts über die Leistungen eines Prozesses aus. Ein Beispiel dafür ist das fünfstufige „Capability Maturity Model (CMM)“ des „Software Engineering Institute (SEI)“. Es wurde ursprünglich zur Bewertung von Softwareentwicklungsprozessen entwickelt, lässt sich aber für jeden Typ von Geschäftsprozessen anwenden (s. Abb. 9).

Reifegrad	Charakteristik	Nutzen
5 optimierend	<ul style="list-style-type: none"> <li>kontinuierliche Prozessverbesserung</li> <li>automatisierte Datensammlung</li> <li>Präventivmaßnahmen</li> </ul>	Produktivität & Qualität
4 geführt	<ul style="list-style-type: none"> <li>quantitative Zielwerte</li> <li>Prozesskennzahlen zur Steuerung</li> </ul>	
3 definiert	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prozess definiert und dokumentiert</li> <li>Begutachtungsaktivitäten geplant</li> </ul>	
2 wiederholbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prozess teilweise definiert</li> <li>Einsatz von Projektmanagement-Techniken</li> <li>Prozess variiert von Projekt zu Projekt</li> </ul>	
1 inizial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prozess undefiniert; Ad-hoc-Arbeitsweise</li> <li>wenige Know-how-Träger erfolgsentscheidend</li> <li>keine Prozesskennzahlen</li> </ul>	Risiko

*Abb. 9: Das Capability Maturity Model<sup>23</sup>*

<sup>23</sup> vgl. Westermann (1998), S. 43

Analog zum CMM lassen sich andere Reifegradmodelle für die Bewertung jeglicher Art von Prozessen entwickeln. Die Anzahl der Stufen und deren Kriterien lassen sich dabei beliebig festlegen. So können die Punkte bzw. Prozente des Kriteriums „Prozesse“ nach dem „EFQM-Modell für Excellence“ ebenfalls als Reifegradkennzahlen betrachtet werden.

### **Ressourcenkennzahlen als extrinsische Prozesskennzahlen**

Ressourcenkennzahlen beschreiben den Prozess seitens der eingesetzten Ressourcen bzw. Mittel (s. Abschn. 2.1.2). Sie umfassen im Wesentlichen die Einstellgrößen an Produktionsanlagen (z. B. Druck, Vorschubgeschwindigkeit) und an Betriebsmitteln (z. B. Temperatur und Dauer unter der Trockenhaube). Aber auch Kennzahlen zum Grad der Mitarbeiterqualifikation und zur Anzahl eingesetzter Methoden und Verfahren können den Ressourcenkennzahlen zugeordnet werden.

Die richtige Auswahl der Ressourcen, wie auch der Inputs, (z. B. ausreichende Menge, geforderte Funktionalität) stellt das Ergebnis von Planungs- und Beschaffungsprozessen dar und ist somit nicht mit Ressourcen-, sondern mit Produktkennzahlen zu beschreiben.

### **Produktkennzahlen als extrinsische Prozesskennzahlen**

Da Produkte stets Ergebnisse von Prozessen sind und zumeist eine hohe Korrelation zwischen Produktmerkmalen und Prozessmerkmalen besteht,<sup>24</sup> lassen sich aus der Produktqualität Schlüsse über die Qualität der Prozesse ableiten. Dies gilt analog für den Input eines Prozesses, da der Input eines Geschäftsprozesses stets Output eines anderen (natürlichen oder Geschäfts-) Prozesses ist.

Produktkennzahlen sind die quantifizierten Merkmalwerte eines Produkts. Die entsprechenden Merkmale unterteilen sich in Qualitätsmerkmale, als die dem Produkt inhärenten Eigenschaften (auch: Beschaffenheit) sowie die dem Produkt zugeordneten Merkmale, z. B. Zeit und Preis.

Die Qualitätsmerkmale eines Produkts können beispielsweise physische (z. B. Länge, elektrische Spannung und Konzentration), sensorische (z. B. Geschmack und Geruch) oder funktionale Merkmale (z. B. max. Stand-by-Zeit) sein.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> vgl. E DIN (2000), S. 6

<sup>25</sup> vgl. DIN (2000), S. 25 f.

Neben Zeit und Preis lassen sich Produkten auch ortsbezogene Merkmale zuordnen, wie beispielsweise Lieferort, IP-Adresse (z. B. bei E-Mails) oder der Ort der Erbringung.

Qualitative Merkmalswerte können häufig mittels einer Zuordnungsmatrix in eine quantitative Größe überführt und dann als Kennzahl verwendet werden, z. B. beim CMM (s. o.). Eine andere Möglichkeit, Merkmale, die sich nicht direkt messen lassen (z. B. Freundlichkeit), zu quantifizieren, ist das Zählen von deren Fehlern oder Mängeln (z. B. unfreundliches Auftreten gegenüber dem Kunden).<sup>26</sup>

### **2.3.3.2 Intrinsische Prozesskennzahlen**

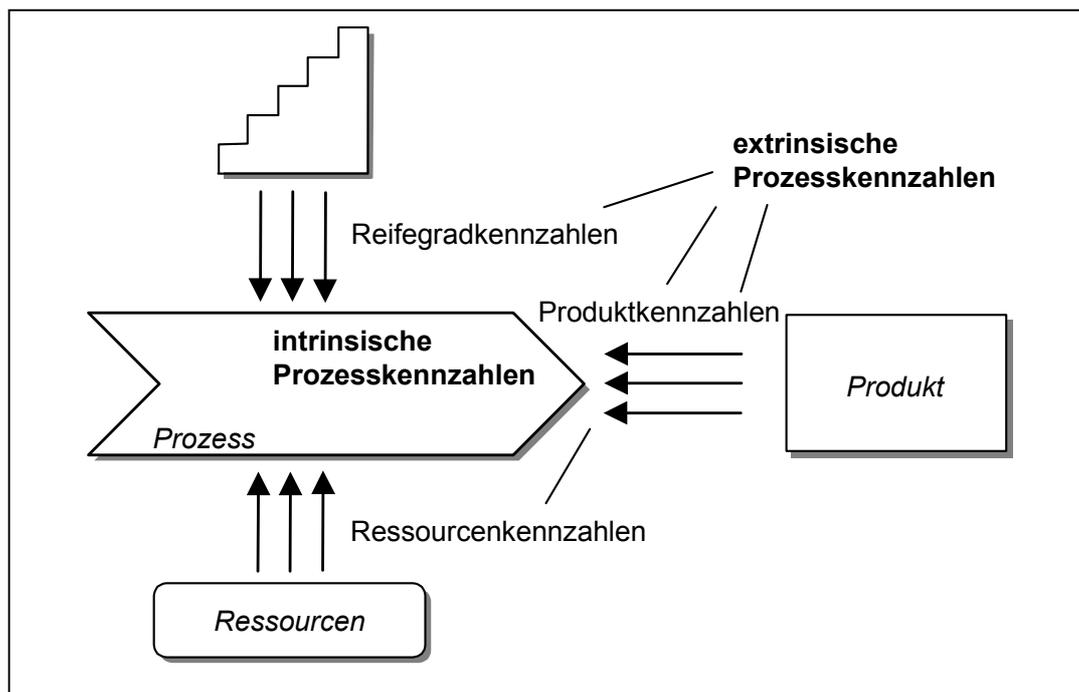
Die wesentlichen intrinsischen Prozesskennzahlen sind die Anzahl an Durchläufen bzw. die Menge erzeugter Produkte, Prozesskosten und Durchlaufzeit (DLZ, engl.: Cycle Time) sowie die sich darauf beziehenden fehlerbezogenen Größen, z. B. Fehlerquote oder Ausbeute (engl.: Yield), Ausschuss und Nacharbeit. Sie können auch als Prozesskennzahlen im engeren Sinn verstanden werden. Im Gegensatz zu den Produktkennzahlen sind sie in den meisten Fällen dem externen Kunden nicht direkt ersichtlich. Eine Ausnahme bildet die DLZ für den Lieferprozess (auch: Lieferzeit oder bei Dienstleistungsprozessen: Erbringungsdauer), bei der es sich daher um eine Schnittmenge mit den Produktkennzahlen handelt. Eine weitere Unterscheidung besteht darin, dass sich die Prozesskennzahlen i. e. S. auf die gesamte Menge an erbrachten Produkten beziehen, wohingegen die Produktkennzahlen nur anhand einzelner Produkte oder Teilmengen erfasst werden. Dies gilt insbesondere bei Fehlern. So ist zwischen Fehlern am gelieferten Produkt und Fehlern während der Erstellung zu unterscheiden. Fehler am gelieferten Produkt sind dem Kunden ersichtlich und dem Produkt inhärent, sind also eine Produktkennzahl. Fehler bei der Erstellung von Hard- und Software dagegen können noch durch Nacharbeit korrigiert werden bevor sie dem Kunden ersichtlich werden.<sup>27</sup> Sie lassen sich für die gesamte Menge aller erstellten Produkte erfassen und sind demnach eine intrinsische Prozesskennzahl.

Abbildung 10 fasst die Unterteilung von intrinsischen und extrinsischen Prozesskennzahlen zusammen.

---

<sup>26</sup> vgl. Juran (1993), S. 152

<sup>27</sup> vgl. Wildemann (1996), S. 112



*Abb. 10: Extrinsische und intrinsische Prozesskennzahlen*

### 2.3.3.3 Effektivitäts- und Effizienzgrößen

Eine häufige Einteilung von Kennzahlen ist die in Effektivitäts- und Effizienzgrößen. Effizienz bezeichnet den Wirkungsgrad von Handlungen oder Einrichtungen unter Beachtung vorgegebener Ziele.<sup>28</sup> Sie wird oft mit „die Dinge richtig tun“ beschrieben. Effektivität beinhaltet die Frage nach der geeigneten Zielsetzung für die zu erbringenden Leistungen. Sie wird oft mit „die richtigen Dinge tun“ beschrieben.<sup>29</sup>

Bezogen auf Prozesse bewerten Effektivitätsgrößen die Wirksamkeit der gewählten Prozessstruktur bzw. der einzelnen Prozesse bezüglich der geplanten Ziele und der geforderten Produkteigenschaften. Eine typische Kennzahl für die Effektivität eines Prozesses ist der Kundenzufriedenheitsindex. Der Kunde urteilt schließlich darüber, inwieweit das Produkt seinen Forderungen entspricht. Prozesseffizienzgrößen werden durch das Verhältnis zwischen dem erreichten Ergebnis sowie den eingesetzten Ressourcen und Inputs bzw. zwischen Soll und Ist gebildet. Zähler- und Nennergrößen für sich alleine betrachtet sind demnach keine Effizienzgrößen. Typische Kennzahlen für die Effizienz eines Prozesses sind der Wirkungsgrad, die Produktivität und die Wirtschaftlichkeit.

<sup>28</sup> vgl. Rittershofer (1987), S. 178

<sup>29</sup> vgl. Schneck (2000), S. 253 f.

#### **2.3.3.4 Kosten-, Zeit- und Qualitätsgrößen**

Eine weitere übliche Einteilung von Kennzahlen ist die in Kosten-, Zeit- und Qualitätsgrößen. Mitunter wird diese traditionelle Dreiteilung noch um die Dimensionen „Komplexität“, „Flexibilität“ und/oder „Innovation“ erweitert. Kennzahlen zu diesen Größen lassen sich jedoch wieder den drei ursprünglichen zuordnen, was in den entsprechenden Abschnitten gezeigt wird.

##### **Kostengrößen**

Bei den Kostengrößen nimmt die Prozesskostenrechnung eine besondere Stellung innerhalb der Prozessorientierung ein. Die Ermittlung von Prozesskostensätzen ermöglicht eine verursachungsgerechte Zuordnung der Gemeinkosten auf die einzelnen Produkte bzw. Geschäftsprozesse und somit eine wirtschaftliche Prozessgestaltung. Des Weiteren soll die Kalkulation und die Kontrolle der Wirtschaftlichkeit durch eine Gemeinkostenplanung und -steuerung verbessert werden, um damit strategische Fehlentscheidungen zu vermeiden.<sup>30</sup> Die Einzelkosten werden in erster Linie über die Personal- und Maschinenkostensätze bestimmt.

Neben den Kostengrößen sind hier auch Preise einzuordnen, sodass die Bezeichnungen „monetäre Kennzahlen“ oder „Finanzgrößen“ an dieser Stelle besser geeignet wäre. Während Preise und Kosten stets zugeordnete Merkmale sind, können monetäre Größen, wie z. B. die Mindestsumme bei einer Geldanlage, Qualitätsmerkmale eines Finanzprodukts sein.<sup>31</sup>

##### **Zeitgrößen**

Zeitgrößen beziehen sich in erster Linie auf die Bestimmung von Durchlaufzeiten, welche sich aus Bearbeitungs-, Liege- und Transportzeiten zusammensetzen. Darüber hinaus lassen sich auch Kennzahlen der Termintreue (engl.: On-Time-Delivery) und einige Kennzahlen zur Bestimmung der Flexibilität, als Anpassungszeit an sich ändernde Bedingungen (z. B. Umrüstzeit), den Zeitgrößen zuordnen. Mit „Time-to-Market“ ist ferner eine Kennzahl zur Bestimmung der Entwicklungsdauer von Innovationen gegeben. Während die Lieferzeit bei

---

<sup>30</sup> vgl. Horváth/Mayer (1989), S. 4

<sup>31</sup> vgl. Geiger (1998), S. 281

Produkten ein zugeordnetes Merkmal darstellt, ist sie bei Prozessen ein inhärentes und damit ein Qualitätsmerkmal.

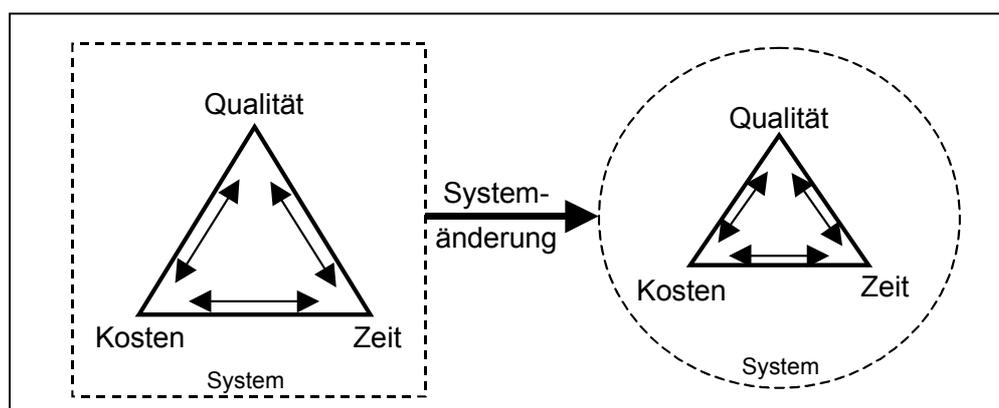
### Qualitätsgrößen

Qualitätsgrößen beinhalten die quantifizierbaren Qualitätsmerkmale von Produkten, Prozessen und Systemen. Beispiele für Qualitätsmerkmale bei Produkten sind die Länge und das Gewicht, bei Prozessen die Durchlaufzeit und die Fehlerquote sowie bei Unternehmen die Gesamtpunktzahl nach dem EFQM-Modell oder der Mitarbeiterzufriedenheitsindex.

Flexibilität von Produkten oder Prozessen im Sinn von „Multifunktionalität“ oder „Kompatibilität“ ist ein inhärentes Merkmal und damit eine Qualitätsgröße. Da die Menge (in Stück) ebenfalls ein inhärentes Merkmal ist, kann die Anzahl an Patenten, als Kennzahl für Innovation, den Qualitätsgrößen zugeordnet werden. Auch die Komplexität von Produkten, Prozessen oder Systemen, ausgedrückt in „Anzahl Bauteile“, „Anzahl Tätigkeiten“ oder „Anzahl Abteilungen“, ist hier zu nennen.

### Das „Magische Dreieck“ Kosten, Zeit, Qualität

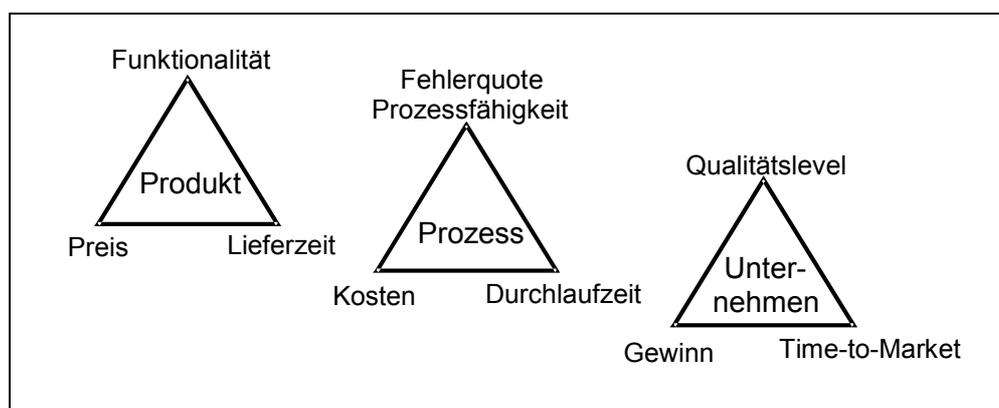
Das so genannte „Magische Dreieck“ zwischen Kosten, Zeit und Qualität besagt, dass höhere Qualität nur durch höhere Kosten und/oder höhere Durchlaufzeiten zu realisieren sei.<sup>32</sup> Dieses Spannungsverhältnis gilt allerdings nur innerhalb eines Systems. Wenn alle drei Größen gleichzeitig verbessert werden sollen, ist eine Umstrukturierung des gesamten Systems notwendig, z. B. ein Process Reengineering (s. Abb. 11).



*Abb. 11: Verbesserungen beim „Magischen Dreieck“*

<sup>32</sup> vgl. bspw. Eversheim (1995), S. 27. Seghezzi (1996), S. 13 f.

Um das generische „Magische Dreieck“ zu konkretisieren, kann es auf Produkte, Prozesse und Unternehmen bezogen werden. Auf der Produktebene konkretisiert sich das Dreieck dann auf die vom Kunden häufig wahrgenommenen Eigenschaften „Preis“, „Funktionalität“ und „Lieferzeit“. Auf der Prozessebene beinhalten die Qualitätsmerkmale in erster Linie die „Fehlerquote“ bzw. die „Prozessfähigkeit“, sodass sich das Dreieck zu „Kosten“, „Fehlerquote/Prozessfähigkeit“ und „Durchlaufzeit“ ergibt. Eine Erweiterung dieser Betrachtungsweise auf die Unternehmensebene könnte die Elemente „Gewinn“, „Qualitätslevel“ (z. B. Punkte nach EFQM) und „Time-to-Market“ des Unternehmens verwenden. Abbildung 12 verdeutlicht die konkreteren Unterteilungen des „Magischen Dreiecks“.



*Abb. 12: Ausprägungen des „Magischen Dreiecks“*

### 2.3.3.5 Lage- und Streuungsgrößen

Die meisten Kennzahlen werden als Einzelwerte, Mittelwerte oder Mediane angegeben. Bei der Beschreibung von Prozessen existiert neben diesen Lagegrößen aber auch eine zweite Komponente: die Streuungsgrößen. Kennzahlen dafür sind die Varianz, die Standardabweichung oder die Spannweite einer Zahlenmenge. Die Streuung findet auch Einsatz bei der Bestimmung von Prozessfähigkeitsindizes und bei Qualitätsregelkarten, die in den Kapiteln vier und fünf genauer behandelt werden.

### 2.3.3.6 Universelle und spezifische Größen

Eine weitere Möglichkeit der Klassifizierung von Prozesskennzahlen i. w. S. ist die nach dem Grad ihrer Universalität. So lassen sich universelle Kennzahlen für fast jede Art von Prozessen erfassen. Dazu zählen z. B. der Reifegrad, die Durchlaufzeit und die Prozesskosten sowie die Fehlerquote, die sich auf alle Kennzahlen beziehen lassen. Dagegen

können spezifische Kennzahlen nur wenigen, bestimmten Prozessen zugeordnet werden, z. B. der Umsatz, der lediglich für die Bewertung des Vertriebsprozesses eingesetzt werden kann. Des Weiteren gibt es noch eine Reihe von Kennzahlen, die zwischen diesen Extrema liegen und somit einen mittleren Grad an Universalität aufweisen.

#### **2.3.4 Zuordnung von Prozesskennzahlen**

Nachfolgend erfolgt eine Zuordnung typischer Prozesskennzahlen auf die vorgestellten Klassen und ausgesuchte Geschäftsprozesse in Form einer Matrix.

Bei der Zuordnung können einzelne Kennzahlen mehreren Klassen einer Kategorie angehören. Beispielsweise kann die Nacharbeit in Stunden, in Euro oder als Mengenangabe erfasst und dementsprechend unterschiedlich zugeordnet werden.

Generell ist die Matrix nach praxisorientierten Gesichtspunkten aufgebaut, d. h. theoretisch richtige aber nicht praktisch bedeutsame Zuordnungen werden nicht berücksichtigt. So ließen sich zwar die Beschwerden von Aktionären gegenüber dem Vorstand dem Geschäftsplanungsprozess zuordnen, da aber die meisten Unternehmen nicht als Aktiengesellschaft geführt werden und diese Art der Reklamation kaum Bedeutung für den Prozess hat, wird hier kein „Kreuz“ gesetzt.

Prozess- kennzahl	Durchlaufzeit	Prozesskosten	Fehlerquote	Produktivität	Umsatz	Kundenzufr.-Index	Anzahl Reklamation	Gewinn	Liefertreue	Nacharbeit	Reifegrad	Länge, Breite, Höhe	Temperatur	Freundlichkeitsindex	Anzahl Patente	Anzahl Anschlüsse	Anzahl FMEAs
	<b>Klasse</b>																
Reifegrad- kennzahl											X						
Ressourcen- kennzahl												X	X	X	X	X	X
Produkt- kennzahl	X		X									X	X		X	X	
intrin. Proz.- kennzahl	X	X	X	X	X				X	X							
Effektivitäts- größe					X	X	X	X									
Effizienz- größe			X	X					X								
Zeit- größe	X		X	X					X	X							
monetäre Größe		X	X		X			X		X							
Qualitäts- größe	X		X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lage- größe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Streuungs- größe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Grad der Uni- ver- sa- lität	hoch	X	X	X	X					X	X						
	mittel						X	X		X							
	niedrig					X			X				X	X	X	X	X
<b>Prozess</b>																	
Geschäfts- planungsproz.	X	X	X	X				X		X	X						X
Entwicklungs- prozess	X	X	X	X		X	X		X	X	X				X		X
Fertigungs- prozess	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X			X	
Vertriebs- prozess	X	X	X	X	X					X	X			X			
Transport- prozess	X	X	X	X		X	X		X	X	X						
Personal- prozess	X	X	X	X		X	X		X	X	X			X			

Abb. 13: Zuordnung ausgesuchter Prozesskennzahlen auf -klassen und Prozesse

### **3 Konzept eines ganzheitlichen Prozesscontrollings**

Im Folgenden wird das Konzept eines ganzheitlichen Prozesscontrollings entwickelt. Zunächst werden andere Ansätze, die im Zusammenhang mit Prozesscontrolling stehen, kurz vorgestellt, um daraus zum einen die Notwendigkeit eines Prozesscontrollings abzuleiten und zum anderen eine Einordnung und Abgrenzung bezüglich dieser Ansätze vornehmen zu können. Es folgt dann die Erarbeitung der Inhalte, indem aus der Funktion des Prozesscontrollings die praxisorientierten Aufgaben abgeleitet und in einer eigenen Prozessstruktur dargestellt werden.

#### **3.1 Prozesscontrolling im Umfeld anderer Ansätze**

Die Vorstellung der mit Prozesscontrolling in Beziehung stehenden Ansätze dient dem Verständnis des Konzepts für ein ganzheitliches Prozesscontrolling und dient gleichzeitig der Klärung entsprechender Begriffe.

##### **3.1.1 Prozessmanagement**

Der Begriff „Prozessmanagement“ wird in Literatur und Praxis unterschiedlich weit gefasst. Es lassen sich ein Prozessmanagement im weiteren Sinn und ein Prozessmanagement im engeren Sinn unterscheiden.

##### **Prozessmanagement im weiteren Sinn**

Prozessmanagement wird in einigen Literaturstellen als Synonym für Prozessorientierung verwendet.<sup>33</sup> Es bildet dort den Oberbegriff für alle schwerpunktmäßig prozessbezogenen Themen und kann daher als Prozessmanagement im weiteren Sinn bezeichnet werden. In dieser Arbeit wird Prozessorientierung jedoch als Oberbegriff verstanden und das Prozessmanagement im engeren Sinn verwendet.

---

<sup>33</sup> vgl. Gaitanidis u.a. (1994), S. 3 f. Rohm (1998), S. 21 f. Becker/Kugeler/Rosemann (2000), S. 3

### **Prozessmanagement im engeren Sinn**

Neben anderen Ansätzen ist das Prozessmanagement i. e. S. *eine* Ausprägung der Prozessorientierung (s. Abschn. 2.1).<sup>34</sup> Dabei hat das Prozessmanagement i. e. S. die (Neu-)Planung, Steuerung und Kontrolle der bestehenden Geschäftsprozesse sowie das Klären der Prozessorganisation, das Führen der Prozessmitarbeiter und die kontinuierliche Verbesserung der Prozesse zum Inhalt. Es trifft die dafür notwendigen Entscheidungen und hat für deren Umsetzung zu sorgen.

#### **3.1.2 Business Process Reengineering**

Seinen Ursprung hatte das Business Process Reengineering in den USA im Bereich der Informationstechnologie und beinhaltete zunächst die Strukturveränderungen, die notwendig sind, um eine neue Informationstechnologie aufzubauen.<sup>35</sup> HAMMER und CHAMPY haben das Konzept erweitert und zur weltweiten Verbreitung gebracht. Sie definieren Business Process Reengineering als fundamentales Überdenken und radikale Neugestaltung (engl.: Redesign) von Makroprozessen, um dramatische Performanceverbesserungen zu erzielen.<sup>36</sup> Weitere Bezeichnungen des gleichen Inhalts sind Reengineering, Business Reengineering, Business Process Redesign, Business Redesign oder Business Innovation.<sup>37</sup>

Durch die quantensprungartigen Verbesserungen steht das BPR im Gegensatz zum Prozessmanagement, welches die kontinuierliche, schrittweise Verbesserung existierender Prozesse zum Inhalt hat. Durch das Infragestellen der bestehenden Strukturen und einer völligen Neuausrichtung der Kernprozesse an den externen Kunden werden die Prozesse beim Reengineering von Grund auf neu geplant und umgesetzt (auch: „Grüne-Wiese-Planung“).

---

<sup>34</sup> vgl. Eversheim (1995), S. 3. Kamiske/Füermann (1995), S. 142 ff. Bogaschewsky/Rollberg (1998), Vorwort

<sup>35</sup> vgl. Davenport (1990), S. 11 ff. und (1993), S. 17 f. Nippa (1995), 62 f. Servatius (1999), S. 324

<sup>36</sup> vgl. Hammer/Champy (1993), S. 48 frei übersetzt aus dem Englischen

<sup>37</sup> vgl. Bogaschewsky/Rollberg (1998), S. 248

### 3.1.3 Controlling

In Literatur und Praxis finden sich unterschiedliche Auffassungen über die Ziele und Inhalte des Controllings.<sup>38</sup> Gemeinsam ist jedoch allen Ansätzen, dass Controlling, als Teil des Führungssystems, dieses unterstützt, und dass die Koordinationsaufgabe der wesentliche Bestandteil dabei ist. Grundlegende Unterschiede bestehen jedoch hinsichtlich des Ausmaßes der Koordinationsfunktion und der Zielkategorien.

So wird die Koordinationsfunktion in einigen Literaturstellen auf das gesamte Führungssystem bezogen,<sup>39</sup> in anderen dagegen nur auf das Planungs- und Kontrollsystem sowie das Informationsversorgungssystem.<sup>40</sup> Bezüglich des Ausmaßes der Zielkategorien sind einige Autoren der Auffassung, dass lediglich eine ergebnisorientierte Zielerreichung vom Controlling unterstützt wird,<sup>41</sup> im Gegensatz zu denjenigen, die unter Controlling die Unterstützung aller unternehmerischen Ziele verstehen.<sup>42</sup>

In dieser Arbeit wird Controlling als Koordination von Planung und Kontrolle sowie Informationsversorgung mit Hinblick auf die Erreichung aller unternehmerischen Ziele verwendet.<sup>43</sup> Daraus wird ersichtlich, dass Controlling mehr beinhaltet als nur Kontrolle.

Unter Koordination ist dabei sowohl eine systembildende Komponente zu verstehen, die die Schaffung entsprechender Systeme und Strukturen beinhaltet, als auch eine systemkoppelnde Komponente, die die Abstimmung und Anpassung innerhalb der Systeme umfasst.<sup>44</sup>

Das unternehmensbezogene Controlling unterteilt sich in Subsysteme in Form des Bereichs- bzw. Funktionscontrollings (z. B. Beschaffung, Produktion und Vertrieb), und des Controllings in spezifischen Fällen (z. B. Projekte und Maßnahmen).<sup>45</sup>

---

<sup>38</sup> vgl. bspw. Hahn (1996), S. 175 ff. Küpper (1997), S. 31 ff. Reichmann (1997), S. 3 ff. Weber (1997), S. 48 ff. Horváth (1998), S. 87 ff.

<sup>39</sup> vgl. bspw. Küpper (1997), S. 37. Weber (1997), S. 45

<sup>40</sup> vgl. bspw. Horváth (1998), S. 119 und 142

<sup>41</sup> vgl. bspw. Horváth (1998), S. 119. Hahn (1996), S. 175 f. Reichmann (1997), S. 3

<sup>42</sup> vgl. bspw. Küpper (1997), S. 42. Weber (1997), S. 59 f.

<sup>43</sup> Dies entspricht dem eingeschränkten Koordinationsumfang auf Planung, Kontrolle und Informationsversorgung nach HORVÁTH und dem gesamtzielorientierten Ansatz nach WEBER.

<sup>44</sup> vgl. Horváth (1998), S. 120 ff.

<sup>45</sup> vgl. Steinle/Bruch (1999), S. 32

### 3.2 Notwendigkeit eines Prozesscontrollings

Dem Wandel von der Funktionsorientierung zur Prozessorientierung in den Unternehmen hat sich auch das Controlling zu stellen. Die Umgestaltung hin zu einem prozessorientierten Controlling ist der erste Schritt in diese Richtung.<sup>46</sup> Im Gegensatz zum klassischen Controlling, dessen überwiegende Objekte Funktionen und Bereiche darstellen, hat sich ein prozessorientiertes Controlling an den Geschäftsprozessen zu orientieren. Dafür wird in der Literatur die Einführung einer eigenen Prozessstruktur sowie die Anpassung der Controllinginstrumente gefordert.<sup>47</sup> Während die Entwicklung und der Einsatz neuer Instrumente, z. B. Prozesskostenrechnung, Balanced Scorecards und Workflowmanagement-Systeme, bereits begonnen hat, ist die Einführung einer Prozessstruktur, und damit die Darstellung des Controllings als ein Prozess, bisher nicht erfolgt.

Neben einer Prozessdarstellung des Controllings und der Umsetzung neuer Instrumente hat das prozessorientierte Controlling jedoch mehr zu erfüllen: nämlich die Neuausrichtung der Controllingaufgaben. So verlangt die Prozessorientierung auch ein Controlling der Prozesse an sich – ein Prozesscontrolling. Nicht mehr die Funktionen und Bereiche eines Unternehmens, sondern die Prozesse müssen Objekt des neuen Controllings sein, also mehr als nur Orientierungspunkte. In dem Maße wie die Prozessorientierung die Funktionsorientierung zurück drängt, hat in einem prozessorientierten Controlling das Prozesscontrolling das Funktionscontrolling zu ersetzen, ohne dieses jedoch vollständig abzulösen.<sup>48</sup>

Mit der Einführung eines prozessorientierten Controllings ergibt sich also auch eine Notwendigkeit für die Neuausrichtung der Controllingaufgaben durch Implementierung eines ganzheitlichen Prozesscontrollings.

Ein weiterer Ansatzpunkt für die Notwendigkeit eines Prozesscontrollings ergibt sich aus der zunehmenden Komplexität der Aufgaben des Prozessmanagements. Analog zum Qualitätsmanagement, welches durch ein Qualitätscontrolling unterstützt wird, bedarf auch das Prozessmanagement einer entsprechenden Unterstützung.

---

<sup>46</sup> zum „prozessorientierten Controlling“ vgl. Brede (1997), S. 326 ff. und (1998), S. 59 ff. Fischer (1996), S. 222 ff. Horváth (1998), S. 831 ff. Steinle/Thiem/Kirchhoff (2000), S. 122 ff.

<sup>47</sup> vgl. Horváth (1995), S. 2 ff., (1996), S. 937 f. und (1998), S. 833 ff.

<sup>48</sup> vgl. Osterloh/Frost (1998), S. 108 ff.

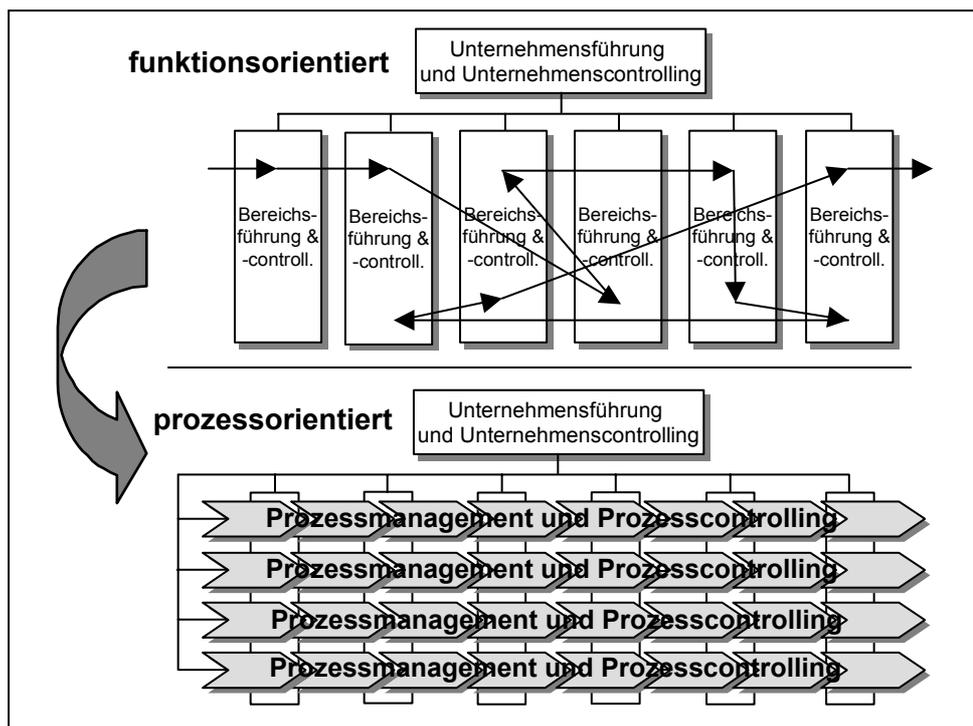
Die bisherige Verwendung des Begriffs „Prozesscontrolling“ beschränkt sich lediglich auf allgemeine Aussagen oder nur einzelne Aspekte. Ein ganzheitlicher Ansatz existiert bisher nicht. Abbildung 14 zeigt eine umfassende Auswahl an Literatur zum Thema Prozesscontrolling und deren begrenzte Inhalte.

Literaturangabe	Aspekte eines Prozesscontrollings
Benz (1998), S. 184	Aufdecken von Fehlentwicklungen
Bogaschewsky/Rollberg (1998), S. 283 f.	prozessorientierte Kennzahlen
Eisele/Hauser/Schwan (1996), S. 272 f.	Unterstützung von Verbesserungsmaßnahmen
Frank/Gärtner (1998), S. 1037 und 1040	Prozessanalyse und prozessorientierte Kennzahlen
Gaitanidis u.a. (1994), S. 12	kontinuierliche Prozessverbesserung
Griese/Sieber (1999), S. 95 ff.	prozessorientierte Kennzahlen
Klepzig/Schmidt (1997), S. 171 ff.	prozessorientierte Kennzahlen
Lehmkühler (1998), S. 152	prozessorientiertes Berichtssystem
Schmelzer/Friedrich (1997), S. 336 ff.	prozessorientierte Kennzahlen und Berichtssystem
Thielmann (2000), S. 180	Prozesskostenrechnung
Wall/Hirsch/Attorps (2000), S. 245	Prozessdarstellung
Zinkernagel (1998), S. 513 ff.	prozessrelevante Informationsversorgung

*Abb. 14: Einzelne Aspekte eines Prozesscontrollings in der Literatur*

Es fehlen umfassende und detaillierte Beschreibungen der Inhalte und Aufgaben eines Prozesscontrollings, die Klärung von dessen Stellung im Unternehmensgeschehen sowie die Darstellung seiner Prozessstruktur. In den folgenden Abschnitten wird daher das Konzept eines ganzheitlichen Prozesscontrollings entwickelt, das diese Lücken schließen soll und den Rahmen bildet für die in den nachfolgenden Kapiteln behandelte Bewertung und Überwachung von jeglicher Art von Geschäftsprozessen mittels SPC.

Abb. 15 verdeutlicht den Wandel vom funktions- zum prozessorientierten Controlling mit Schwerpunkt auf einem Prozesscontrolling.



*Abb. 15: Wandel von einem funktionsorientierten über ein prozessorientiertes zu einem Prozesscontrolling*

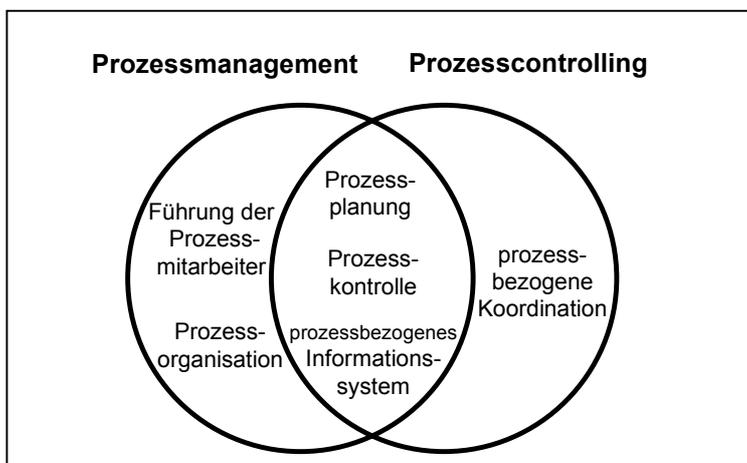
### 3.3 Einordnung und Abgrenzung des Prozesscontrollings

Das Prozesscontrolling findet in allen Prozessen des Unternehmens statt. Es wirkt bereichsübergreifend und ist Bestandteil des zentralen, prozessorientierten Unternehmenscontrollings, das die Koordination der dezentralen Controllingeinheiten – Prozess- und noch vorhandenes Funktionscontrolling – übernimmt (s. Abb. 15). In dieser Funktion ist das Unternehmenscontrolling u. a. für Aufbau, Einführung und Pflege der Controllinginstrumente und -methoden verantwortlich.

Die allgemeine Definition des Controllings als Unterstützung des Managements spezifiziert sich beim Prozesscontrolling in der Unterstützung des Prozessmanagements. Das Prozesscontrolling ist demnach sowohl dezentrales Teilsystem des prozessorientierten Unternehmenscontrollings als auch Servicefunktion für das Prozessmanagement.

Im Gegensatz zum Prozessmanagement, das neben der Planung und Kontrolle die Organisation der Prozesse beinhaltet sowie das Führen der entsprechenden Mitarbeiter (s. Abschn. 3.1.1), übernimmt das Prozesscontrolling die Koordination prozessbezogener Tätigkeiten. Seine Funktion besteht aus der Unterstützung des Prozessmanagements bei der

Prozessplanung und –kontrolle und dem Bereitstellen prozessrelevanter Informationen (s. Abb. 16).



*Abb. 16: Abgrenzung von Prozessmanagement und Prozesscontrolling*

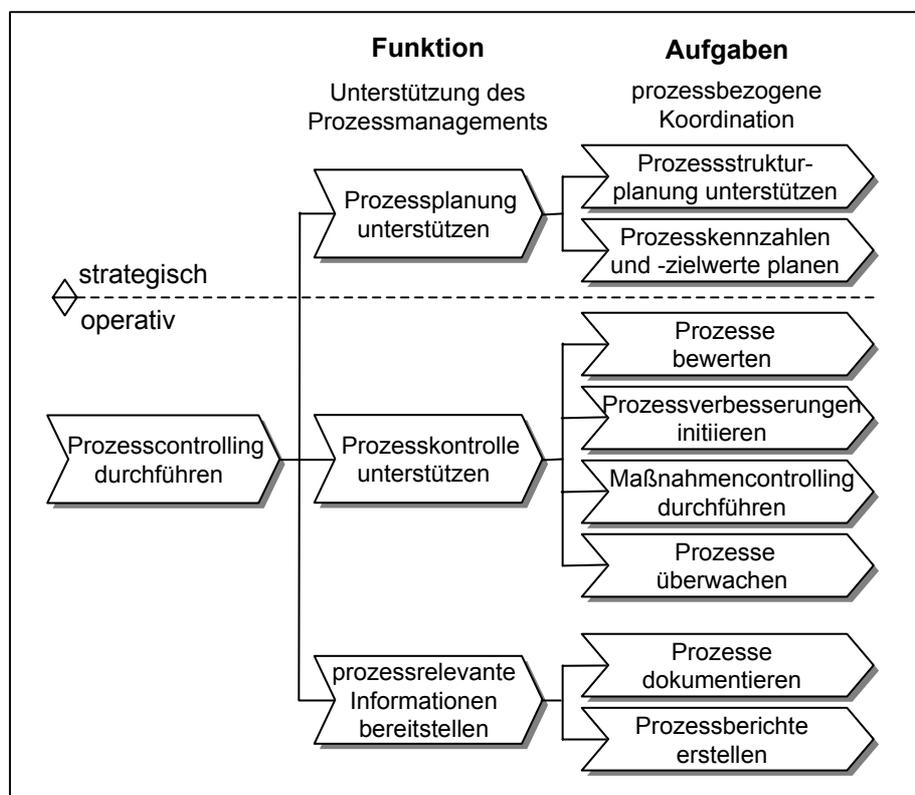
Eine Unterscheidung zwischen Prozessmanagement und Prozesscontrolling wird noch deutlicher durch die Zuordnung der verschiedenen Aufgaben. Das Prozessmanagement bestimmt die Prozesse, die notwendig sind, um die Kundenwünsche zu erfüllen und das Unternehmen zu betreiben. Es legt die Prozessorganisation und die Verantwortlichkeiten fest und führt die an den Prozessen beteiligten Personen. Außerdem legen die Prozessmanager Vorgaben und Ziele fest und beschließen Verbesserungsmaßnahmen. Die dem gegenüberstehenden Aufgaben des Prozesscontrollings werden im Folgenden entwickelt.

### 3.4 Inhalte und Aufgaben des Prozesscontrollings

Aus der Funktion des Prozesscontrollings, das Prozessmanagement bei der Planung und Kontrolle der Prozesse zu unterstützen sowie die prozessrelevanten Informationen bereitzustellen, lassen sich die spezifischen Aufgaben ableiten. Diese umfassen die in Abbildung 17 dargestellten Teilprozesse. Allgemein betrachtet bestehen die Teilfunktionen des Prozesscontrollings aus jeweils drei Komponenten:

- spezifische Tätigkeiten bei der Planung, Kontrolle und Informationsversorgung
- Koordination zwischen den jeweiligen benachbarten Teilprozessen (Primärkoordination), der Koordination der Teilprozesse mit den übergeordneten Prozessen (Sekundärkoordination) und mit entfernteren Teil- oder Hauptprozessen (Tertiärkoordination)
- Bereitstellung der jeweiligen, spezifischen Informationen

Diese Dreiteilung liegt auch den folgenden Abbildungen der Prozessstruktur für die entsprechende Teilfunktion zugrunde. Die In- und Outputs der jeweiligen Teilprozesse und Tätigkeiten sind dabei grau hinterlegt (s. Abb. 18–20).



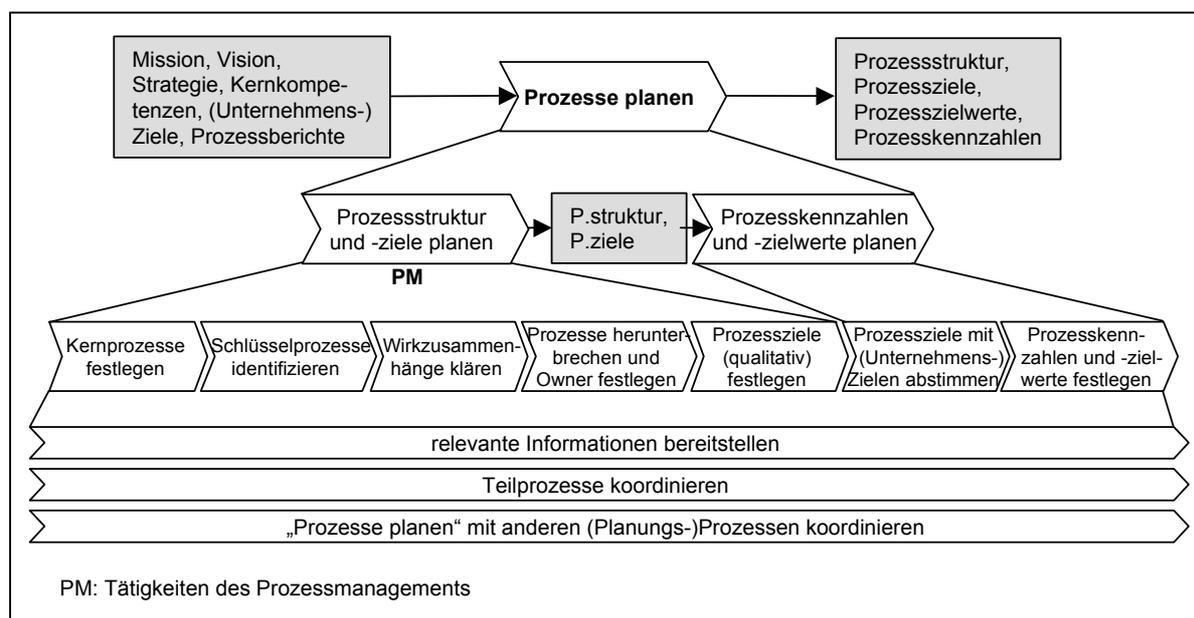
*Abb. 17: Aufgaben des Prozesscontrollings abgeleitet aus seiner Funktion*

### 3.4.1 Planung von Prozessen

Die Planung gehört zu den originären Aufgaben des Managements. Im Zuge der zunehmenden Bedeutung der Prozessorientierung stellen jedoch viele Unternehmen fest, dass eine Planung der Geschäftsprozesse nicht Bestandteil bisheriger Planungsaktivitäten war. So sind die bestehenden Prozesse oft historisch bedingt und nur in seltenen Fällen Folge eines Planungsprozesses. Daraus resultiert, dass beispielsweise bei den administrativen Prozessen meist weniger als 5 % der Prozesszeiten wertschöpfend sind,<sup>49</sup> und eine Kontrolle der Prozesse nur schwer möglich ist. Die Prozessplanung (der Begriff wird mitunter im Produktionsbereich verwendet, umschließt im prozessorientierten Unternehmen aber das Planen aller Prozesse) nimmt also eine wesentliche Rolle im Prozessmanagement

<sup>49</sup> vgl. Blackburn (1992), S. 97 f.

ein und setzt sich aus der Planung der Prozessstruktur und –ziele sowie der Planung der Kennzahlen und Zielwerte zusammen (s. Abb. 18).



*Abb. 18: Struktur von „Prozesse planen“*

### 3.4.1.1 Planung von Prozessstruktur und Prozesszielen

Die Prozessstrukturplanung ist Aufgabe des Prozessmanagements und beinhaltet die Festlegung der unternehmensspezifischen Sollprozesse. Abgeleitet aus Mission, Vision und Strategie sowie den Kernkompetenzen des Unternehmens werden zunächst die Kern- und Schlüsselprozesse identifiziert. Dabei lassen sich die Prozesse nach Managementprozessen, operativen Prozessen und Supportprozessen unterscheiden (s. Abschn. 2.2). Die Klärung der Wirkzusammenhänge der Hauptprozesse führt dann zu einer ersten Struktur der Prozessorganisation. Dieses Vorgehen spiegelt sich auch in dem Ausdruck „structure follows process follows strategy“<sup>50</sup> wider. In den nächsten Schritten werden die Prozesse weiter heruntergebrochen, die Prozessverantwortlichen (engl.: Processowner) festgelegt und die qualitativen Ziele bestimmt. Die Planung der Prozesse bezieht sich nicht nur auf die Planung neuer Prozesse, sondern auch auf die Neuplanung bestehender Geschäftsprozesse.

Für eine effiziente Steuerung und Kontrolle der Prozesse müssen Kennzahlen und Zielwerte für die einzelnen Prozesse festgelegt werden. Hierin besteht neben der Koordination der

<sup>50</sup> vgl. Chandler (1962), S. 314 ff. Buchholz (1996), S. 72 ff. Osterloh/Frost (1998), S. 37 und 161

Planungsaktivitäten, der Koordination mit anderen Planungsprozessen (z. B. Personal-, Budget- und Ressourcenplanung) und der entsprechenden Informationsversorgung die spezifische Aufgabe des Prozesscontrollings bei der Prozessplanung.

#### **3.4.1.2 Planung von Prozesskennzahlen und –zielwerten**

In Zusammenarbeit mit den Prozessverantwortlichen und ausführenden Prozessteams hat das Prozesscontrolling die Prozesskennzahlen und Ziel- bzw. Sollwerte festzulegen und in die Prozessplanung zu integrieren.

Bei der Auswahl der Kennzahlen sind aus der Vielzahl von möglichen Messgrößen diejenigen auszuwählen, die geeignet sind, die festgelegten Ziele zu quantifizieren und den Prozess zu bewerten. Dabei ist darauf zu achten, dass die spätere, regelmäßige Erfassung der entsprechenden Kennzahlen mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist.

Für die Festsetzung der Zielwerte hat das Prozesscontrolling entsprechende Benchmarks und Kundenforderungen bereitzustellen. Da diese oft nur vereinzelt vorliegen, werden in der Praxis häufig lediglich Erfahrungswerte aus der Vergangenheit herangezogen. Eine optimale Ausrichtung der Prozesse auf den Kunden und den Wettbewerb ist somit kaum möglich.

Während die Unterstützung der Prozessplanung einen eher strategischen Charakter besitzt, sind die folgenden Aufgaben dem operativen Prozesscontrolling zuzuordnen. Diese Unterscheidung spiegelt sich auch in den Personen wider, die das Prozesscontrolling ausführen. Bei der Unterstützung der Prozessplanung und der Planung der Kennzahlen und Zielwerte sind es in erster Linie Mitarbeiter einer Unternehmensplanungs- oder Unternehmenscontrollingabteilung. Dagegen ist das operative Prozesscontrolling vermehrt in das Aufgabengebiet der Prozessverantwortlichen und vor allem der Prozessteams zu verlagern – im Sinn eines Selbstcontrollings.<sup>51</sup>

#### **3.4.2 Bereitstellung prozessrelevanter Informationen I: Dokumentation von Prozessen**

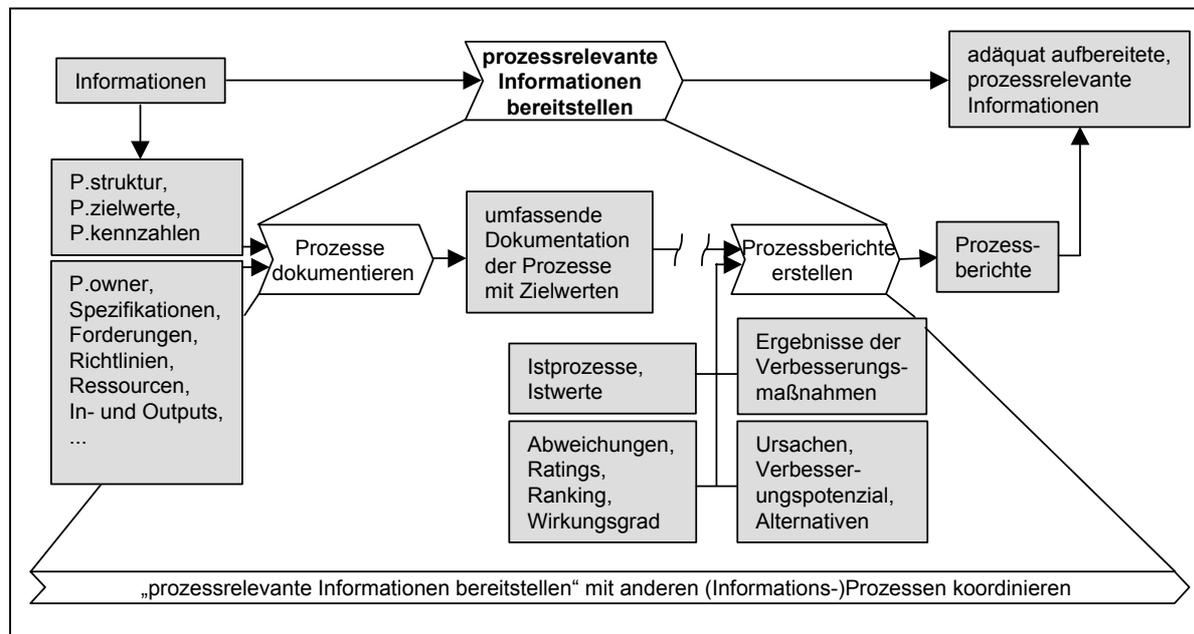
Der Informationsversorgungsprozess besteht allgemein aus der Ermittlung des Bedarfs, der Beschaffung, der Selektion, der Aufbereitung, der Speicherung und der Verteilung von Informationen.<sup>52</sup> Im Prozesscontrolling konkretisiert sich der Prozess im Bereitstellen der

---

<sup>51</sup> vgl. Fischer (1996), S. 226. Horváth (1998), S. 835 ff.

<sup>52</sup> vgl. Horváth (1998), S. 345 ff.

prozessrelevanten Informationen sowie den spezifischen Ausprägungen „Prozesse dokumentieren“ und „Prozessberichte erstellen“ (s. Abb. 19). Da Letzteres zeitlich nach der Prozesskontrolle erfolgt, wird auch erst an späterer Stelle darauf eingegangen.



**Abb. 19:** Struktur von „prozessrelevante Informationen bereitstellen“

Die Dokumentation der Prozesse soll alle Informationen bereitstellen, die eine Transparenz der Prozessstruktur und -organisation ermöglichen. Hierzu zählen sowohl die Beschreibung und Visualisierung der Prozesse und Tätigkeiten als auch die Darstellung der Inputs und Outputs, der Verantwortlichen, der Ressourcen, der Kennzahlen mit Zielwerten sowie die Spezifikationen der Forderungen und Richtlinien.

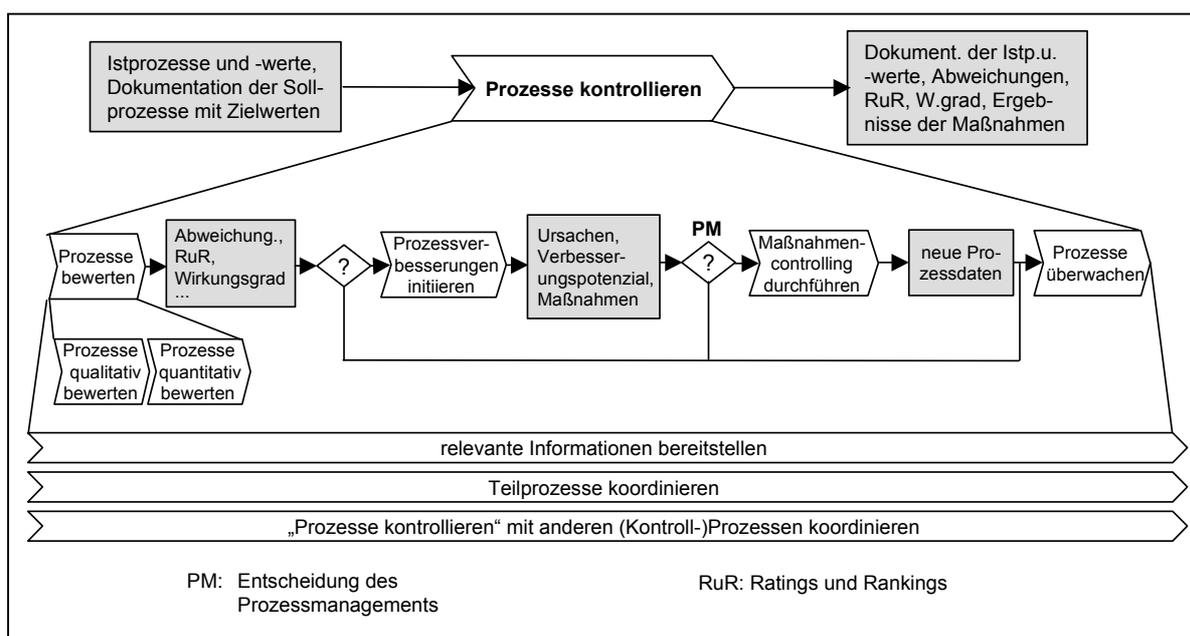
Die Beschreibung und Darstellung der Geschäftsprozesse kann in vielfältiger Form erfolgen. So lassen sich Prozesse in reiner Textform beschreiben oder in überwiegend grafischer Form, wie z. B. mittels Flussdiagrammen (engl.: Flow-Charts). Zur Unterstützung der grafischen Darstellung existieren inzwischen eine Vielzahl von DV-Tools, die eine Visualisierung der Prozesse (engl.: Process-Mapping) ermöglichen (z. B. VISIO<sup>®</sup>, FLOWCHARTER<sup>®</sup>). Eine weitere Möglichkeit der rechnergestützten Darstellung von Prozessen ist der Einsatz von Modellierungswerkzeugen, die neben einem Prozess-Mapping auch eine Analyse, Optimierung und mitunter auch Simulation von Geschäftsprozessen unterstützen (z. B. ARIS<sup>®</sup>, BONAPART<sup>®</sup>, FACETS<sup>®</sup>).<sup>53</sup>

<sup>53</sup> vgl. Finkeiß/Forschner/Häge (1996), S. 58 ff. Roos (1996), S. 667 ff.

Bei der Wahl der geeigneten Form der Prozessdarstellung ist darauf zu achten, dass Prozesse häufig einen Komplexitätsgrad erreichen, der durch eine reine Textbeschreibung kaum wiedergegeben werden kann. Daher sollte eine grafische Darstellungsform stets Bestandteil der Dokumentation sein. Des Weiteren sollte neben der praktischen Machbarkeit (das eingesetzte Instrument muss einfach und für jeden zugänglich sein) die Prozessdarstellung nach einem unternehmensweiten Standard erfolgen sowie einer ständigen Pflege und Revision im Rahmen eines Dokumentationssystems unterliegen.

### 3.4.3 Kontrolle von Prozessen

Für eine zielgerichtete Steuerung der Prozesse unter sich ständig ändernden Einflüssen ist eine Prozesskontrolle unerlässlich. Diese beinhaltet die Prozessbewertung, die Initiierung von Verbesserungsmaßnahmen und das Maßnahmencontrolling sowie die Prozessüberwachung (s. Abb. 20). Da die Teilprozesse einen geschlossenen Kreislauf bilden, kann „Prozesse überwachen“ sowohl als erster als auch als letzter Teilprozess gesehen werden.



**Abb. 20:** Struktur von „Prozesse kontrollieren“

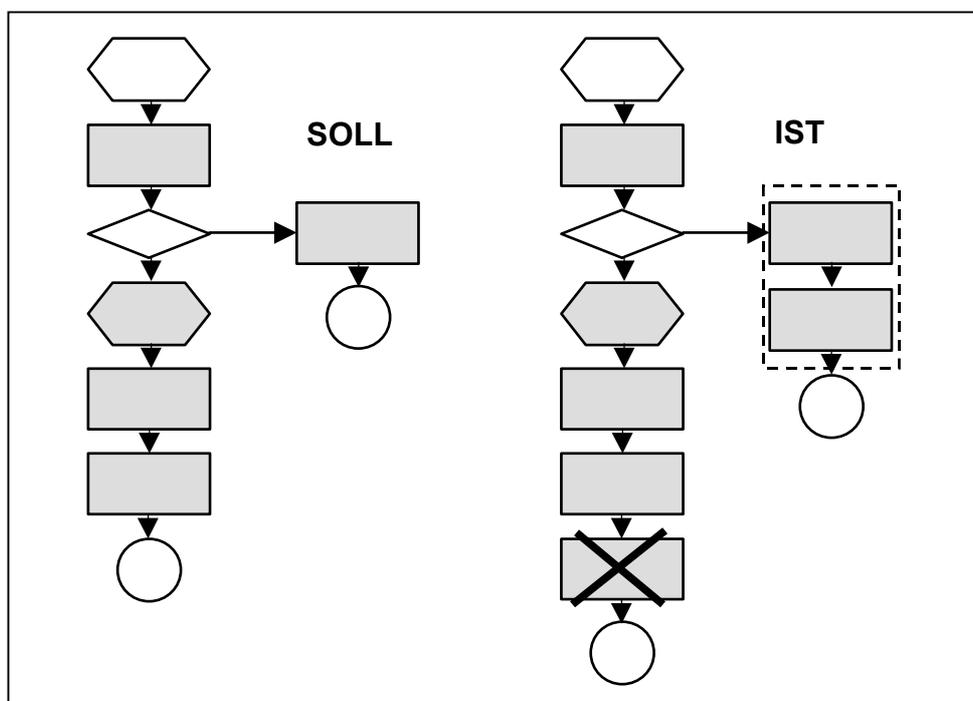
#### 3.4.3.1 Bewertung von Prozessen

Die Prozessbewertung stellt die zentrale Aufgabe im Prozesscontrolling dar, denn ohne den Vergleich von Soll- und Istwerten ist eine Kontrolle der Zielerreichung und eine damit verbundene Verbesserung der Prozesse nicht durchführbar. Die Inputs dafür entstammen den Outputs der Prozessplanung und -überwachung sowie eventuell zusätzlichen Erfassungen.

Bei der Prozessbewertung lassen sich eine qualitative und eine quantitative Komponente unterscheiden.

### Qualitative Prozessbewertung

Die qualitative Bewertung der Prozesse ist ein Vergleich der Soll- und Istprozesse anhand der Darstellungen der Strukturen (s. Abb. 21). Es erfolgt eine Prüfung, inwiefern die bestehenden Prozesse ziel- und kundenrelevant sind. Aus den Ergebnissen resultiert gegebenenfalls ein Eliminieren von nichtwertschöpfenden und redundanten Tätigkeiten bzw. Teilprozessen sowie ein Parallelisieren und/oder Zusammenfassen entsprechender Aktivitäten. Durch die gegebenenfalls radikalen Eingriffe in die Prozessstruktur entspricht diese Vorgehensweise dem Business Process Reengineering.



*Abb. 21: Qualitative Prozessbewertung*

Da mit der Neustrukturierung der Prozesse kein Endstand erreicht ist, sind die Prozesse auch weiterhin ständig zu hinterfragen und zu verbessern. Hier schließt sich das Prozessmanagement i. e. S. an, welches nach permanenter Effizienzsteigerung der Prozesse strebt. Für das Bestreiten des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) im Sinn des Kaizen-Gedankens bedarf es aber einer quantitativen Bewertung der Prozesse.

### **Quantitative Prozessbewertung**

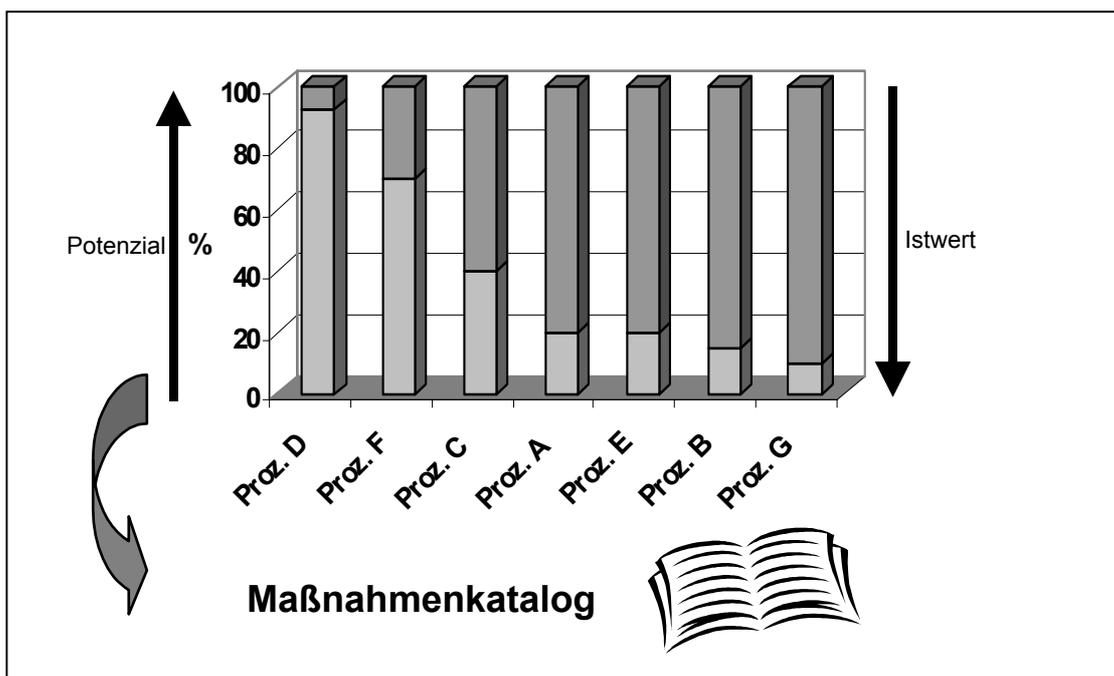
Für eine quantitative Prozessbewertung müssen Kennzahlen vorliegen, die in der Lage sind, Prozesse bewertbar zu machen (s. Abschn. 2.3). Sie bilden die Basis für alle Prozessverbesserungen im Rahmen des Prozessmanagements und sollten idealerweise bereits bei der Planung der Prozesse in Verbindung mit den Zielwerten festgelegt werden.

Neben den Soll-Ist- und Zeitvergleichen dienen die Bewertungsgrößen auch als Grundlage für interne und externe Betriebsvergleiche in Form von Prozessbenchmankings sowie für Audits, Reviews und (Self-)Assessments, z. B. im Rahmen einer Selbstbewertung nach den Kriterien des EFQM-Modells für Excellence.

#### **3.4.3.2 Initiierung von Prozessverbesserungen und Maßnahmencontrolling**

Die Unterstützung bei der Prozessverbesserung liefert das Prozesscontrolling durch Anregung und Überwachung entsprechender Verbesserungsmaßnahmen je nach Ergebnis der Bewertung.

Bezüglich der Notwendigkeit für Verbesserungen besitzen Schlüssel- und vor allem Kernprozesse die höchste Priorität. Diese sind es schließlich, die den langfristigen Erfolg eines Unternehmens sicherstellen sollen. Eine Priorisierung innerhalb dieser und weiterer Geschäftsprozesse kann in Abhängigkeit vom Grad der Abweichungen zwischen Soll und Ist erfolgen. Dafür kann eine Pareto-Darstellung dienen, in der die bewerteten Prozesse hinsichtlich ihres Verbesserungspotenzials, als prozentuale Abweichung vom Zielwert, angeordnet werden (s. Abb. 22).



*Abb. 22: Verbesserungspotenziale der Prozesse*

Mit Hilfe von Abweichungsanalysen werden die ursächlichen Gründe für die Differenz zwischen Ist und Soll ermittelt. Darauf aufbauend werden Lösungsmöglichkeiten erarbeitet und ein Maßnahmenkatalog erstellt. Dieser dient als Entscheidungsgrundlage für die Prozessverantwortlichen über die Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen. Er enthält den Grad der Abweichung, die Ursachen, alternative Maßnahmen und den dafür erforderlichen Aufwand. Ob und welche der Maßnahmen letztendlich umgesetzt werden, entscheidet das Prozessmanagement. Das dazugehörige Maßnahmencontrolling obliegt dann wiederum den Prozesscontrollern.

### 3.4.3.3 Überwachung von Prozessen

Das Überwachen von Prozessen (engl.: Process-Monitoring) beinhaltet die regelmäßige Erfassung der jeweiligen Istprozesse und Istwerte. Bei der Erfassung der Istwerte ist zuvor festzulegen, welche Kennzahlen in welchen zeitlichen Abständen zu erfassen sind. So werden beispielsweise Kundenzufriedenheitskenngrößen in der Praxis oft nur jährlich ermittelt, Kosten monatsweise und Fehlerquoten dagegen wöchentlich oder sogar täglich. In Anlehnung an die Vorgehensweise bei Produktionsprozessen lassen sich Methoden der Statistischen Prozessregelung, z. B. in Form von Regelkarten, einsetzen. Die Transformation dieser Methoden auf administrative Prozesse ist Gegenstand des Kapitels fünf. Durch Definition von Regeln ist festzulegen, wann eine Abweichung gemeldet wird, z. B. sofort oder erst bei wiederholtem Male, welche verantwortlichen Institutionen zu benachrichtigen

und welche Sofortmaßnahmen zu ergreifen sind. Die Prozessregelkarten lassen sich auch für das Prozessberichtswesen einsetzen.

Die erfassten Istprozesse sind ebenso wie die Sollprozesse zu dokumentieren. Zusammen mit den von den Prozessbeteiligten erhobenen Istwerten bilden sie die Grundlage für die anschließende Prozessbewertung. Die Erfassung der Istdaten erfolgt durch die Abfrage von DV-Systemen, Interviews und Fragebögen.

Die Überwachung der Bearbeitungszustände bei bestimmten Prozessen lässt sich mittels Workflowmanagement-Systemen durchführen. Damit lässt sich feststellen, an welcher Stelle im Prozess sich ein bestimmter Vorgang befindet. Insbesondere vor dem Hintergrund des E-Business kommt der Transparenz und Überwachung der Prozesse eine besondere Bedeutung zu. Bestimmte Transaktionen innerhalb der entsprechenden Prozesse sollen über das Inter- bzw. Intranet nachvollziehbar oder sogar ausführbar sein (z. B. die Bestellung von Ware oder das Ausfüllen von Anträgen – online).

#### **3.4.4 Bereitstellung prozessrelevanter Informationen II: Erstellung von Prozessberichten**

Neben der Dokumentation der Prozesse und der laufenden Bereitstellung von Informationen ist es im Rahmen der Informationsversorgung eine weitere Aufgabe des Prozesscontrollings, Transparenz bezüglich der Prozessleistungen (engl.: Process Performance) zu schaffen. Dafür sind klare, richtige, vollständige und rechtzeitige Berichte (engl.: Reports) bereitzustellen, die im Detaillierungsgrad den jeweiligen Adressaten entsprechen. Ausgehend von den Istdaten des Monitorings und deren Vergleich mit den Sollwerten sowie weiteren Input-Informationen sollen die Berichte über den aktuellen Stand der Zielerreichung sowie deren Entwicklung im zeitlichen Verlauf Auskunft geben. Eine mögliche Form des Reportings können neben den bereits erwähnten Regelkarten so genannte Cockpit-Charts sein, die die Soll- und Istgrößen im Zeitverlauf darstellen und um schriftliche Bemerkungen ergänzt werden, wie z. B. zum Grad der Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen (s. Abb. 23). Das prozessbezogene Berichtssystem hat sich idealerweise in das übergeordnete Berichtswesen, z. B. im Rahmen einer Balanced Scorecard, zu integrieren.

Wissensmanagement gewinnt immer mehr an Bedeutung. Daher wird es zunehmend Aufgabe der Prozesscontroller sein, sowohl die Informationen der Dokumentation und

Berichte als auch die gewonnenen Erfahrungen bei der Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen in Wissen zu transformieren. Durch gezielte Kommunikation und Einstellen der entsprechenden Daten in einen „Wissenspeicher“ (z. B. Datenbank) ist dem gesamten Unternehmen sowie eventuell Partnern, Kunden und Lieferanten dieses Wissen zur Verfügung zu stellen.

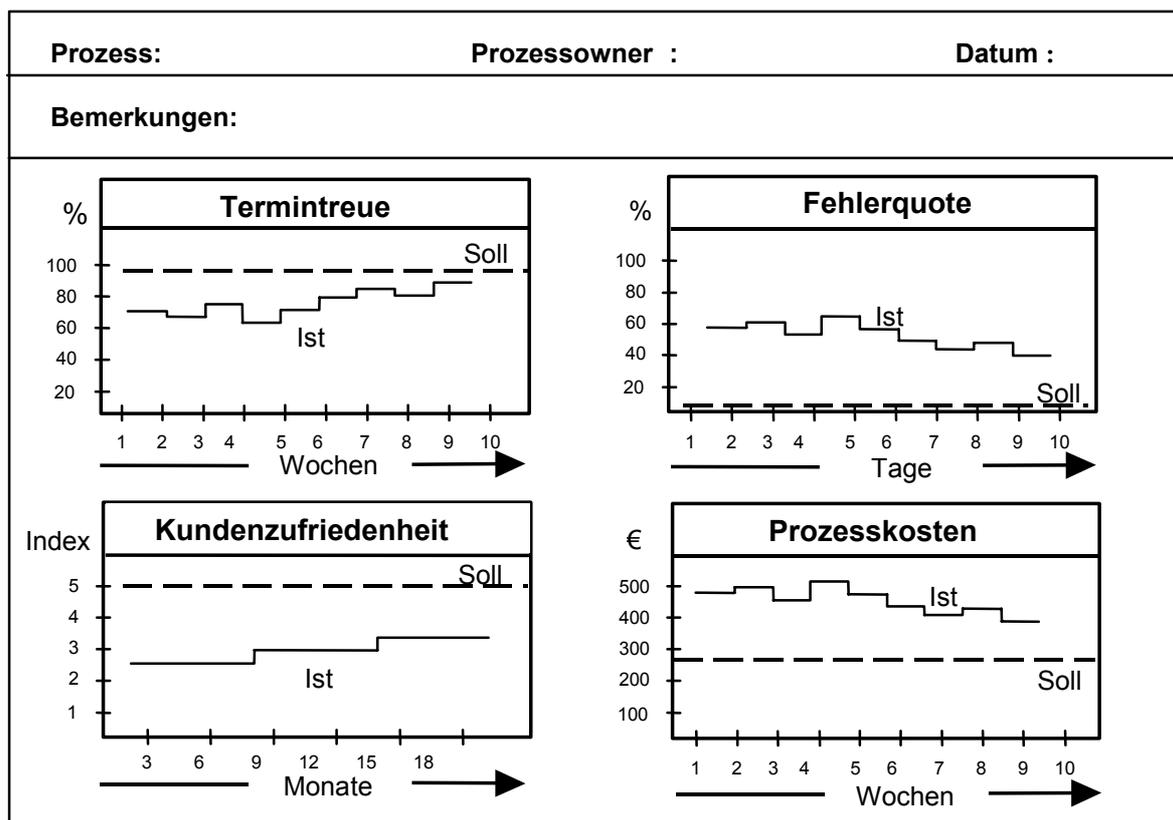


Abb. 23: Cockpit-Chart

## 4 Statistische Prozessregelung bei Produktionsprozessen

Die Statistische Prozessregelung (auch: Statistische Prozesslenkung; engl.: Statistical Process Control – SPC) liefert Informationen über den Zustand von Prozessen und deren Leistungsvermögen. Sie basiert auf statistischen Grundlagen und ermöglicht es, Prozesse zu bewerten, zu regeln und kontinuierlich zu überwachen. Als wichtige Instrumente dienen dabei verschiedene Typen von Fähigkeitsindizes und Regelkarten.

Wie in der Einleitung bereits erwähnt beschränkt sich die Anwendung der Statistischen Prozessregelung bis heute nur auf Produktionsprozesse. Bevor in Kapitel fünf auf die Anwendung von Fähigkeitsindizes und Regelkarten bei administrativen Prozessen eingegangen wird, ist zuvor der Stand des Wissens bezüglich der Statistischen Prozessregelung bei Produktionsprozessen überblickartig darzustellen. Auf die in der Praxis bewährten Ansätze wird dabei genauer eingegangen.

### 4.1 Bewertung von Produktionsprozessen mittels Fähigkeitsindizes

Das Ziel von Fähigkeitsuntersuchungen in der Produktion ist zu überprüfen, ob der Prozess geeignet ist, ein Produkt zu erstellen, das die Qualitätsanforderungen an dieses Produkt erfüllt.<sup>54</sup> Die Beurteilung erfolgt durch Gegenüberstellung der geforderten Toleranzgrenzen und der Streuung der inhärenten Merkmalswerte der Waren. Die Fähigkeitsuntersuchungen untergliedern sich bei Produktionsprozessen in eine Messgeräte-, eine Maschinen- und eine Prozessfähigkeitsuntersuchung.

#### 4.1.1 Messgeräte-, Maschinen- und Prozessfähigkeitsindizes

Bei der *Messgerätefähigkeitsuntersuchung* ist der Nachweis zu erbringen, dass die verwendeten Geräte in der Lage sind, die Messungen mit der notwendigen Genauigkeit (Faustregel: 1/10 der Toleranz), Wiederholpräzision und Vergleichbarkeit durchzuführen.<sup>55</sup>

Die *Maschinenfähigkeit* ist ein Maß für die maschinenbedingten Einflüsse auf den Produktionsprozess. Um eventuelle systematische Einflüsse auszuschalten, müssen die Randbedingungen und äußeren Faktoren während der Untersuchung konstant gehalten werden. Der Untersuchungszeitraum ist kurz und umfasst meist nur eine große Stichprobe in

---

<sup>54</sup> vgl. E DIN 55319 (2000), S. 5

<sup>55</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 309. Rinne/Mittag (1999), S. 44

der Regel mit mindestens 50 Messwerten. Daher wird oft auch von einer Kurzzeituntersuchung gesprochen.<sup>56</sup>

Quantifizieren lässt sich die Messgeräteeignung bezüglich Wiederholbarkeit und Genauigkeit durch die Indizes  $C_g$  und  $C_{gk}$ <sup>57</sup> und die Maschinenfähigkeit durch die Indizes  $C_m$  und  $C_{mk}$ . Diese werden analog zu den im Folgenden beschriebenen  $C_p$ - und  $C_{pk}$ -Werten bestimmt.

Bei der *Prozessfähigkeitsuntersuchung* wird das langfristige Verhalten des Prozesses unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren erfasst. Ausgedrückt wird die Eignung des Prozesses, die Qualitätsmerkmale entsprechend den Anforderungen langfristig zu erzeugen, durch die Prozessfähigkeitsindizes (engl.: Process Capability Indices – PCI)  $C_p$  und  $C_{pk}$ , die sich wie folgt berechnen:

$$C_p = \frac{OSG - USG}{6\sigma} \quad C_{pk} = \frac{\min\{OSG - \mu; \mu - USG\}}{3\sigma}$$

$$\text{bzw. } C_{pk} = C_p (1 - k)$$

mit:

OSG: obere Spezifikationsgrenze;

USG: untere Spezifikationsgrenze

$\mu$ : Mittelwert der Grundverteilung;

$\sigma$ : Standardabweichung der Grundverteilung

$k = 2 |M - \mu| / (OSG - USG)$

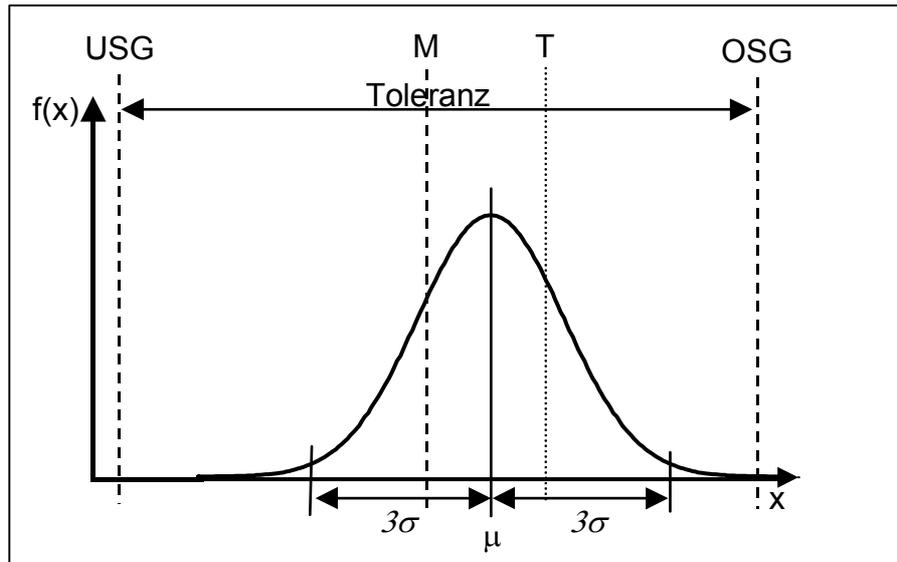
M: Toleranzmitte =  $(OSG + USG) / 2$

Der  $C_p$ -Wert ist ein Maß für die Leistung, die ein Prozess erbringen könnte. Er wird daher auch als Prozesspotenzial bezeichnet und ist nur abhängig von der Streuung der Prozesskennzahlen. Der  $C_{pk}$ -Wert dagegen berücksichtigt zusätzlich die Lage des Mittelwertes zu den Spezifikationsgrenzen und gibt somit die tatsächliche Prozessfähigkeit bzw. Prozessperformance wieder (s. Abb. 24).<sup>58</sup>

<sup>56</sup> vgl. Rötzel (1992), S. 140 und 211. Hering/Triemel/Blank (1999), S. 201 und 205 ff.

<sup>57</sup> vgl. Anghel (1997), S. 457 ff. Dietrich/Schulze (1998a), S. 309 ff. Rinne/Mittag (1999), S. 44 ff.

<sup>58</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 239 ff. Meagher (2000), S. 136



*Abb. 24: Darstellung zu Prozessfähigkeitsindizes*

$C_p$  und  $C_{pk}$  werden als Prozessfähigkeitsindizes der ersten Generation bezeichnet. Um die Abweichungen zwischen dem Mittelwert und einem eventuellen Zielwert  $T$  (Target) zu berücksichtigen, der nicht zwangsweise mit der Toleranzmitte  $M$  übereinstimmen muss, wurden die Indizes  $C_{pm}$  und  $C_{pm}^*$  entwickelt. Diese stellen die Prozessfähigkeitsindizes der zweiten Generation dar. Ihre Weiterentwicklung in Form von  $C_{pm}^+$  und  $C_{pmk}$  werden schließlich als Prozessfähigkeitsindizes der dritten Generation bezeichnet.<sup>59</sup> Die Überlegungen für diese Indizes beruhen auf der Verlustfunktion von TAGUCHI, die besagt, dass jede Abweichung vom Zielwert einen Verlust darstellt – selbst wenn die Werte innerhalb der Toleranz liegen. Deshalb werden  $C_{pm}$ , dessen Derivate und  $C_{pmk}$  auch als Taguchi-Indizes bezeichnet.<sup>60</sup>

$$C_{pm} = \frac{OSG - USG}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad C_{pmk} = \frac{\min\{OSG - \mu; \mu - USG\}}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

Um zu verlässlichen Aussagen zu kommen, ist für die Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes eine ausreichend große Menge an Messwerten zu fordern. Bei Produktionsprozessen gilt als Richtgröße die Mindestanzahl von  $n = 100$  Messwerten.<sup>61</sup>

<sup>59</sup> vgl. Kotz/Lovelace (1998), S. 77. Rinne/Mittag (1999), S. 232. für  $C_{pm}$  vgl. Chan/Cheng/Spiring (1988), S. 162 ff. für  $C_{pmk}$  vgl. Pearn/Kotz/Johnson (1992), S. 221 ff.

<sup>60</sup> vgl. Hsiang/Taguchi (1985), S. 1 ff. Boyles (1991), S. 11 und 17 ff.

<sup>61</sup> vgl. bspw. Hering/Triemel/Blank (1999), S. 207

Die Werte, ab wann ein Prozess als fähig bezeichnet wird, sind nicht einheitlich festgelegt. Üblicherweise gilt ein Prozess ab Werten von 1,0 für  $C_p$  bzw.  $C_{pk}$  als beschränkt fähig. Ab 1,33 gilt der Prozess dann als uneingeschränkt fähig.<sup>62</sup> Langfristiges Ziel ist das Erreichen von Fähigkeitswerten von 2,0. Dieser Wert entspricht bei Normalverteilung der Daten einer Toleranzbreite von  $\pm 6\sigma$ .

Neben der statistischen Bedeutung steht Sechs-Sigma zugleich für das gleichnamige Qualitätsprogramm, welches bei Motorola Ende der 80er-Jahre entwickelt wurde und bei Unternehmen wie AlliedSignal, General Electric und Asea Brown Boveri zu großen Erfolgen führte. Sechs-Sigma als Managementkonzept umfasst die Verbesserungen von Produkten und Prozessen unter Anwendungen von statistischen Methoden (z. B. Varianz- und Regressionsanalysen), Instrumenten des Projekt- und Prozesscontrollings (z. B. Meilensteinplanung, Prozessmapping) sowie Qualitätstechniken (z. B. FMEA, QFD, Q7). Auch die Statistische Prozessregelung ist ein Bestandteil von Sechs-Sigma.

#### 4.1.2 Prozessfähigkeitsindizes bei nicht normalverteilten Daten

Die zuvor dargestellten Berechnungsformeln der Prozessfähigkeitsindizes beruhen auf der Annahme, dass die zu Grunde liegenden Daten normalverteilt sind. Diese Voraussetzung trifft jedoch – entgegen der Aussagen einiger Literaturstellen<sup>63</sup> – nur selten zu. So zeigt eine empirische Untersuchung von rund 1000 Daten von Fertigungsprozessen, dass in nur 2 % der Fälle die Daten normalverteilt sind.<sup>64</sup> Für die Situationen der nicht normalverteilten Daten gibt es verschiedene Ansätze zur Bestimmung von Prozessfähigkeitsindizes, die sich in drei Kategorien unterteilen lassen:

- Generalisierung der Formeln für die PCI bei normalverteilten Daten, so dass sie für nicht normalverteilte Daten anwendbar sind
- Prozessfähigkeitsindizes für bestimmte Nichtnormalverteilungen
- Transformation der nicht normalverteilten Daten in eine Normalverteilung

---

<sup>62</sup> vgl. bspw. Kirstein (1987), S. 115. DGQ (1996), S. 25. Dietrich/Schulze (1998b), S. 59.

<sup>63</sup> vgl. bspw. DGQ (1990), S. 24. Rötzel (1992), S. 146. Rinne/Mittag (1999), S. 11

<sup>64</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998b), S. 1 ff. Kaiser/Nowack (1999), S. 761 ff.

### Generalisierung der Formeln für normalverteilte Daten

Eine häufig verwendete Methode zur Generalisierung der Fähigkeitsformeln ist die Perzentil-Methode (auch: Prozentanteil-Methode).<sup>65</sup> Hierbei wird der Streubereich festgelegt, der 99,73 % der Werte der Grundgesamtheit repräsentiert, welcher bei einer Normalverteilung

$\pm 3 \sigma$  entspricht. Die entsprechenden Grenzen dieses Bereiches werden durch den „0,135%-Punkt“ und den „99,865%-Punkt“ beschrieben. Der Prozessmittelwert wird über den Median  $\tilde{x}$  – den „50%-Punkt“ – geschätzt. Für  $C_p$  und  $C_{pk}$  ergeben sich damit folgende Formeln:<sup>66</sup>

$$C_p^P = \frac{OSG - USG}{99,865\% \text{Punkt} - 0,135\% \text{Punkt}}$$

$$C_{pk}^P = \min \left\{ \frac{OSG - 50\% \text{Punkt}}{99,865\% \text{Punkt} - 50\% \text{Punkt}}; \frac{50\% \text{Punkt} - USG}{50\% \text{Punkt} - 0,135\% \text{Punkt}} \right\}$$

Weitere Verfahren zur Generalisierung der Formeln sind die „Überschreitungsanteil-Methode“,<sup>67</sup> die „Methode der verteilungsunabhängigen Toleranzintervalle“,<sup>68</sup> und die „Gewichtete Varianz-Methode“<sup>69</sup>. Ein anderer Ansatz, die bekannten Indizes derart zu modifizieren, dass sie auch für nicht normalverteilte Daten anwendbar sind, ist, den Nenner der Formeln durch einen „robusten“ Term zu ersetzen: z. B. bei  $C_0$ <sup>70</sup> und  $C_{pc}$ <sup>71</sup>.

### Prozessfähigkeitsindizes für bestimmte Nichtnormalverteilungen

Für einige Verteilungen, die keine Normalverteilung sind, existieren spezifische Prozessfähigkeitsindizes, wie z. B.  $C_{BP}$ <sup>72</sup> für eine Binomialverteilung,  $C^{LN}$ <sup>73</sup> für eine Lognormalverteilung und  $C^W$ <sup>74</sup> für eine Weibull-Verteilung.

<sup>65</sup> vgl. Clements (1989), S. 95 ff. Dietrich/Schulze (1998a), S. 252 ff. Rinne/Mittag (1999), S. 296 ff.

<sup>66</sup> die entsprechenden Formeln für  $C_{pm}$  und  $C_{pmk}$  vgl. Pearn/Kotz (1994), S. 139 ff.

<sup>67</sup> vgl. DGQ (1996), S. 24 f. Dietrich/Schulze (1998a), S. 252 und 255

<sup>68</sup> vgl. Chan/Cheng/Spiring (1995), S. 268 ff.

<sup>69</sup> vgl. Choi/Bai (1996), S. 1211

<sup>70</sup> vgl. Pearn/Kotz/Johnson (1992), S. 224 f.

<sup>71</sup> vgl. Luceño (1996), S. 235 ff.

<sup>72</sup> vgl. Garvin (1996), S. 9 ff.

<sup>73</sup> vgl. Rinne/Mittag (1999), S. 302 f.

<sup>74</sup> vgl. Bai/Choi (1997), S. 9 ff.

### Transformation in eine Normalverteilung

Wenn einfache Transformationen wie z. B. Wurzeltransformation ( $y = \sqrt{x}$ ), Reziproktransformation ( $y = 1/x$ ) oder Logarithmierung ( $y = \log x$ ) keine Normalverteilung erzeugen können, kommen häufig die Johnson-Transformation oder die Box-Cox-Power-Transformation zum Einsatz. Bei Letzterer werden die Werte der Ausgangsverteilung mittels des Parameters  $\lambda$  nach folgender Vorschrift transformiert:

$$X^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{(X+c)^\lambda - 1}{\lambda} & \text{für } \lambda \neq 0 \\ \ln(X+c) & \text{für } \lambda = 0 \end{cases} \quad \text{wobei } c \text{ so zu wählen ist, dass } X+c \text{ positiv wird.}$$

Zuvor ist durch entsprechende Iteration der optimale Wert von  $\lambda$  zu bestimmen. Die Johnson-Transformation wird dagegen durch vier Parameter bestimmt, die zusammen mit den Werten der Ausgangsverteilung verschiedene Johnson-Verteilungen beschreiben.

Nachdem die Daten in eine Normalverteilung transformiert worden sind und auch die Spezifikationsgrenzen und der Zielwert entsprechend transformiert wurden, kann mit den bekannten Fähigkeitsindizes gearbeitet werden. Anzumerken ist jedoch, dass nicht immer eine geeignete Transformation zu finden ist, die aus den Stichprobenbefunden eine Normalverteilung erzeugt.

Ein Vergleich der verschiedenen Methoden hat gezeigt, dass die Transformationsansätze grundsätzlich bessere Ergebnisse für die Fähigkeitsindizes liefern als die übrigen Ansätze.<sup>75</sup>

### Einsatz von Softwareprogrammen

Mittels statistischer Softwareprogramme lässt sich heutzutage relativ leicht überprüfen, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Daten der Stichproben einer bestimmten Verteilung entsprechen. Auch die Durchführung einer Transformation oder die Bestimmung der Prozentpunkte stellt im Computerzeitalter keinen großen Aufwand mehr dar. Dennoch obliegt es dem Anwender, eine geeignete Transformation bzw. die bestmögliche Beschreibung der Verteilung der untersuchten Daten zu finden und die Angemessenheit seiner Wahl nachzuweisen.

---

<sup>75</sup> vgl. Tang/Than (1999), S. 346 ff.

### 4.1.3 Einfluss der Streuung auf die Nomenklatur der Prozessfähigkeitsindizes

Die Gesamtstreuung  $\sigma$  der Messwerte setzt sich aus der Streuung innerhalb der Stichproben und der Streuung zwischen den Stichproben zusammen:

$$\sigma_{\text{Ges}}^2 = \sigma_{\text{zwischen}}^2 + \sigma_{\text{innerhalb}}^2$$

Im Angloamerikanischen wird die Gesamtstreuung als Langzeitstreuung ( $\sigma_{\text{lt}}$ : long term) bezeichnet, die Streuung innerhalb der Stichproben als Kurzzeitstreuung ( $\sigma_{\text{st}}$ : short term). Die Streuung zwischen den einzelnen Stichproben wird als „Shift“ bezeichnet. Empirische Untersuchungen bei Motorola haben gezeigt, dass dieser Shift durchschnittlich  $\pm 1,5 \sigma$  beträgt.<sup>76</sup>

Bei der Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes kann nun die Langzeitstreuung oder die Kurzzeitstreuung verwendet werden. In einigen Unternehmen wird bei Verwendung der Langzeitstreuung die Bezeichnung  $P_p$  bzw.  $P_{pk}$  verwendet und spiegelt die langfristige Performance des Prozesses wider. In die Berechnung der Indizes geht die Standardabweichung aller Messwerte ein. Mit  $C_p$  und  $C_{pk}$  werden in diesem Fall die potenziellen Fähigkeiten bezeichnet, die möglich wären, wenn es gelänge, die Streuung zwischen den Stichproben zu eliminieren.  $C_p$  und  $C_{pk}$  werden dabei auf der Basis des Mittelwerts der Standardabweichungen der einzelnen Stichproben berechnet.

In anderen Unternehmen, wie z. B. Ford und General Motors, werden die Bezeichnungen anders gewählt: Hier stehen  $C_p$  und  $C_{pk}$  für die langfristigen PCI und die Bezeichnungen  $P_p$  und  $P_{pk}$  für vorläufige (*preliminary*) Prozessfähigkeitsindizes, die auf Basis der ersten (meist 20) Vorlaufswerte berechnet werden<sup>77</sup>.

### 4.1.4 Vertrauensbereiche für Prozessfähigkeitsindizes

Der Mittelwert  $\mu$  und die Standardabweichung  $\sigma$  der Grundverteilung sind häufig nicht bekannt und werden dann üblicherweise über den Mittelwert  $\bar{x}$  und die Standardabweichung  $s$  der Stichprobe geschätzt. Die daraus abgeleiteten Schätzwerte der

---

<sup>76</sup> vgl. Smith (1993), S. 44. Harry (1998), S. 60 f.

<sup>77</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 241.

Fähigkeitsindizes werden dann mit  $\hat{C}$  bzw.  $\hat{P}$  bezeichnet. Die Formeln für einige grundlegende statistische Parameter befinden sich im Anhang.

Bei einem auf Schätzwerten berechneten Fähigkeitsindex ist nicht sicher, dass der berechnete Wert dem tatsächlichen entspricht. Gerade wenn der errechnete Wert nahe der Forderung von z. B. 1,33 liegt, kann eine relativ kleine Abweichung einen *nicht fähigen* Prozess *fähig* machen oder umgekehrt. Aus diesem Grund sind Vertrauensbereiche für die berechneten Indizes anzugeben.

$$\text{Vertrauensbereich für } C_p^{78}: \hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi_{n-1; \alpha/2}^2}{n-1}} \leq C_p \leq \hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi_{n-1; 1-\alpha/2}^2}{n-1}}$$

Vertrauensbereich für  $C_{pk}^{79}$ :

$$\hat{C}_{pk} \left( 1 - u_{1-\alpha} \sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2(n-1)}} \right) \leq C_{pk} \leq \hat{C}_{pk} \left( 1 + u_{1-\alpha} \sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2(n-1)}} \right)$$

$$\text{Vertrauensbereich für } C_{pm}^{80}: \hat{C}_{pm} \sqrt{\frac{\chi_{\alpha/2, v}^2}{v}} \leq C_{pm} \leq \hat{C}_{pm} \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha/2, v}^2}{v}}$$

mit:

$\chi_{n-1; \alpha/2}^2 / \chi_{n-1; 1-\alpha/2}^2$  : Tabellenwerte der Chi-Quadrat-Verteilung

$u_{1-\alpha}$  : Tabellenwert der Standardnormalverteilung

$v = (n + \lambda)^2 / (n + 2\lambda)$        $\lambda = n * (\bar{x} - T)^2 / s^2$

$n$ : Anzahl Messwerte       $\alpha$ : Signifikanzniveau

Die Formel für den Vertrauensbereich von  $C_{pk}$  stellt nur eine Näherung für  $n \geq 30$  dar. Eine zwingend eindeutige Version existiert nicht, sodass verschiedene Autoren ihre jeweils eigene Formel für den Vertrauensbereich von  $C_{pk}$  entwickelt haben.<sup>81</sup>

<sup>78</sup> vgl. bspw. Kotz/Lovelace (1998), S. 40 f.

<sup>79</sup> vgl. Bissell (1990), S. 334 f. Porter/Oakland (1991), S. 438 ff.

<sup>80</sup> vgl. Boyles (1991), S. 23. Kushler/Hurley (1992), S. 193 f.

<sup>81</sup> vgl. Kotz/Lovelace (1998), S. 57 ff. und die dort angegebenen Autoren; für den Vertrauensbereich von  $C_{pmk}$  siehe Kotz/Lovelace (1998), S. 100

#### 4.1.5 Prozessfähigkeitsindizes in Theorie und Praxis

Eine Befragung von schwedischen Maschinenbauunternehmen 1998 hat ergeben, dass die Prozessfähigkeitsindizes  $C_p$  und  $C_{pk}$  bei ca. 75 % der Unternehmen angewendet werden, gefolgt von  $C_{pm}$  mit 17 %. Der Index  $C_{pmk}$  wurde bis dahin noch nicht verwendet.<sup>82</sup> Neben den vier genannten sind in den letzten Jahren noch eine Reihe weiterer Prozessfähigkeitsindizes entwickelt worden, die jedoch einerseits auf Grund ihrer z. T. sehr theoretischen Ausprägung und andererseits auf Grund ihrer noch jungen Existenz bisher noch keinen bedeutenden Einzug in die Praxis gefunden haben. Es sind also die Prozessfähigkeitsindizes der ersten und zweiten Generation inklusive ihrer perzentil-definierten Generalisierung, die bis heute das Bild in der Praxis bestimmen.

Abschließend sind alle in Theorie und Praxis bekannten Prozessfähigkeitsindizes in einer Übersicht dargestellt, die somit den Stand des Wissens widerspiegeln. Dabei lassen sich diese folgendermaßen unterteilen (die praxisrelevanten PCI sind fett hervorgehoben):

- PCI für normalverteilte Daten:  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{Bi}(v)$ <sup>83</sup>,  $C_{pp}$ <sup>84</sup>,  $C_l$ <sup>85</sup>,  $C_{pg}$ <sup>86</sup> und  $C_{pq}$ <sup>87</sup>
- PCI bei asymmetrischem Toleranzbereich: diese berücksichtigen, dass der Zielwert T nicht mit der Toleranzmitte M übereinstimmt; sie gelten für normalverteilte Daten:  $C_{pm}$ ,  $C_{pm}^*$ ,  $C_{pm}^+$ ,  $C_{pmk}$ ,  $S_{pk}$  und  $S_{pmk}$ <sup>88</sup>
- PCI für nichtnormalverteilte Daten:  $C_0$ ,  $C_s$ <sup>89</sup>
- PCI für verteilungsunabhängige Daten:  $C_{jpk}$ <sup>90</sup>,  $C_b$ <sup>91</sup>,  $C^P$  und  $C_{pc}$
- PCI für spezifische Verteilungen:  $C^W$  (Weibull),  $C_{BP}$  (Binominal) und  $C^{LN}$  (Lognormal)
- Super-PCI: diese vereinen die Indizes der ersten, zweiten und dritten Generation durch eine verallgemeinernde Formel:  $C_p(u;v)$ <sup>92</sup> und  $C_{p;\omega}$ <sup>93</sup>

<sup>82</sup> vgl. Kotz/Lovelace (1998), S. 19

<sup>83</sup> vgl. Singpurwalla (1997), S. 3 ff.

<sup>84</sup> vgl. Lam/Littig (1992), S. 11 ff. Chen (1998), S. 254 ff.

<sup>85</sup> vgl. Chan/Mak (1993), S. 40 ff.

<sup>86</sup> vgl. Marcucci/Beazley (1988), S. 516 ff.

<sup>87</sup> vgl. Gupta/Kotz (1997), S. 213 ff.

<sup>88</sup> vgl. Boyles (1994), S. 615 ff.

<sup>89</sup> vgl. Wright (1995), S. 195 ff.

<sup>90</sup> vgl. Johnson/Kotz/Pearn (1994), S. 23 ff.

<sup>91</sup> vgl. Bernado/Irony (1996), S. 487 ff.

<sup>92</sup> vgl. Vännman (1995), S. 805 ff. Vännman/Kotz (1995a), S. 477 ff. und (1995b), S. 343 ff.

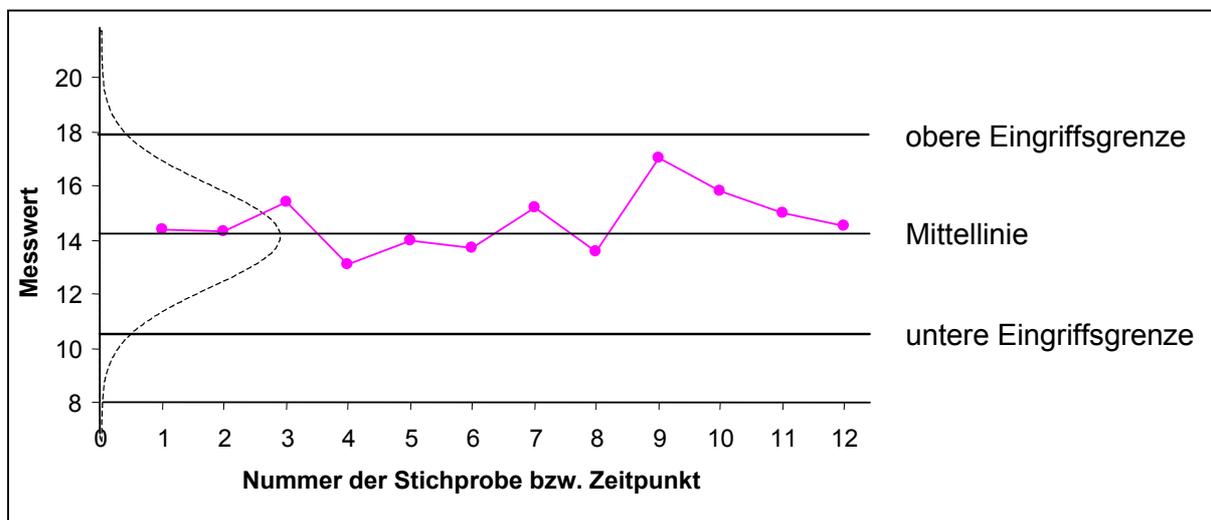
<sup>93</sup> vgl. Spiring (1997), S. 50 ff.

- PCI für korrelierte Daten:  $C_{pmr}$ <sup>94</sup>
- PCI für Montageprozesse:  $C^{(i)}$ <sup>95</sup>

## 4.2 Überwachung von Produktionsprozessen mittels Qualitätsregelkarten

Qualitätsregelkarten (QRK) dienen im Rahmen der Statistischen Prozessregelung als grafisches Hilfsmittel zur Überwachung und Regelung von Produktionsprozessen. Sie ermöglichen das frühzeitige Erkennen von Störungen und geben Hinweise zur Verbesserung der Prozessqualität. Durch den Vergleich der Messwerte mit Regelgrenzen können Abweichungen erkannt werden und führen so zu Maßnahmen, die den Prozess in die geforderte Richtung lenken.<sup>96</sup> Die DGQ-Schrift 16-32 definiert eine QRK wie folgt:

„Formblatt zur grafischen Darstellung von Messwerten und Zählergebnissen oder daraus berechneter, statistischer Kennwerte. Die Ergebnisse fallen nach der periodischen Entnahme und Prüfung von Stichproben aus einem fortlaufenden Fertigungsprozess an. Sie werden mit den zuvor nach statistischen Gesichtspunkten berechneten und eingetragenen Warn- und Eingriffsgrenzen verglichen.“<sup>97</sup> Heutzutage wird auf das Führen von Warn- und Eingriffsgrenzen jedoch weitestgehend verzichtet.<sup>98</sup> Abbildung 25 zeigt den schematischen Aufbau einer QRK.



*Abb. 25: Darstellung einer Qualitätsregelkarte*

<sup>94</sup> vgl. Wallgreen (1996), S. 4 ff.

<sup>95</sup> vgl. Parlar/Wesolowsky (1998), S. 118 ff.

<sup>96</sup> vgl. DGQ (1990), S. 10

<sup>97</sup> vgl. DGQ (1996), S. 8

<sup>98</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 133. Hering/Triemel/Blank (1999), S. 211

Der Vergleich der Kennwerte mit den Grenzlinien ermöglicht die Unterscheidung zwischen systematischen und zufälligen Einflüssen. Systematische Einflüsse sind erkennbar und in ihrer Wirkung der Größe und Richtung nach bekannt, aber nicht vorhersehbar. Demgegenüber ist bei zufälligen Einflussgrößen nur die Größe ihrer Wirkung abschätzbar, und die Verteilung der Merkmalswerte kann angegeben werden. Wenn auf einen Prozess nur noch zufällige Einflüsse einwirken und das zukünftige Verhalten somit innerhalb bekannter Grenzen vorhersehbar ist, gilt der Prozess bezüglich des betrachteten Merkmals als „beherrscht“ (auch: „unter statistischer Kontrolle“).

Die Eingriffsgrenzen der Qualitätsregelkarten stellen den Zufallsstrebereich des entsprechenden Produktmerkmals dar. Messwerte außerhalb der Eingriffsgrenzen weisen auf systematische Einflüsse hin und erfordern ein Eingreifen in den Prozess. Die Eingriffsgrenzen, die die Regelgrenzen darstellen, werden für jeden Kartentyp unterschiedlich berechnet und können einschlägigen Tabellenwerken entnommen werden. Im deutschsprachigen Raum werden die Grenzlinien meist derart berechnet, dass 99 % der Stichprobenwerte innerhalb der Eingriffsgrenzen liegen. Im angloamerikanischen Raum dagegen werden die Eingriffsgrenzen durch den Zufallsstrebereich von  $\pm 3 \sigma$  bestimmt, der bei einer Normalverteilung der Daten 99,73 % aller Kennwerte entspricht.<sup>99</sup>

#### **4.2.1 Ablauf bei der Anwendung von Qualitätsregelkarten**

Der allgemeine Ablauf bei der Überwachung und Regelung eines Produktionsprozesses durch eine QRK ist wie folgt:

##### **1. Vorlauf zum Berechnen der Eingriffsgrenzen**

In einem Vorlauf werden zunächst die Messwerte von mindestens 20 Stichproben aufgenommen.<sup>100</sup> Je nach Kartentyp werden die entsprechenden Kennwerte der Stichproben berechnet und der Prozessmittelwert  $\mu$  und die Prozessstandardabweichung  $\sigma$  geschätzt. Für die Berechnung der Eingriffsgrenzen werden, abhängig vom Verteilungsmodell der Daten und des Kartentyps, unterschiedliche Berechnungsformeln angewandt. Für die oberen bzw.

---

<sup>99</sup> vgl. Rinne/Mittag (1995), S. 335 f. DGQ (1996), S. 65 ff.

<sup>100</sup> vgl. DGQ (1996), S. 14 f. Dietrich/Schulze (1998a), S. 159. Hering/Triemel/Blank (1999), S. 216

unteren Eingriffsgrenzen (OEG bzw. UEG) von Mittelwertkarten und Standardabweichungskarten bei normalverteilten Daten ergeben sich beispielsweise folgende Formeln:

Mittelwertkarten:

$$\text{OEG}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3 \cdot \bar{s}$$

$$\text{UEG}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3 \cdot \bar{s}$$

Standardabweichungskarten:

$$\text{OEG}_s = B_4 \cdot \bar{s}$$

$$\text{UEG}_s = B_3 \cdot \bar{s} \quad (\text{nur für } n > 5)$$

Dabei stellen  $\bar{\bar{x}}$  bzw.  $\bar{s}$  den jeweiligen Mittelwert aus allen in der QRK eingetragenen Werten für  $\bar{x}$  und  $s$  dar. Die Konstanten  $A_3$ ,  $B_3$  und  $B_4$  sind Faktoren, die vom Stichprobenumfang  $n$  abhängig sind und für eine Nichteingriffswahrscheinlichkeit von 99,73 % gelten.<sup>101</sup> Auch diese können einschlägigen Tabellen entnommen werden.<sup>102</sup>

## 2. Regelmäßige Entnahme von Stichproben

In regelmäßigen Zeitabständen werden Stichproben aus dem Produktionsprozess gezogen. Die Urwerte bzw. die berechneten Kennwerte werden in die Karten eingetragen und mit den Eingriffsgrenzen verglichen.

## 3. Eingreifen in den Prozess und Prozessverbesserungen

Nicht nur wenn Messwerte außerhalb der Eingriffsgrenzen liegen, ist in den Prozess einzugreifen, sondern auch bei weiteren statistischen Hinweisen auf systematische Einflüsse. So ist beispielsweise bei einer bestimmten Folge von Werten unterhalb oder oberhalb der Mittellinie (Run), bei einer bestimmten Folge von Werten auf- oder absteigend (Trend) oder einer bestimmten Folge von Werten sehr nah an der Mittellinie (Middle Third) von systematischen Einflüssen auszugehen. Die genauen Stabilitätskriterien befinden sich im Anhang.

Bei einer Verletzung der Stabilitätskriterien ist der Prozess anzuhalten und zu untersuchen, ob tatsächlich ein systematischer Einfluss vorliegt. Die Ursache ist zu ermitteln, die betroffenen Einheiten eventuell nachzuprüfen, die Einflüsse abzustellen und die Eingriffsgrenzen neu zu berechnen. Damit schließt sich der Regelkreis der Prozessüberwachung.

<sup>101</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 158 f.

<sup>102</sup> bspw. DGQ (1996), S. 128 f. Dietrich/Schulze (1998a), S. 371

#### 4.2.2 Einteilung von Qualitätsregelkarten

Qualitätsregelkarten lassen sich nach mehreren Kriterien einteilen.<sup>103</sup> Dabei lassen sich grundsätzlich klassische Shewhart-QRK von Annahme-QRK unterscheiden. Letztere überprüfen, ob die Messwerte vorgegebene Spezifikationsgrenzen, die nicht zu verwechseln sind mit den Eingriffsgrenzen, überschreiten oder nicht. Bei Shewhart-QRK dagegen basieren die Eingriffsgrenzen ausschließlich auf den Messdaten. Die klassische Shewhart-Karte wie auch die Annahme-Karte basieren auf der Annahme, dass die Daten normalverteilt und unabhängig voneinander sind. Bei schiefen Verteilungsformen kommt die Pearson-Karte zum Einsatz, bei abhängigen Werten die QRK für korrelierte Daten.

Eine weitere Unterscheidung erfolgt nach der Anzahl der Eingriffsgrenzen. Es werden QRK mit einseitigen Grenzlinien und solche mit zweiseitigen unterschieden.

Qualitätsregelkarten, die nur der Überwachung der Prozesslage (Mittelwert  $\bar{x}$  oder Median  $\tilde{x}$ ) oder nur der Prozessstreuung (Standardabweichung  $s$  oder Spannweite  $R$ ) dienen, werden als einspurige QRK bezeichnet. Werden beide Parameter in einer Spur erfasst, also die Messwerte direkt eingetragen, so handelt es sich um eine Urwert-Karte. Zweispurige QRK dagegen ermöglichen die Überwachung von Lage und Streuung des Prozesses in zwei getrennten Spuren. Bei multivariaten QRK lassen sich im Gegensatz zu univariaten QRK mehrere Merkmale gleichzeitig überwachen.

Des Weiteren lassen sich QRK nach der Art des zu beobachtenden Merkmals unterscheiden. So existieren QRK für diskrete Merkmale und QRK für kontinuierliche Merkmale. Hinsichtlich des Stichprobenumfangs werden Einzelwert-Karten ( $n = 1$ ) und „Mehrwert-Karten“ ( $n > 1$ ) unterschieden.

Schließlich können Qualitätsregelkarten noch dahingehend unterschieden werden, ob in die verwendete Prüfgröße nur Daten der aktuellen Stichprobe oder auch Befunde aus vorausgegangenen Stichproben eingehen. Dementsprechend werden QRK ohne Gedächtnis und solche mit Gedächtnis unterschieden. Abbildung 26 fasst die verschiedenen Unterscheidungskriterien zusammen.

---

<sup>103</sup> vgl. Rinne/Mittag (1995), S. 338 f. Dietrich/Schulze (1998a), S. 136. DGQ (1996), S. 27 ff.

Bezeichnung	Unterscheidungskriterium
QRK für diskret./kont. Merkmale	Art der Merkmalswerte (diskret/kontinuierlich)
Shewhart-/Annahme-QRK	Einbezug von Toleranzen (nein/ja)
Einseitige/zweiseitige QRK	Anzahl der Eingriffsgrenzen (eine/zwei)
Urwert-/einspurige/zweispurige QRK	Lage und Streuung in einer Spur/Lage oder Streuung in einer Spur/Lage und Streuung in zwei Spuren
Univariate/multivariate QRK	Anzahl der Merkmale (eins/mehrere)
Einzelwert-/„Mehrwert-QRK“	Stichprobenumfang ( $n = 1 / n > 1$ )
QRK mit/ohne Gedächtnis	Berücksichtigung früherer Stichprobendaten (ja/nein)
Shewhart-/QRK für korrel. Daten	Abhängigkeit der Daten (nein/ja)
Shewhart-/Pearson-QRK	Verteilung (normal/schief)

Abb. 26: Klassifikationen von Qualitätsregelkarten

### 4.2.3 Gebräuchliche Qualitätsregelkarten

Grundsätzlich ist jede Kombination von Qualitätsregelkartenarten denkbar. In der Praxis kommen aber nur einige wenige Kombinationen vor. Abbildung 27 zeigt eine Übersicht über die in der Praxis gebräuchlichen Qualitätsregelkarten.

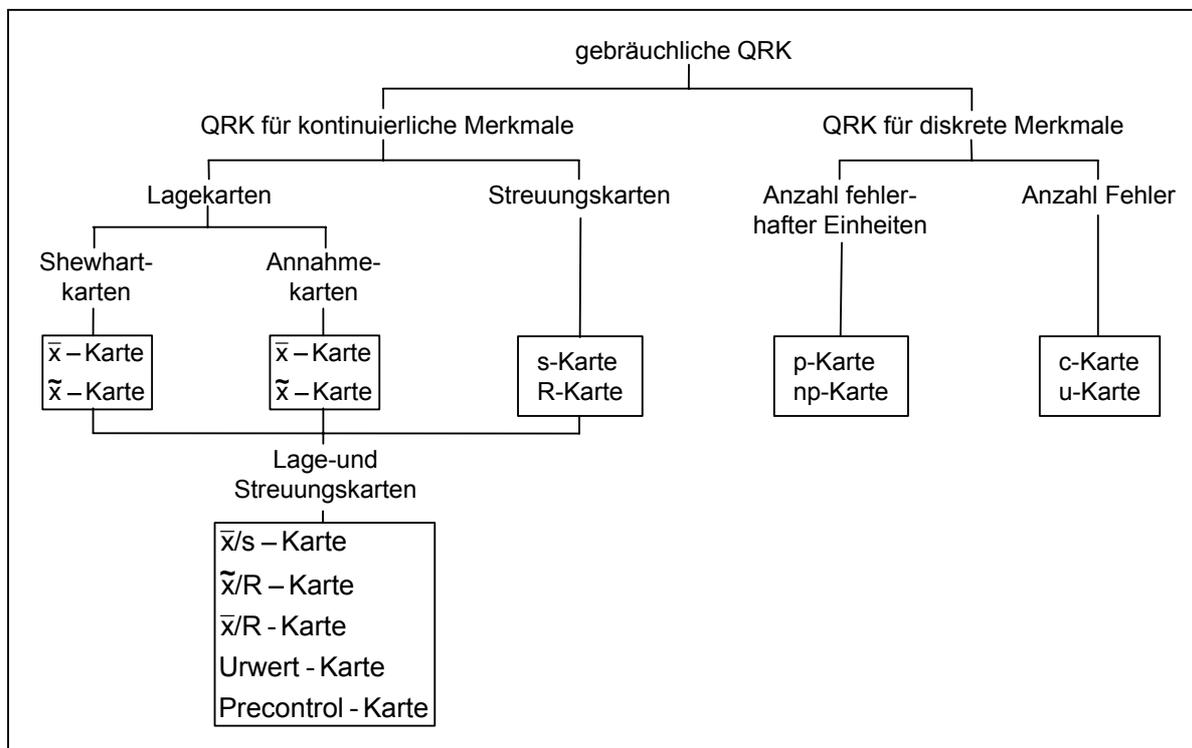


Abb. 27: Übersicht gebräuchlicher Qualitätsregelkarten<sup>104</sup>

<sup>104</sup> vgl. Rinne/Mittag (1995), S. 340. Dietrich/Schulze (1998a), S. 136

### **Qualitätsregelkarten für kontinuierliche Merkmale**

Qualitätsregelkarten zur Überwachung von kontinuierlichen Merkmalswerten bei messenden Prüfungen lassen sich unterteilen in einspurige Lagekarten (Mittelwertkarten oder Mediankarten) und Streuungskarten (Standardabweichungskarten oder Spannweitenkarten) sowie Kombinationen aus denen. Die wohl häufigste QRK im Bereich der Produktion ist die  $\bar{x}/s$ -Karte. Im Computerzeitalter sind die Vorteile der einfachen Bestimmung von Median und Spannweite nicht mehr relevant, sodass die  $\tilde{x}/R$ -Karten immer mehr an Bedeutung verlieren.

### **Shewhart-QRK**

Shewhart-Qualitätsregelkarten werden eingesetzt, wenn ein als befriedigend geltender bzw. beherrschter Zustand eines Prozesses beibehalten werden soll. Sie haben die Aufgabe anzuzeigen, wenn sich an diesem Zustand etwas ändert. Bei konstantem Mittelwert  $\mu$  kommt die klassische Shewhart-Karte zum Einsatz. Wenn sich der Mittelwert um einen langfristig konstanten Mittelwert zufällig ändert, kommt die Shewhart-Karte mit erweiterten Grenzen zur Anwendung.<sup>105</sup>

### **Annahme-QRK**

Bei Annahme-Qualitätsregelkarten (auch: modifizierte Shewhart-Karte<sup>106</sup>) werden die Eingriffsgrenzen basierend auf den Toleranzwerten des Merkmals, einem Fehleranteil und einer Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet. Die letzten beiden Werte können frei gewählt werden.<sup>107</sup> Während bei Shewhart-Karten beschrieben wird, was der Prozess tatsächlich leistet, geben die Toleranzgrenzen bei einer Annahme-QRK wider, was von dem Prozess gefordert wird.

Eine sehr einfache Annahmeregelkarte ist die Precontrol-Karte (auch: Ampelkarte). Bei dieser bilden die Spezifikationsgrenzen die Eingriffsgrenzen. Auf Grund ihrer eingeschränkten statistischen Aussagekraft sollte sie nur bei bereits beherrschten und fähigen Prozessen eingesetzt werden.<sup>108</sup>

---

<sup>105</sup> vgl. DGQ (1996), S. 27 und 32

<sup>106</sup> vgl. Mittag (1993), S. 82 ff. und S. 107. Montgomery (1997), S. 354 ff.

<sup>107</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 180 ff.

<sup>108</sup> vgl. Mittag (1993), S. 157 ff. Montgomery (1997), S. 419 ff. Dietrich/Schulze (1998a), S. 208 f.

### Urwert-QRK

Bei der Urwert-Karte (auch: x-Karte) werden die Messwerte nicht verdichtet, sondern direkt in die Karten eingetragen. Da die Entscheidung über Eingriff bzw. Nichteingriff allein von den Extremwerten der Stichprobe abhängt, wird die stets einspurige Urwert-Karte auch als Extremwert-Karte bezeichnet.<sup>109</sup> Urwert-Karten können für die Überwachung sowohl von kontinuierlichen als auch von diskreten Merkmalswerten eingesetzt werden.

### Einzelwert-QRK und QRK mit gleitenden Kennwerten

Mitunter ist es nicht möglich oder nicht zweckmäßig mit Stichprobenumfängen  $n > 1$  zu arbeiten, z. B. bei zerstörender Prüfung oder niedriger Produktionsgeschwindigkeit. In diesen Fällen können Einzelwertkarten oder Regelkarten mit gleitenden Kennwerten verwendet werden. Bei Letzteren werden jeweils zwei, drei oder mehr aufeinander folgende Messwerte zu einer „Pseudo-Stichprobe“ vom Umfang  $n = 2, 3, \dots$  zusammengefasst.<sup>110</sup> Die daraus berechneten „Pseudo-Kennwerte“ werden dann in entsprechende zweisepurige QRK eingetragen. Auf diese Weise können auch Streuungsspuren bei Einzelwerten geführt werden.

### Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmale

QRK für diskrete Merkmale basieren auf dem Vorhandensein von Zählwerten, z. B. die Anzahl von Fehlern. Je nach Anwendungsgebiet kommen die folgenden QRK zum Einsatz (s. Abb. 28):

diskretes Merkmal	verwendete QRK
gut/schlecht; ja/nein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• p-Karte für Anteil fehlerhafter Einheiten</li> <li>• np-Karte für Anzahl fehlerhafter Einheiten</li> </ul>
Anzahl Fehler je Einheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• c-Karte für Anzahl Fehler je Stichprobe</li> <li>• u-Karte für Anzahl Fehler je Einheit</li> </ul>

**Abb. 28:** Übersicht Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmale<sup>111</sup>

Bei *p*-Karten kann der Anteil der fehlerhaften Einheiten auf der Bewertung eines Merkmals oder mehrerer Merkmale beruhen. Auch wenn die Einheit mehrere Fehler aufweist, wird sie

<sup>109</sup> vgl. Mittag (1993), S. 66 f.

<sup>110</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 186

<sup>111</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 138

nur einmal als fehlerhaft gezählt. Aus der Anzahl der fehlerhaften Einheiten  $x$  der Stichprobe  $i$  und dem Stichprobenumfang  $n$  ergibt sich der Anteil der fehlerhaften Einheiten  $p$  zu:

$$p_i = \frac{x_i}{n_i}$$

Dieser Wert wird als %-Angabe in die  $p$ -Karte eingetragen.

Im Gegensatz zur  $p$ -Karte wird bei der  $np$ -Karte die Anzahl fehlerhafter Einheiten  $x$  einer Menge ermittelt. Die  $np$ -Karte ist zu bevorzugen, wenn der Stichprobenumfang konstant bleibt.

Bei der  $c$ -Karte werden die Anzahl aller Fehler in einer Stichprobe gezählt (z. B. Blasen im Glas), im Gegensatz zur Anzahl der fehlerhaften Einheiten bei der  $np$ -Karte (z. B. Gläser mit Blasen). Die  $c$ -Karte erfordert eine konstante Anzahl an Einheiten pro Stichprobe und wird bei folgenden zwei Situationen angewandt:

- Wenn die Fehler über einen kontinuierlichen Produktionsfluss verteilt sind
- Wenn die Fehler einer Stichprobe von verschiedenen Ursachen stammen können

Bei der  $u$ -Karte werden die Fehler pro Einheit in einer Stichprobe gezählt, wobei die Stichprobe mehr als eine Einheit enthalten sollte.

Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmale erfordern relativ große Stichprobenumfänge (Faustregel:  $\geq 50$ ) und eine große Anzahl an Stichproben (Faustregel:  $\geq 20$ ), um auch kleinere Prozessänderungen zu entdecken und zuverlässige Aussagen über die Stabilität des Prozesses zu erhalten. Der Stichprobenumfang sollte ferner konstant sein (bei der  $np$ - und  $c$ -Karte sogar Voraussetzung) oder nicht mehr als  $\pm 25\%$  schwanken.<sup>112</sup>

---

<sup>112</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 137 ff.

#### 4.2.4 Weitere Qualitätsregelkarten

Neben den gebräuchlichen QRK existieren noch weitere Kartentypen, die weniger häufig in der Praxis zum Einsatz kommen (s. Abb. 29).

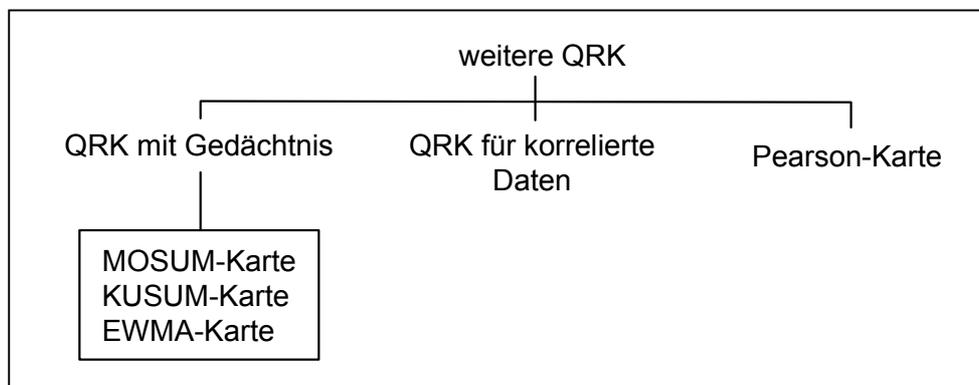


Abb. 29: Übersicht weiterer Qualitätsregelkarten

##### Qualitätsregelkarten mit Gedächtnis

Als Qualitätsregelkarten mit Gedächtnis werden die MOSUM-Regelkarte<sup>113</sup> (*Moving Sum*), die CUSUM-Regelkarte<sup>114</sup> (*Cumulative Sum*) und die EWMA-Regelkarte<sup>115</sup> (*Exponentially Weighted Moving Average*) bezeichnet. Alle drei Karten beziehen neben den aktuellen Werten auch die Werte früherer Stichproben mit ein. Die CUSUM-Karte berücksichtigt die kumulierten Abweichungen von einem Zielwert aller zurückliegender Werte im Gegensatz zur MOSUM-Karte, die nur die letzten  $k$  Werte betrachtet. Die EWMA-Karte ermöglicht zusätzlich die exponentielle Gewichtung aller vorhergehenden Werte.<sup>116</sup>

##### Qualitätsregelkarten für korrelierte Daten

Bei chemischen Prozessen oder bei Prozessen, bei denen die Messwerte in kurzen zeitlichen Abständen ermittelt werden, liegt oft eine Abhängigkeit der Daten vor. Eine Methode um korrelierte Daten zu überwachen, ist die Anwendung von Shewhart- oder EWMA-Karten auf die Residuen (Abweichung zwischen beobachteten und geschätzten Werten) der Daten.

<sup>113</sup> vgl. Bauer/Hackl (1978), S. 431 ff. Nelson (1983), S. 99 f.

<sup>114</sup> vgl. Page (1954), S. 1 ff. Johnson/Leone (1962a), S. 15 ff. und (1962b), S. 29 ff.

<sup>115</sup> vgl. Roberts (1959), S. 239 ff. Hunter (1986), S. 203 ff.

<sup>116</sup> vgl. Rinne/Mittag (1995), S. 436

Weitere Ansätze sind die Verwendung von EWMA-Karten mit gleitender Mittellinie oder durch Manipulation der Daten eine Abhängigkeit zu eliminieren.<sup>117</sup>

### **Pearson-QRK**

Selbst bei leichten Abweichungen von der Normalverteilung liefern die Shewhart-Karten noch gute Informationen. Ist die Voraussetzung der Normalverteilung in einem stärkeren Maße verletzt, können die Daten durch eine geeignete Transformation in eine Normalverteilung überführt werden (s. Abschn. 4.1.1) oder bei eingipfligen, schiefen Verteilungsmodellen eine Pearson-Karte eingesetzt werden. Diese berücksichtigt Schiefe und Wölbung der jeweiligen Verteilung bei der Berechnung der Eingriffsgrenzen.<sup>118</sup>

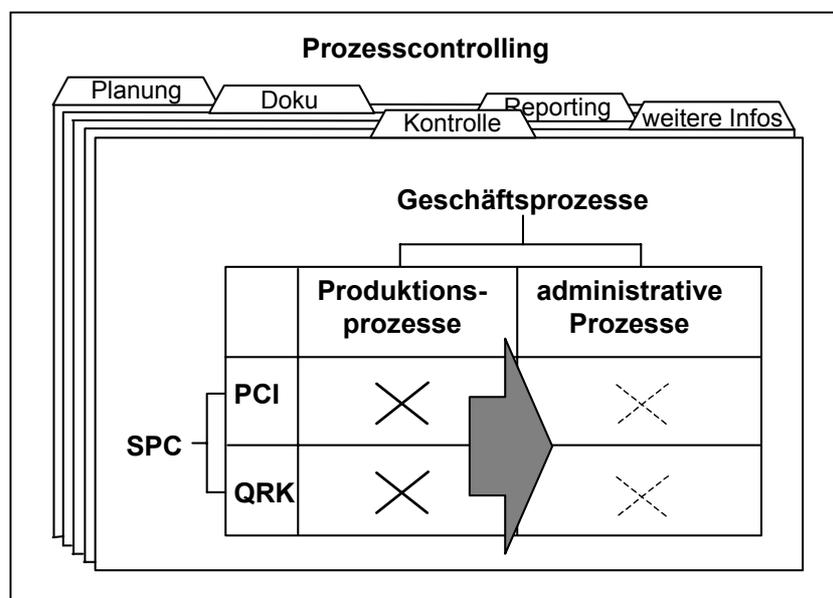
---

<sup>117</sup> vgl. Montgomery (1997), S. 374 ff.

<sup>118</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 189 f.

## 5 Statistische Prozessregelung bei administrativen Prozessen

Zunächst wurde in Kapitel zwei geklärt, was administrative Prozesse sind und dass Lage- und Streuungsgrößen von Prozessen als Grundlage der SPC dienen. Anschließend wurde in Kapitel drei die Kontrolle von Prozessen sowohl als Teilprozess eines ganzheitlichen Prozesscontrollings definiert als auch als übergeordneter Prozess für das Bewerten und Überwachen von Geschäftsprozessen. Nachdem dann in Kapitel vier die Instrumente der SPC anhand von Produktionsprozessen vorgestellt wurden, erfolgt in diesem Kapitel die Integration dieser vorhergehenden Inhalte. Es wird die Erweiterung der SPC auf administrative Prozesse vollzogen, um damit eine universelle Methode zu entwickeln, mit der sich sämtliche Geschäftsprozesse bewerten und überwachen lassen (s. Abb. 30).



*Abb.: 30: Erweiterung der SPC auf administrative Prozesse im Rahmen eines Prozesscontrollings*

Im Folgenden werden die Vorteile des Einsatzes der SPC bei administrativen Prozessen aufgezeigt. Anschließend werden die damit verbundenen Schwierigkeiten erarbeitet, um darauf aufbauend die Voraussetzungen für die Erweiterung abzuleiten. Das Bewerten von Nichtproduktionsprozessen mittels Prozessfähigkeitsindizes und das Überwachen mittels Prozessregelkarten bilden schließlich den Abschluss dieses Kapitels.

## 5.1 Vorteile der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen

Die wesentlichen Gründe für den Einsatz der SPC bei Nichtproduktionsprozessen liegen in folgenden Vorteilen:

- Es entsteht eine Methode zur Kontrolle für die lange Zeit vernachlässigten Dienstleistungs- und Softwareprozesse.
- Instrumente, die sich bereits in der Praxis bewährt haben, werden eingesetzt; anstatt neue Instrumente zu entwickeln, die sich erst etablieren müssen. Erfahrungswissen und Know-how-Träger sind bereits vorhanden und müssen nicht erst aufgebaut werden.
- Durch die Erweiterung der SPC von Produktions- auf administrative Prozesse werden universelle Instrumente geschaffen, die die zahlenbasierte Bewertung und Überwachung jeglicher Art von Geschäftsprozessen ermöglichen.
- Prozessfähigkeitsindizes lassen sich auf Basis fast aller Kennzahlen erstellen. Sie selbst bilden universelle Kennzahlen, die es ermöglichen, sämtliche Geschäftsprozesse, unabhängig ihrer spezifischen Kennzahlen, miteinander zu vergleichen. Mittels PCI kann also ein Entwicklungsprozess, der durch seine DLZ beschrieben wird, mit einem Fertigungsprozess, der über ein Längenmaß bewertet wird, und einem Transportprozess, der mittels Prozesskosten quantifiziert wird, verglichen werden.
- Mit Hilfe der Prozessfähigkeitsindizes lassen sich auch monetäre Bewertungen der Prozesse ableiten. So verhalten sich die qualitätsbezogenen Kosten (qK) bzw. die Fehlleistungen infolge mangelnder Prozessbeherrschung proportional zum Kehrwert der Fähigkeitsindizes:  $qK \sim 1/C_{pk}$ .<sup>119</sup> Des Weiteren lassen sich die qualitätsbezogenen Kosten bestimmten Sigma-Levels und damit auch Prozessfähigkeitsindizes zuordnen (s. Abb. 31).
- Mittels Regelkarten kann zahlenbasiert darüber entschieden werden, ob Veränderungen nur zufällig oder systematisch bzw. signifikant sind. Voreilige „Feuerwehraktionen“ und fälschliches „Schulterklopfen“ können damit vermieden werden.

---

<sup>119</sup> vgl. Wildemann (1992), S. 767 f.

Durch die Transformation der Statistischen Prozessregelung auf administrative Prozesse werden somit zwei allgemein gültige Instrumente der Prozesskontrolle innerhalb eines ganzheitlichen Prozesscontrollings geschaffen.

PCI	Sigma	qK in % vom Umsatz
2,00	6	< 10
1,67	5	10–15
1,33	4	15–20
1,00	3	20–30
0,67	2	30–40
0,33	1	> 40

*Abb. 31: Zusammenhang zwischen Prozessfähigkeitsindizes und qualitätsbezogenen Kosten<sup>120</sup>*

## 5.2 Schwierigkeiten der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen

Die Problemfelder, die dafür verantwortlich sind, dass die Statistische Prozessregelung bisher nur auf Produktionsprozesse beschränkt ist, werden im Folgenden dargestellt.

### Immaterialität des Produkts

Wie in Kapitel zwei bereits dargestellt unterscheiden sich administrative Prozesse von Produktionsprozessen dadurch, dass das Produkt immateriell ist. Daher ist ein gewisses Abstraktionsvermögen notwendig, wenn die Produkte z. B. in Form von Beratungsleistungen, Transporten, Dateien oder Programmiercodes vorliegen. Die daraus resultierende Vernachlässigung der Dienstleistungs- und Softwareprozesse führt zu mangelnder Erfahrung bezüglich der Handhabung solcher Prozesse und deren Kennzahlen bzw. Messgrößen.

### Art und Erfassung der Messgrößen

Produktionsprozesse werden überwiegend durch Produktkennzahlen beschrieben (s. Abschn. 2.3.3.1). Die Produktkennzahlen bei Waren sind zumeist physischer Natur, wie z. B. Längenmaße, Festigkeits- und Widerstandswerte. Die Outputgrößen von administrativen

<sup>120</sup> vgl. Harry (1998), S. 61

Prozessen dagegen lassen sich nicht mit Schiebelehre oder Waage erfassen. Daher erfolgt die Bewertung dieser Prozesse häufig über intrinsische Prozesskennzahlen (s. Abschn. 2.3.3.2), wie z. B. Durchlaufzeiten und Prozesskosten. Eine weitere Möglichkeit administrative Prozesse zu bewerten, ist die über deren Ressourcenkennzahlen. Beispiele dafür sind die Wassertemperatur beim Haare waschen, die Lautstärke der Trockenhaube und der Freundlichkeitsgrad des Beraters.

Nur in seltenen Fällen werden bereits Messwerte bei administrativen Prozessen gezielt erhoben. Daraus ergibt sich, dass die entsprechenden Kennzahlen oft erst noch geplant und erfasst werden müssen. Wenn dies geschehen ist, so sind die Daten zumeist noch für die Prozessbewertung entsprechend aufzubereiten.

### **Anzahl der Messgrößen**

Nachdem die Grundlagen für die Erfassung von Kennzahlen und der bewertungsgerechten Aufbereitung geschaffen sind, zeigt sich ein weiteres Problemfeld. Auf Grund der geringen Wiederholungsrate der administrativen Prozesse und der damit einhergehenden niedrigen Stückzahl an Produkten ergibt sich eine geringe Anzahl an Messwerten. So werden beispielsweise bei automatisierten Fertigungsprozessen bis zu 1000 Einheiten am Tag produziert, die Durchlaufzeiten für einen Entwicklungsprozess dagegen betragen oft Monate. Dies führt dazu, dass häufig nur wenige Daten vorliegen, auf deren Basis eine Bewertung und Überwachung der Prozesse durchgeführt werden kann, bzw., dass der Zeitraum zwischen den Bewertungen größer gestaltet werden muss.

### **Verteilung der Messgrößen**

Die intrinsischen Prozesskennzahlen „Durchlaufzeiten“ und „Prozesskosten“, die oft als Messgrößen für administrative Prozesse verwendet werden, unterliegen im Allgemeinen einer schiefen Verteilung. Der Grund liegt darin, dass für diese Kennzahlen der untere Spezifikationswert oft nahe bei der natürlichen Grenze „Null“ liegt. Daher können die auf einer Normalverteilung basierenden Ansätze der SPC nicht angewandt werden. Des Weiteren liegen die Messwerte häufig nur als Einzelwerte vor und nicht wie in der Produktion in Form von Stichprobenumfängen mit  $n > 1$ . In diesen Fällen lässt sich keine Streuung innerhalb der Stichproben berechnen und damit keine kurzzeitige Prozessfähigkeit.

### **Fehlende Spezifikationsgrenzen**

Die Spezifikationen von Hardware werden überwiegend durch Toleranzangaben von Konstruktionsseite vorgegeben. Bei intrinsischen Prozess- und Ressourcenkennzahlen dagegen sind solche Toleranzangaben meist nicht vorhanden. Ein Grund neben dem mangelnden Bewusstsein liegt darin, dass die Spezifikationsgrenzen bei extrinsischen Prozesskennzahlen meist „härter“ sind als bei intrinsischen. So ist z. B. die Funktionalität eines Bauteils ab einem bestimmten Längenmaß nicht mehr gegeben, wohingegen es trotz einer zu späten Lieferung dennoch verwendet werden kann. Hinzu kommt, dass das Festlegen von Grenzwerten oft nur subjektiv ist. So genannte „Angst- und Sicherheitstoleranzen“ spiegeln dies wider.

Trotz all dieser Schwierigkeiten lassen sich Fähigkeitsindizes und Regelkarten bei administrativen Prozessen anwenden, wie die folgenden Abschnitte und der Praxisteil zeigen werden.

### **5.3 Voraussetzungen für die Anwendung der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen**

Nachfolgend werden die Voraussetzungen dargelegt, die geschaffen werden müssen, um die Statistische Prozessregelung bei administrativen Prozessen anwenden zu können.

#### **Bewusstseinsbildung für administrative Prozesse**

Um den Rahmen für den Einsatz der SPC auf alle Geschäftsprozesse zu erweitern, ist zunächst das Bewusstsein für die Bedeutung von administrativen Prozessen zu schaffen. Das heißt das Abstraktionsvermögen zur Überwindung der Unterschiede zwischen Produktions- und Nichtproduktionsprozessen ist bei allen Mitarbeitern zu fördern. Des Weiteren muss die Erkenntnis und Akzeptanz, dass auch im produzierenden Gewerbe die Dienstleistungs- und Softwareprozesse eine entscheidende Rolle für den Geschäftserfolg spielen, vorhanden sein. Die Maßstäbe, die an Produktionsprozesse gelegt werden, sollten genauso für die administrativen Prozesse gelten.

### **Notwendigkeit von Kennzahlen in ausreichender Menge**

Für die Kontrolle der administrativen Prozesse bedarf es entsprechender Kennzahlen mit Zielwerten. Falls diese noch nicht vorhanden sind, müssen sie zunächst definiert und erfasst werden. Um dann die Instrumente der SPC auf eine möglichst repräsentative Datenbasis beziehen zu können, sollte eine entsprechend große Menge an Messwerten vorhanden sein.

### **Geschulte Mitarbeiter**

Die Mitarbeiter, die die SPC durchführen sollen, sind in der Anwendung von Prozessfähigkeitsindizes und Regelkarten zu schulen. Industrieunternehmen können dafür auf interne Know-how-Träger aus der Produktion bzw. dem Qualitätsmanagement zurückgreifen. Im anderen Fall sind Externe mit der Schulung zu beauftragen.

Erst wenn ein Bekenntnis zu den administrativen Prozessen, geschulte Mitarbeiter und eine entsprechende Menge an repräsentativen Messwerten für den zu betrachtenden Prozess vorhanden sind, kann die Anwendung der Statistischen Prozessregelung auf Geschäftsprozesse mit immateriellen Outputs erfolgen.

## **5.4 Bewertung von administrativen Prozessen mittels Prozessfähigkeitsindizes**

Durch das Verhältnis von Spezifikationsgrenzen zur Streuung sind die Prozessfähigkeitsindizes in der Lage, Prozesse – unabhängig von ihren spezifischen Kennzahlen – nach einem einheitlichen Maßstab zu bewerten. Dieser Vorteil kommt erst durch die erweiterte Anwendung der PCI auf alle Nichtproduktionsprozesse voll zum Tragen. Nachfolgend wird der Ablauf bei der Bestimmung der Indizes bei administrativen Prozessen dargestellt.

### **1. Festlegung der Spezifikationsgrenzen**

Die Spezifikationsgrenzen bestimmen die Werte der Fähigkeitsindizes wesentlich. Im Idealfall lassen sie sich von vorgegebenen Anforderungen, z. B. von Kundenseite, ableiten. Sollten solche Vorgaben nicht existieren und auch eine Ermittlung dieser Werte nicht möglich sein, so sollten Benchmarks herangezogen werden. Sind auch solche nicht vorhanden, dann sind vom Prozessmanager und -controller die Spezifikationsgrenzen

festzulegen. Dabei sollten wirtschaftliche Überlegungen und Kundenorientierung gegeneinander abgewogen werden.

Typisch für Toleranzen von intrinsischen Prozesskennzahlen ist, dass diese oft nur durch einen oberen Spezifikationswert begrenzt sind. So fordert der Kunde beispielsweise eine Lieferzeit von unter 48 Stunden und/oder einen Preis von kleiner 50 Euro, der unter Abzug einer Gewinnspanne die Prozesskosten indirekt vorgibt. Um in diesen Fällen auch den potenziellen Prozessfähigkeitswert  $C_p$  berechnen zu können, ist der untere Spezifikationswert entweder auf einen kleinstmöglichen, praktischen Wert zu setzen, z. B. Lieferzeit unter Idealbedingungen, oder auf die natürliche Grenze „Null“.<sup>121</sup> Ist die Angabe eines solchen Minimalwerts nicht sinnvoll, so kann nur  $C_{pk}$  berechnet werden. Sollte auch ein Zielwert  $T$  von extern vorgegeben oder von intern festgelegt sein, so können auch  $C_{pm}$  und  $C_{pmk}$  berechnet werden. Bei Vereinbarungen über Lieferzeiten sind beispielsweise Angaben seitens des Kunden über einen Zielwert mit oberen und unteren Spezifikationsgrenzen durchaus üblich. So kann eine Forderung z. B. lauten:

$$T = 36_{-2}^{+3} \text{ Stunden bzw. } T = 36 \text{ Stunden, OSG} = 39 \text{ Stunden, USG} = 34 \text{ Stunden.}$$

## 2. Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes

Wie in Kapitel vier dargestellt sind für die Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes zuerst die Mittelwerte und Standardabweichungen repräsentativer Stichproben zu bestimmen. Um eine signifikante Aussage zu bekommen, muss eine entsprechende Menge an Daten vorhanden sein. Die Daumenregeln von mindestens 100 Daten bei kontinuierlichen Merkmalswerten und 1000 bei diskreten Daten, die bei Produktionsprozessen gelten, sollten genauso bei administrativen Prozessen berücksichtigt werden. Aber gerade zu Beginn der Einführung von SPC bei administrativen Prozessen werden oft nur weniger Daten zur Verfügung stehen. Dennoch kann auch eine Auswertung mit wenigen Messgrößen Hinweise auf Verbesserungen geben. Um die Unsicherheit der berechneten Werte zu quantifizieren, sind bei den Fähigkeitsindizes die entsprechenden Vertrauensbereiche stets mitanzugeben.

Die Berechnung der Indizes erfolgt analog zur Vorgehensweise bei Produktionsprozessen (s. Abschn. 4.1). Da wie bereits angesprochen die Daten von administrativen Prozessen häufig einer schiefen Verteilung unterliegen, ist eine der in Kapitel vier vorgestellten

---

<sup>121</sup> vgl. Lücker/Klüßmann (2000), S. 1571 ff. Trumpold/Pertuch (2000), S. 888

Berechnungsansätze für nichtnormalverteilte Daten anzuwenden. Daher kommt z. B. der Perzentil-Methode eine verstärkte Bedeutung bei der Anwendung von Prozessfähigkeitsindizes bei administrativen Prozessen zu.

### **3. Interpretation der Ergebnisse**

Bei der Interpretation gelten ebenfalls grundsätzlich die gleichen Überlegungen wie bei den Produktionsprozessen. So sind auch Dienstleistungs- und Softwareprozesse ab Fähigkeitsindizes von 1,0 bzw. 1,33 als fähig zu betrachten. Es sei aber darauf hingewiesen, dass Prozesse mit PCI-Werten von kleiner 1,0 durchaus stabil sein können.<sup>122</sup> Dennoch sollte der Wert von 1,0 für die PCI als generelle Minimalanforderung an Prozesse jeglicher Art verstanden werden.

Empirische Untersuchungen zeigen, dass selbst bei Produktionsprozessen erst ca. 50 % einen  $C_{pk}$ -Wert von  $\geq 1,0$  aufweisen.<sup>123</sup> Da die administrativen Prozesse in der Regel weniger gut beherrscht sind als die Produktionsprozesse, dürfte der Anteil an fähigen Dienstleistungs- und Softwareprozessen noch niedriger sein.

## **5.5 Überwachung von administrativen Prozessen mittels Prozessregelkarten**

Der Begriff „Qualitätsregelkarten“ spiegelt wider, dass bei Produktionsprozessen überwiegend die Qualitätsmerkmale der Produkte zur Überwachung des Prozesses herangezogen werden. Da bei administrativen Prozessen aber vor allem die zugeordneten Produktmerkmale Zeit und Kosten bzw. Prozesskennzahlen verwendet werden, soll hier der Begriff „Prozessregelkarte“ für die Überwachung von Nichtproduktionsprozessen benutzt werden.

Die Vorgehensweise zur Führung einer Regelkarte gilt analog zu der in Abschnitt 4.2.1. Auf Grund der meist nur geringen Anzahl an intrinsischen Daten bietet sich der Einsatz von Urwertkarten an.<sup>124</sup> Oft haben die Stichproben nur einen Umfang von  $n = 1$ , sodass sich die Urwertkarten auf Einzelwertkarten bzw. Regelkarten mit gleitenden Kennwerten reduzieren

---

<sup>122</sup> vgl. Stark (1999), S. 1264 ff.

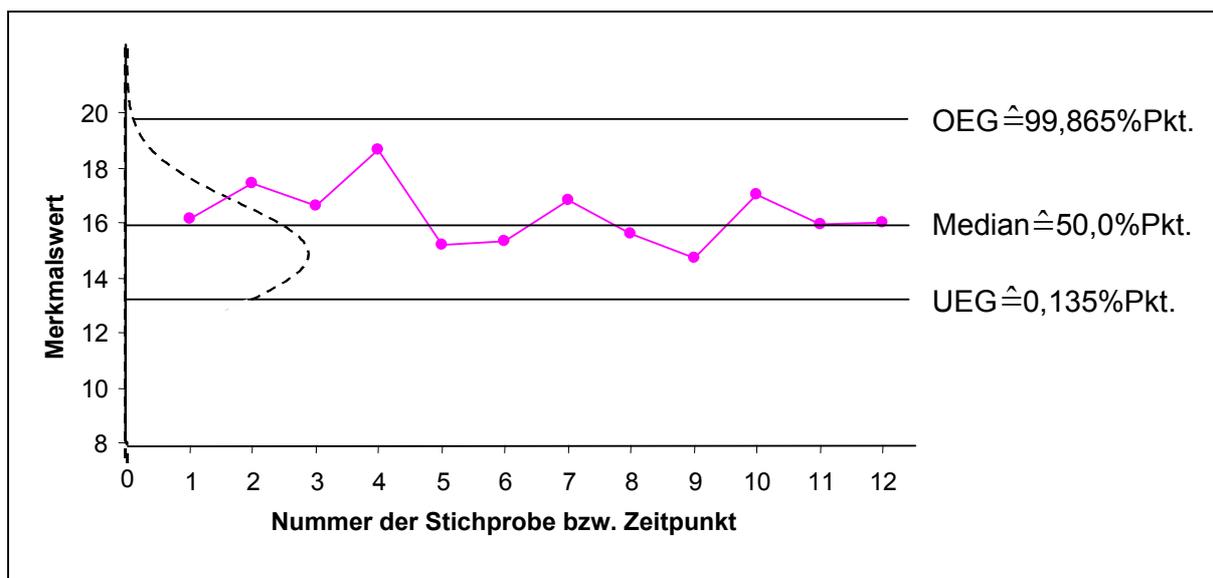
<sup>123</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998b), S. 5. Kaiser/Nowack (1999), S. 763 f.

<sup>124</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 157

(s. Abschn. 4.2.3). Sollte der Prozess bereits beherrscht sein und Prozessfähigkeitsindizes von größer als 1,33 aufweisen, so kann auch eine Precontrol-Karte zum Einsatz kommen. Da aber der Beherrschungsgrad von administrativen Prozessen im Allgemeinen noch sehr gering ist, werden nur die wenigsten von diesen bereits diese Vorgaben erfüllen.

Für attributive Daten (z. B. Anzahl an Reklamationen) können grundsätzlich die klassischen p-, np-, c- und u-Karten eingesetzt werden. Vor dem Hintergrund jedoch, dass diese Regelkartentypen eine große Anzahl an Daten benötigen, um eine hinreichende Aussagekraft zu erreichen, ist der Einsatz erst ab größeren Datenmengen sinnvoll.

Auf Grund der häufig schiefen Verteilung der intrinsischen Daten bietet sich die Pearson-Karte zur Überwachung von administrativen Prozessen an (s. Abb. 32). Die Berechnung der Eingriffgrenzen erfolgt anhand der Prozentpunkte wie bei der Perzentil-Methode bzw. anhand von Schiefe und Wölbung.<sup>125</sup>



*Abb. 32: Darstellung einer Pearson-Karte*

Weitere Möglichkeiten zum Umgang mit nicht normalverteilten Daten ist die Anwendung einer Transformation (vgl. Abschn. 4.1.1) oder die Anwendung des zentralen Grenzwertsatzes. Dieser besagt anschaulich gesprochen, dass die Verteilung der Mittelwerte von unabhängigen Zufallsvariablen mit wachsendem Stichprobenumfang  $n$  gegen eine Normalverteilung strebt. Als Faustregel gilt, dass ab  $n = 30$  der Mittelwert in guter Näherung

<sup>125</sup> vgl. Dietrich / Schulze (1998a), S. 189 f. Trumpold / Pertuch (2000), S. 892

normalverteilt ist, auch wenn die Grundgesamtheit keine Normalverteilung bildet.<sup>126</sup> Gelingt es also hinreichend große Stichprobenumfänge zu realisieren, so können auch  $\bar{x}$ -Karten zur Überwachung von nicht normalverteilten Daten eingesetzt werden.

Zusammengefasst lässt sich für den Einsatz von Prozessregelkarten festhalten, dass Einzelwertkarten bzw. Regelkarten mit gleitenden Kennwerten für normalverteilte Daten sowie Shewhart-Karten für transformierte Daten,  $\bar{x}$ -Karten bei großen Stichprobenumfängen und Pearson-Karten für schiefverteilte Daten den wohl größten Anteil bei der Überwachung von administrativen Prozessen ausmachen werden.

## 5.6 Zusammenfassung der Statistischen Prozessregelung für jegliche Art von Prozessen

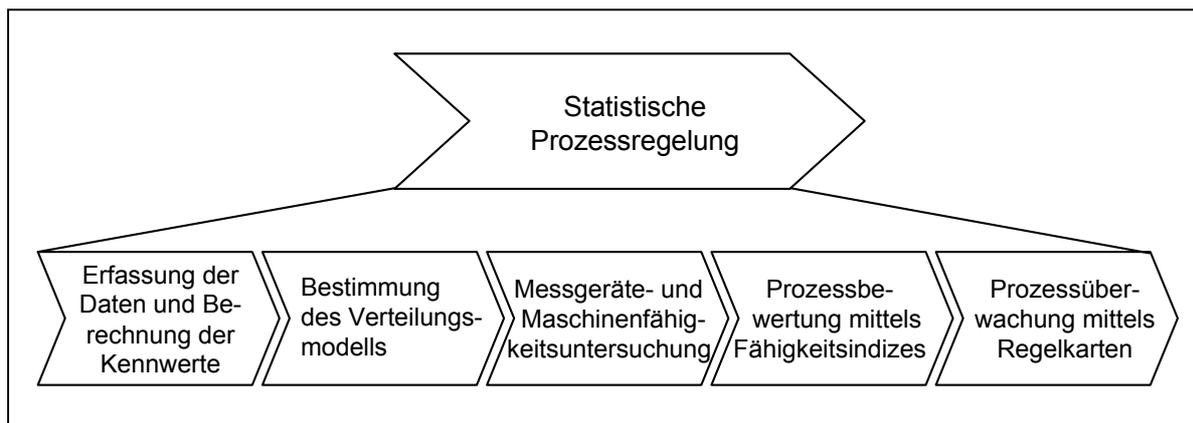
Abbildung 33 stellt die Probleme bei der Anwendung der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen den genannten Lösungsansätzen gegenüber.

Problem	Lösungsansatz
Immaterialität des Produkts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewusstseinsbildung für administrative Prozesse</li> <li>• Schulung der Mitarbeiter</li> </ul>
Anzahl der Messwerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennzahlen definieren und erfassen</li> <li>• Angabe von Vertrauensbereichen für PCI</li> <li>• Urwert-, Einzelwert- und Karten mit gleitenden Kennwerten</li> </ul>
Art der Messwerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intrinsische Prozess- und Ressourcenkennzahlen</li> </ul>
schiefe Verteilung der Messwerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PCI für nichtnormalverteilte Daten</li> <li>• QRK für transform. Daten, <math>\bar{x}</math>-Karten und Pearson-Karten</li> </ul>
fehlende Spezifikationsgrenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezifikationsgrenzen nachfragen bzw. festlegen</li> </ul>

*Abb. 33: Probleme und Lösungsansätze bei der Anwendung der SPC bei administrativen Prozessen*

Einen zusammenfassenden Überblick über den Ablauf bei der Statistischen Prozessregelung gibt Abbildung 34. Dieser gilt sowohl für Produktionsprozesse als auch für administrative Prozessen, also für jegliche Art von Prozessen. Die Untersuchungen der Messgeräte- und Maschinenfähigkeit wird bei Dienstleistungs- und Softwareprozessen in den meisten Fällen entfallen.

<sup>126</sup> vgl. bspw. Bronstein (1997), S. 513



*Abb. 34: Prozess der Statistischen Prozessregelung*

## 6 Praktische Erprobung

In diesem Kapitel wird die praktische Erprobung des Konzepts eines ganzheitlichen Prozesscontrollings anhand einer Fallstudie dargestellt. Des Weiteren bildet dieses Fallbeispiel zusammen mit zwei weiteren die Validierung der Anwendung der Statistischen Prozessregelung bei administrativen Prozessen.

Die Fallstudien erfolgten innerhalb verschiedener Bereiche des Siemens Konzerns. Am Anfang eines jeden Praxisbeispiels werden die entsprechenden Bereiche und Prozesse kurz vorgestellt. Aus Gründen der Geheimhaltung sind sämtliche Zahlenwerte in veränderter Form wiedergegeben. Sie entsprechen jedoch in Relation bzw. im zeitlichen Verlauf den realen Daten. Auch die Abbildungen mussten an einigen Stellen geändert werden. Für die Auswertung der Daten wurde das Statistikprogramm MINITAB<sup>®</sup> unterstützend eingesetzt. Bei den Prozessbewertungen kommen nur die bereits bei Produktionsprozessen etablierten Fähigkeitsindizes zur Anwendung. Auf diese Weise soll der Praxisbezug sichergestellt werden, wobei auf die grundsätzliche Eignung der anderen, wissenschaftlichen Fähigkeitsindizes hingewiesen wird.

### 6.1 Fallbeispiel 1: Controlling eines Entwicklungsprozesses in der Halbleiter-Industrie

Im folgenden Praxisbeispiel wird sowohl das Konzept für ein ganzheitliches Prozesscontrolling anhand eines konkreten Vorgehens dargelegt, als auch der Einsatz der Statistischen Prozessregelung zur Kontrolle eines Entwicklungsprozesses.

Der ehemalige Siemensbereich „Halbleiter“ (seit 01.04.1999: „Infineon Technologies AG“) gehört zu den zehn größten Halbleiterproduzenten der Welt und setzte 2000 mit ungefähr 30.000 Mitarbeitern ca. 7,3 Mrd. Euro um und erreichte einen Ertrag vor Zinsen und Steuern (engl.: Earnings Before Interest and Taxes – EBIT) von 1,7 Mrd. Euro. Die Produktpalette lässt sich grob in Logik- und Speicherchips unterteilen.

#### 6.1.1 Planung der Hauptprozesse

Die Entscheidung für eine prozessorientierte Organisation und die Gründung der „Infineon Technologies AG“ waren die Auslöser für eine Neuplanung der Unternehmensstruktur. In einem Management Self Assessment, durchgeführt von Vorstand und Top-Management,

wurden aus der Mission des Unternehmens die Hauptprozesse abgeleitet und die Kern- und Schlüsselprozesse festgelegt. Die Aufgaben des Prozesscontrollings wurden in dieser Phase von so genannten „Prozesscoaches“, Mitglieder einer Stabsstelle für Prozessmanagement und -controlling, übernommen. Diese bestanden in der Unterstützung beim Erarbeiten von Kennzahlen für die Hauptprozesse und deren Zielwerten, insbesondere durch das Bereitstellen von Benchmarks. Die festgelegten Kennzahlen wurden als „Key Performance Indicators“ (KPIs) im Unternehmen eingeführt. Für den Entwicklungsprozess sind es die vier Kennzahlen:

- Durchlaufzeiten für die Entwicklungsprojekte
- Kosten für die Entwicklungsprojekte
- Aufwände (in Mann-Monaten) für die Entwicklungsprojekte
- technische Ausbeute an Chips am Ende eines Entwicklungsprojekts

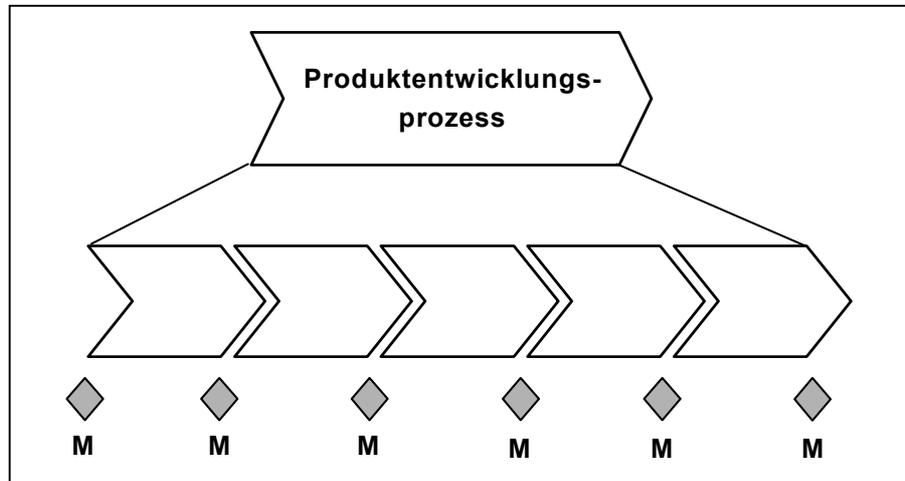
Die Teilprozesse der einzelnen Hauptprozesse werden geschäftsgebietspezifisch geplant. Den Prozessmanagern der Hauptprozesse stehen auf der Geschäftsgebietsebene die jeweiligen Prozessowner gegenüber. Zusammen mit den Prozessteams übernehmen diese die Planung der entsprechenden Teilprozesse.

Im Geschäftsgebiet „Speicherprodukte“ erfolgt die Entwicklung in Form von Projekten. Jedem Produkt ist dabei ein Projekt zugeordnet, welches nach der Produktdefinition mit der Projektfreigabe beginnt und mit der Übergabe an die Produktion endet. Bis zum Zeitpunkt der Einführung einer Prozessorganisation bestand die Meinung, dass die Entwicklung nicht durch einen Prozess beschrieben werden kann, sondern nur durch Projekte. Auf Grund der Einmaligkeit von Innovationen wurden die Entwicklungsprojekte stets einzeln betrachtet. Inzwischen hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Produkte zwar einmalig sind, aber die zu Grunde liegenden Tätigkeiten bei jedem Projekt die gleichen. Die Produkte und damit die Projekte gelten als spezifische Ausprägungen des Produktentwicklungsprozesses.

### **6.1.2 Dokumentation des Entwicklungsprozesses**

Die bis zu diesem Zeitpunkt fehlende Prozessbeschreibung wurde in Form eines Entwicklungshandbuchs umgesetzt und resultierte aus der zuvor durchgeführten Prozessbewertung (s. Abschn. 6.1.3). Die Einteilung des Gesamtprozesses in seine Teilprozesse erfolgte anhand der bereits bestehenden, projektypischen Meilenstein-

Einteilung. Abbildung 35 zeigt die grobe Einteilung des Produktentwicklungsprozesses bei „Speicherprodukte“ – ein Teilprozess des übergeordneten Kernprozesses „Idea to Product“.



*Abb. 35: Der Produktentwicklungsprozess bei „Speicherprodukte“*

Das Entwicklungshandbuch beinhaltet neben der Dokumentation des Prozesses auch Checklisten, die für die Durchführung zukünftiger Projekte verbindlich abzarbeiten sind. Damit wird eine Standardisierung des Prozesses über alle Projekte hinweg erreicht. Sowohl für die Checklisten als auch für die detailliertere Prozessdokumentation war eine Ist-Analyse der bestehenden Abläufe notwendig. In mehreren Sitzungen mit Vertretern aus allen Teilfunktionen der Entwicklung entstanden die grafischen Darstellungen des Gesamtprozesses und seiner Teilprozesse sowie die textuelle Beschreibung, die in die einzelnen Checklistenpunkte einfließt. Als DV-Tools für die grafische Erstellung kamen zunächst VISIO<sup>®</sup> und MS Project<sup>®</sup> zum Einsatz, später auch ARIS<sup>®</sup>. Insbesondere MS Project<sup>®</sup> erlaubte eine einfache Bestimmung des zeitkritischen Pfades. Die dafür notwendigen mittleren Durchlaufzeiten der einzelnen Teilprozesse konnten zum Teil aus den bestehenden DV-Systemen entnommen werden, wurden aber auch teilweise lediglich geschätzt. Die Checklisten sind nach Meilensteinen unterteilt und beinhalten die stichwortartigen Beschreibungen der einzelnen Tätigkeiten, die beteiligten Dienststellen, die Verantwortlichen und die erzeugten bzw. benötigten Dokumente. Diese können Protokolle, Spezifikationen, technische Parameter usw. beinhalten.

Die Verantwortung für die Erstellung des Produktentwicklungshandbuchs, zur Schaffung einer Prozessstruktur-Transparenz und als Grundlage für die Standardisierung des Produktentwicklungsprozesses, obliegt einem interdisziplinären Prozessteam. Die

Teamleitung und der Prozessowner sind organisatorisch der Abteilung „Projektcontrolling“ zugeordnet. Dieselbe Abteilung ist auch für das Bewerten und Überwachen des Prozesses verantwortlich. Somit werden hier die Prozesskontrolle und die Bereitstellung der Prozessinformationen in Form eines Fremdcontrollings ausgeübt, wobei eine enge Zusammenarbeit mit den Entwicklungsprojektmanagern besteht.

### 6.1.3 Kontrolle des Entwicklungsprozesses

Da „Time-to-Market“ im Halbleitergeschäft eine herausragende Bedeutung hat, wurde die Bestimmung der Prozessfähigkeitsindizes und die Überwachung mittels Regelkarten anhand der Kennzahl „Durchlaufzeit“ durchgeführt. Dafür wurden die DV-technisch erfassten Zeiten der letzten 30 Entwicklungsprojekte herangezogen. Es galt dabei zu beachten, dass nicht jeder Chip grundsätzlich gleich entwickelt wird. So existieren bei der Chipentwicklung Unterschiede hinsichtlich des Schwierigkeitsgrads bzw. Aufwands. Einige Produkte unterscheiden sich lediglich durch kleinere Strukturänderungen von ihrem Vorgängermodell; bei anderen Produkten liegen komplett neue Technologien zu Grunde. Um diesen unterschiedlichen Komplexitäten Rechnung zu tragen, wurde jedem Produkt mittels einer Matrix, die sich in 3 Haupt- und 10 Unterkriterien unterteilt, eine Komplexitätszahl zwischen 1 und 5 zugeordnet (s. Abb. 36).

Komplexitätsklasse		1	2	3	4	5	Gewichtung
Hauptkriterium I	I.1	...	...	...	...	...	40 %
	I.2	...	...	...	...	...	
	I.3	gut etabliert	bekannt & getestet	bekannt & ungetestet	geplant	ganz neu	
	I.4	...	...	...	...	...	
Hauptkriterium II	II.1	...	...	...	...	...	30 %
	II.2	< 10	10–20	20–30	30–40	> 40	
	II.3	...	...	...	...	...	
Hauptkriterium III	III.1	...	...	...	...	...	30 %
	III.2	Massenprodukt	feste Kontakte	gute Kontakte	erste Kontakte	noch keine Kontakte	
	III.3	...	...	...	...	...	

**Abb. 36:** Komplexitätsklassen<sup>127</sup>

<sup>127</sup> aus Gründen der Geheimhaltung stark vereinfacht

### 6.1.3.1 Bewertung des Entwicklungsprozesses

Mittels einer Prozessfähigkeitsuntersuchung wurde erstmals der Entwicklungsprozess über mehrere Projekte hinweg bewertet. Die für die Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes benötigten Spezifikationsgrenzen entstammen einem Benchmarking mit mehreren Wettbewerbern. Daraus ergab sich der obere Spezifikationswert für die Komplexitätsklasse 3 zu 22,0 Monaten. Der kleinstmögliche Wert für die DLZ wurde zu 6,0 Monaten festgelegt und der langfristige Zielwert zu 12,0 Monaten. Um eine gemeinsame Auswertung über die letzten 30 Projekte durchführen zu können, wurden die einzelnen Projekte zunächst hinsichtlich ihrer Komplexität gewichtet. Abbildung 37 zeigt die Werte für die Berechnung der Indizes.

Projekt	DLZ in Monaten	Komplexitätsklasse	gewichtete DLZ in Monaten	Parameter in Monaten
1	25,0	5	22,7	
2	13,1	1	14,5	
3	11,0	1	12,2	
4	13,0	1	14,5	
5	21,4	4	20,4	
6	19,7	3	19,7	
7	21,5	3	21,5	
8	17,2	3	17,2	
9	19,9	3	19,9	
10	21,9	4	20,9	
11	18,9	3	18,9	$\bar{x} = 18,4$
12	11,0	1	12,2	
13	11,6	1	12,9	$s = 3,9$
14	19,0	3	19,0	OSG = 22,0
15	30,0	5	27,3	
16	15,0	2	15,8	USG = 6,0
17	15,2	2	16,0	
18	16,5	3	16,5	
19	18,5	3	18,5	$T = 12,0$
20	15,8	3	15,8	
21	18,3	3	18,3	
22	15,3	2	16,1	
23	21,6	3	21,6	
24	17,0	2	17,9	
25	20,5	3	20,5	
26	15,7	2	16,5	
27	26,7	5	24,3	
28	27,0	5	24,6	
29	11,0	1	12,2	
30	26,5	5	24,1	

*Abb. 37: Daten zur Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes*

Die Daten wurden als nächstes unter Einsatz von MINITAB® auf Normalverteilung geprüft. Der Test ließ die Hypothese einer Normalverteilung annehmen. Es ergeben sich nach den Gleichungen in Abschnitt 4.1 für die PCI und ihre Vertrauensbereiche die folgenden Werte:

$$C_p = 0,68 \pm 0,17 \quad C_{pk} = 0,30 \pm 0,14 \quad C_{pm} = 0,35 \pm 0,10$$

Die Werte der PCI zeigen, dass der Prozess nicht fähig ist, die an ihn gestellten zeitlichen Anforderungen zu erfüllen. Er dauert zu lange und unterliegt zu großen zeitlichen Schwankungen. Daher galt es als nächstes, die Ursachen zu identifizieren und darauf aufbauend Verbesserungsmaßnahmen zu beschließen und umzusetzen.

Nicht nur auf der Basis der Durchlaufzeiten, sondern auch bezogen auf die Kosten der einzelnen Projekte und damit des Prozesses wurden PCI bestimmt. Dafür wurden statt der DLZ die Gesamtkosten der Projekte verwendet. Die entsprechenden Indizes berechnen sich analog der Vorgehensweise bei den Zeiten. Mit Werten von

$$C_p = 0,39 \pm 0,10 \quad C_{pk} = 0,33 \pm 0,15 \quad C_{pm} = 0,38 \pm 0,10$$

liegen sie ungefähr in der selben Größenordnung wie bei der zeitbasierten Prozessbewertung.

Ebenfalls wurde der zum Entwicklungsprozess zugeordnete Planungsprozess bewertet. Dafür wurden die Differenzen zwischen den am Beginn des Projektes festgelegten Planzeiten und den Istzeiten am Projektende erfasst. Als Spezifikationsgrenzen wurden Planungs-abweichungen von  $\pm 6$  Wochen festgelegt. Der Zielwert für diesen Prozess liegt bei einer Abweichung zwischen Plan und Ist von Null und entspricht somit der Toleranzmitte. Die Verteilung der Werte entspricht einer Normalverteilung, und es ergaben sich folgende Werte:

$$C_p = 0,15 \pm 0,05 \quad C_{pk} = -0,23 \pm 0,16 \quad C_{pm} = 0,09 \pm 0,04$$

Es zeigt sich, dass der Planungsprozess zu dem nicht fähigen Entwicklungsprozess, ebenfalls nicht fähig ist.

### 6.1.3.2 Maßnahmen zur Verbesserung des Entwicklungsprozesses

Die wesentlichen Ursachen für die niedrigen Werte der Prozessfähigkeitsindizes wurden in den folgenden drei Punkten gesehen:

- Bezüglich des Ablaufs der Entwicklungsprojekte und damit auch des Prozesses lag keine einheitliche Systematik vor. Jeder Projektleiter hatte eine andere Vorgehensweise.
- Es fehlte eine detaillierte Dokumentation des Prozesses mit allen seinen Teilprozessen.

- Die Teilprozesse, die den zeitkritischen Pfad des Gesamtprozesses determinieren, waren nicht bekannt. Damit waren die Stellhebel für eine Reduktion der gesamten DLZ nicht gegeben.

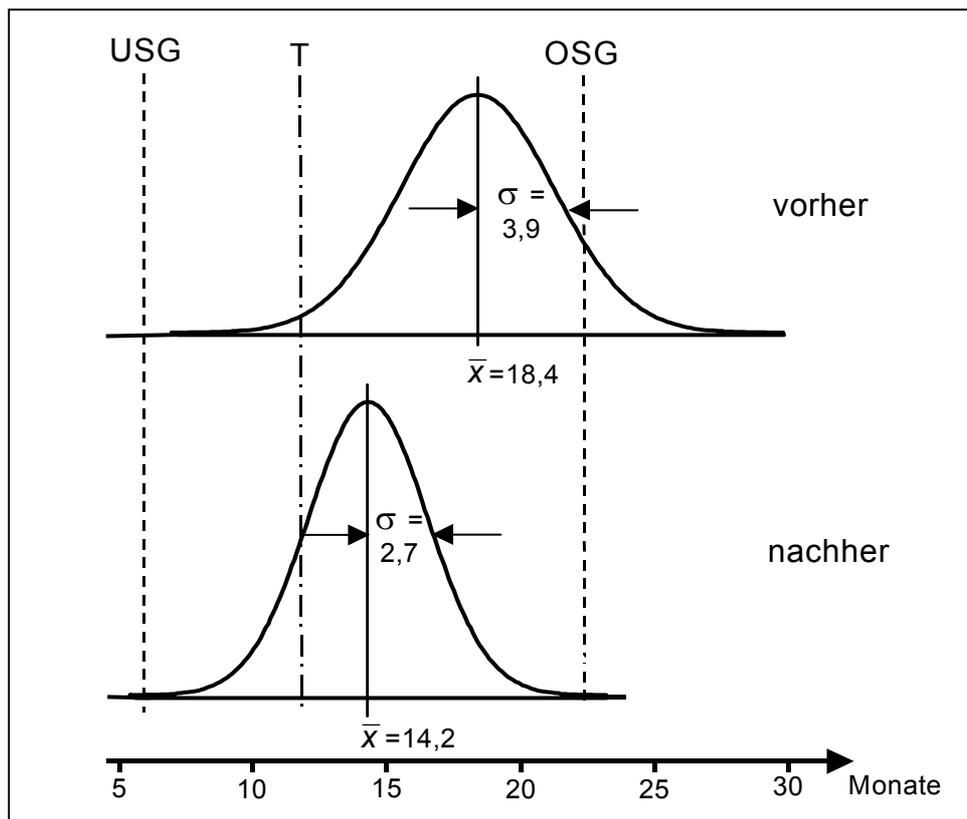
Als Verbesserungsmaßnahmen wurden neben der bereits erfolgten Einführung von Komplexitätsklassen die folgenden Punkte beschlossen:

- Erstellung eines Produktentwicklungshandbuchs mit Checklisten und Flow-Charts mit dem Ziel, eine einheitliche Richtlinie für das Vorgehen bei den Entwicklungsprojekten vorzugeben und die Transparenz der Prozessstruktur zu erhöhen (s. Abschn. 6.1.2)
- Elektronische Unterstützung der Prozesssteuerung durch ein Workflowmanagement-System
- Ermittlung des zeitkritischen Pfads zwecks Priorisierung weiterer Verbesserungsaktivitäten zur Reduktion der DLZ
- Entwicklung und Einführung eines neuen DV-gestützten Controllingtools zur Unterstützung der Prozesskontrolle und des -reportings

Nach ungefähr 18 Monaten seit Beginn der Planung, Umsetzung und Überwachung der Maßnahmen wurden anhand der seitdem durchgeführten Entwicklungsprojekte die Bestimmung der PCI erneut durchgeführt. Auf der Basis von 10 bereits abgeschlossenen Projekten und den Forecasts von 3 Projekten, die kurz vor dem Abschluss stehen, ergaben sich 13 Werte, die einer Normalverteilung entsprechen. Daraus berechnen sich die Prozessfähigkeitsindizes zu:

$$C_p = 1,00 \pm 0,38 \quad C_{pk} = 0,97 \pm 0,41 \quad C_{pm} = 0,75 \pm 0,34$$

Wenngleich der Prozess nur bedingt fähig ist, die zeitlichen Anforderungen zu erfüllen, so konnte doch die durchschnittliche Entwicklungszeit um 4,2 Monate reduziert werden, was einer Verkürzung der DLZ um ca. 25 % entspricht. Ebenso konnte die Standardabweichung von 3,9 auf 2,7 Monate verringert werden. Abbildung 38 verdeutlicht die Veränderung der Prozessfähigkeitsindizes.

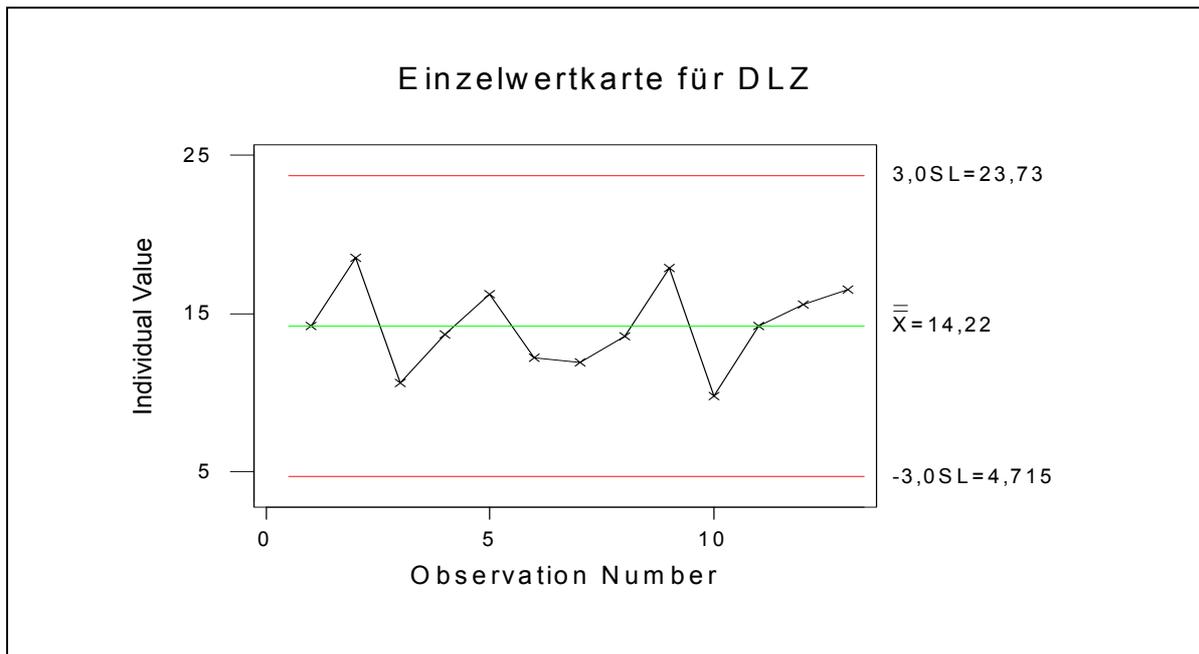


*Abb. 38: Darstellung der Verbesserungen*

### 6.1.3.3 Überwachung des Entwicklungsprozesses

Obwohl der Prozess auch nach den umgesetzten Verbesserungsmaßnahmen noch nicht uneingeschränkt fähig ist, wird der Prozess mittels Regelkarten überwacht. Da es sich um normalverteilte Einzelwerte handelt, wurde eine einspurige Shewhart-Karte für Einzelwerte gewählt, die einer Urwertkarte mit  $n = 1$  entspricht (s. Abb. 39). Die Formeln für die Berechnung der Eingriffsgrenzen befinden sich im Anhang. Die Prozessregelkarte zeigt, dass der Prozess beherrscht ist.

Neben dem Überwachen mittels Prozessregelkarte, die sich lediglich auf die Durchlaufzeiten von abgeschlossenen Projekten bezieht, werden monatlich die Istwerte von Zeiten, Kosten und Aufwänden erfasst und den Planwerten gegenübergestellt. Grafisch aufbereitete Trendanalysen unterstützen die Projektleiter beim Monitoring der Projekte. Die im Workflowmanagement-System hinterlegten Checklisten des Produktentwicklungshandbuchs dienen ebenfalls der zeitlichen sowie inhaltlichen Überwachung des Prozessablaufs.



*Abb. 39: Prozessregelkarte für den Entwicklungsprozess*

#### 6.1.4 Projekt- und Prozessreporting

Die Berichterstattung im Rahmen des Prozesscontrollings umfasst das monatliche „KPI-Reporting“, bei dem die jeweiligen Ist- und Planwerte der Key Performance Indicators grafisch aufbereitet an das „Entwicklungsboard“ geschickt werden. Ferner fließen die Zahlen in eine geschäftsgebietsweite Balanced Scorecard mit ein. Darüber hinaus wird laufend der entsprechende Umsetzungsgrad der Projekte tabellarisch dargestellt. Bei Bedarf können spezifische Daten wie z. B. Kostentrendanalysen berichtet werden.

Mit Hilfe eines eigenentwickelten DV-Tools, welches auf der Standardsoftware MS Project® aufsetzt, wird die Erfassung und Auswertung der Daten sowie das Erstellen der Reports unterstützt.

## 6.2 Fallbeispiel 2: Kontrolle eines Lieferprozesses in der Mobilfunk- Industrie

Das folgende Praxisbeispiel entstammt dem Siemensbereich „Information and Communication Mobile (ICM)“. Mit Endgeräten, Netztechnik und Lösungen gehört Siemens ICM zu den weltweit führenden Anbietern im Mobilfunkgeschäft. Mit ca. 27.500 Mitarbeitern konnte im Geschäftsjahr 2000 ein Umsatz von 9,0 Mrd. Euro und ein EBIT von 758 Mio. Euro erzielt werden.

Unter dem Lieferprozess ist hier der Teilprozess der Beschaffung gemeint, der sich von der Bestellung bis zum Empfang der Ware erstreckt. Das Beispiel umfasst zwei Projekte: das eine im Geschäftsgebiet „Mobilfunkgeräte“, das andere im Geschäftsgebiet „schnurlose Telefone“.

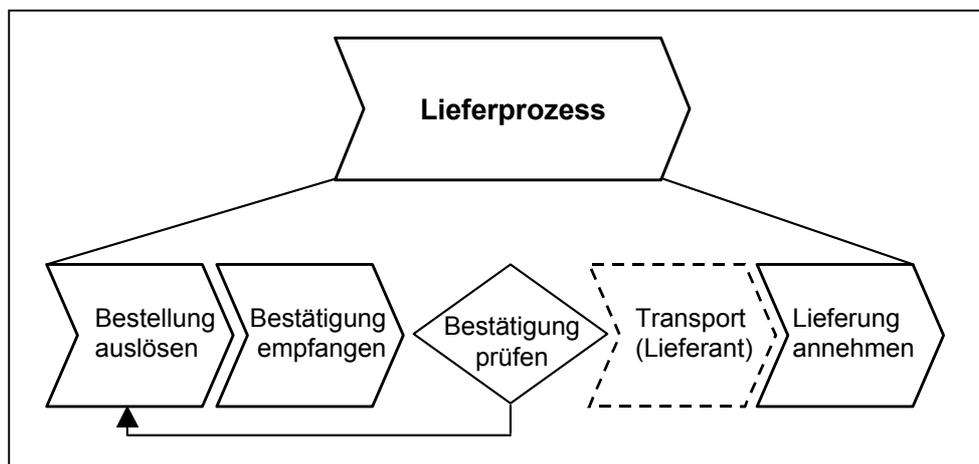
Im Geschäftsgebiet „Mobilfunkgeräte“ galt es, primär die zeitliche Performance des Lieferprozesses zu verbessern. Anlass war die häufig verspätete Anlieferung von Ware. Es wurde daher beschlossen, ein Sechs-Sigma-Projekt mit der Zielsetzung aufzusetzen, die Leistungen des Prozesses zu quantifizieren, ihn zu bewerten, die Ursachen für die Verspätungen herauszuarbeiten, um darauf aufbauend Verbesserungen abzuleiten.

Im Geschäftsgebiet „schnurlose Telefone“ ging es um die kostenseitige Verbesserung des Lieferprozesses. Auch hier wurde ein Sechs-Sigma-Projekt mit der konkreten Zielsetzung initiiert, die Bezugsnebenkosten (BNK) auf unter 2 % der Beschaffungskosten (BK) zu senken.

Im Folgenden werden nicht die gesamten Abläufe der jeweiligen Verbesserungsprojekte dargestellt, sondern lediglich der Einsatz der SPC-Instrumente zur Bewertung und Überwachung des Prozesses. Die Durchführung der Projekte erfolgte nach der Sechs-Sigma-typischen DMAIC-Vorgehensweise (Define, Measure, Analyse, Improve, Control). Es kamen Instrumente wie Paretoanalysen, Ishikawa-Diagramme, Prozessmapping, Multivari-Charts, FMEA und Regressionsanalysen neben den Fähigkeitsindizes und Regelkarten zur Anwendung.

### 6.2.1 Darstellung des Lieferprozesses

Der Lieferprozess besteht aus so vielen Ausprägungen wie es Lieferanten gibt. Da jedoch die einzelnen Prozessschritte stets die gleichen sind, wird hier nur von *einem* Lieferprozess gesprochen. Abbildung 40 zeigt eine grobe Darstellung des Prozesses.



*Abb. 40: Der Lieferprozess bei „ICM“*

Die Prozessdarstellung gilt auf Grund ihrer groben Struktur für beide Projekte und ist für das Verständnis des weiteren Vorgehens ausreichend. Die Bewertung des Prozesses wird jedoch für beide Geschäftsgebiete getrennt dargestellt.

### 6.2.2 Bewertung des Lieferprozesses im Geschäftsgebiet „Mobilfunkgeräte“

Für die Bewertung wurden die DV-technisch erfassten Bestellvorgänge aus dem SAP/R3<sup>®</sup>-System ermittelt und aufbereitet. Zu den Bestellvorgangsdaten gehören:

- Bestelldatum, gewünschte Mengen und gewünschte Liefertermine
- Bestätigungsdatum, bestätigte Mengen und bestätigte Liefertermine
- gelieferte Mengen und Wareneingangstermine sowie zurückgesandte Mengen

Mittels dieser Daten ließen sich klassische Lieferkennzahlen wie Lieferzeit, Lieferfähigkeit, Liefertreue, Wunschtermintreue und Lieferqualität für jeden entsprechenden Lieferanten berechnen.

Die Bestimmung der Prozessfähigkeitsindizes wurde für insgesamt 9 Lieferanten durchgeführt: 3 A-Teil-Lieferanten, 3 B-Teil-Lieferanten und 3 C-Teil-Lieferanten. Herangezogen wurden die jeweiligen Lieferverspätungen, die sich aus der Differenz von Wareneingangsdatum und bestätigtem Datum ergeben.

### **Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes und Vertrauensintervalle**

Anhand eines Lieferanten wird im Folgenden die Vorgehensweise zur Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes  $C_p$  und  $C_{pk}$  aufgezeigt.

Zuerst wurden auf der Basis von 101 Daten die statistischen Kennwerte berechnet:

$$n = 101 \quad \bar{x} = 30,4 \text{ Tage} \quad s = 57,6 \text{ Tage}$$

Als nächstes wurden die Daten auf Normalität getestet. Der Test nach Anderson-Darling, durchgeführt mit der MINITAB<sup>®</sup>-Software, ergab, dass die These einer Normalverteilung abzulehnen war. Mittels Box-Cox-Transformation konnte eine normalverteilte Datenreihe erzeugt werden. Bei Spezifikationsgrenzen von  $-5$  Tagen (zu spät) und  $+4$  Tagen (zu früh) ergaben sich folgende PCI:

$$C_p = 0,08 \pm 0,01 \quad C_{pk} = -0,16 \pm 0,07$$

Um einen Vergleich zwischen dem Transformationsansatz und dem Perzentil-Ansatz anstellen zu können, wurden die  $C_p$ - und  $C_{pk}$ -Werte zusätzlich nach der Perzentil-Formel berechnet. Mit den berechneten 0,135%-, 0,50%- und 98,865%-Punkten ergaben sich die PCI der ersten Generation zu:

$$C_p^P = 0,09 \pm 0,01 \quad C_{pk}^P = -0,14 \pm 0,07$$

### **Interpretation der Ergebnisse**

Alle Fähigkeitsindizes zeigten, dass der Lieferprozess weit davon entfernt war, die gestellten Forderungen in Form der Spezifikationen dauerhaft zu erfüllen. Auch vom Potenzial her, ausgedrückt durch den  $C_p$ -Wert, war er dazu nicht in der Lage. Selbst eine Zentrierung bzw. Reduktion der mittleren Verspätung wäre nicht ausreichend gewesen, sodass in jedem Fall auch eine Reduktion der Streuung notwendig war.

Die Berechnungen der Prozessfähigkeitsindizes für die anderen Lieferanten zeigen sehr ähnliche Ergebnisse (s. Abb. 41).

Material	Lieferant	C <sub>p</sub>	C <sub>pk</sub>
A	1	0,23	0,08
	2	0,09	-0,05
	3	0,11	-0,04
B	4	0,08	-0,16
	5	0,09	-0,07
	6	0,09	-0,27
C	7	0,06	-0,08
	8	0,08	-0,09
	9	0,10	-0,06

*Abb. 41: Übersicht der Prozessfähigkeitsindizes für 9 Lieferanten*

Wenngleich Unterschiede bezüglich der Mittelwerte bei den Lieferanten der verschiedenen Materialgruppen bestehen, so sind die PCI für alle auf dem gleichen Niveau. Daher ist eine weitere Unterteilung des Gesamtprozesses nach Materialgruppen zunächst nicht notwendig, da die schwache Performance bei allen Lieferanten auftritt und damit für den gesamten Prozess gilt.

Der Vergleich der Transformationsmethode mit der Perzentil-Methode zeigt, dass beide Ansätze zu den gleichen Ergebnissen kommen.

### 6.2.3 Bewertung des Lieferprozesses im Geschäftsgebiet „schnurlose Telefone“

Auf Grund der Zielsetzung von „Bezugsnebenkosten < 2 % der Beschaffungskosten“ ist nur ein Spezifikationswert gegeben. Die Festlegung eines kleinstmöglichen, idealen Werts wurde als nicht sinnvoll erachtet, sodass nur der C<sub>pk</sub>-Wert bestimmt wurde. Die Ermittlung der BNK und der BK erfolgt monatsweise, sodass lediglich 12 Werte für die Berechnung der PCI zur Verfügung standen. Daher kommt den Vertrauensbereichen eine verstärkte Bedeutung zu. Die statistischen Kennwerte ergaben sich zu:

$$n = 12 \quad \bar{x} = 2,2 \% \quad s = 1,3 \%$$

Der Test auf Normalverteilung hat ergeben, dass nicht von einer solchen auszugehen ist. Daher wurde mittels Box-Cox-Transformation eine solche erzeugt. Die Berechnung des Prozessfähigkeitsindex ergab:

$$C_{pk} = 0,06 \pm 0,19$$

Auch wenn im Geschäftsgebiet „schnurlose Telefone“ der gesamte Prozess über alle seine Lieferanten bewertet wird, zeigt der Prozessfähigkeitsindex auch von monetärer Seite eine noch nicht ausreichende Performance des Gesamtprozesses.

#### **6.2.4 Maßnahmen zur Verbesserung des Lieferprozesses**

Auf Grund der ermittelten Lieferkennzahlen und der berechneten Fähigkeitsindizes wurden im Rahmen der Sechs-Sigma-Projektphase „Improve“ folgende Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt:

##### **Mobilfunkgeräte**

- regelmäßiges Monitoring der Lieferkennzahlen – DV-gestützt, statt wie bisher manuell, und mit Eskalationsmechanismen bei Abweichungen
- neue Vereinbarungen mit den Lieferanten – basierend auf den Kennzahlen
- verbesserte Bestellvorgänge durch optimierte Vorgaben von Lieferdaten und Mengen – basierend auf Regressionsanalysen und Simulationen

##### **Schnurlose Telefone**

- Verlagern der Käufe zu anderen Bezugsorten – basierend auf Pareto-Analysen
- Bündeln der Speditionsleistungen
- Standardisierter Entscheidungsprozess für Lieferwege bei Luft- oder Seefracht – basierend auf Regressionsanalysen

Die erneute Prozessbewertung zur Überprüfung der Maßnahmen wird nur für das Geschäftsgebiet „schnurlose Telefone“ dargestellt.

Nach Umsetzung der Maßnahmen wurden die Daten erneut erfasst und bewertet. Die Vorgehensweise ist analog zum erstmaligen Bewerten mit dem Unterschied, dass die neuen Daten bereits normalverteilt sind. Die erneute Berechnung des  $C_{pk}$ -Werts basierend auf 14 Werten ergab:

$$C_{pk} = 0,28 \pm 0,21$$

Wenngleich der  $C_{pk}$ -Wert immer noch weit von 1,0 entfernt ist, so konnte doch eine wesentliche Verbesserung auf Grund der Maßnahmen erreicht werden. So wurde der Mittelwert von 2,2 % auf 1,7 % gesenkt, was einer Reduktion von ca. 25 % entspricht. Ferner

konnte die Standardabweichung von 1,3 % auf 0,4 % verbessert werden. Dennoch ist der Prozess nicht fähig, was hauptsächlich an ungeplanten „Ad-hoc-Bestellungen“ liegt.

### 6.2.5 Überwachung des Lieferprozesses

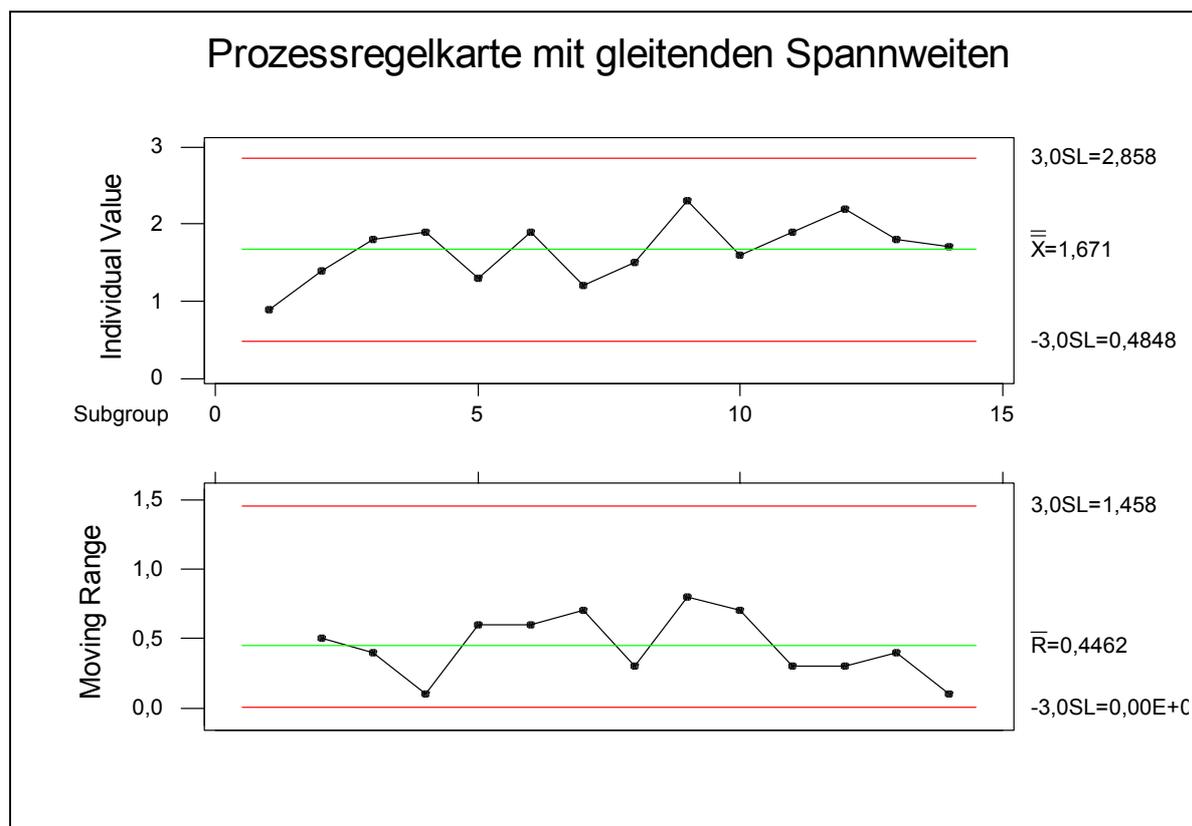
Der Einsatz von Prozessregelkarten wird für dieses Fallbeispiel anhand des Geschäftsgebietes „schnurlose Telefone“ verdeutlicht. Auch wenn die Prozessfähigkeit nicht gegeben ist, so kann die Regelkarte dennoch wertvolle Hinweise zur Überwachung des erreichten Zustandes leisten. Dabei darf jedoch nicht davon abgelenkt werden, dass der Prozess noch nicht fähig ist, also weiter verbessert werden muss.

Für dieses Praxisbeispiel wurde eine Regelkarte mit gleitenden Spannweiten (engl.: Moving Range – MR) verwendet. Dafür wurden zunächst die entsprechenden Werte für eine jeweilige „Pseudo-Gruppe“ von  $n = 2$  berechnet (positive Differenz zweier aufeinander folgender Werte, s. Abb. 42).

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
x	0,9	1,4	1,8	1,9	1,3	1,9	1,2	1,5	2,3	1,6	1,9	2,2	1,8	1,7
MR	<del> </del>	0,5	0,4	0,1	0,6	0,6	0,7	0,3	0,8	0,7	0,3	0,3	0,4	0,1

*Abb. 42: Wertetabelle*

Da keiner der Werte einen spezifischen Ausreißer darstellt, der dann bei der Berechnung der Eingriffsgrenzen (s. Anhang) auszuschließen wäre, können alle 14 Werte mit einbezogen werden. Aus der Karte ist ersichtlich, dass keine systematischen Einflüsse auf den Prozess wirken, er also beherrscht ist (s. Abb. 43).



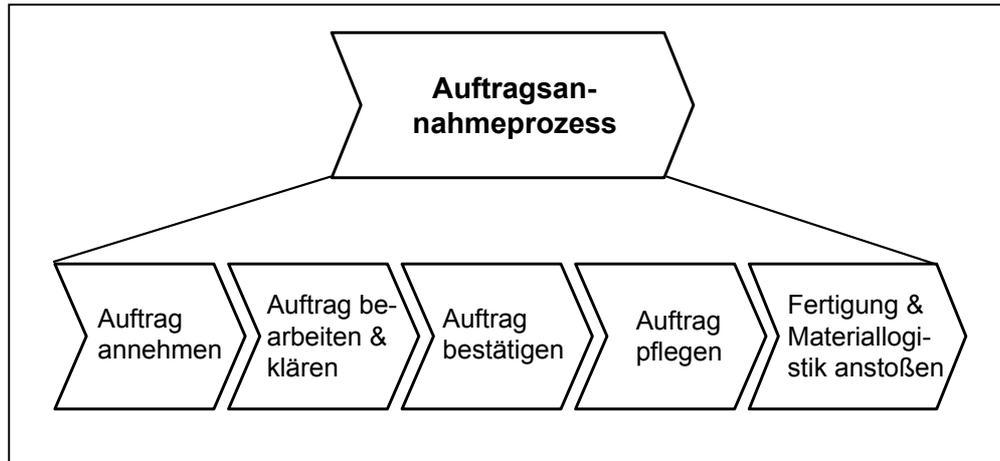
*Abb. 43: Prozessregelkarte für den Lieferprozess*

### 6.3 Fallbeispiel 3: Kontrolle eines Auftragsannahmeprozesses in der Medizintechnik-Industrie

Das dritte Praxisbeispiel stammt aus dem Medizintechnik-Bereich und beschreibt die Kontrolle eines Auftragsannahmeprozesses. Das Geschäftsgebiet „Medical Solutions“ setzte im Geschäftsjahr 2000 mit ca. 20.000 Mitarbeitern 5,1 Mrd. Euro um, bei einem EBIT von 441 Mio. Euro. Mit medizintechnischen Systemen, wie bildgebenden Diagnosegeräten sowie Geräten für Therapie, Audiografie und Elektromedizin, technischen Dienstleistungen und Beratungsleistungen gehört der Bereich zu den weltweit führenden Unternehmen der Medizintechnik.

#### 6.3.1 Darstellung des Auftragsannahmeprozesses

Eine Darstellung des Prozesses wurde im Zuge der Umsetzung von Prozessorientierung im gesamten Geschäftsbereich „Medical Solutions“ bereits erstellt. Der Prozess wurde grafisch abgebildet (s. Abb. 44) und mit bereichsweiten, standardisierten Formblättern textlich beschrieben.



*Abb. 44: Der Auftragsannahmeprozess bei „Medical Solutions“*

Der Auftragsannahmeprozess ist der erste Teilprozess des übergeordneten Auftragsabwicklungsprozesses, der die gesamte Prozesskette vom Auftragseingang bis zur Bezahlung (engl.: Order to Cash) umfasst. Den Input des Auftragsannahmeprozesses bilden die von den Außendienstmitarbeitern hereinkommenden Aufträge, den Output die Auftragsbestätigungen sowie der Anstoß von Fertigung und Beschaffung.

### 6.3.2 Bewertung des Auftragsannahmeprozesses

Der Prozess wird bereits seit mehreren Jahren mittels SAP/R3<sup>®</sup> unterstützt und anhand der Kennzahlen Durchlaufzeit, Liefertreue und Fehlerquote überwacht.

Anlass für die Bewertung mittels Prozessfähigkeitsindizes war der Umstand, dass die bisherigen Kennzahlen ab einem bestimmten Zeitpunkt eine verschlechterte Prozessperformance widerspiegeln. Die Ursache dafür war offensichtlich und lag in der Einführung einer neuen Produktfamilie. Die Bestimmung der PCI sollte gewährleisten, dass der Prozess nach dem erwarteten Abklingen der Verschlechterung wieder auf sein Ursprungsniveau zurück kommt bzw. eine Verbesserung stattfindet. Daher wurde eine Bewertung des Prozesses mittels PCI vor und nach der mit der Einführung der neuen Produkte einhergehenden Reduktion der Prozessleistung durchgeführt.

Für die Berechnung wurden die Durchlaufzeiten aller Aufträge aus den letzten zwei Jahren vor der Einführung der neuen Produkte erfasst. Eine erste Analyse der Daten ergab, dass der Prozess in zwei Ausprägungen betrachtet werden muss. So ist zwischen Aufträgen zu unterscheiden, die bereits bei der Zweigniederlassung auf Plausibilität und Richtigkeit geprüft werden und solchen, die erst in der zentralen Auftragsannahmeabteilung geprüft

werden. Zu den Zweigniederlassungen, die „Aufträge mit Vorortprüfung“ (AmVp) schicken, besteht in der Regel auch eine EDI-Verbindung. Die Aufträge kommen also bereits auf Plausibilität geprüft und in elektronischer Form an. Im Gegensatz dazu kommen aus den restlichen Zweigniederlassungen bzw. von Außenhandelspartnern die Aufträge per Briefpost, per E-Mail oder per Fax (Aufträge ohne Vorortprüfung – AoVp). Bei diesen Aufträgen ist dann seitens der zentralen Auftragsannahme noch eine Prüfung und manuelle Übertragung in das SAP-System vorzunehmen, was zusätzliche Zeit in Anspruch nimmt.

### **Berechnung der Prozessfähigkeitsindizes und Vertrauensbereiche**

Zunächst wurden die Prozessfähigkeitsindizes für den Zeitraum vor der Einführung der neuen Produktserie berechnet. Die Parameter der Daten ergaben sich zu:

für AmVp:	n = 169	$\bar{x} = 4,7$ Tage	s = 19,5 Tage
für AoVp:	n = 247	$\bar{x} = 7,6$ Tage	s = 19,7 Tage

Die Überprüfung der Datensätze auf Normalverteilung verlief in beiden Fällen negativ. Auch der Versuch, mittels Transformationen eine Normalverteilung zu erzeugen, gelang nicht. Die Darstellungen der Verteilungen in Form von Histogrammen zeigten linksschiefe Verteilungen, wie sie für die Verteilung von Durchlaufzeiten und Kosten typisch sind. Häufig sind die Daten in diesem Fall lognormalverteilt. Bei den beiden Prozessausprägungen konnte dies jedoch nicht bestätigt werden. Die Annahme einer Weibull-Verteilung, als weitere schiefe Verteilungsart, konnte jedoch mit hinreichender Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Mit OSG = 5 Tage, USG = 0,1 Tage (ideal), kein T ergab die Berechnung der PCI folgende Werte:

für AmVp:	$C_p^W = 0,10 \pm 0,01$	$C_{pk}^W = 0,27 \pm 0,06$
für AoVp:	$C_p^W = 0,06 \pm 0,01$	$C_{pk}^W = 0,12 \pm 0,04$ <sup>128</sup>

---

<sup>128</sup> bei schiefen Verteilungen von Merkmalen kann der  $C_p$ -Wert mitunter kleiner sein als der  $C_{pk}$ -Wert; vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 262

### 6.3.3 Maßnahmen zur Verbesserung des Auftragsannahmeprozesses

Eine Reihe von Maßnahmen zur Verbesserung der Prozessperformance wurden festgelegt:

- Kurzfristige Maßnahmen, um den Prozess möglichst schnell wieder auf sein vorheriges Leistungsniveau zu bringen, z. B. Fehlerbehebung bei den neuen Stammdaten im SAP/R3<sup>®</sup>-System
- Mittelfristige Maßnahmen, um den Prozess im Sinn von Kaizen ständig zu verbessern, z. B. weiterer Ausbau der EDI-Anbindungen und automatisierte Plausibilitätskontrollen
- Präventive Maßnahmen, um bei zukünftigen Einführungen neuer Produkte einen möglichst kleinen und kurzzeitigen Leistungsabfall zu haben, z. B. vorhergehende Testläufe, um die Mitarbeiter vorzubereiten und die DV-Systeme auf ihre Funktionalität zu prüfen

Nach einer Phase von mehreren Wochen wurde der Prozess erneut bewertet. Die Berechnung der PCI erfolgte wieder nach der Weibull-Methode und ergab auf der Basis von 140 bzw. 64 Werten:

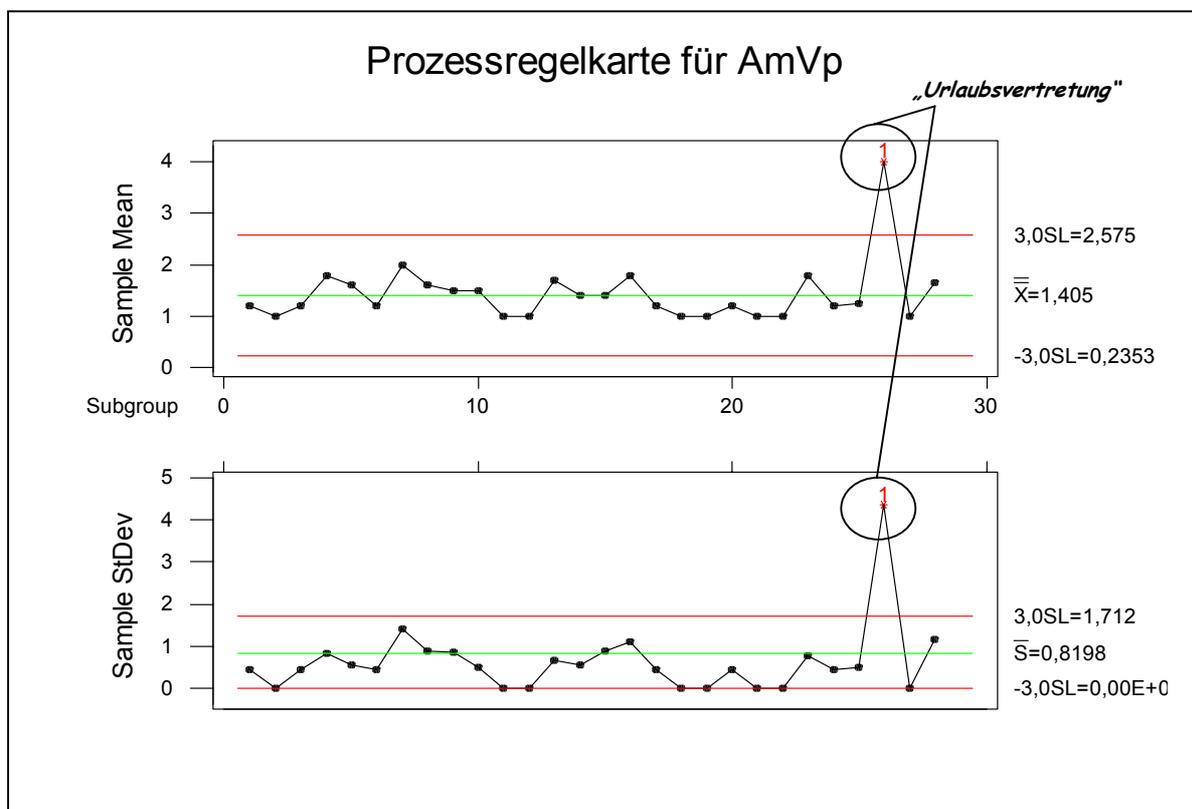
$$\begin{aligned} \text{für AmVp: } C_p^W &= 1,09 \pm 0,14 & C_{pk}^W &= 0,93 \pm 0,14 \\ \text{für AoVp: } C_p^W &= 0,89 \pm 0,21 & C_{pk}^W &= 0,82 \pm 0,23 \end{aligned}$$

Der Auftragsbearbeitungsprozess konnte nicht nur sein altes Niveau erreichen, sondern auch wesentlich verbessert werden, sowohl für die Auftragsprüfung mit als auch ohne Vorortprüfung. Zugleich konnten weitere Zweigniederlassungen auf das EDI-System umgestellt werden, sodass der Anteil der Aufträge mit Vorortprüfung zugenommen hat. Daraus resultiert eine zusätzliche Verbesserung des Gesamtprozesses mit der Aussicht, dass in naher Zukunft nur noch die eine, schnellere Ausprägung des Prozesses zur Anwendung kommt.

### 6.3.4 Überwachung des Auftragsannahmeprozesses

Für das Monitoring werden die Daten in Untergruppen vom Umfang  $n = 5$  erfasst. Daher wurde für die Überwachung des Prozesses eine  $\bar{x}$ -s-Karte gewählt. Obwohl der Umfang der Untergruppen relativ klein ist, waren die Mittelwerte dennoch auf Grund des zentralen Grenzwertsatzes annähernd normalverteilt. Abbildung 45 zeigt die sich ergebende Prozessregelkarte. Der Wert außerhalb der Eingriffsgrenzen ist auf Abstimmungsprobleme

unter den Mitarbeitern bei der Urlaubsvertretung zurückzuführen und wurde bei der Berechnung der Eingriffsgrenzen (s. Abschn. 4.2.1) daher ausgeschlossen.



*Abb. 45: Prozessregelkarte für den Auftragsannahmeprozess*

## 6.4 Fazit der Fallbeispiele

Das erste Fallbeispiel konnte von der Planung der Haupt-, Kern- und Schlüsselprozesse über die Dokumentation und die Kontrolle des Produktentwicklungsprozesses bis hin zum entsprechenden Reporting den Nachweis für die Funktionsfähigkeit des Konzepts eines Prozesscontrollings erbringen. Zusammen mit den Fallbeispielen 2 und 3 konnte der Nachweis für die Anwendung von Prozessfähigkeitsindizes zur Bewertung von administrativen Prozessen sowie deren Überwachung mittels Prozessregelkarten erbracht werden.

Innerhalb der Projekte kamen verschiedene Ansätze für die Bewertung von Prozessen mittels PCI zur Anwendung. So wurden Prozessfähigkeitsindizes für Normalverteilungen und Weibull-Verteilungen sowie nach der Transformationsmethode und der Perzentil-Methode berechnet und diese Ansätze miteinander verglichen. Auch bei den

Prozessregelkarten wurden verschiedene Arten angewandt: Einzelwertkarte, Regelkarte mit gleitenden Kennwerten und  $\bar{x}$ -s-Karte.

Mit einem Entwicklungsprozess, einem Planungsprozess, einem Lieferprozess und einem Auftragsannahmeprozess bildeten verschiedene administrative Prozesse die Anwendungsfelder der Statistischen Prozessregelung.

Ferner konnte der Einsatz der SPC bei Dienstleistungs- und Softwareprozessen auch anhand verschiedener Kennzahlentypen validiert werden, sowohl für Durchlaufzeiten und Kosten als auch für Abweichungen, wenngleich diese auch zeitbasiert waren.

Obwohl alle Prozesse unter statistischer Kontrolle sind, konnte keiner der betrachteten Prozesse einen Fähigkeitsindex von  $> 1,33$  aufweisen. Dies unterstreicht die These, dass in den administrativen Prozessen noch ein großes Verbesserungspotenzial liegt.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Die vorliegende Arbeit verfolgte eine zweiteilige Zielsetzung: Zum einen das Entwickeln eines Konzeptes für ein ganzheitliches Prozesscontrolling, zum anderen die Transformation der Methoden der Statistischen Prozessregelung auf administrative Prozesse.

Neben den überblickartigen Beschreibungen der für diese Arbeit notwendigen Grundlagen erfolgte auch das Erarbeiten umfassender – und teilweise neuartiger – Klassifizierungen von Prozessen und prozessorientierten Kennzahlen.

Ausgehend von der Problemstellung, dass bisher nur einzelne Aspekte eines Prozesscontrollings beschrieben sind, dessen Stellung im Kontext mit anderen Ansätzen und Methoden nicht geklärt ist sowie der Tatsache, dass die einzelnen Aufgaben und Tätigkeiten weder durchgehend festgelegt noch in Form einer Prozessstruktur dargestellt sind, stellt das entwickelte Konzept eines Prozesscontrollings einen ganzheitlichen Lösungsansatz dar. Das Konzept konnte anhand eines Fallbeispiels verdeutlicht und validiert werden.

Aufbauend auf der Darstellung des Stands des Wissens bezüglich der Instrumente der Statistischen Prozessregelung im Produktionsumfeld, wurden die Schwierigkeiten für die Anwendung dieser Methoden auf administrative Prozesse aufgezeigt. Die Lösungsansätze und Voraussetzungen für den Einsatz von SPC bei diesen Prozessen wurden zunächst theoretisch erarbeitet und schließlich anhand mehrerer, aus der Praxis stammender Nichtproduktionsprozesse erprobt.

Abbildung 46 fasst den Inhalt der Arbeit grafisch zusammen: ausgehend von der Prozessorientierung, über thematische Grundlagen, hin zum Konzept des ganzheitlichen Prozesscontrollings, für dessen Teilprozess „Prozesse kontrollieren“ das Anwendungsgebiet der Statistischen Prozessregelung auf alle Geschäftsprozesse erweitert und praktisch angewandt wurde.

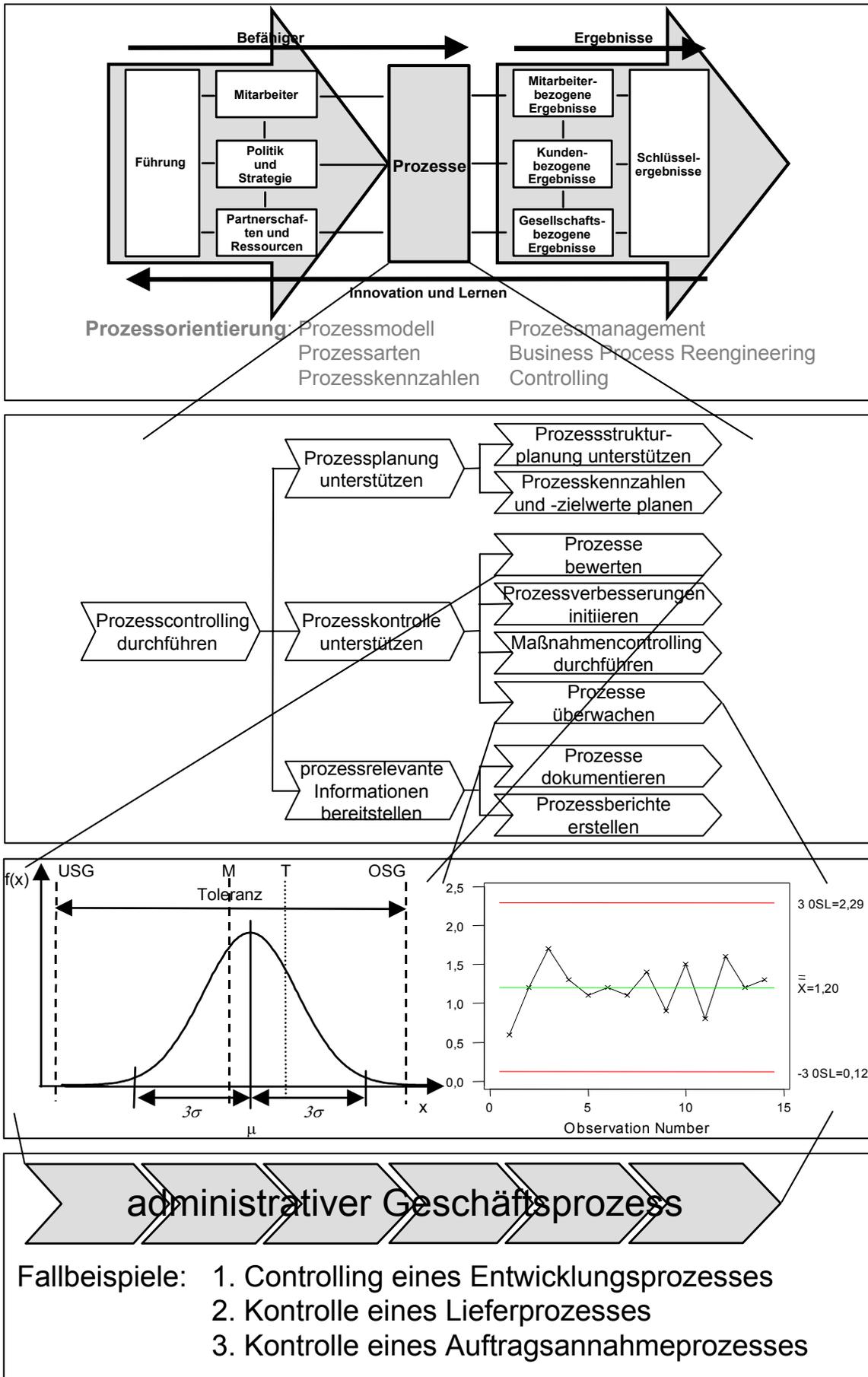


Abb. 46: Zusammenfassung der Arbeit

Neben dem Loslösen vom „Denken in Produktionsprozessen“ gilt es in Zukunft, die für Produktionsprozesse bereits etablierten Instrumente der SPC verstärkt für die Kontrolle von administrativen Prozessen anzuwenden. Die durch die neuen Bezugsobjekte geänderten Rahmenbedingungen müssen sowohl den bestehenden Know-how-Trägern näher gebracht werden als auch allen anderen, die sich neu mit dieser Thematik beschäftigen. Die Erweiterung der Statistischen Prozessregelung auf alle Arten von Geschäftsprozessen sind durch vermehrte praktische Anwendungen voranzutreiben - und mit Six-Sigma ist dafür ein geeigneter Rahmen gegeben.

Unter dem Einfluss von E-Business kommt der Prozessorientierung eine noch stärkere Bedeutung zu. So sind beherrschte und fähige Prozesse in einer optimierten Prozessstruktur die Voraussetzung für deren elektronische Unterstützung und Durchführung. Dabei ist auch das Prozesscontrolling – selbst ein Prozess – elektronisch zu praktizieren. Mit dem Zusammenwachsen von

- Prozessoptimierungs- mit Six-Sigma-Software<sup>129</sup>
- Workflow- und Dokumentenmanagement-Systemen mit PPS-<sup>130</sup> und ERP-Systemen
- Prozessgestaltungs- und Informationssystemen mit Workflowmanagement-Systemen<sup>131</sup>

sind bereits die ersten Schritte hin zu einem elektronischen Prozesscontrolling getan. Die Integration dieser DV-Tools und deren Anwendung für sämtliche Geschäftsprozesse werden weitere zukünftige und pragmatische Aufgaben des Prozesscontrollings sein.

---

<sup>129</sup> vgl. Trautner (2001), S. 28 f.

<sup>130</sup> vgl. Much (1998), S. 148 ff.

<sup>131</sup> vgl. Scheer (1998), S. 12 ff.

## Anhang

### A Statistische Parameter

Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Standardabweichung:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Spannweite:

$$R = x_o - x_u$$

Mittelwert der Mittelwerte:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \bar{x}_i$$

Mittelwert der Standardabweichungen:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n s_i^2}$$

Mittelwert der Spannweiten:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i$$

mit:

n: Anzahl der Messwerte;  $x_o$ : größter Messwert;  $x_u$ : kleinster Messwert

## B Stabilitätskriterien

Die Wahrscheinlichkeit für 9 aufeinanderfolgende Punkte auf der selben Seite der Mittellinie zu liegen (Run) beträgt  $(0,5)^9$ , was einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,0020$  entspricht. Damit liegt die Wahrscheinlichkeit etwas geringer als bei  $\alpha = 0,0023$ , was bei normalverteilten Werten dem Bereich von  $\pm 3 \sigma$  entspricht. Legt man das Vertrauensniveau von 99 % zu Grunde, so ist bereits bei 7 Punkten auf einer Seite der Mittellinie  $\alpha = 0,0078 < 0,01$ . Je nachdem welches Vertrauensniveau verwendet werden soll, unterscheiden sich in einigen Fällen bei den nachfolgenden Kriterien die Anzahl der kritischen Punkte.

### Vertrauensniveau bei 99 %:

- 1 Punkt außerhalb der Eingriffsgrenzen
- 7 aufeinanderfolgende Punkte auf der selben Seite der Mittellinie (Run)
- 7 aufeinanderfolgende Punkte auf- bzw. absteigend (Trend)
- mehr als 90 % oder weniger als 40 % der aufeinanderfolgenden Punkte innerhalb des mittleren Drittels (Middle Third)<sup>132</sup>

### Vertrauensniveau entsprechend $\pm 3 \sigma$ :

- 1 Punkt außerhalb der Eingriffsgrenzen
- 9 aufeinanderfolgende Punkte auf der selben Seite der Mittellinie (Run)
- 6 aufeinanderfolgende Punkte auf- bzw. absteigend (Trend)
- 14 aufeinanderfolgende Punkte alternierend auf und ab
- 2 von 3 aufeinanderfolgenden Punkten außerhalb von  $\pm 2 \sigma$  (Warngrenzen) und auf der selben Seite der Mittellinie
- 4 von 5 aufeinanderfolgenden Punkten außerhalb von  $\pm 1 \sigma$  und auf der selben Seite der Mittellinie
- 15 aufeinanderfolgende Punkte innerhalb von  $\pm 1 \sigma$
- 8 aufeinanderfolgende Punkte außerhalb von  $\pm 1 \sigma$ <sup>133</sup>

---

<sup>132</sup> vgl. Dietrich/Schulze (1998a), S. 164. Hering/Triemel / Blank (1999), S. 218

<sup>133</sup> vgl. Ford (1983), S. 12 ff. Western Electric (1956), S. 23 ff.

## C Eingriffsgrenzen

**für Urwertkarte:**

$$\text{OEG} = \bar{x} + E_E \cdot s$$

$$\text{UEG} = \bar{x} - E_E \cdot s$$

**für Einzelwert/gleitende Spannweite-Karte:**

$$\text{OEG} = \bar{x} + E_E \cdot s$$

$$\text{OEG}_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$\text{UEG} = \bar{x} - E_E \cdot s$$

$$\text{UEG}_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

Die Parameter  $E_E$ ,  $D_3$  und  $D_4$  können einschlägigen Tabellen entnommen werden.<sup>134</sup>

---

<sup>134</sup> bspw. DGQ (1996), S. 128 f. Dietrich/Schulze (1998a), S. 371

---

## Literatur

- Anghel, C.:  
Meßgerätefähigkeit im Prozeß.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 42 (1997),  
Nr. 4, S. 457–459
- Bai, D. S. ; Choi, I. S.:  
Process Capability Indices for skewed  
Populations.  
Manuscript, Korea Advanced Institute of  
Science and Technology, Taejon, Korea, 1997
- Bauer, P. ; Hackl, P.:  
The Use of MOSUMs for Quality Control.  
In: Technometrics 20 (1978), S. 431–436
- Bauske, J.  
Ein objektorientiertes Verfahren zur Optimierung  
von Geschäftsprozessen unter Verwendung eines  
genetischen Algorithmus.  
IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 289,  
Berlin : Springer, 1999
- Becker, J. ; Kugeler, M. ;  
Rosemann, M.:  
Prozessmanagement: ein Leitfaden zur  
prozessorientierten Organisationsgestaltung.  
Berlin : Springer, 2000
- Benz, Chr.:  
Qualitätscontrolling.  
In: Controlling 10 (1998), Nr. 3, S. 182–84
- Bernardo, J. M. ; Irony, T. Z.:  
A general multivariate Bayesian Process  
Capability Index.  
In: The Statistician 45 (1996), Nr. 3, S. 487–502
- Bissell, A. F.:  
How Reliable is Your Capability Index?  
In: Applied Statistics 39 (1990), Nr. 3,  
S. 331–340
- Blackburn, J. D.:  
Time-based Competition: White-Collar Activities.  
In: Business Horizons 35 (1992), S. 96–101
- Bogaschewsky, R. ; Rollberg, R.:  
Prozeßorientiertes Management.  
Berlin : Springer, 1998
- Boyles, R. A.:  
The Taguchi Capability Index.  
In: Journal of Quality Technology 23 (1991),  
Nr. 1, S. 17–26

- Boyles, R. A.: Process Capability with Asymmetric Tolerances.  
In: Communications in Statistics – Simulations  
23 (1994), Nr. 3, S. 615–643
- Brandstätter, Th. ; Zink, K. J. ;  
Olesen, J.-P.: In Schritten zur Prozessorientierung.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 41 (1996),  
Nr. 5, S. 518–523
- Brede, H.: Prozessorientiertes Controlling wandelbarer  
Strukturen.  
In: Controlling 9 (1997), Nr. 5, S. 326–333
- Brede, H.: Prozessorientiertes Controlling.  
München : Vahlen, 1998
- Bronstein, I. N. ; Semendjajew,  
K. A. ; Musiol, G. ; Mühlig, H. Taschenbuch der Mathematik.  
3., erw. Aufl. Frankfurt a. Main : Thun, 1997
- Buchholz, W.: Time-to-Market-Management: Zeitorientierte  
Gestaltung von Produktinnovationsprozessen.  
Stuttgart : Kohlhammer, 1996
- Carl, C.: Lust aufs Dienstleisten?  
In: SiemensWelt 10 (2001), Nr. 7, S. 16–19
- Chan, L. K. ; Cheng, S. W. ;  
Spiring, F. A.: A New Measure of Process Capability:  $C_{pm}$ .  
In: Journal of Quality Technology 20 (1988),  
Nr. 3, S. 162–175
- Chan, L. K. ; Cheng, S. W. ;  
Spiring, F. A.: A graphical technique for process capability.  
In: ASQC Quality Congress Trans. Dallas, 1995,  
S. 268–275
- Chan, L. K. ; Mak, T. K.: A Process Capability Indicator.  
In: Total Quality Management 4 (1993),  
Nr. 1, S. 39–45
- Chandler, A. D.: Strategy and Structures: Chapters in the History of  
the Industrial Enterprise.  
Cambridge : MIT Press, 1962
- Chen, K. S.: Incapability Index with asymmetric Tolerances.  
In: Statistica Sinica 8 (1998), Nr. 2, S. 253–262
- Choi, I. S. ; Bai, D. S.: Process Capability Indices for skewed populations.  
In: 20<sup>th</sup> International Conference on Computer and  
Industrial Engineering, 1996, S. 1211–1214

- 
- Clements, J. A.: Process Capability Calculations for Non-Normal Distributions.  
In: Quality Progress 22 (1989), Nr. 2, S. 95–100
- Davenport, Th. H. ; Short, J. E.: The new industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign.  
In: Sloan Management Review 31 (1990), Nr. 2, S. 11–27
- Davenport, Th. H.: Process Innovation: Reengineering Work through Information Technologie.  
Boston : Harvard Business Press, 1993
- Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. - DGQ (Hrsg.): DGQ-Schrift 16-31: SPC 1 – Statistische Prozesslenkung.  
1. Aufl. Berlin : Beuth, 1990
- Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. - DGQ (Hrsg.): DGQ-Schrift 16-32: SPC 2 – Qualitätsregelkartentechnik.  
5. Aufl. Berlin : Beuth, 1996
- Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. - DGQ (Hrsg.): DGQ-Band 14-24: Kennzahlen für erfolgreiches Management von Organisationen.  
1. Aufl. Berlin : Beuth, 1999
- Dietrich, E. ; Schulze, A.: Statistische Verfahren zur Qualifikation von Messmitteln, Maschinen und Prozessen.  
3., bearb. und erw. Aufl. München : Hanser, 1998a
- Dietrich, E. ; Schulze, A.: Richtlinien zur Beurteilung von Meßsystemen und Prozessen, Abnahme von Fertigungseinrichtungen.  
München : Hanser, 1998b
- Eiserle, R. ; Hauser, Chr. ; Schwan, Th.: Computergestützte Prozeßbewertung.  
In: Controlling 8 (1996), Nr. 4, S. 272–281
- European Foundation for Quality Management - EFQM (Hrsg.): Das EFQM-Modell für Excellence.  
überarb. deutsche Ausgabe, März 2000
- Eversheim, W.: Prozessorientierte Unternehmensorganisation.  
Berlin : Springer, 1995
- Finkeißen, A. ; Forschner, M. ; Häge, M.: Werkzeuge zur Prozessanalyse und -optimierung.  
In: Controlling 8 (1996), Nr. 1, S. 58–67
- Fischbach, R.: Volkswirtschaftslehre: Einführung und Grundlagen.  
8., Neubearb. Aufl. München : Oldenbourg, 1994

- Fischer, J.:  
Prozessorientiertes Controlling – ein notwendiger Paradigmawechsel?  
In: Controlling 8 (1996), Nr. 4, S. 222–231
- Ford Motor Company (Hrsg.):  
Continuing Process Control and Process Capability Improvement.  
Detroit : Dearborn, 1983
- Forschungsgemeinschaft Qualitätssicherung e.V. (FQS):  
Qualitätssicherung in Dienstleistungsprozessen.  
Berlin : Beuth, 1995
- Frank, R. ; Gärtner, K.-F.:  
Erfolgreich kombinieren.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 43 (1998), Nr. 9, S. 1035–1040
- Frei, U. ; Hartmann, J.:  
Wettbewerbsfähiger mit effektivem Prozessmanagement.  
In: io management 68 (1999), Nr. 10, S. 74–79
- Gaitanides, M.:  
Prozeßorganisation.  
München : Vahlen, 1983
- Gaitanidis, M. ; Raster, M. ; Rießelmann, D.  
Die Synthese von Prozeßmanagement und Kundenmanagement.  
In: Gaitanides, M. ; Scholz, R. ; Vrohling, A. ; Raster, M.: Prozessmanagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering.  
München : Hanser, 1994, S. 207–224
- Gaitanides, M. ; Scholz, R. ; Vrohling, A. ; Raster, M.:  
Prozessmanagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering.  
München : Hanser, 1994
- Garvin, J. S.:  
The Theory of the binormal Distribution and its potential Application in Total Quality Management.  
Ulster, University, Faculty of Informatics, Diss., 1996
- Geiger, W.:  
Qualitätslehre: Einführung, Systematik, Terminologie.  
3., neubearb. und ergänzte Aufl. Braunschweig / Wiesbaden : Vieweg, 1998
- Gleich, R. ; Schimpf, T.:  
Prozeßorientiertes Performance Measurement.  
In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZwF) 94 (1999), S. 414–419

- 
- Griese, J. ; Sieber, P.: Betriebliche Geschäftsprozesse: Grundlagen, Beispiele, Konzepte. Bern : Haupt, 1999
- Groll, K-H: Erfolgssicherung durch Kennzahlensysteme. Freiburg : Haufe, 1990
- Gupta, A. K. ; Kotz, S.: A New Process Capability Index. In: Metrika 45 (1997), S. 213–224
- Hahn, D.: PuK: Controllingkonzepte. 5., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden : Gabler, 1996
- Hammer, M. ; Champy, J.: Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York : Harper Collins, 1993
- Harry, M.: Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability. In: Quality Progress 31 (1998), Nr. 5, S. 60–63
- Hering, E. ; Triemel, J. ; Blank, H.-P.: Qualitätsmanagement für Ingenieure. 4. Aufl. Berlin : Springer, 1999
- Horváth, P.: Controlling-Prozesse optimieren. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1995
- Horváth, P.: Erneuerung des Controlling. In: Bullinger, H.-J. ; Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Berlin : Springer, 1996, S. 937–945
- Horváth, P.: Controlling. 7., vollst. überarb. Aufl. München : Vahlen, 1998
- Horváth, P. ; Mayer, R.: Prozeßkostenrechnung. In: Controlling 1 (1989), Nr. 4, S. 214–219
- Hsiang, T. C. ; Taguchi, G.: A Tutorial on Quality Control and Assurance – The Taguchi Methods. In: American Statistics Association (Veranst.): (Annual Meeting Las Vegas, Nevada 1985), 1985, S. 188–213
- Hunter, J. S.: The Exponentially Weighted Moving Average. In: Journal of Quality Technology 18 (1986), Nr. 3, S. 203–210

- 
- Johnson, N. L. ; Kotz, S. ;  
Pearn, W. L.: Flexible Process Capability Indices.  
In: Pakistan Journal of Statistics 10 (1994),  
Nr. 1, S. 23–31
- Johnson, N. L. ; Leone, F. C.: Cumulative Sum Control Charts, Part I.  
In: Industrial Quality Control 11 (1962a),  
Nr. 18, S. 15-21
- Johnson, N. L. ; Leone, F. C.: Cumulative Sum Control Charts, Part II.  
In: Industrial Quality Control 11 (1962b),  
Nr. 19, S. 29-36
- Juran, J. M.: Der neue Juran: Qualität von Anfang an.  
Landsberg a. Lech : Moderne Industrie, 1993
- Kaiser, B. ; Nowack, H. M. W.: Nur scheinbar instabil.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 44 (1999),  
Nr. 6, S. 761–765
- Kamiske, G. F. ; Füermann, T.: Reengineering versus Prozeßmanagement.  
In: Zeitschrift Führung und Organisation (zfo) 64  
(1995), Nr. 3, S. 142–148
- Kirstein, H.: Qualitätsfähigkeit von Prozessen im Produktions-  
ablauf.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), 32 (1987),  
Nr. 3, S. 113–117
- Kirstein, H.: Denken in Systemen.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), 41 (1996),  
Nr. 1, S. 40–42
- Kleinsorge, P.: Geschäftsprozesse.  
In: Masing, W. (Hrsg.): Handbuch Qualitäts-  
management. 4., überarb. und erw. Aufl.  
München : Hanser, 1999, S. 49–64
- Klepzig, H.-J. ; Schmidt, K.-J.: Prozessmanagement mit System: Unternehmens-  
abläufe konsequent optimieren.  
Wiesbaden : Gabler, 1997
- Kosiol, E.: Organisation der Unternehmung.  
Wiesbaden : Gabler, 1962
- Kotz, S. ; Lovelace, C. R.: Process Capability Indices in Theory and  
Practice.  
London : Arnold, 1998

- Kreuz, W.:  
Prozeß-Benchmarking.  
In: Sabisch, H. ; Tintelnot, C. (Hrsg.): Ergebnisse der Fachtagung Benchmarking, 18.–19.10.1996 in Dresden. Stuttgart, 1997, S. 23–33
- Küpper, H.-U.:  
Controlling: Konzeption, Aufgaben und Instrumente.  
2. Aufl. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1997
- Kushler, R. H. ; Hurley, P.:  
Confidence Bounds for Capability Indices.  
In: Journal of Quality Technology 24 (1992), Nr. 4, S. 188–195
- Lam, C. T. ; Littig, S. J.:  
A New Standard in Process Capability Measurement.  
In: University of Michigan, Department Industrial and Operations Engineering (Hrsg.): Technical Report 92–93. Ann Arbor, 1992
- Lehmkuhler, B.:  
Controlling und Business Process Reengineering.  
In: Controlling 10 (1998), Nr. 3, S. 150–156
- Luceño, A.:  
A Process Capability Index with reliable Confidence Intervals.  
In: Communications Statistics – Simulations 25 (1996), Nr. 1, S. 235–245
- Lücker, M. ; Klüßmann, U.:  
Einseitig tolerieren.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 45 (2000), Nr. 12, S. 1571–1574
- Marcucci, M. O. ; Beazley, C. F.:  
Capability Indices: Process Performance Measures.  
In: Trans. ASQC Congress, 1988, S. 516–523
- Meagher, J.:  
Process Capability: Understanding the Concept.  
In: Quality Progress 33 (2000), Nr. 1, S. 136
- Meyer, C.:  
Betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Kennzahlen-Systeme.  
2., erw. und überarb. Aufl.  
Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1994
- Mittag, H-J:  
Qualitätsregelkarten.  
München : Hanser, 1993
- Montgomery, D. C.:  
Introduction to statistical quality control.  
3. Aufl. New York : John Wiley & Sons, 1997

- 
- Much, D.:  
Prozeßoptimierung durch Integration von  
Workflow-Mangement in PPS-Systemen.  
In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb  
(ZwF) 93 (1998), Nr. 4, S. 148–152
- Nelson, L. S.:  
The Deceptiveness of Moving Averages.  
In: Journal of Quality Technology 15 (1983),  
Nr. 1, S. 99–100
- Nippa, M.:  
Bestandsaufnahme des Reengineering-Konzepts.  
In: Nippa, M. ; Picot, A. (Hrsg.): Prozeß-  
management und Reengineering.  
Frankfurt a. Main : Campus, 1995
- Nordsieck, F.:  
Grundlagen der Organisationslehre.  
Stuttgart : Poeschel, 1934
- Norm DIN EN ISO 9000:2000-12
- Norm E DIN 55319:2000-03
- Osterloh, M. ; Frost, J.:  
Prozeßmanagement als Kernkompetenz: Wie Sie  
Business Reengineering strategisch nutzen können.  
2., akt. und erw. Aufl. Wiesbaden : Gabler, 1998
- Page, E. S.:  
Cumulative Sum Charts.  
In: Technometrics 3 (1961), Nr. 3, S. 1–9
- Parlar, M. ; Wesolowsky, G. O.:  
Specification Limits, Capability Indices, and  
Process Centering in Manufacturing.  
In: Journal of Quality Technology 30 (1998),  
Nr. 3, S. 118–129
- Pearn, W. L. ; Kotz, S.:  
Application of Clements' method for calculating  
second and third generation process capability  
indices for nonnormal Pearsonian populations.  
In: Quality Engineering 7 (1994), Nr. 1,  
S. 139–145
- Pearn, W. L. ; Kotz, S. ;  
Johnson, N. L.:  
Distributional and Inferential Properties of Process  
Capabilty Indices.  
In: Journal of Quality Technology 24 (1992),  
Nr. 4, S. 216–231
- Pepels, W.:  
Qualitätscontrolling bei Dienstleistungen.  
München : Vahlen, 1996

- 
- Picot, A. ; Franck, E.:  
Prozeßorganisation: Eine Bewertung der neuen Ansätze aus Sicht der Organisationslehre.  
In: Nippa, M. ; Picot, A. (Hrsg.): Prozeßmanagement und Reengineering.  
Frankfurt a. Main : Campus, 1995, S. 13–38
- Porter, M. E.:  
Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen erreichen und behaupten.  
5., durchgesehene und erw. Aufl.  
Frankfurt a. Main : Campus, 1999
- Porter, L. J. ; Oakland, J. S.:  
Process Capability Indices: an Overview of Theory and Practice.  
In: Quality Reliability Engineering International 7 (1991), Nr. 6, S. 437–448
- Reichmann, Th.:  
Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten.  
5., überarb. und erw. Aufl. München: Vahlen, 1997
- Rinne, H. ; Mittag, H.-J.:  
Statistische Methoden der Qualitätssicherung.  
3., überarb. Aufl. München : Hanser, 1995
- Rinne, H. ; Mittag, H.-J.:  
Prozeßfähigkeitsmessung für die industrielle Praxis.  
München : Hanser, 1999
- Rittershofer, W. (Hrsg.):  
Das Lexikon Wirtschaft, Arbeit, Umwelt, Europa.  
7., erw. Aufl. Frankfurt a. Main : Bund, 1994
- Roberts, S. W.:  
Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages.  
In: Technometrics 1 (1959), Nr. 3, S. 239–250
- Rötzel, A.:  
Qualitätssicherung in der Praxis.  
Berlin : VDE, 1992
- Rohm, Chr.:  
Prozeßmanagement als Fokus im Unternehmenswandel.  
Gießen : Ferber, 1998  
Zugl.: Gießen, Universität, Diss., 1997
- Roos, A.:  
Verfahren und Werkzeuge zur Modellierung von Geschäftsprozessen.  
In: Bullinger, H.-J. ; Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen.  
Berlin : Springer, 1996, S. 667–679

- 
- Scheer, A.-W.:  
Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse.  
7. Aufl. Berlin : Springer, 1997
- Scheer, A.-W.:  
ARIS – Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem.  
3. Aufl. Berlin : Springer, 1998
- Scheer, A.-W. ; Breitling, M.:  
Geschäftsprozesscontrolling im Zeitalter des E-Business.  
In: Controlling 12 (2000), Nr. 8/9, S. 397–402
- Schmelzer, H. J. ; Friedrich, W.:  
Integriertes Prozess-, Produkt- und Projektcontrolling.  
In: Controlling 9 (1997), Nr. 5, S. 334–344
- Schmelzer, H. J. ; Sesselmann, W.:  
Assessment von Geschäftsprozessen.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 43 (1998), Nr. 1, S. 39–43
- Schneck, O.:  
Lexikon der Betriebswirtschaft.  
4., völlig überarb. und erw. Aufl.  
München : dtv, 2000
- Seghezzi, H. D.:  
Integriertes Qualitätsmanagement.  
München : Hanser, 1996
- Seidel, K.:  
Betriebsorganisation.  
Berlin : Springer, 1932
- Servatius, H. G.:  
Vom Reengineering zum Wissensmanagement.  
In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Neue Märkte, neue Medien, neue Methoden – Roadmap zur agilen Organisation (19. Saarbrücker Arbeitstagung für Industrie, Dienstleistung und Verwaltung Saarbrücken 1998), Saarbrücken : Physica, 1998, S. 323–351
- Siegle, K.-P.:  
Geschäftsprozesse und Kernkompetenzen.  
In: Gaitanides, M. ; Scholz, R. ; Vrohlings, A. ; Raster, M.: Prozessmanagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering.  
München : Hanser, 1994, S. 164–180
- Singpurwalla, N. D.:  
The Stochastic control of Process Capability Indices.  
Manuscript. Washington, DC : George Washington University, 1997

- 
- Smith, B.: Six-sigma design.  
In: IEEE Spectrum 30 (1993) Nr. 9, S. 43–47
- Spiring, F. A.: A unifying Approach to Process Capability Indices.  
In: Journal of Quality Technology 29 (1997),  
Nr. 1, S. 49–58
- Spur, G.: Produktion.  
In: Akademischer Verein Hütte e.V. ; Czichos, H.  
(Hrsg.): Hütte: die Grundlagen der Ingenieur-  
wissenschaften.  
30., neubearb. und erw. Aufl. Berlin : Springer,  
1996, S. L1–L49
- Stark, R.: Stabil trotz  $C_{pk} < 1$ .  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 44 (1999),  
Nr. 10, S. 1264–1268
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 2000 für die Bundesrepublik  
Deutschland.  
Stuttgart : Metzler-Poeschel, 2000
- Steinle, C. ; Bruch, H. (Hrsg.): Controlling: Kompendium für Controller-  
innen und ihre Ausbildung.  
2., erw. Aufl. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1999
- Steinle, C. ; Thiem, H. ;  
Kirchhoff, F.: Entwicklungsstand eines prozessorientierten  
Controlling.  
In: Controller Magazin (2000), Nr. 2, S. 122–127
- Tang, L. C. ; Than, S. E.: Computing Process Capability Indices for non-  
normal Data: A Review and comparative Study.  
In: Quality Reliability Engineering International  
15 (1999), Nr. 1, S. 339–353
- Thielmann, D.: Produkt- und Strukturkosten.  
In: Controller Magazin (2000), Nr. 2, S. 180–183
- Thomas, Ph. R.: Competitiveness Through Total Cycle Time: An  
Overview For CEOs.  
New York : McGraw-Hill, 1990
- Trautner, A.: Six Sigma und Prozessoptimierungssoftware.  
In: Quality Engineering 20 (2001), Nr. 1/2,  
S. 28–29
- Trumpold, H. ; Pertuch, C.: Jenseits der Normalverteilung.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 45 (2000),  
Nr. 7, S. 888–893

- Vännman, K.: A Unified Approach to Capability Indices.  
In: *Statistica Sinica* 5 (1995), Nr. 2 S. 805–820
- Vännman, K. ; Kotz, S.: A Superstructure of Capability Indices:  
Distributional Properties and Implications.  
*Scandinavian Journal of Statistics* 22 (1995a),  
S. 477–491
- Vännman, K. ; Kotz, S.: A Superstructure of Capability Indices:  
Asymptotics and its Implications.  
In: *International Journal of Reliability, Quality and  
Safety Engineering* 2 (1995b), Nr. 4, S. 343–360
- Wall, F. ; Hirsch, B. ;  
Attorps, J.: Umsetzung eines prozessbezogenen Controlling:  
Ergebnisse einer empirischen Untersuchung.  
In: *Controlling* 12 (2000), Nr. 4/5, S. 243–250
- Wallgreen, E.: Properties of the Taguchi Capability Index for  
Markov dependent Quality Characteristics.  
Örebro, University, Diss., 1996
- Weber, J.: Einführung in das Controlling.  
8., akt. und erw. Aufl. Stuttgart : Schäffer-  
Poeschel, 1999
- Westermann, F.: Reifegradmodell.  
In: *Software@Siemens* (1998), Nr. 9, S. 41–43
- Western Electric (Hrsg.): Statistical Quality Control Handbook.  
Indianapolis : Western Electric, 1956
- Wildemann, H.: Kosten- und Leistungsbeurteilung von Qualitäts-  
sicherungssystemen.  
In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB)*  
62 (1992), Nr. 7, S. 761–782
- Wildemann, H.: Qualitätscontrolling von Leistungsprozessen.  
In: Wildemann, H. (Hrsg.): *Controlling im TQM*.  
Berlin : Springer, 1996, S. 99–137
- Wöhe, G. ; Döring, U.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschafts-  
lehre.  
20., neubearb. Aufl. München : Vahlen, 2000
- Wright, P. A.: A Process Capability Index sensitive to Skewness.  
In: *Journal of Statistical Computer Simulation*  
52 (1995), Nr. 1, S. 195–203

Zinkernagel, J.:

Prozesscontrolling im Entwicklungsprozess eines Automobilzulieferers.

In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Neue Märkte, neue Medien, neue Methoden – Roadmap zur agilen Organisation (19. Saarbrücker Arbeitstagung für Industrie, Dienstleistung und Verwaltung Saarbrücken 1998), Saarbrücken : Physica, 1998, S. 551–570