

**ERMITTLUNG DES WIRTSCHAFTLICHEN NUTZENS PRÄVENTIVER
QUALITÄTSMANAGEMENT-METHODEN IN SERIENENTWICKLUNGSPROJEKTEN**

von Diplom-Ingenieur
Thomas Dietmüller
aus Stuttgart

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

Doktor der Ingenieurwissenschaften
- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. H. Pucher

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. J. Herrmann

Dr.-Ing. C. v. Mühlendahl

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 13.04.2007

Berlin 2007

D83

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand in meiner Zeit als externer Doktorand am Fachgebiet Qualitätswissenschaft des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Herrmann für das in mich gesetzte Vertrauen und die hervorragende Betreuung. Seine Unterstützung hat diese Arbeit erst möglich gemacht. Bei Herrn Dr.-Ing. C. v. Mühlendahl bedanke ich mich herzlich für die Übernahme des Koreferats sowie für die zahlreichen konstruktiven Diskussionen. Für den Vorsitz im Prüfungsausschuss danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Pucher.

Am Fachgebiet Qualitätswissenschaft habe ich den freundschaftlichen Umgang und die gute Atmosphäre sehr zu schätzen gelernt. Dafür möchte ich mich gerne bei meinen Kollegen und Kolleginnen am Fachgebiet bedanken. Darüber hinaus gilt Frau F. Sveceny großer Dank für Ihre herzliche Art und den gelebten Servicegedanken im Fachgebiet Qualitätswissenschaft.

Die praktische Umsetzung erfolgte in Zusammenarbeit mit einem global tätigen Automobilzulieferer. Mein bester Dank gilt daher meinem Betreuer Herrn D. Engelhardt. Seine Unterstützung meiner Arbeit und die dabei gewährten Freiräume haben mir ein spannendes und herausforderndes Arbeitsfeld ermöglicht. Darüber danke ich allen weiteren Mitarbeitern des Unternehmens, die mich durch ihre Mitarbeit bei der Kennzahlenermittlung unterstützt haben.

Für die konstruktive Auseinandersetzung mit meiner Arbeit danke ich Frau Dr. med. S. Kirsch, Herrn A. Elster, Herrn N. Kröger und Herrn C. Dittrich sowie für die studentische Mithilfe Herrn J.-F. Janssen.

Meinen Freundinnen und Freunden, die mich in diesen drei Jahren begleitet haben, danke ich für die wunderschöne und unbeschwerte Zeit.

Mein größter Dank gilt jedoch meinen Eltern sowie meinen Geschwistern Eva und Roland. Ihre uneingeschränkte Unterstützung und das mir geschenkte Vertrauen aber auch die gelegentliche Ablenkung bildeten die Grundlage für diese Arbeit.

Stuttgart, im April 2007

Thomas Dietmüller
thomasdietmueller@yahoo.de

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Zielstellung	2
1.2	Aufbau der Arbeit	3
2	BEGRIFFE UND GRUNDLAGEN.....	4
2.1	Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Produktentwicklung	4
2.1.1	Produktentwicklung	4
2.1.2	Management der Produktentwicklung.....	5
2.2	Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Projektmanagement	5
2.2.1	Projekt und Klassifikation von Entwicklungsprojekten	5
2.2.2	Projektmanagement	7
2.3	Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Qualitätsmanagement	13
2.3.1	Qualität und Zuverlässigkeit	13
2.3.2	Präventives Qualitätsmanagement	13
2.3.3	Präventive Qualitätsmanagement-Methoden	15
2.3.4	Wirtschaftlichkeit des Qualitätsmanagements.....	19
2.3.5	Qualitätscontrolling	23
2.4	Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Performance Measurement	25
2.4.1	Performance und Performance Measurement	25
2.4.2	Kennzahlen und Kennzahlensysteme.....	28
3	FORSCHUNGSPROBLEM UND STAND DES WISSENS.....	30
3.1	Optimierungsproblematik des präventiven Qualitätsmanagements	30
3.2	Anforderungen an das Lösungsmodell und die Vorgehensweise	31
3.3	Stand des Wissens	33
3.3.1	Ansätze aus dem Bereich Produktentwicklung	33
3.3.2	Ansätze aus dem Bereich Projektmanagement	34
3.3.3	Ansätze aus dem Bereich Qualitätsmanagement	35
3.3.4	Ansätze aus dem Bereich Performance Measurement	38
3.4	Handlungs- und Forschungsbedarf	41
4	LÖSUNGSMODELL	43
4.1	Grundgedanke	43
4.2	Vorgehensweise.....	44
4.3	Voraussetzungen	46
5	ENTWICKLUNG DES PERFORMANCE MEASUREMENTS	47

5.1	Ursache-Wirkungskette	47
5.1.1	Bestehende Modelle qualitätsbezogener Ursache-Wirkungsketten	47
5.1.2	Modell der Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement	49
5.1.3	Unternehmensspezifische Anpassung der Ursache-Wirkungskette	50
5.1.4	Nutzen und Fazit	50
5.2	Potential der Methoden	51
5.2.1	Fehlerkostenanalyse	51
5.2.2	Durchführung der Fehlerkostenanalyse	52
5.2.3	Qualitätsstrategie.....	53
5.2.4	Nutzen und Fazit	54
5.3	<i>Befähiger</i> -Kennzahlensystem.....	55
5.3.1	Perspektiven des <i>Befähiger</i> -Kennzahlensystems	55
5.3.2	Vorgehen beim Aufbau des <i>Befähiger</i> -Kennzahlensystems	55
5.3.3	Identifikation der Einflussgrößen.....	56
5.3.4	Auswahl und Gewichtung der Erfolgsfaktoren	58
5.3.5	Ableitung und Definition der <i>Befähiger</i> -Kennzahlen.....	60
5.3.6	Nutzen und Fazit	65
5.4	Klassifikations-Kennzahlen	66
5.4.1	Projekt-Stammdaten.....	67
5.4.2	Projektrisiko.....	67
5.4.3	Projektverlauf	70
5.4.4	Fazit	70
5.5	<i>Ergebnis</i> -Kennzahlen.....	71
5.5.1	Interne Fehlerkosten.....	71
5.5.2	Externe Fehlerkosten	73
5.5.3	Fazit	73
5.6	Zusammenfassende Betrachtung.....	73
6	BETRIEB DES PERFORMANCE MEASUREMENTS	75
6.1	Operativer Betrieb des Performance Measurements	75
6.1.1	Qualitätsregelkreis <i>Befähiger</i>	76
6.1.2	Projektplanung und Projektabschluss	77
6.1.3	Qualitätsregelkreis <i>Ergebnisse</i>	80
6.1.4	Nutzen und Fazit	81
6.2	Strategisches Betrieb des Performance Measurements	81
6.2.1	Qualitätsregelkreis <i>Innovation</i> und <i>Lernen</i>	82
6.2.2	Projektvergleich.....	82
6.2.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	87
6.2.4	Nutzen und Fazit	90
7	PRAKTISCHE ANWENDUNG.....	92

7.1	Ausgangssituation.....	92
7.2	Entwicklung des Performance Measurements.....	92
7.3	Betrieb des Performance Measurements	96
7.4	Anwendungsfazit.....	102
8	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	103
9	ANHANG	105
10	LITERATURVERZEICHNIS.....	109

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit.....	3
Abbildung 2: Management von Entwicklungsprojekten [nach EVERSHEIM 1998, S. 64]	8
Abbildung 3: Regelkreis des Einzelprojektmanagements [BURGHARDT 2002, S. 20].....	9
Abbildung 4: Beispiel eines Masterplans (Ausschnitt)	10
Abbildung 5: Formblatt der System-FMEA [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 9]	16
Abbildung 6: Die Methoden des House of Reliability [AUBELE 2004, S. 22]	18
Abbildung 7: Modell qualitätsbezogener Kosten [WENDEHALS 2000, S. 80].....	21
Abbildung 8: Regelkreis des Qualitätscontrollings [ANDERNACH 2006, S. 12].....	24
Abbildung 9: Regelkreis der Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements	30
Abbildung 10: Das EFQM-Modell für Excellence [EFQM 2000, S. 10].....	35
Abbildung 11: Kennzahlensystem nach WOLTER [nach WOLTER 1997, S. 61].....	36
Abbildung 12: Kennzahlensystem nach EULER [EULER 1998, S. 52]	38
Abbildung 13: Perspektiven der BSC [KAPLAN/NORTON 1997, S. 9]	39
Abbildung 14: Ursache-Wirkungskette [nach KAPLAN/NORTON 1997, S. 29].....	39
Abbildung 15: Ebenen bzw. Perspektiven der Project Scorecard [ebenda, S. 2]	40
Abbildung 16: Idealtypischer Erstellungs- und Nutzungszyklus [ebenda, S. 69]	41
Abbildung 17: Grundstruktur des Lösungsmodells	43
Abbildung 18: Grundsätzliche Vorgehensweisen	43
Abbildung 19: Struktur der Vorgehensweise des Lösungsmodells	45
Abbildung 20: Erfolgskette des Qualitätsmanagements [nach BRUHN/GEORGI 1999, S. 3] .	48
Abbildung 21: Ursache-Wirkungskette der Quality Function Deployment [ebenda]	48
Abbildung 22: Modell der Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement .	49
Abbildung 23: Vorgehen bei der Fehlerkostenanalyse	52
Abbildung 24: Beispiel zur Anpassung des Potentials durch die Qualitätsstrategie	54
Abbildung 25: Vorgehen beim Aufbau des Befähiger-Kennzahlensystems	56
Abbildung 26: Beispiel einer Prozessbeschreibung	57
Abbildung 27: Beispiel zur Berechnung von Nutzwert und Ableitung der Gewichtung	60
Abbildung 28: Kennzahlen der Potentialperspektive.....	61
Abbildung 29: Beispiel zur Berechnung der Kennzahlen der Potentialperspektive	61
Abbildung 30: Phasengewicht	62
Abbildung 31: Beispiel zur Festlegung der Phasengewichte	62
Abbildung 32: Kennzahlen der Prozessperspektive.....	63
Abbildung 33: Beispiel zur Berechnung der Kennzahlen der Prozessperspektive	63
Abbildung 34: Kennzahlen der Kostenperspektive - Fehlerverhütungskosten	65

Abbildung 35: Ebenen des Befähiger-Kennzahlensystems	66
Abbildung 36: Grundstruktur der Klassifikations-Kennzahlen	67
Abbildung 37: Beispiel zur Auswahl und Gewichtung der Risikokategorien.....	69
Abbildung 38: Projektrisiko-Kennzahl.....	70
Abbildung 39: Kennzahlen der Kostenperspektive – interne Fehlerkosten (Teil 1)	72
Abbildung 40: Prognose interner Fehlerkosten.....	72
Abbildung 41: Kennzahlen der Kostenperspektive – interne Fehlerkosten (Teil 2)	72
Abbildung 42: Kennzahlen der Kostenperspektive – externe Fehlerkosten	73
Abbildung 43: Projekt-Kennzahlensystem	74
Abbildung 44: Qualitätsregelkreise für Serienentwicklungsprojekte.....	75
Abbildung 45: Qualitätsregelkreis Befähiger.....	76
Abbildung 46: Integration der Klassifikations-Kennzahlen im Projektlebenszyklus	78
Abbildung 47: Klassifikation und Projektplanung	79
Abbildung 48: Qualitätsregelkreis Ergebnisse	80
Abbildung 49: Qualitätsregelkreis Innovation und Lernen.....	82
Abbildung 50: Bivariate und multivariate Verfahren zur Analyse der Projekt-Kennzahlen.....	83
Abbildung 51: Streudiagramm mit Regressionsgerade und Bestimmtheitsmaß.....	85
Abbildung 52: Gruppen und Schwerpunkte	88
Abbildung 53: Qualitätskosten der Gruppen.....	89
Abbildung 54: Ursache-Wirkungskette im Unternehmen	93
Abbildung 55: Ergebnisse der Fehlerkostenanalyse im Unternehmen.....	94
Abbildung 56: Ursache-Wirkungskette mit den Ergebnissen der Fehlerkostenanalyse.....	94
Abbildung 57: Phasenbezogenes Controlling des Prozessreifegrades.....	95
Abbildung 58: Regressionsanalyse: Potentialreifegrad-Prozessreifegrad (alle Projekte)	97
Abbildung 59: Regressionsanalyse: Prozessreifegrad-Fehlerverhütungskosten.....	98
Abbildung 60: Regressionsanalyse: Prozessreifegrad-Fehlerkosten	99
Abbildung 61: Ursache-Wirkungskette für Anpassungsentwicklungen	100
Abbildung 62: t-Test und erwartete Gruppenunterschiede für den Methodenbaum FMEA ...	101
Abbildung 63: Regressionsanalyse: Prozessreifegrad-Fehlerkosten	107
Abbildung 64: Ursache-Wirkungskette für Innovationsentwicklungen.....	107
Abbildung 65: t-Test und erwartete Gruppenunterschiede für die Prozessserie	108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Risikokategorien für Entwicklungsprojekte.....	7
Tabelle 2: Definition und Elemente der Gruppen qualitätsbezogener Kosten	20
Tabelle 3: Nutzen des Qualitätsmanagements [nach BRUHN/GEORGI 1999, S. 75].....	22
Tabelle 4: Nutzen des Qualitätsmanagements [ebenda, S. 77]	22
Tabelle 5: Nutzen präventiver Qualitätsmanagement-Methoden [nach THEDEN 1997, S. 78]	23
Tabelle 6: Definitionen zum Begriff Performance	25
Tabelle 7: Definitionen zum Begriff Performance Measurement.....	26
Tabelle 8: Merkmale des Performance Measurements	27
Tabelle 9: Anforderungen an das Lösungsmodell und die Vorgehensweise.....	31
Tabelle 10: Bewertung der Ansätze	42
Tabelle 11: Nutzen der Ursache-Wirkungskette	50
Tabelle 12: Quelle-Senke-Matrix der Fehlerkostenanalyse	51
Tabelle 13: Nutzen von Fehlerkostenanalyse und Qualitätsstrategie	54
Tabelle 14: Projektrisikokategorien für Serienentwicklungsprojekte	68
Tabelle 15: Beispiel zur Beschreibung des Risikogrades	69
Tabelle 16: Nutzen des operativen Betriebs des Performance Measurements.....	81
Tabelle 17: Nutzen des strategischen Betriebs des Performance Measurements	91
Tabelle 18: Klassifikationsmerkmale und Klassifikationen von (Entwicklungs-)Projekten	106

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Abschnitt
AMOS	Analysis of Moment Structures
BSC	Balanced Scorecard
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAQ	Computer Aided Quality
DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
Diss.	Dissertation
eFK	externe Fehlerkosten
EFQM	European Foundation for Quality Management
EN	Europäische Norm
EOP	End of Production
ET AL.	et alteri
f	folgende
ff	fortfolgende
FK	Fehlerkosten
FMEA	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse
FVK	Fehlerverhütungskosten
HK	Herstellkosten
HoR	House of Reliability
Hrsg.	Herausgeber
iFK	interne Fehlerkosten
ISO	International Organization for Standardization
Jg.	Jahrgang
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
LISREL	Linear Structural Relationships
NASA	National Aeronautics and Space Administration
o. A.	ohne Angabe
PR	Projektrisiko
R	Korrelationskoeffizient
RPZ	Risikoprioritätszahl

S.	Seite
SOP	Start of Production
TQM	Total Quality Management
TS	Technische Spezifikation
u. a.	unter anderem
VDA	Verband der Automobilindustrie
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Der intensive Wettbewerb in umkämpften Märkten, die steigenden Ansprüche der Kunden und die hohe Technologiedynamik stellen an die heutige Automobilindustrie besondere Anforderungen. Als weitere Herausforderungen kommen die zunehmende Differenzierung der Produkte sowie die Globalisierung der Wertschöpfung hinzu. Die Unternehmen sind gefordert, ihre Leistungen kundenorientiert, qualitativ hochwertig und gleichzeitig kosten- und zeiteffizient zu gestalten.

Wesentliches Merkmal der Automobilindustrie ist die zunehmende Globalisierung. Dabei sind Entwicklungsleistungen und Produktionsprozesse gleichermaßen betroffen. So bauen deutsche Hersteller und Zulieferer mittlerweile in mehr als 80 Ländern in fast 2000 Produktions- und Montagstätten Fahrzeuge und Teile [VDA 2005, S. 13]. Allein der Anteil im Ausland hergestellter Fahrzeuge der deutschen Marken betrug 1999 schon über 46% [ebenda, S. 12]. Über 11% der Forschungs- und Entwicklungsleistungen wurden bereits 1995 von deutschen Unternehmen der Automobilindustrie im Ausland erbracht [VDA 1998, S. 52]. Wie bei den Produktionsstandorten ist auch bei den Entwicklungsstandorten ein verstärkter Wettbewerb zu erwarten [HAB ET AL. 2003, S. 15]. Durch die Globalisierung der Wertschöpfung herrscht in der Automobilindustrie ein großer Wettbewerbsdruck, der zu einer weiteren Konsolidierung der Branche führt. Nach Schätzungen wird sich die Anzahl der Zulieferer von 2000 bis 2010 um ca. die Hälfte reduzieren [KALMBACH/DANNENBERG 2004, S. 5]. Gleichzeitig steigen die Wertschöpfungsanteile der Zulieferer von 65% im Jahr 2002 bis auf 77% im Jahr 2015 [ebenda, S. 4]. Damit übernehmen Automobilzulieferer auch in Zukunft weitere Entwicklungsleistungen und Prototypenkosten. Der wirtschaftliche Druck erhöht sich, da diese Leistungen oftmals erst in laufender Serie vergütet werden und nicht zum Produktionsstart des betreffenden Fahrzeugs [BEHLMER/KÖTH 2002, S. 26]. Mit Effizienz- und Effektivitätsoptimierungen versucht die Automobilzulieferindustrie diesen Anforderungen zu begegnen.

Die hohe Technologiedynamik stellt ein weiteres Kennzeichen der Automobilindustrie dar. Hierbei spielt insbesondere die Elektronik eine entscheidende Rolle [HARNISCHFEGGER 2003, S. 12]. Während die Automobilhersteller die technologischen Innovationen für eine verbesserte Wettbewerbsposition nutzen, erhöht sich für die Automobilzulieferer der Koordinations- und Synchronisationsaufwand [ZOHM 2004, S. 1ff]. Um zusätzliche Wachstumspotentiale zu erschließen, gehen die Automobilhersteller verstärkt auf individuelle Kundenanforderungen ein. Dies erhöht die Produkt- und Variantenvielfalt [REITHOFER ET AL. 2002, S. 77]. Mit jeder zusätzlichen Innovation, neuen Funktion und Fahrzeugvariante steigen die Komplexität und damit das Ausfallrisiko [SAATWEBER 2005, S. 381], wie sich in der Erhöhung der Fahrzeugrückrufe der letzten Jahre zeigt [vgl. KBA 2005, S. 6].

Gleichzeitig wachsen die Kundenanforderungen [SPATH ET AL. 2001, S. 1546] und damit die Garantiefumfänge. Die Folge ist ein deutlicher Anstieg der Garantie- und Gewährleistungskosten. Aufgrund der hohen Entwicklungsanteile der Zulieferer werden diese Kosten vom Automobilhersteller weiterbelastet [BEHLMER/KÖTH 2002, S. 27]. Diese Kosten bedeuten speziell für die Automobilzulieferer ein schwer zu kalkulierendes Risiko.

Zusammenfassend stellen die globale Aktivität, die zunehmende Differenzierung und die höheren Funktionsumfänge sowie die steigende Qualitätsanforderungen die wesentlichen Herausforderungen für die Automobilhersteller und ihre Zulieferer dar. Um diesen vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, reichen Maßnahmen zur Optimierung oder Kosteneinspa-

rung in den operativen Prozessen der Fertigung, Logistik und des Kundendienstes nicht aus. Vielmehr müssen auch die vorgelagerten Entwicklungsprozesse für Effizienz- und Effektivitätssteigerungen in Betracht gezogen werden [WLEKLINSKI 2001, S. 2; HAB ET AL. 2004, S. 1].

In den Entwicklungsprozessen ist das systematische Qualitätsmanagement von fundamentaler Bedeutung [SAATWEBER 2005, S. 358; REGIUS 2005, S. 11ff; PFEIFER/CANALES 2005, S. 115] und wird in Anbetracht der steigenden Kundenanforderungen und den damit verbundenen Garantiekosten immer wichtiger. Ziel des Qualitätsmanagements in der Entwicklung ist, die vom Kunden gewünschte Qualität konsequent zu realisieren sowie Risiken und Fehlerquellen entlang des Produktentstehungsprozesses frühzeitig zu erkennen und zu minimieren [DGQ-Band 13-51 1995, S. 7f]. Durch ein wirksames Qualitätsmanagement in der Entwicklung lassen sich die Fehlerkosten senken [BRUHN/GEORGI 1999, S. 3f; ROMMEL ET AL. 1995, S. 1]. Dabei stellen die Fehlerkosten, die in der Automobilzulieferindustrie zwischen 1 und 2,7% des Umsatzes betragen [vgl. ROMMEL ET AL. 1995, S. 44], ein erhebliches Kostensenkungspotential dar. Gleichzeitig trägt das präventive Qualitätsmanagement zu den Entwicklungskosten bei. So investieren die Unternehmen der Automobilzulieferindustrie zwischen 0,7 und 0,9% des Umsatzes in präventives Qualitätsmanagement [ebenda].

Vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Herausforderungen ergibt sich die Notwendigkeit von Effektivitäts- und Effizienzsteigerungen beim Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements in Serienentwicklungsprojekten, um damit gezielter zur Senkung der Fehlerkosten beizutragen [vgl. WILDEMANN 2005, S. 21; vgl. BRUHN/GEORGI 1999, S. 10].

1.1 Zielstellung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Vorgehensweise, die eine systematische Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements in den Entwicklungsprojekten ermöglicht. Für die Optimierung ist sowohl die Auswahl der richtigen Methoden bei der Projektplanung von Bedeutung als auch der erfolgreiche Einsatz der Qualitätsmanagement-Methoden während der Durchführung des Entwicklungsprojektes. Um bei der Projektplanung die richtige Methodenauswahl zu treffen, muss der wirtschaftliche Nutzen des präventiven Qualitätsmanagements erfasst werden. Um hingegen den erfolgreichen Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements während der Entwicklung zu verbessern, muss dem Projekt- bzw. Qualitätsmanagement ein Instrument zur Verfügung gestellt werden, das den Einsatz der Methoden projektspezifisch ermittelt und bewertet.

Es ergibt sich die Aufgabe, die Leistung und die kostensenkende Wirkung des Einsatzes präventiver Qualitätsmanagement-Methoden zu erfassen, zu bewerten und daraus projektspezifische bzw. projektübergreifende Erkenntnisse zur verbesserten Durchführung und Planung der Methoden zu gewinnen. Ausgehend von den Prozessen sind entsprechende Messgrößen zu erarbeiten und auszuwerten. Die Erkenntnisse sind für unterschiedliche Projektklassen aufzubereiten und in Regelkreise zurückzuführen. Ziel der Vorgehensweise ist es, zu bestimmen, welche präventiven Qualitätsmanagement-Methoden für welches Produkt bzw. Projekt in welchem Umfang zu planen und durchzuführen sind, um die geforderte Qualität sicherzustellen. Damit lassen sich folgende Fragen ableiten, die es zu beantworten gilt:

- Woran lässt sich in der Entwicklungsphase der erfolgreiche Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden erkennen?
- Welchen wirtschaftlichen Nutzen haben präventive Qualitätsmanagement-Methoden?

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich wie folgt in acht Kapitel (siehe Abbildung 1).

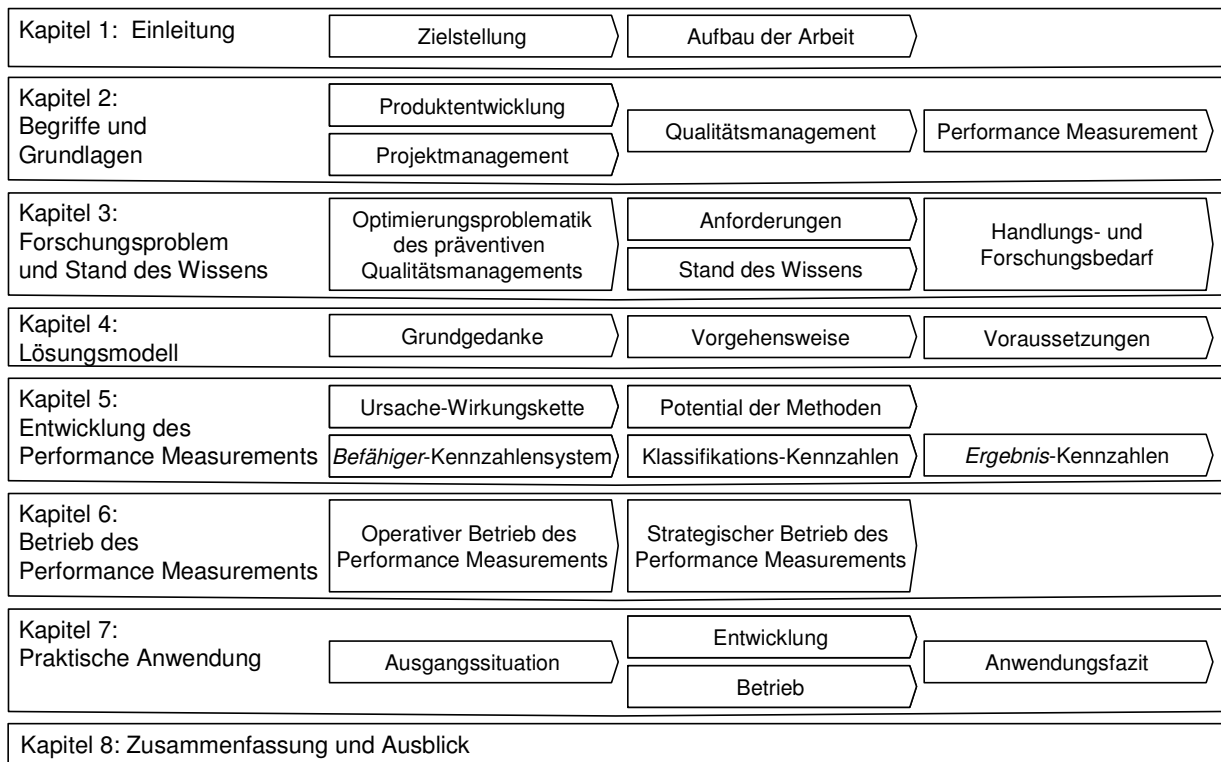


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

Im ersten Kapitel wird eine Einführung in die Thematik gegeben und die Zielstellung sowie der Aufbau der Arbeit formuliert. In Kapitel zwei werden die notwendigen Begriffe definiert und die Schnittstellen des präventiven Qualitätsmanagements mit der Produktentwicklung, dem Projekt- und Qualitätsmanagement sowie das Konzept des Performance Measurements diskutiert. Darauf aufbauend werden im nächsten Kapitel die Optimierungsproblematik präventiver Qualitätsmanagement-Methoden thematisiert und die Anforderungen an eine geeignete Vorgehensweise zur Bewertung des präventiven Qualitätsmanagements erarbeitet. Anhand dieser Anforderungen wird der Stand des Wissens analysiert und der Handlungs- und Forschungsbedarf abgeleitet. In den Kapiteln vier bis sechs erfolgt die Ausarbeitung einer Vorgehensweise für die Ermittlung, Bewertung und Optimierung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden. Zunächst wird in Kapitel vier die Grundstruktur des Lösungsmodells vorgestellt. Im Kapitel fünf wird das Kennzahlensystem zur Leistungsermittlung entwickelt. Im Kapitel sechs wird die Durchführung der Leistungsermittlung mit den zugehörigen Qualitätsregelkreisen beschrieben. Die praktische Anwendung der Vorgehensweise in einem Unternehmen der Automobilzulieferindustrie erfolgt in Kapitel sieben. Die Zusammenfassung und der Ausblick schließen in Kapitel acht die Arbeit ab.

2 Begriffe und Grundlagen

In diesem Kapitel werden die im Rahmen der vorliegenden Arbeit relevanten Begriffe und Grundlagen aus den Bereichen *Produktentwicklung*, *Projekt-* und *Qualitätsmanagement* sowie *Performance Measurement* dargestellt.

2.1 Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Produktentwicklung

Da die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden im Entwicklungsprozess zur Anwendung kommen, gilt es, in diesem Kapitel den Begriff der *Produktentwicklung* zu klären und das *Management der Produktentwicklung* zu beschreiben. Der Begriff der Entwicklung wird zunächst getrennt vom Projektbegriff behandelt.

2.1.1 Produktentwicklung

Entwicklung ist laut DIN EN ISO 9000 [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.4.4] definiert als ein „Satz von Prozessen, der Forderungen in festgelegte Merkmale¹ oder in die Spezifikation eines Produktes², eines Prozesses³ oder eines Systems⁴ umwandelt“.

Bei der „Umwandlung“ setzt die Entwicklung bereits vorhandenes Wissen ein, das durch einen vorausgegangenen Forschungsprozess gewonnen wurde. Damit grenzt sich die Entwicklung von dem Prozess der Forschung ab, der die Erweiterung von Wissen zum Ziel hat [SPECHT 2002, S. 14; BROCKHOFF 1999, S. 48]. Im Gegensatz zur Forschung hat die Entwicklung einen Bezug zu einer ökonomisch-anwendungsorientierten Produkt- und Prozessgestaltung [BÜRCEL 1996, S. 10] und endet mit einer fertigen und erprobten Produktgestalt und Produktionsanlage. In der Automobilindustrie definiert der Produktionsbeginn den Abschluss des Entwicklungsprozesses [RÖPKE 2003, S. 17].

Der Entwicklungsprozess lässt sich in der betrieblichen Praxis weiter differenzieren. Vor der eigentlichen Produktentwicklung findet mit der Vorentwicklung die Prüfung der technischen Umsetzbarkeit der Forschungsergebnisse statt [SPECHT 2002, S. 15]. Die Vorentwicklung zielt auf die prinzipielle technische Realisierbarkeit von Teilsystemen des eigentlichen Produktes, ohne das Gesamtprodukt zu betrachten [FISCHER/DANGELMAIER 2000, S. 224]. In der Vorentwicklung wird das Grundwissen zur Verfügung gestellt, das in der Produktentwicklung zur Anwendung kommt. Die Produktentwicklung ist auf ein gesamtes Produkt bezogen und umfasst u. a. die ganzheitliche Planung eines vielfältigen Einflüssen unterliegenden Produktlebens. Beginnend mit der Umsetzung der Kundenanforderungen in die Produktspezifikationen wird im Prozess der Produktentwicklung die Produktausarbeitung realisiert. In der Litera-

¹ Ein Merkmal ist definiert als „Kennzeichnende Eigenschaft“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.5.1]; Anmerkung 1: Ein Merkmal kann inhärent oder zugeordnet sein; Anmerkung 2: Ein Merkmal kann qualitativer oder quantitativer Natur sein; Anmerkung 3: Es gibt verschiedene Klassen von Merkmalen [ebenda]. Zum Merkmalsbegriff siehe auch GEIGER/KOTTE [GEIGER/KOTTE 2005, S. 77ff].

² Ein Produkt ist in der DIN EN ISO 9000 [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.4.2] definiert als „Ergebnis eines Prozesses“. Es werden vier Produktkategorien unterschieden [ebenda, Anmerkung 1]: Dienstleistungen, Software, Hardware und verfahrenstechnische Produkte.

³ Ein Prozess ist in der DIN EN ISO 9000 [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.4.1] definiert als „Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“.

⁴ Ein System ist in der DIN EN ISO 9000 [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.2.1] definiert als ein „Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen“.

tur wird im Zusammenhang von Forschung und Entwicklung häufig der Begriff der Innovation⁵ genannt. Die Forschungs- und Entwicklungsprozesse sind eine Teilmenge des Innovationsprozesses [HAUSCHILDT 2004, S. 31; SPECHT ET AL. 2002, S.16ff].

2.1.2 Management der Produktentwicklung

Das Forschungs- und Entwicklungsmanagement umfasst die Tätigkeiten der Planung, Organisation, Führung und Kontrolle der unterschiedlichen Ressourcen, um Erkenntnisse und Produkte hervorzubringen [MENSCH 1993, S. 1199f]. Ein Ziel des Forschungs- und Entwicklungsmanagements ist es, Effizienz und Effektivität⁶ der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu verbessern und damit zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens beizutragen. Das Management der Produktentwicklung benutzt als wichtiges Instrument das Projektmanagement [MÖHRLE 2005, S. 306ff].

2.2 Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Projektmanagement

Entwicklungsvorhaben besitzen die Merkmale, die allgemein ein *Projekt* charakterisieren [HAUBER/SCHMID 1999 S. 68]. Nachfolgend werden daher die Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich *Projektmanagement* vorgestellt. Die wichtigsten Klassen von Projekten werden erläutert und die Teilprozesse des Projektmanagements in der Anwendung bei der Produktentwicklung beschrieben. Das Projektmanagement nimmt speziell in der Automobilindustrie eine Schlüsselrolle bei der Effizienz- und Effektivitätssteigerung von Entwicklungsvorhaben ein [FISCHER ET AL. 2000, S. 1].

2.2.1 Projekt und Klassifikation von Entwicklungsprojekten

Der Begriff Projekt ist in der internationalen Begriffsnorm DIN EN ISO 9000 als einmaliger Prozess definiert „der aus einem Satz von abgestimmten und gelenkten Tätigkeiten mit Anfangs- und Endtermin besteht und durchgeführt wird, um unter Berücksichtigung von Zwängen bezüglich Zeit, Kosten und Ressourcen ein Ziel zu erreichen, das spezifische Anforderungen erfüllt“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.4.3]. Damit wird das Projekt als Prozess verstanden, dessen Ergebnis ein Produkt darstellt.⁷ Nach MADAUSS [MADAUSS 2000, S. 516ff] zeichnet sich ein Projekt durch zeitliche Befristung, Komplexität und Neuartigkeit sowie durch den interdisziplinären Charakter der Aufgabenstellung aus. Mit der Durchführung eines Projektes kann als weiteres Merkmal Unsicherheit und Risiko verbunden sein [PLATZ/SCHMELZER 1986, S. 2; MADAUSS 2000, S. 490].

Für den Bereich der Forschung und Entwicklung werden entsprechend der beschriebenen Unterscheidung Forschungs- und Entwicklungsprojekte differenziert. Im Gegensatz zu Forschungsprojekten haben Entwicklungsprojekte das klar definierte Entwicklungsziel eines

⁵ Der Begriff „Innovation“ ist in der Literatur unterschiedlich definiert: Beispielsweise versteht CORSTEN [CORSTEN 1989, S. 2] unter Innovationen allgemein technische, ökonomische und soziale Neuerungen in Form von Produkten, Verfahren oder anderen Problemlösungen, BAKER ET AL. [BAKER ET AL. 1967, S. 160] definieren Innovation als neuartige Zweck-Mittel-Kombination.

⁶ Effektivität bedeutet „die richtigen Dinge zu tun“, wohin gegen unter Effizienz „die richtigen Dinge richtig zu tun“ verstanden wird [BROCKHOFF 1986, S. 344f]. Die Effizienz zeigt die Input-Output-Relation an [SINK 1985, S. 41ff]. Effektivität und Effizienz sind hinsichtlich ihrer Erfolgswirksamkeit voneinander abhängig; vgl. RANFTL [RANFTL 1978, S. 1]: „Work can be efficient but highly ineffective and of little or no value; conversely, work can be effective and valuable but grossly inefficient“.

⁷ BURGHARDT [BURGHARDT 2002, S. 20] spricht in diesem Zusammenhang von Trinität der Begriffe Projekt, Prozess und Produkt.

Produktes oder eines Fertigungsprozesses [BURGHARDT 2002, S. 23]. Als spezielle Merkmale von Entwicklungsvorhaben nennt KERN [KERN 1977, S. 15ff] Unsicherheit, ein hohes Maß an Kreativität und den stetigen „Wandel der informationellen Bedingungen“, der durch den fortlaufenden Wissensgewinn bei den Beteiligten hervorgerufen wird. Als Teilmenge der Entwicklungsprojekte zielen Serienentwicklungsprojekte auf die Entwicklung serienreifer Produkte. Serienentwicklungsprojekte zeichnen sich durch geringe Risiken, direkten Marktbezug und einen hohen Standardisierungsgrad aus [HAUBER ET AL. 1999, S. 69].

Eine weitergehende Klassifikation⁸ von Entwicklungsprojekten ist durch die Merkmale der Projekte möglich. Die Zuordnung eines Projektes zu Klassen hat für die Projektplanung hohe Bedeutung [BURGHARDT 2002, S. 204ff]. Aufgrund der Klassifikation können die für das spezielle Projekt am besten geeigneten Methoden und Hilfsmittel ausgewählt werden [SHENHAR 1998, S. 44ff]. Die wichtigsten Klassifikationsmerkmale und Klassen von Projekten sind im Anhang Tabelle 18 beschrieben.

Neben den genannten Klassifikationsmerkmalen ist das Risiko⁹ immanentes Merkmal von Entwicklungsprojekten [PLATZ/SCHMELZER 1986, S. 2]. Risiken sind eng mit anderen Projektmerkmalen verbunden. So hat beispielsweise ein hoher Komplexitätsgrad ein wirtschaftliches oder technisches Risiko zur Folge [SPECHT 2002, S. 332]. Die Klassifikation der Risiken dient in der unternehmerischen Praxis sowohl als Grundlage für eine Projektklassifikation [vgl. CASH ET AL. 1992, S. 177ff], als auch zur Identifikation der Risiken und deren nachfolgende Reduzierung über den Projektverlauf. Einen Überblick über Risikokategorien von Entwicklungsprojekten gibt Tabelle 1.

Quelle	Risikokategorien für Entwicklungsprojekte
[CASH ET AL. 1992, S. 176ff]	<ul style="list-style-type: none"> • Projektgröße, z. B. Budget, Mitarbeiter, Dauer, beteiligte Organisationseinheiten • Technologieerfahrung des Projektteams oder der Organisation • Strukturiertheit des Projekts: Bestimmtheit des Lösungswegs
[KISCHKAT 2003, S. 2]	<ul style="list-style-type: none"> • Strategische Risiken, z. B. Projektselektion • Operative Risiken, z. B. im laufenden Projekt • Qualitative Risiken, z. B. fehlendes Projektziel • Quantitative Risiken, z. B. hohe Kosten
[SCHNORRENBURG ET AL. 1997, S. 11] ¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche Risiken, z. B. geringer Nutzen/Ertrag • Technische Risiken, z. B. Neuartigkeit des Produkts • Terminliche Risiken, z. B. Fehler in der Terminplanung • Soziokulturelle Risiken, z. B. Wertvorstellungen der Projektmitarbeiter • Politische Risiken, z. B. unsichere politische Konstellationen • Juristische Risiken, z. B. unpräzise Vertragsformulierungen

⁸ Unter Klassifikation wird sowohl die Klassenbildung als auch das Zuordnen von Projekten zu Klassen verstanden [HAIN 1997, S. 9]. Klassenbildung ist die „Aufteilung des Wertebereichs eines Merkmals in Teilbereiche (Klassen), die einander ausschließen und den Wertebereich vollständig ausfüllen“ [DIN 55350-23:1983, Abs. 1.1].

⁹ Risiko ist in der Begriffsnorm DIN 820-120 [DIN 820-120:2001, S. 5] die „Kombination der Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts und seines Schadensausmaßes“. Dabei lässt sich das Risiko jedoch nur selten als Produkt aus den Größen Wahrscheinlichkeit des Schadenseintritts und Schadensausmaß quantifizieren [GEIGER 2004, S. 113]. Für Projekte wird das Risiko verstanden als „Unabwägbarkeit des technischen und/oder wirtschaftlichen Projekterfolgs“ [MADAUSS 2000, S. 491].

¹⁰ In Anlehnung an [DWORATSCHEK 1990, S. 3; RINZA 1985, S. 56; BALTIN 1990, S. 35ff].

Quelle	Risikokategorien für Entwicklungsprojekte
[HARRANT/HEMMRICH 2004, S. 17ff]	<ul style="list-style-type: none"> • Fachlich-technische Projektrisiken, z. B. Nichterfüllung von Projektanforderungen, Schnittstellenprobleme, Montagerisiken • Planungsrisiken, z. B. Terminverzug, Mitarbeiterausfall • Organisatorische Risiken, z. B. Informationsverluste, mangelnde Mitarbeiterqualifikation
[PMI 2003]	<ul style="list-style-type: none"> • Fachliche, qualitative oder leistungsbezogene Risiken, z. B. komplexe Technologie • Projektmanagementrisiken, z. B. unzureichende Projektplanung • Organisatorische Risiken, z. B. fehlende Priorisierung des Projektes • Externe Risiken, z. B. Veränderung von Vorschriften
[BURGHARDT 2002, S. 299ff]	<ul style="list-style-type: none"> • Markt- und Branchenrisiken • Management-Risiken • Prozessrisiken • Produktrisiken • Personalrisiken • Finanzielle und rechtliche Risiken
[ZIMMERMANN ET AL. 2006, S. 23]	<ul style="list-style-type: none"> • Sachliche Risiken, z. B. zu entwickelndes Produkt • Terminliche Risiken, z. B. Verzögerungen • Monetäre Risiken, z. B. Verlust

Tabelle 1: Risikokategorien für Entwicklungsprojekte

Nach der Definition des Projektbegriffes und der Beschreibung risikobasierter Klassifikationsmerkmale von Entwicklungsprojekten wird im nächsten Abschnitt auf das Management der Projekte eingegangen.

2.2.2 Projektmanagement

Unter Projektmanagement wird in der Begriffsdefinition der DIN 69901 die „Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Abwicklung eines Projektes“ [DIN 69901:1987, S. 1] verstanden. Ziel des Projektmanagements ist es, die Realisierung der Projektaufgabe so zu koordinieren, dass die geforderte Leistung im vorgegebenen Kosten- und Terminrahmen erstellt wird [MADAUSS 2000, S. 87ff].

Die Abwicklung eines Projektes lässt sich als Transformationsprozess beschreiben, bei dem ein Projektgegenstand vom Anfangszustand in einen problemreduzierten Endzustand überführt wird [MÖRSDORF 1998, S. 71]. Um diesen Prozess zu koordinieren, nutzt das Projektmanagement die Grundprinzipien Systemdenkweise, Untergliederung in Projektphasen und kooperative Zusammenarbeit im Team:

- **Ganzheitlich orientierte Systemdenkweise:** „Das Neue beim Projektmanagement liegt in der integralen Denkweise. Projektmanagement und Systemtechnik (Systems Engineering)¹¹ sind eng verknüpft“ [MADAUSS 2000, S. 14]. Der Systemansatz dient einerseits der Komplexitätsbewältigung der gestellten Projektaufgabe und andererseits durch die ganz-

¹¹ Nach [DAENZER/HUBER, 1997, S. XVII] ist das Systems Engineering eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Methodik zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme. Ausgangspunkt der Systemgestaltung ist die Problemlösung.

heitlich orientierte Denkweise der integrierten Betrachtung des Gesamtsystems [MÖRS-DORF 1998, S. 71].

- **Untergliederung in Projektphasen:** Die Projektphasen stellen überschaubare, zeitlich begrenzte Abschnitte des projektorientierten Leistungserstellungsprozesses dar. Sie dienen als Ordnungssystem [DIETHELM 2000, S. 157] und ermöglichen die Projektplanung und das Projektcontrolling [KUPPER 1991, S. 40].
- **Kooperative Zusammenarbeit im Team:** Um dem interdisziplinären Charakter der Projektaufgabenstellung Rechnung zu tragen, erfolgt die Projektarbeit in der Regel im Team [DIETHELM 2000, S. 44]. Die teambezogene Arbeitsteilung dient zur Bewältigung der Komplexität bei der Produkterstellung [EHRENSPIEL 1995, S. 123].

Bei der Anwendung des Projektmanagements zur Durchführung von Entwicklungsvorhaben differenziert EVERSHEIM [EVERSHEIM 1998, S. 64] drei Ebenen (siehe Abbildung 2).

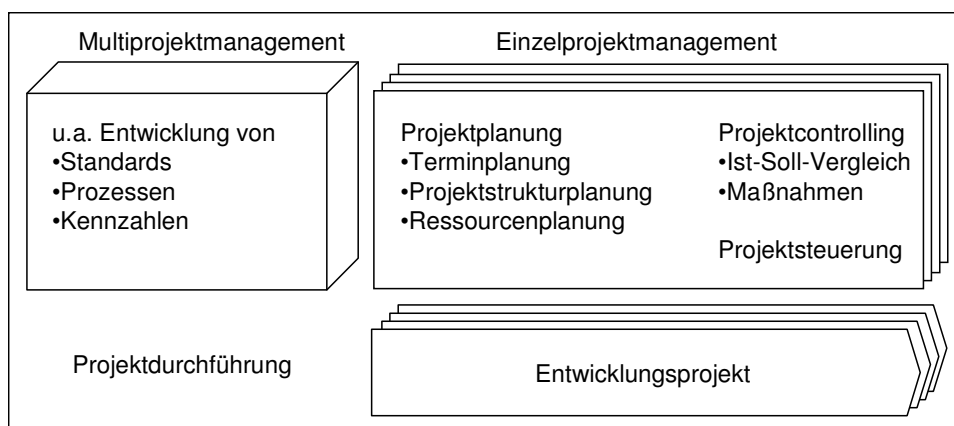


Abbildung 2: Management von Entwicklungsprojekten [nach EVERSHEIM 1998, S. 64]

Auf der Ebene der Projektdurchführung erfolgen alle operativen Tätigkeiten zur Entwicklung eines Produktes. Überlagert ist diese Ebene der Durchführung von der Ebene des Einzelprojektmanagements, das aus den Hauptbestandteilen Projektplanung und Projektcontrolling besteht. Bei der parallelen Durchführung von mehreren Projekten ist ein projekt- und bereichsübergreifendes Management in der Ebene des Multiprojektmanagements notwendig.

Einzelprojektmanagement

Als Teilprozesse des Einzelprojektmanagements werden Definition, Planung, Durchführung, Controlling und Abschluss unterschieden [LECHLER 2005, S. 499ff; ECKRICH/BERNECKER 2003, S. 35ff]. Zwischen den Teilprozessen bestehen Wechselwirkungen, die durch den Regelkreis des Projektmanagements beschrieben sind [BURGHARDT 2002, S. 20] (siehe Abbildung 3). Für das Einzelprojektmanagement erfolgt in der Projektplanung die Vorgabe von Soll-Werten auf Basis der Projektdefinition. Die Soll-Werte werden durch das Projektcontrolling mit den Ist-Werten aus der Projektdurchführung verglichen. Ergebnis des Ist-Soll-Vergleiches ist die Einleitung von Korrekturmaßnahmen bzw. die Anpassung der Planwerte durch die Projektsteuerung.

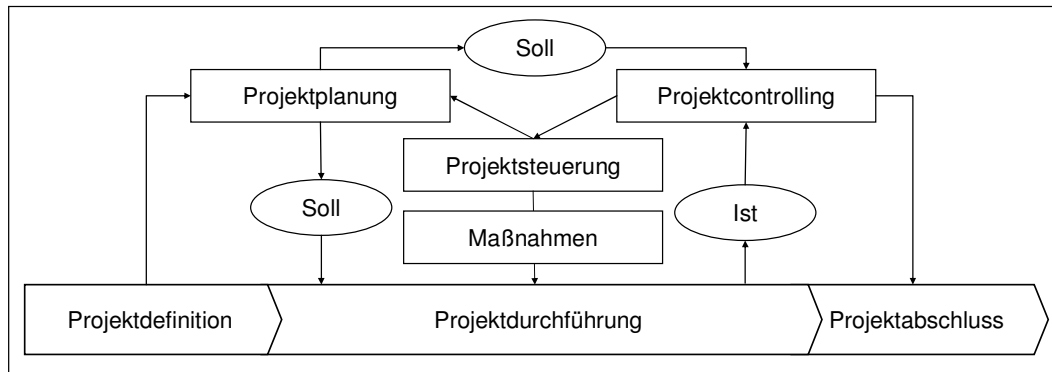


Abbildung 3: Regelkreis des Einzelprojektmanagements [BURGHARDT 2002, S. 20]

Nachfolgend werden die vier Teilprozesse des Projektmanagements Definition, Planung, Controlling und Abschluss beschrieben.

Am Anfang eines Entwicklungsprojektes steht die **Projektdefinition**, die als Grundlage für die Projektplanung dient. Nach BURGHARDT [BURGHARDT 2002, S. 29ff] beinhaltet die Projektdefinition folgende Aufgaben:

- Gründung des Projektes: Nach der Projektakquisition wird der Projektauftrag mit den wesentlichen Projekt-Stammdaten und Zielgrößen erstellt und das Projekt gegründet.
- Definition des Projektzieles: Die eindeutige und vollständige Definition der Projektziele erfolgt gemeinsam mit dem Kunden. Das Ergebnis sind abgestimmte Anforderungen im Pflichtenheft.
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung: Zur Absicherung des Projekts wird das Problemumfeld analysiert sowie eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.
- Organisation des Projektes: Die organisatorischen Voraussetzungen für die Projektabwicklung werden durch die Festlegung von Projektleiter und Projektteam geschaffen.
- Organisation des Entwicklungsprozesses: Abschließend wird die Ablauforganisation des Entwicklungsprozesses bestimmt. Dies erfolgt auf Basis von Prozessplänen, die den Entwicklungsprozess schematisch wiedergeben.

Die genannten Prozesspläne weisen je nach Projektumfang Prozessabschnitte, Prozessphasen oder detaillierte Prozessschritte aus. Die Unterteilung des Entwicklungsprozesses in eine bestimmte Anzahl von Projektphasen¹² ist in der Regel unternehmensspezifisch festgelegt. Um die Entwicklungsprozesse zwischen Automobilherstellern und Lieferanten zu synchronisieren, geben der VDA [VDA Band 3 Teil 3 1998, S. 14] und die QS 9000 [QS 9000 1998, S. 5] einheitliche Phasenschemata vor. Die Trennung der einzelnen Phasen des Entwicklungsprozesses erfolgt durch Meilensteine. Meilensteine sind immer dann realisiert, wenn die definierten Ergebnisse vorliegen und nutzbar sind. Sie definieren einen festgelegten Projektzustand [PLATZ/SCHMELZER 1986, S. 109] und geben damit dem Entwicklungsprozess eine klare Struktur [HAUSCHILDT 2004, S. 472].

Im Anschluss an die Projektdefinition erfolgt in der **Projektplanung** die Strukturierung und

¹² Eine Projektphase ist ein „zeitlicher Abschnitt eines Projektablaufs, der sachlich gegenüber anderen Abschnitten getrennt ist“ [DIN 69901:1987, S. 2].

Abschätzung des Entwicklungsvorhabens [BURGHARDT 2002, S. 136ff]. Mithilfe eines Projektstrukturplanes¹³ werden die Aufgaben übersichtlich dargestellt und in plan- und kontrollierbare Arbeitspakete gegliedert [PATZAK/RATTAY 1998, S. 152]. Der Projektstrukturplan ist wichtige Grundlage für den weiteren Projektverlauf und verfolgt zwei wesentliche Ziele [PLATZ 1989, S. 241]. Zum einen die Ermittlung des vollständigen, für den Projekterfolg erforderlichen Arbeitsvolumens und zum anderen die systematische Aufteilung des Arbeitsvolumens in sinnvolle Teile, die jeweils konkrete Aufgaben enthalten.

Im Projektstrukturplan werden die Aufgaben nach verschiedenen Gliederungskriterien, wie Ablauf, Funktionen oder Objekten dargestellt [BURGHARDT 2002, S. 143]. Für die Planung von Entwicklungsvorgaben werden in der Automobilindustrie unternehmensspezifische Masterpläne¹⁴ eingesetzt (siehe Abbildung 4).

Phase		1		2		3		4		5		6	
Meilenstein		A		B		C		D		E		F	
Aufgabe		Arbeitspaket											
Projektmanagement	Projektdefinition	Angebotserstellung		Abstimmung Spezifikation									
		Datenaustauschvereinbarung											
		Kalkulation											
	Präventives Qualitätsmanagement	Verfolgung präventives Qualitätsmanagement											
Projektcontrolling	Projektsteuerung												
Konstruktion	Konzeptkonstruktion	Produktentwicklung											
	Serienkonstruktion	Serienentwicklung Detailkonstruktion						Serienanlaufbetreuung					
	Qualitätsanalyse Produkt	System-FMEA Produkt											
		System-FMEA Prozess											

Abbildung 4: Beispiel eines Masterplans (Ausschnitt)

Aufgrund der guten Vergleichbarkeit von Serienentwicklungsprojekten [HAUBER ET AL. 1999, S. 69] sind Masterpläne für diese Projekte besonders geeignet. Masterpläne dienen in der Automobilindustrie als Leitfaden für die Planung eines Entwicklungsvorhabens und sind Hilfe zur Strukturierung der Abläufe [RÖPKE 2003, S. 28]. Die Gliederung des Masterplanes erfolgt in zwei Achsen. Die horizontale Achse dient zur zeitlichen Festlegung des Ablaufes durch das Phasenschema. Für die vertikale Achse sind verschiedene Gliederungskriterien möglich. Neben der Objektstruktur, die die technische Struktur des Produktes sowie die erforderlichen Betriebsmittel beinhaltet [RÖPKE 2003, S. 27] ist auch eine Verwendung der Funktionsstruktur üblich (vgl. Abbildung 4). Durch beide Achsen werden die Arbeitspakete¹⁵ bezüglich Auswahl, Beginn und Dauer definiert.

Für unterschiedliche Projektklassen kommen in der Regel verschiedene Masterpläne zum Einsatz, die projektneutral, aber produktspezifisch aufgebaut sind [SFB361 2001, S. 73].

¹³ Die Projektstruktur ist definiert als „Gesamtheit aller wesentlichen Beziehungen zwischen den Elementen eines Projektes“ [DIN 69901:1987, S. 2].

¹⁴ Weitere Bezeichnungen für Masterpläne sind beispielsweise Referenzplan [RÖPKE 2003, S. 28] oder Standard-Projektstrukturpläne [BURGHARDT 2002, S. 145].

¹⁵ Arbeitspaket ist definiert als „Teil des Projektes, der im Projektstrukturplan nicht weiter aufgegliedert ist und auf einer beliebigen Gliederungsebene liegen kann“ [DIN 69901:1987, S. 2].

Masterpläne sind nach dem Prinzip der Maximalplanung aufgebaut und werden im Zuge der Projektplanung um nicht relevante Arbeitspakete gekürzt [RÖPKE 2003, S. 28]. Diese Kürzungen setzen jedoch fundiertes Erfahrungswissen über die Wirkung der Arbeitspakete voraus.

Der projektindividuell aus dem Masterplan entwickelte Projektstrukturplan bildet nicht nur das Fundament für die weitere Planung, sondern ist auch die Basis für das Projektcontrolling [BURGHARDT 2002, S. 141]. Im nächsten Schritt werden die ausgewählten Arbeitspakete im Rahmen der Aufwandsschätzung bewertet. Die Ergebnisse der Aufwandsschätzung sind Ausgangspunkt für die weitere Termin, Kosten- und Einsatzmittelplanung [MADAUSS 2000, S. 200, BURGHARDT 2002, S. 141ff].

Nach DIN 69904 beinhaltet das **Projektcontrolling** „[...] Prozesse und Regeln, die innerhalb des Projektmanagements zur Sicherung des Erreichens der Projektziele beitragen durch

- Erfassung von Ist-Daten,
- Soll-Ist-Vergleich,
- Feststellung und Analyse der Abweichungen,
- Bewertung der Konsequenzen und Vorschlagen von Korrekturmaßnahmen,
- Mitwirken bei der Maßnahmenplanung und Überwachung ihrer Durchführung“ [DIN 69904: 2000, S. 8].

Im Rahmen des Projektcontrollings werden die einzelnen Parameter in ihrem Ist-Wert mit dem Soll-Wert der Projektplanung verglichen und in ihren Abweichungen analysiert. Bei Abweichungen ergeben sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Zum einen können die Vorgabewerte der Projektplanung angepasst werden, zum anderen kann durch zusätzliche Maßnahmen die Zielerreichung sichergestellt werden [BURGHARDT 2002, S. 327ff, LOMNITZ 2001, S. 219].

Die verfolgten Zielgrößen beschränken sich häufig auf den Erreichungsgrad von Qualitäts-, Kosten- und Zeitzielen, die auch als das „magisches Dreieck“¹⁶ bezeichnet werden. Obwohl die eingeschränkte Sichtweise in der Literatur zunehmend kritisiert wird [HERRMANN 2002, S. 298f; SHENHAR ET AL. 2001, S. 702ff], basieren die meisten Zielgrößen auf diesen drei Dimensionen. Als Kenngrößen werden beispielsweise der Fortschrittsgrad¹⁷, der Projektzeitrahmen und die Projektkosten eingesetzt [KARGL 2000, S. 5; PLATZ 1989, S. 637; SCHELLE 1989, S. 333]. Zusätzlich wird das Projektcontrolling durch Instrumente unterstützt, die zwei Zielgrößen gemeinsam beurteilen [WERNER 2002, S. 341f]. Als Beispiele sind die Meilenstein-Trendanalyse [BURGHARDT 2002, S. 337ff], die Kostentrendanalyse [ebenda, S. 302], die Earned-Value-Analyse [BRANDON 2004, S. 834ff], die Earned-Quality-Analyse [PAQUIN ET AL. 2000, S. 88ff], die Critical Path Methode [HAUSCHILDT 2004, S. 484ff], das Life Cycle Costing [KEIM ET AL. 2005, S. 135ff] sowie prozess-, finanz- und produktbezogene Checklisten [SCHRECKENEDER 2004, S. 49ff] zu nennen. Als Ansätze einer ganzheitlichen Projektsicht werden in der jüngeren Literatur die Konzepte des Performance Measurements mit

¹⁶ Triple Constraint oder iron triangle [BRANDON 2004, S. 839]

¹⁷ Der Fortschrittsgrad bzw. der Fertigstellungsgrad ist nach DIN 66901 das „Verhältnis der zu einem Stichtag erbrachten Leistungen zur Gesamtleistung eines Vorganges oder eines Projektes“ [DIN 69901:1987, S. 2].

multidimensionalen Zielgrößen diskutiert, auf die in Kapitel 2.4 und 3.3.4 eingegangen wird.

Als Rahmenwerk für die unterschiedlichsten Controllinginstrumente kommt in den Entwicklungsprojekten der Automobilindustrie das Konzept des Quality Gates¹⁸ zum Einsatz. Durch Quality Gates kann der gesamte Produktentstehungsprozess einheitlich koordiniert und gesteuert werden. Ein Quality Gate definiert einen Entscheidungspunkt, an dem die „Ergebnisse bezüglich der Erfüllung der Forderungen interner und externer Kunden beurteilt werden“ [EVERSHEIM/SCHUH 2005, S. 34]. Quality Gates fragen technische, betriebswirtschaftliche und managementorientierte Leistungsvereinbarungen ab [SCHARER 2002, S. 36]. Die Anordnung der Quality Gates erfolgt an den Enden von Phasen oder Teilprozessen des Entwicklungsprozesses. Neben der terminlichen Vorgabe, die auch das Meilensteinkonzept verfolgt, wird im Konzept des Quality Gates die Koordination zu inhaltlichen oder zeitlichen Anpassung der nachfolgenden Quality Gates benutzt [HAWLITZKY 2002, S. 125]. Werden die im Quality Gate festgelegten Forderungen nicht erfüllt, kann die nachfolgende Phase nicht oder nur unter Auflagen freigegeben werden [SPATZ ET AL. 2001, S. 1545, HAUBER 1999, S. 75]. Die Quantifizierung qualitätsbezogener Messgrößen erleichtert die Zielverfolgung und die Bewertung der Erfüllung der Forderungen. Neben dem Einsatz der Messgrößen und Checklisten basiert das Projektcontrolling mit Quality Gates auf der Verwendung von Dokumenten und dem Einsatz von Reviews¹⁹ und Audits²⁰, die es erlauben, Risiken und Fehler im Entwicklungsprozess frühzeitig zu erkennen. Darüber hinaus können mit den gewonnenen Prozessdaten auch projektübergreifende Analysen und Benchmarking betrieben werden [HAWLITZKY 2002, S. 128].

Der **Projektabschluss** besteht in der „Beendigung aller Tätigkeiten, die mit dem Projekt in Zusammenhang stehen“ [DIN 69905:1997, S. 4]. Inhalt und Zeitpunkt des Projektabschlusses hängen davon ab, wie das Projekt und der Abschluss des Projektes selbst definiert sind.

HAUSCHILDT [HAUSCHILDT 2004, S. 531ff] unterscheidet den technischen und wirtschaftlichen Projektabschluss. Der technische Projektabschluss findet bei der „Übergabe an die planmäßige Verwertung“ und damit der Markteinführung des Produktes statt. Die Ausgaben sind realisiert, die Einnahmen jedoch noch Erwartungswerte. Der wirtschaftliche Projektabschluss betrachtet die gesamten Einnahmen und kann daher erst am Ende des Marktzyklus durchgeführt werden. PATZAK/RATTAY [PATZAK/RATTAY 1998, S. 396ff] definieren einen vorläufigen Projektabschluss mit der Projektübergabe sowie einen nachfolgenden endgültigen Projektabschluss. Für Produktentwicklungsprojekte erfolgt zum Projektabschluss neben der Produktübergabe in die Produktion und Auflösung der Projektorganisation die Durchführung der Projektabschlussanalyse, um Erfahrungswissen zu generieren [BURGHARDT 2002, S. 460ff]. In der Projektabschlussanalyse werden die erreichten Ergebnisse den geplanten Vorgaben gegenübergestellt und die Abweichungen analysiert. Nach BURGHARDT [BURG-

¹⁸ Gleichbedeutende Begriffe zum Quality Gate sind beispielsweise Synchronpunkt [MÜLLER/REINDL 1999, S. 139], Checkpoints [KOREIMANN 2005, S. 55; FISCHER ET AL. 1998, S. 166], Stage Gate Process [COOPER 1990, S. 44ff], Convergent Point [JONES ET AL. 1999, S. 169ff] oder Gateway [HAWLITZKY 2002, S. 119ff].

¹⁹ Durch ein Review erfolgt eine Beurteilung und gegebenenfalls eine Bewertung. Es wird der Handlungsbedarf abgeleitet und einzuleitende Maßnahmen beschlossen [DGQ-Band 11-04, Abs. 8.4.8].

²⁰ Ein Audit ist ein „systematischer, unabhängiger und dokumentierter Prozess zur Erlangung von Auditrachweisen und zu deren objektiver Auswertung, um zu ermitteln, inwieweit Auditkriterien erfüllt sind“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.9.1]

HARDT 2002, S. 478ff] sind dazu neben produkt- und projektkennzeichnenden Messgrößen des gesamten Lebenszyklus auch Daten zur Klassifikation der Projekte notwendig.

Beim Projektabschluss erfolgt die Vervollständigung der Projektdaten, die dem Multiprojektmanagement zur Verfügung gestellt werden.

Multiprojektmanagement

Ziel des Multiprojektmanagements ist die Auswahl und Koordination der Entwicklungsprojekte um die Ressourcen optimal einzusetzen. Die Aufgaben des Multi-Projektmanagements umfassen die Planung und das Controlling der gesamten Projektlandschaft aller Projekte sowie die Entwicklung der Strukturen für das Einzelprojektmanagement. Dazu gehören die Entwicklung von Standards, Prozessen und Kennzahlen sowie die Implementierung von Projektmanagement-Softwaresystemen und die abschließende vergleichende Auswertung mehrerer Projekte [LOMNITZ 2001, S. 219ff]. Um beispielsweise die Masterpläne kontinuierlich zu verbessern, ist es notwendig, die Inhalte systematisch zu überprüfen und anzupassen [SPATH ET AL. 2001, S. 1545].

2.3 Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Qualitätsmanagement

Das *Qualitätsmanagement* bietet für den Entwicklungsprozess eine grundsätzliche Hilfestellung [VOEGELE 1997, S. 547ff] und ist integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses [DGQ-Band 13-51 1995, S. 7]. Anschließend werden die für diese Arbeit relevanten Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Qualitätsmanagements definiert und beschrieben. Diese umfassen neben dem Qualitätsbegriff die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden, die wie andere unternehmerischen Methoden in ihrem Einsatz wirtschaftlich sein müssen. Daher wird als weiterer Begriff das Qualitätscontrolling diskutiert.

2.3.1 Qualität und Zuverlässigkeit

Die Norm DIN EN ISO 9000 definiert Qualität als „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.1.1]. Anforderungen sind Erfordernisse oder Erwartungen, die „festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend“ sind [ebenda, Abs. 3.1.2]. Unter „inhärenten Merkmalen“ werden kennzeichnende Eigenschaften verstanden, die einem Produkt, einem Prozess oder einem System nicht zugeordnet, sondern dauerhaft innewohnend sind [ebenda, Abs. 3.1.1].

Neben Funktions- und Sicherheitsmerkmalen sind insbesondere vor dem Aspekt der Haltbarkeit die Zuverlässigkeitsmerkmale von besonderer Bedeutung. Die Festlegung des Zuverlässigkeitsbegriffes wurde wesentlich durch die Elektrotechnik geprägt und ist international nicht mit den Begriffen des Qualitätsmanagements synchronisiert²¹. In der nationalen Norm DIN 40041 wird Zuverlässigkeit als „Teil der Qualität im Hinblick auf das Verhalten der Einheit während oder nach vorgegebenen Zeitdauern bei vorgegebenen Anwendungsmöglichkeiten“ [DIN 40041:1990-12, S. 2] festgelegt.

2.3.2 Präventives Qualitätsmanagement

Der Begriff des präventiven Qualitätsmanagements ist in der Praxis weit verbreitet, dennoch liegt keine allgemeingültige Definition vor. Ausgehend von den Begriffsnormen für das Quali-

²¹ Zu den Bedeutungen des Zuverlässigkeitsbegriffes vgl. GEIGER/KOTTE [GEIGER/KOTTE 2005, S. 228f, 293ff].

tätsmanagement wird im Weiteren eine Präzisierung vorgenommen.

In der DIN EN ISO 9000 ist das Qualitätsmanagement als „[...] aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.2.8] definiert. Das Leiten und Lenken bezüglich Qualität umfasst „[...] üblicherweise das Festlegen der Qualitätspolitik und der Qualitätsziele, die Qualitätsplanung, die Qualitätslenkung, die Qualitätssicherung und die Qualitätsverbesserung“ [ebenda].

Die Qualitätspolitik wird als „übergeordnete Absichten und Ausrichtung einer Organisation zur Qualität [...]“ [ebenda, Abs. 3.2.4] verstanden. Sie gibt den Rahmen für das Festlegen der Qualitätsziele vor, wobei ein Qualitätsziel „etwas bezüglich Qualität Angestrebtes oder zu Erreichendes“ [ebenda, Abs. 3.2.5] beinhaltet.

Nach DIN EN ISO 9000 ist Qualitätsplanung als „Teil des Qualitätsmanagements, der auf das Festlegen der Qualitätsziele und der notwendigen Ausführungsprozesse sowie der zugehörigen Ressourcen zum Erreichen der Qualitätsziele gerichtet ist“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.2.9] definiert. Qualitätsplanung umfasst die Gesamtheit planerischer Aktivitäten in der Entwicklung. Sie legt die qualitätskonforme Produkt- und Realisierungsspezifikationen fest und beinhaltet

- Planen der Produkteigenschaften,
- Planen der Realisierungsbedingungen,
- Festlegen der produktbezogenen Qualitätsmanagement-Maßnahmen.

Die zentrale Aufgabe der Qualitätsplanung ist das zielgerechte Erfassen der Kundenanforderungen und -erwartungen sowie ihre konsequente Umsetzung im Rahmen der Planung, um zu gewährleisten, dass das Produkt den Anforderungen bestmöglich entspricht [PFEIFER 2001, S. 285ff]. Zudem gilt es bereits in der Entwicklung zu überprüfen, inwieweit die gestellten Anforderungen von den Produkten tatsächlich erfüllt werden [SEGHEZZI 1996, S. 56ff]. Analog zur Definition der Zuverlässigkeit ist die Zuverlässigkeitsplanung Teil der Qualitätsplanung [ZOLLONDZ 2001, S. 1274].

Die Qualitätslenkung ist der „Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erfüllung von Qualitätsanforderungen gerichtet ist“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.2.10]. Die Qualitätslenkung hat die Aufgabe, die Prozesse so zu steuern, dass diese die in der Qualitätsplanung festgelegten Anforderungen erfüllen. Ziel ist es, die Prozesse zu beherrschen und damit Ausschuss, Nacharbeit und Wiederholungen zu vermeiden [SEGHEZZI 1996, S. 76]. Die Qualitätslenkung beinhaltet vorbeugende, überwachende und korrigierende Tätigkeiten [GEIGER/KOTTE 2005, S. 97]. Dazu werden Methoden zur Verfügung gestellt und die Mitarbeiter für die qualitätsbezogenen Aufgaben geschult.

Die Qualitätssicherung ist der „Teil des Qualitätsmanagements, der auf das Erzeugen von Vertrauen darauf gerichtet ist, dass Qualitätsanforderungen erfüllt werden“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.2.11]. Die Aufgaben bestehen im Wesentlichen aus einer konsequenten Dokumentation der qualitätsbezogenen Abläufe und Tätigkeiten.

Nach der DIN EN ISO 9000 ist die Qualitätsverbesserung der „Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erhöhung der Eignung zur Erfüllung der Qualitätsanforderungen gerichtet ist“ [ebenda, Abs. 3.2.12]. Zur Qualitätsverbesserung gehört beispielsweise das Planen von Programmen zur Verbesserung von Prozessen oder Systemen.

Von den Tätigkeiten des Qualitätsmanagements haben nach den genannten Definitionen die Qualitätsplanung und die Qualitätslenkung einen direkten Bezug zur Produktentwicklung, da diese die Qualitätsmerkmale projektspezifisch festlegen sowie die Einhaltung der Qualitätsanforderungen überwachen. Somit werden im Folgenden unter präventivem²² Qualitätsmanagement alle Tätigkeiten verstanden, die bei der Produktentwicklung im Rahmen der Qualitätsplanung und Qualitätslenkung zum Einsatz kommen. Ziel des präventiven Qualitätsmanagements ist es die vom Kunden gewünschte Qualität konsequent zu planen und Risiken und Fehlerquellen entlang des Entwicklungsprozesses frühzeitig zu erkennen und zu minimieren. Unter Berücksichtigung, dass 70 bis 80% der Fehler durch Unzulänglichkeiten in der Entwicklung entstehen, wird die Bedeutung des präventiven Qualitätsmanagements deutlich [vgl. SPUR 1994, S. 284].

2.3.3 Präventive Qualitätsmanagement-Methoden

Unter einer Methode wird ein Verfahren verstanden, das „für eine festgelegte Aufgabe üblicherweise angewendet und in Fachkreisen anerkannt wird“ [DGQ-Band 11-04 2005, Abs. 2.1.2]. Ein Verfahren ist eine „festgelegte Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen Prozess auszuführen“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.4.5], womit der Prozesscharakter einer Methode deutlich wird. Eine Methode des präventiven Qualitätsmanagements ist somit eine Methode, die in der Qualitätsplanung und Qualitätslenkung bei der Produktentwicklung zum Einsatz kommt und einem Entwicklungsprojekt zugeordnet werden kann.

Die bekannteste Methode des präventiven Qualitätsmanagements ist die Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) [ZISCHKA 2000, S. 23]. Exemplarisch für andere Methoden wird die FMEA nachfolgend in Funktion und Nutzen erklärt.

„Die FMEA ist eine formalisierte, analytische Methode zur systematischen Erfassung und Vermeidung potenzieller Fehler²³ bei der Entwicklung neuer Produkte sowie bei der Planung von Herstell- und Montageprozessen“ [STOCKINGER 2001, S. 263]. Es handelt es sich um eine teamorientierte Methode zur präventiven Reduzierung von Risiken durch Planung und Durchführung gezielter Gegenmaßnahmen [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 7]. Ziel der FMEA ist die Vermeidung von potentiellen Fehlern, ihren Folgeschäden und Folgekosten bereits in den frühen Phasen der Entwicklung. Die FMEA wurde Mitte der 60er-Jahre des letzten Jahrhunderts in den USA von der Weltraumbehörde NASA zur Senkung von Risiken im Apollo-Projekt entwickelt [ebenda] und hat sich seitdem rasch verbreitet. In vielen Branchen, wie beispielsweise der Automobilindustrie und Flugzeugindustrie, zählt die FMEA zu den Standardanwendungen [METZGER 2000, S. 592]. Ihre Durchführung wird in zahlreichen Normen und Richtlinien gefordert.²⁴

Entsprechend der zu untersuchenden Einheit und der Phase ihrer Anwendung wird in der Automobilindustrie zwischen der „System-FMEA Produkt“ und der „System-FMEA Prozess“ unterschieden [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 10]. Die System-FMEA Produkt betrachtet die

²²vorbeugend, verhütend [DUDEN 2003]

²³Die Nichterfüllung einer Anforderung wird als „Fehler“ bezeichnet [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.1.2].

²⁴ Z. B. wird die FMEA in der ISO/TS 16949 [ISO/TS 16949:2002, S. 33-34] direkt gefordert sowie indirekt u. a. durch die Forderung „Entwicklung nach dem Stand der Technik“ der QS 9000 und VDA Band 4 Teil 1/Teil 2 sowie VDA Band 6 Teil 1 [vgl. auch SAATWEBER 2005, S. 383].

möglichen Fehler eines Produktes und wird in einer frühen Phase der Entwicklung eingesetzt. Sie bildet die Grundlage für die anschließende System-FMEA Prozess mit der die potenziellen Fehler im Produktionsprozess analysiert und bewertet werden [SESMA 2004, S. 37]. Zusätzlich existieren Sonderformen wie beispielsweise die Matrix-FMEA [KERSTEN 1999] oder die Projekt-FMEA [WIRNSPERGER 1996].

Laut VDA erfolgt die Durchführung der System-FMEA in fünf Schritten [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 15ff]:

- 1. Systemelemente und Systemstruktur:** In einer Baumstruktur werden die Elemente, aus denen das System besteht, entsprechend der strukturellen Zusammenhänge angeordnet. Die Systemstruktur stellt die Basis dafür dar, dass jedes Element so differenziert wie nötig hinsichtlich seiner Funktionen und Fehlfunktionen analysiert werden kann.
- 2. Funktionen und Funktionsstrukturen:** Dazu werden die Systemelemente gemäß ihrer Funktionen im Funktionsbaum angeordnet.
- 3. Fehleranalyse:** Durch die Negation der Funktionen werden die möglichen Fehler und Fehlfunktionen der Systemelemente ermittelt und in einer weiteren Baumstruktur dargestellt.
- 4. Risikobewertung:** Die Bewertung der Risiken für die einzelnen Fehlfunktionen erfolgt über die so genannte Risikoprioritätszahl (RPZ). Diese setzt sich multiplikativ aus den drei Faktoren „Bedeutung der Fehlerfolge“, „Auftrittswahrscheinlichkeit der Fehlerursache“ und „Entdeckungswahrscheinlichkeit der aufgetretenen Fehlerursache, Fehler bzw. Fehlerfolge“ zusammen. Alle Faktoren können Werte von eins bis zehn annehmen, wobei zehn für ein sehr hohes Risiko steht. Die Kriterien, welcher Wert welches Risiko ausdrückt, sind in Tabellen festgelegt [ebenda, S. 78]. Die quantitative Bewertung erfolgt einem speziellen Formblatt (siehe Abbildung 5).
- 5. Optimierung:** Für alle Fehlerursachen, deren RPZ sich über einer Eingriffsgrenze befindet, werden neue Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zur Senkung des Risikos geplant und realisiert. Diese Tätigkeiten werden mit Verantwortlichkeit und Termin im Formblatt dokumentiert.

Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse <input type="checkbox"/> System-FMEA Produkt <input type="checkbox"/> System-FMEA Prozess									FMEA-Nr.:
Typ/Modell/Fertigung:				Sach-Nr.:		Verantw.:		Abteilung:	
System-Nr./Systemelement: Funktion/Aufgabe:				Änderungsstand:		Firma:		Datum:	
Mögliche Fehlerfolgen	B	Möglicher Fehler	Mögliche Fehlerursachen	Vermeidungsmaßnahmen	A	Entdeckungsmaßnahmen	E	RPZ	Verantwortlich/ Termin
B: Bewertungszahl für die Bedeutung						A: Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit			
						E: Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit			
Risikoprioritätszahl $RPZ = B \cdot A \cdot E$									

Abbildung 5: Formblatt der System-FMEA [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 9]

Um die erfolgreiche und richtige Durchführung der FMEA zu gewährleisten, sind verschiedene vorbereitende und planende Tätigkeiten notwendig. Neben der Bereitstellung der notwendigen Dokumente sind die Bildung des FMEA-Teams und die Definition des Betrachtungsumfangs von besonderer Bedeutung [SESMA 2004, S. 36]. Erfolgsfaktoren für die System-FMEA sind

geschulte Mitarbeiter [BÜNTING 1995, S. 68; STAHL 1997], die interdisziplinäre Teamzusammensetzung sowie die Anwesenheit eines Moderators [ebenda, S. 485; BÜNTING 1995, S. 68]. Außerdem ist für zwei aufeinander folgende FMEAs, wie das bei System-FMEA Produkt und der System-FMEA Prozess der Fall ist, die Teamkontinuität von großer Bedeutung [KERSTEN 1994, S. 469]. Weiterer Erfolgsfaktor ist die Unterstützung der Methode durch geeignete Informationstechnologie [AHLEMANN ET AL. 2005, S. 21]. Die Wirkung der System-FMEA wird hingegen erheblich gemindert, wenn sie nicht in den entscheidenden frühen Phasen des Entwicklungsprozesses zum Einsatz kommt [JOHNE 2000, S. 876].

Durch den Einsatz der FMEA im Entwicklungsprozess lassen sich Fehler und Folgekosten reduzieren [STOCKINGER 2001, S. 265] sowie Fehlentwicklungen vermeiden [KERSTEN 1994, S. 479]. Die Methode wirkt sich positiv auf Termintreue, interne interdisziplinäre Zusammenarbeit und auf Erfolg und Dauer des Entwicklungsprozesses aus [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 7ff]. Durch die fachlichen Diskussionen während der Erstellung können weniger erfahrene Mitarbeiter rasch Produkt- und Prozesswissen aufbauen [RETTENBACH ET AL. 2005, S. 30]. Die Kreativität und das Qualitätsbewusstsein werden durch den Einsatz der FMEA gesteigert [KERSTEN 1994, S. 473, 479]. Mit der Dokumentation im FMEA-Formblatt wird Erfahrungswissen für Varianten oder Nachfolgeprodukte bereitgestellt [KLAMMA 2000, S. 20].

Trotz der beschriebenen Vorteile bestehen zahlreiche Kritikpunkte zum Einsatz der FMEA. Die Durchführung der FMEA ist zeitaufwändig [HAFFNER 2004, S. 32] und erfordert einen hohen Personaleinsatz sowie aufwändige Kommunikation und Koordination [FQS 1994, S. 47]. An die Teilnehmer und Teamleiter der FMEA werden hohe Qualifikationsanforderungen gestellt [METZGER 2000, S. 592] und bei der Durchführung ist ausgesprochene Konzentrationsfähigkeit erforderlich [ERTÜRK/HACKLER 1992, S. 544]. Die Anstrengungen bei der Erstellung der FMEA werden mangels Nachweisbarkeit des Nutzens häufig nicht belohnt [SAATWEBER 2005, S. 382]. Der Anfangsnutzen ist gering [LESMEISTER 2001, S. 22] und die Wirkung zeigt sich erst später [NEDESS 1993, S. 114]. Dies führt dazu, dass die FMEA entgegen der weiten Verbreitung nur eingeschränkte Akzeptanz findet [JOHNE 2000, S. 876] und oftmals nur im Sinne einer „Alibi-FMEA“ durchgeführt wird [KLATTE 1994, S. 531].

Neben der System-FMEA findet sich in Literatur und Praxis eine große, ständig wachsende Anzahl präventiver Qualitätsmanagement-Methoden und Ansätze. Beispielsweise sind zu nennen: Quality Function Deployment, Design for Manufacturing, Statistic Process Control [GEIGER/KOTTE 2005, S. 486], Design of Experiments, Qualitäts-Zirkel, Design-Review [SPECHT/SCHMELZER 1991, S. 14ff], Theory of Inventive Problem Solving, Qualitätsbewertung, Fehlerbaumanalyse, Prüfplanung, Statistische Tolerierung [PFEIFER 2001, S. 313ff], Conjoint-Analyse, Target Costing, [PFEIFER 2005, S. 115], Wertanalyse [KROTTMAIER 1995, S. 42], Einsatzprofil, Fehlermanagement, Virtuelles Zerlegen, Analyse der Bauteile, Verifizierung/Validierung, Prüfstrategie, Feldbeobachtung, Feedback [AUBELE 2004, S. 22ff] und Design Review Based on Failure Mode [BÜRGEMANN 2005, S. 25f]. Für eine detaillierte Beschreibung und Kommentierung der genannten Methoden wird auf die angegebene Literatur verwiesen.

Der Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden erfolgt vorwiegend in interdisziplinären Teams und verbessert die Kommunikation zwischen den Funktionsbereichen [SESMA 2004, S. 29]. Damit wird auch das prozessorientierte Denken der Mitarbeiter gefor-

dert [KERSTEN 1994, S. 434].

Da zwischen einzelnen Methoden Zusammenhänge und Synergieeffekte bestehen, kann durch die logische Kombination und integrierte Anwendung mehrerer Methoden die Wirkung gesteigert werden [PFEIFER/CANALES 2005, S. 116; KERSTEN 1994, S. 428, 432]. Der selektive, durchgängige Methodeneinsatz ist einem punktuellen in der Wirkung deutlich überlegen [ebenda, S. 435]. Beispielsweise unterstützt die parallele Bearbeitung von System-FMEA Produkt und System-FMEA Prozess die Zusammenarbeit von Entwicklung und Fertigung [VDA Band 4 Teil 2 1996, S. 26]. Die Zusammenstellung der Methoden zu einem Methodensystem ist genauso wie die Anpassung der Einzelmethode aus den unternehmensspezifischen Besonderheiten individuell zu erarbeiten [SEGHEZZI 1996, S. 384]. Für die Methodenauswahl zur integrierten Methoden-anwendung können folgende Kriterien herangezogen werden [KERSTEN 1994, S. 430]:

- Verbesserung der Kommunikation,
- Förderung der Kreativität und Motivation der Mitarbeiter,
- Objektivierung der Bewertung,
- Optimierung von Qualität, Kosten und Zeit.

Ein praxiserprobtes System präventiver Qualitätsmanagement-Methoden stellt AUBELE [AUBELE 2004, S. 19ff] mit dem House of Reliability (HoR) vor. Ziel des HoR ist die Erhöhung der Zuverlässigkeit von Produkten. Das HoR besteht aus insgesamt acht aufeinander aufbauenden Methoden, die den gesamten Entwicklungsprozess begleiten (siehe Abbildung 6).

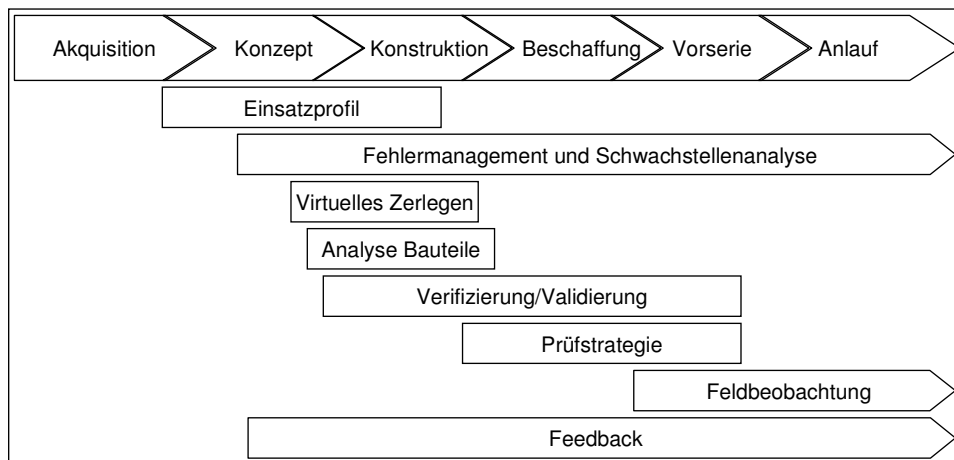


Abbildung 6: Die Methoden des House of Reliability [AUBELE 2004, S. 22]

- **Einsatzprofil:** Der Einstieg in das HoR erfolgt über das Einsatzprofil. Dies umfasst eine exakte Beschreibung der Anforderungen an das Produkt. Das Einsatzprofil geht über die im Lastenheft festgelegten Spezifikationen hinaus und dokumentiert die Anforderungen für die spezifische, beabsichtigte Anwendung. MASING [MASING 1994, S. 9] betont in diesem Zusammenhang, dass die Erfüllung der Spezifikation das Qualitätsurteil des Marktes nicht berührt oder gar vorwegnimmt.
- **Fehlermanagement und Schwachstellenanalyse:** Bekannte Fehler und Mängel sowie Risiken aus der FMEA-Bewertung vergleichbarer Produkte werden in einer Checkliste zusammengefasst. Eine Bewertung der einzelnen Einträge im Hinblick auf das aktuelle Produkt wird vorgenommen, um eine Wiederholung bereits bekannter Fehler zu vermeiden.

- **Virtuelles Zerlegen:** In dieser Methode wird das zu realisierende Produkt virtuell in die Ebenen zerlegt, die für die Qualität relevant sind. Ebenen können beispielsweise Bauelemente, Produktionsprozesse und Schnittstellen sein.
- **Analyse Bauteile:** Die Bauteile des Produkts werden systematisch auf mögliche Risiken analysiert und bewertet. Auf diese Weise können die kritischen Punkte am betrachteten Produkt identifiziert und Maßnahmen zur Risikominimierung durchgeführt werden.
- **Verifizierung/Validierung**²⁵: In der Verifizierung/Validierung werden Bestätigungsprüfungen durchgeführt, um nachzuweisen, dass die Anforderungen des Einsatzprofils erfüllt werden.
- **Prüfstrategie:** In dieser Methode werden die wichtigsten Prüfmerkmale zur Überwachung der Qualitätsanforderungen für die Realisierungsphase festgelegt.
- **Feldbeobachtung:** Die Feldbeobachtung stellt sicher, dass die Erfahrungen von Ausfällen in der Nutzungsphase systematisch in kontinuierliche Verbesserungsmaßnahmen einfließen.
- **Feedback:** Das Feedback umfasst die systematische Sammlung der Fehler und Erfahrungen aus vorhergehenden HoR-Methodenanwendungen.

Weitere Systeme präventiver Qualitätsmanagement-Methoden sind beispielsweise das Advanced Product Quality Planning [APQP 1994] für die Lieferanten der amerikanischen Automobilhersteller Chrysler, Ford und General Motors, das Aachener Modell des Rapid Quality Deployment [PFEIFER 2001, S. 322ff] oder der im Rahmen von Design for Six Sigma vorgeschlagene Methodenbaukasten [KROSLID ET AL. 2003, S. 56].

2.3.4 Wirtschaftlichkeit des Qualitätsmanagements

Der Einsatz der Methoden und Methodensysteme des präventiven Qualitätsmanagements muss sich wie alle anderen Aktivitäten eines Unternehmens am Wirtschaftlichkeitsprinzip orientieren. Unter *Wirtschaftlichkeit* wird der „Ertrag aus den Tätigkeiten [...] in Relation zum zugehörigen erforderlichen Aufwand“ verstanden [DGQ-Band 11-04 2005, Abs. 12.6]. Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit sind grundsätzlich die zwei Wirtschaftlichkeitskomponenten Nutzen und Kosten miteinander zu vergleichen [HÜTTNER 1995, S. 15]. Übertragen auf das Qualitätsmanagement werden die Kosten des Qualitätsmanagements als negative Wirtschaftlichkeitskomponente dem Nutzen als positive Komponente gegenübergestellt [BRUHN/GEORGI 1999, S. 34]. Daher ergibt sich die Notwendigkeit, sowohl die Kosten als auch den Nutzen des Qualitätsmanagements zu quantifizieren.

Qualitätsbezogene Kosten

Die zweckmäßige Definition qualitätsbezogener Kosten ist seit langem Gegenstand einer kontroversen wissenschaftlichen Diskussion. In der Folge sind unterschiedliche Definitionen und Auslegungen entstanden²⁶. Qualitätsbezogene Kosten werden nach der DIN 55350 [DIN

²⁵ Verifizierung ist festgelegt als „Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass festgelegte Anforderungen erfüllt worden sind“ [DIN EN ISO 9000:2005, Abs. 3.8.4]. Validierung hingegen beinhaltet eine Bestätigung „[...]“, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind“ [ebenda, Abs. 3.8.5].

²⁶ Zur Entwicklung des Begriffs Qualitätskosten vgl. GEIGER/KOTTE [GEIGER/KOTTE 2005, S. 255]; zur Bildung von Gruppen

55350-11:2004, Abs. 3.16.4] definiert als „im Rahmen des Qualitätsmanagements entstehende Fehlerverhütungskosten, Prüfkosten und Fehlerkosten“. Die Aufteilung in diese drei Gruppen ist international gebräuchlich [ISO CD 10014, S. 24]²⁷ und insbesondere in der Automobilindustrie verbreitet. Zu den Inhalten der Qualitätskosten-Gruppen wird in der Norm DIN 55350 [DIN 55350-11:2004, Abs. 3.16.4] auf die unternehmensspezifische Abgrenzung und Erfassung hingewiesen. Eine Ausgestaltung der Qualitätskosten-Gruppen Fehlerverhütungs-, Prüf- und Fehlerkosten mit Qualitätskosten-Elementen gibt GEIGER/KOTTE [GEIGER/KOTTE 2005, S. 261ff] vor (siehe Tabelle 2).

Gruppen qualitätsbezogener Kosten/Quelle	Fehlerverhütungskosten	Prüfkosten	Fehlerkosten
Definition nach DIN 55350 [DIN 55350-11:2004, Abs. 3.16.1-3]	Kosten, die verursacht werden durch die Analyse und Beseitigung der Fehlerursachen.	Kosten, die durch planmäßige Prüfungen verursacht sind und die keinen konkreten Fehler zum Anlass haben.	Kosten, die durch Fehler verursacht sind.
Qualitätskosten-Elemente in Anlehnung an GEIGER/KOTTE [GEIGER/KOTTE 2005, S. 261ff]	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätsplanung zur Fehlerverhütung • Interne/externe Qualitätsfähigkeitsuntersuchungen • Prüfplanung • Entwicklung und versuchsweiser Bau von Prüfmitteln • Schulung in Qualitätsmanagement • Qualitätsverbesserungs-Programme • Qualitätsvergleich mit dem Wettbewerb • Mittelbare Qualitätslenkung • Interne Qualitätsaudits • Leitung des Qualitätswesens 	<ul style="list-style-type: none"> • Eingangsprüfung • Zwischenprüfung • Endprüfung • Prüfungen bei eigenen Außenmontagen • Abnahmeprüfungen • Prüfmittelanschaffung • Prüfmittelbetrieb und -instandhaltung • Qualitätsgutachten • Laboruntersuchungen • Prüfdokumentation 	<p>Interne Fehlerkosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausschuss/Nacharbeit • Sortierprüfung • Wiederholungsprüfungen • Qualitätsbezogene Mengenabweichungen • Wertminderung • Problemuntersuchung • Sonstige Kosten infolge intern festgestellter Fehler <p>Externe Fehlerkosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausschuss/Nacharbeit • Garantie- und Gewährleistungshaftung • Produkthaftung • Sonstige Kosten infolge extern festgestellter Fehler

Tabelle 2: Definition und Elemente der Gruppen qualitätsbezogener Kosten

Die Kosten für präventive Qualitätsmanagement-Methoden sind gemäß dieser Aufteilung den Fehlerverhütungskosten zugeordnet. Die Unterteilung der Fehlerkosten erfolgt hinsichtlich des Ortes der Fehlerentdeckung. Interne Fehler werden im herstellenden Unternehmen, externe Fehler beim Kunden entdeckt. Für den Aufbau der Qualitätskostenerfassung durch die Zuordnung der betrieblichen Kostenerfassungsgruppen zu den Elementen qualitätsbezogener

qualitätsbezogener Kosten in der Literatur siehe u. a. SESMA [SESMA 2004, S. 46ff], BRUHN/GEORGI [BRUHN/GEORGI 1999, S. 44ff], WENDEHALS [WENDEHALS 2000, S. 51ff], DALE ET AL. [DALE ET AL. 1991, S. 26ff]; zu den verschiedenen Modellen qualitätsbezogener Kosten in der Literatur siehe u. a. BRUHN/GEORGI [BRUHN/GEORGI 1999, S. 53ff], WENDEHALS [WENDEHALS 2000, S. 73ff].

²⁷ Zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Arbeit liegt die ISO/CD/10014 als Entwurf vor [ISO/TC 176/SC 3 N 164 2003].

Kosten wird auf die weiterführende Literatur [GEIGER/KOTTE 2005, S. 269ff; ROMBERG 1998, S. 96ff] verwiesen. Der wesentliche Vorteil, Qualität durch Kosten zu erfassen, liegt gegenüber reinen Fehlerberichten darin, Folgewirkungen monetär quantifizieren zu können.

Die Erfassung der Qualitätskosten zielt auf die Beeinflussung und Minimierung der Gesamtheit aller qualitätsbezogenen Kosten. Dabei stehen die Gruppen qualitätsbezogener Kosten in Wechselwirkung zueinander. Beispielsweise wird der Erhöhung der Fehlerverhütungskosten ein Vielfaches an Einsparungen bei Prüfkosten und Fehlerkosten zugesagt [GEIGER/KOTTE 2005, S. 276]. Gleichzeitig ist es auch möglich nicht nur zu wenig, sondern auch zu viel präventiven Aufwand zu betreiben [RUST ET AL. 1995, S. 59f].

Die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Gruppen qualitätsbezogener Kosten und den gesamten qualitätsbezogenen Kosten werden in so genannten Modellen qualitätsbezogener Kosten dargestellt und analysiert. WENDEHALS [WENDEHALS 2000, S. 78ff] entwickelt ein theoretisches Modell, das die Qualitätskosten in Abhängigkeit der Anzahl erfolgreich durchgeführter Qualitätsverbesserungsmaßnahmen zeigt (siehe Abbildung 7).

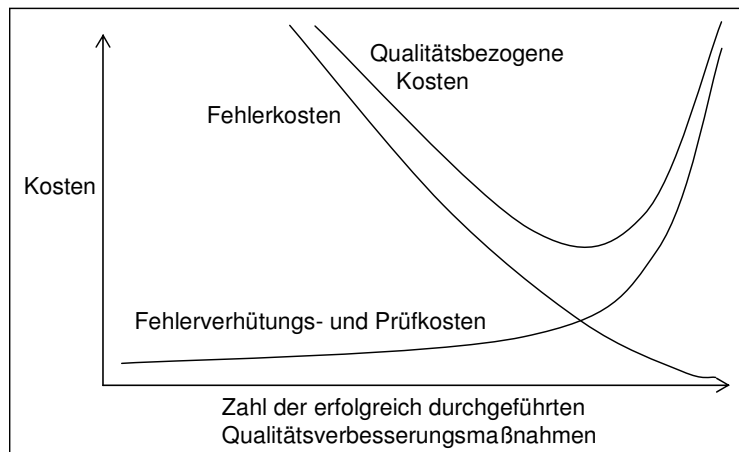


Abbildung 7: Modell qualitätsbezogener Kosten [WENDEHALS 2000, S. 80]

Dabei wird eine negative Korrelation zwischen der Implementierung von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen und den Fehlerentstehungs- und -entdeckungswahrscheinlichkeiten unterstellt. Durch zusätzliche Prüfungen können die externen Fehlerkosten reduziert werden, was trotz steigender interner Fehlerkosten einen Rückgang der qualitätsbezogenen Kosten zur Folge hat. Erst mit vermehrtem Einsatz der Maßnahmen der Fehlerverhütung können die Kosten weiter gesenkt werden. Ab einem gewissen Punkt steigen die Ausgaben für präventives Qualitätsmanagement stärker an als die Reduzierung der Fehlerkosten und ihr Einsatz führt zu höheren Gesamtkosten.

Nutzen des Qualitätsmanagements

Gegenüber dem Begriff der qualitätsbezogenen Kosten wird der Begriff des qualitätsbezogenen Nutzens selten verwendet. Nach BRUHN/GEORGI [BRUHN/GEORGI 1999, S. 73ff] ergibt sich der Nutzen des Qualitätsmanagements aus der Verbesserung der finanziellen Ergebnisse mittels Kostensenkung und Erlössteigerung. Grundsätzlich ist der Nutzen nur über einen Vergleich verschiedener Situationen möglich. Als Szenarien ergeben sich eine Situation mit und eine ohne den Einsatz des (präventiven) Qualitätsmanagements. Ein qualitätsbezogener Nutzen liegt allgemein dann vor, wenn die Situation mit Einsatz des Qualitätsmanagements einen höheren Nutzen hat als die Situation ohne. BRUHN/GEORGI [ebenda] unterscheiden

darüber hinaus nach dem nutzenrelevanten, finanziellen Wert in Liquiditäts- und Opportunitätskomponenten (siehe Tabelle 3).

	ohne Qualitätsmanagement	mit Qualitätsmanagement
Liquiditätskomponente	Kosten z. B. zusätzlicher Ausschuss	Erlöse z. B. erhöhte Kundenbindung
Opportunitätskomponente	Opportunitätskosten (entgangene Erlöse) z. B. Kundenabwanderung	Opportunitätserlöse (vermiedene Kosten) z. B. weniger Ausschuss

Tabelle 3: Nutzen des Qualitätsmanagements [nach BRUHN/GEORGI 1999, S. 75]

Ohne den Einsatz von Qualitätsmanagement fallen neben den durch Abweichungen verursachten Kosten zusätzliche Opportunitätskosten an, welche die Erlösdifferenz gegenüber dem Qualitätsniveau mit verstärktem Einsatz des Qualitätsmanagements darstellt. Mit Qualitätsmanagement sind demgegenüber eine Erlössteigerung und Opportunitätserlöse festzuhalten, welche mit dem Einsatz des Qualitätsmanagements einhergehen.

Für den Nutzen des Qualitätsmanagements kann je nach Ort der Entstehung in interne und externe Nutzenkategorien unterschieden werden (siehe Tabelle 4) [ebenda, S. 76ff].

Nutzen des Qualitätsmanagements			
Externer Nutzen des Qualitätsmanagements		Interner Nutzen des Qualitätsmanagements	
Kundenbindungsnutzen z. B. Kauffrequenzsteigerung	Kommunikationsnutzen z. B. Steigerung der Mund-zu-Mund-Kommunikation	Direkter interner Nutzen z. B. weniger Ausschuss	Indirekter interner Nutzen z. B. weniger Leerlaufzeiten

Tabelle 4: Nutzen des Qualitätsmanagements [ebenda, S. 77]

Neben dem externen Nutzen, der sich durch verbesserte Kundenbindung und Kommunikation äußert, führt das Qualitätsmanagement intern zu Kostensenkungen. Nach der Unmittelbarkeit der erzielten Wirkung kann zwischen einem direkten und einem indirekten internem Nutzen unterschieden werden. Der direkte Nutzen resultiert aus der Verbesserung von Prozessen und der Vermeidung von Abweichungen. Dies führt beispielsweise zu einer Reduzierung von internen Fehlerkosten und trägt damit zur Kosteneinsparung bei. Im Gegensatz dazu gestaltet sich die Verrechnung und Zuordnung des indirekten Nutzens oftmals problematisch, da eine Vielzahl potenzieller Ursachen denkbar ist. Gemäß der Enge des Leistungserstellungsbezugs wird innerhalb dieser Kategorie eine zusätzliche Differenzierung vorgenommen. Ein enger Leistungserstellungsbezug ist gegeben, wenn die entstehenden Kosteneinsparungen vorwiegend Leistungserstellungskosten betreffen. Wenn beispielsweise durch eine Verbesserung die Leerlaufzeiten reduziert werden, führt dies zu einer Verringerung der gesamten Leistungserstellungskosten. Hingegen liegt ein geringer Bezug vor, falls die Einsparungen anderweitige Aspekte wie z. B. Schulungs-, Fluktuations- oder Mitarbeiterakquisitionskosten betreffen.

Speziell für den Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden unterscheidet THEDEN [THEDEN 1997, S. 77ff] vier Kategorien möglicher Nutzwirkungen (siehe Tabelle 5).

Nutzwirkungen des Einsatzes präventiver Qualitätsmanagement-Methoden			
Qualitätsverbesserung	Kostenreduzierung	Zeiteinsparung	Humanfaktor
Verbesserung von: <ul style="list-style-type: none"> • Kundenorientierung • Kundenzufriedenheit Verringerung von: <ul style="list-style-type: none"> • Ausschuss • Nacharbeit • Beanstandungen • Änderungsanzahl 	Reduzierung von: <ul style="list-style-type: none"> • Fehlerkosten • Materialkosten • Personalkosten • Anlaufkosten 	Verringerung von: <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungszeit • Produktanlaufzeit • Durchlaufzeit • Zeit für Änderungen 	Verbesserung von: <ul style="list-style-type: none"> • Motivation • Kreativität • Qualitätsbewusstsein • Interdisziplinärer Zusammenarbeit • Mitarbeiterzufriedenheit

Tabelle 5: Nutzen präventiver Qualitätsmanagement-Methoden [nach THEDEN 1997, S. 78]

Die Gegenüberstellung des Nutzens mit den Kosten des Qualitätsmanagements zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist Gegenstand des Qualitätscontrollings, auf das nachfolgend eingegangen wird.

2.3.5 Qualitätscontrolling

Controlling²⁸ dient allgemein dazu, das Management bei der zielorientierten Planung und Steuerung des Unternehmens zu unterstützen [HORVÁTH 1994, S. 8]. Entsprechend hat das Qualitätscontrolling eine unterstützende Aufgabe bei der qualitätsbezogenen Planung und Steuerung des Unternehmens im Hinblick auf eine wirtschaftliche Ausrichtung des Qualitätsmanagements. Durch das Qualitätscontrolling wird der Nutzen von Qualitätsverbesserungen quantifiziert und der Erfolg kann nachgewiesen werden. Damit wird die Motivation der Mitarbeiter zur Mitwirkung an Qualitätsverbesserungen erhöht [WILDEMANN 1994, S. 201].

Da sich das Qualitätscontrolling erst in den letzten Jahren entwickelt hat, sind Begrifflichkeiten und Aufgaben des Qualitätscontrollings nicht einheitlich definiert.

NIEMAND/RUTHSATZ [NIEMAND/RUTHSATZ 1990, S. 12] definieren Qualitätscontrolling als „[...] ein Teilsystem des Controllingsystems [...], welches unternehmensweit qualitätsrelevante Vorgänge mit dem Ziel koordiniert, eine anforderungsgerechte Qualität wirtschaftlich sicherzustellen“. Ausgehend von der Unterscheidung in strategisches und operatives Controlling [HORVÁTH/URBAN 1990, S. 239] differenzieren NIEMAND/RUTHSATZ [NIEMAND/RUTHSATZ 1990, S. 14] in strategisches und operatives Qualitätscontrolling. Das strategische Qualitätscontrolling verfolgt das Ziel einer langfristigen Existenzsicherung des Unternehmens durch Nutzung der qualitätsbezogenen Erfolgspotentiale. Im Rahmen des strategischen Planungsprozesses werden die künftigen Qualitätsanforderungen antizipiert und in das Ziel- und Plansystem des Unternehmens übernommen. Das operative Qualitätscontrolling hat die wirtschaftliche Umsetzung der qualitätsbezogenen Strategie zur Aufgabe.

BRUHN/GEORGI [BRUHN/GEORGI 1999, S. 17] legen das Qualitätscontrolling folgendermaßen fest: „Unter Qualitätscontrolling ist die Planung, Durchführung und Kontrolle der Unterstützung und Koordination qualitätsbezogener Aktivitäten im Hinblick auf eine wirtschaftliche

²⁸ Zum Controlling-Verständnis von HORVÁTH: „Controlling ist – funktional gesehen – ein Subsystem der Führung, das Planung und Kontrolle sowie Informationsversorgung systembildend und systemkoppelnd koordiniert und auf diese Weise die Adaption und Koordination des Gesamtsystems unterstützt“ [HORVÁTH 1994, S. 144].

Ausrichtung des Qualitätsmanagements zu verstehen“.

Aus den Grundfunktionen des Controllings, das heißt der Informationsversorgungs-, Planungs- und Kontrollfunktion sowie der Koordinationsfunktion, leiten sich die Aufgaben des Qualitätscontrollings nach EVERSHEIM [EVERSHEIM 1997, S. 2ff; vgl. auch HORVÁTH 2003, S. 629; BRUHN/GEORGI 1999, S. 18ff] wie folgt ab:

- **Informationsversorgungsfunktion:** Die Erfüllung der Informationsversorgungsfunktion dient zur Bereitstellung aller im Rahmen der qualitätsbezogenen Planung und Kontrolle relevanten Qualitäts-, Zeit- und Kostendaten in der erforderlichen Genauigkeit und Verdichtung am richtigen Ort und zum richtigen Zeitpunkt.
- **Planungs- und Kontrollfunktion:** Zur Planung der qualitätsbezogenen Aktivitäten sind Handlungsalternativen hinsichtlich ihres Beitrags zur Steigerung der Qualität und Senkung der Kosten zu beurteilen. Dabei orientieren sich die Tätigkeiten des Qualitätscontrollings an den Phasen des Lebenszyklus. Die Kontrollfunktion betrifft die permanente Überprüfung der Qualitätsstrategie und der Maßnahmen des Qualitätsmanagements im Hinblick auf eine effiziente Umsetzung. Planungs- und Kontrollfunktion hängen voneinander ab und können nicht getrennt betrachtet werden.
- **Koordinationsfunktion:** Da im Unternehmen viele Entscheidungsprozesse und Aktivitäten parallel vollzogen werden, ist es notwendig, die Aktivitäten des Qualitätsmanagements abzustimmen, um die Effizienz und Effektivität der Aktivitäten sicherzustellen. Dies erfolgt zum einen vertikal als Koordination der Qualitätsaktivitäten zwischen den Hierarchieebenen und zum anderen horizontal zwischen den Unternehmensbereichen.

Eine der Hauptaufgaben der Planungs- und Kontrollfunktion des Qualitätscontrollings besteht im Abgleich der Qualitätsdaten wie beispielsweise den qualitätsbezogenen Kosten mit der Qualitätsstrategie und den vereinbarten Qualitätszielen. Die Ergebnisse dieses Soll-Ist-Vergleichs dienen zur Herleitung von Verbesserungsaktivitäten, die der Geschäftsführung zur Entscheidung vorgelegt werden. Die beschlossenen Verbesserungsaktivitäten werden durchgeführt und in ihrer Wirksamkeit bewertet. Damit folgt das Qualitätscontrolling dem Funktionsprinzip eines Regelkreises [ANDERNACH 2006, S. 11f] (siehe Abbildung 8).

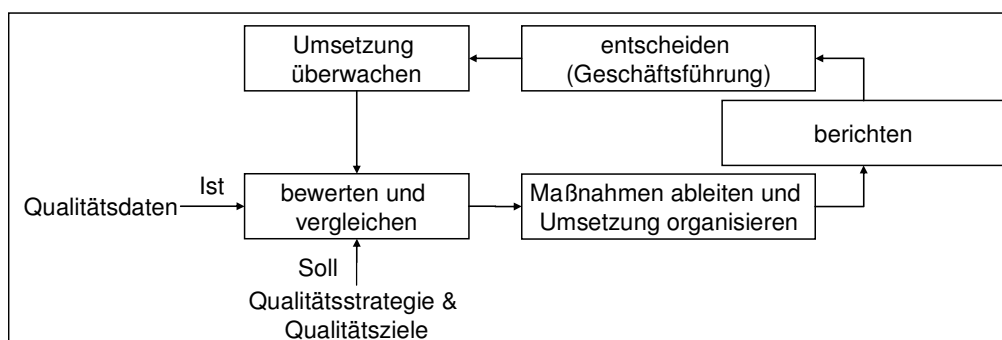


Abbildung 8: Regelkreis des Qualitätscontrollings [ANDERNACH 2006, S. 12]

Nur in einem geschlossenen Regelkreis kann der Erfolg der eingeleiteten Aktivitäten ermittelt werden [WENDEHALS 2000, S. 88].

2.4 Begriffe und Grundlagen aus dem Bereich Performance Measurement

Zentraler Bestandteil des geschlossenen Regelkreises des Qualitätscontrollings ist der Vergleich von Ist- und Soll-Werten. Dabei besteht aus dem Projektcontrolling die Anforderung einer mehrdimensionalen Bewertung. Dieser Anforderung entspricht das neue Konzept des *Performance Measurements*, in dem mehrdimensionale Kennzahlen zur Beurteilung der aktuellen sowie der zukünftig zu erwartenden Leistungsergebnisse eingesetzt werden [GLEICH 2001, S. 2; EUSKE ET AL. 1998, S. 334] um die Leistung einer Organisation zu verbessern [KLINGEBIEL 1997, S. 642; KÜNG/WETTSTEIN 2003, S. 51]. Das Konzept des Performance Measurements erweitert durch die mehrdimensionale Leistungsermittlung, dem Strategiebezug und der differenzierten Ebenenbetrachtung die traditionellen Konzepte [GLEICH 2001, S. 30f]. Von zentraler Bedeutung beim Performance Measurement ist die Leistungsermittlung in quantitativen Größen [KÜNG/WETTSTEIN 2003, S. 52]. Daher nehmen Kennzahlen beim Performance Measurement eine Schlüsselrolle ein. Gleichzeitig stellt das Erkennen geeigneter Kennzahlen das Grundproblem des Performance Measurements dar [GLEICH 2001, S. 31].

Nachfolgend werden Begriffe und Grundlagen des Performance Measurements sowie der Kennzahlen und Kennzahlensysteme beschrieben.

2.4.1 Performance und Performance Measurement

Der Performancebegriff hat noch keine einheitliche Übersetzung in der deutschsprachigen Literatur erfahren [HOFFMANN 1999, S. 7]. In Tabelle 9 sind ausgewählte Definitionen zum Begriff „Performance“ zusammengefasst.

Quelle	Definition zum Begriff Performance
[HOFFMANN 1999, S. 8]	Unter Performance/Leistung wird der bewertete Beitrag zur Erreichung der Ziele einer Organisation verstanden. Dieser Beitrag kann von Individuen oder Gruppen von Mitarbeitern innerhalb der Organisation sowie von externen Gruppen erbracht werden.
[KRAUSE 2005, S. 20]	Performance bezeichnet den Grad der Zielerreichung oder der potenziell möglichen Leistung bezüglich der für die relevanten Stakeholder wichtigen Merkmale einer Organisation.
[WETTSTEIN 2002, S. 10]	Performance ist der Grad der Zufriedenheit der relevanten Anspruchsgruppen.
[ANDERSEN/FAGERHAUG 2002, S. 6]	Performance has replaced the old productivity and is generally accepted to cover a wide range of aspects of an organization – from the old productivity to the ability to innovate, to attract the best employees, to maintain a sound environmentally outfit, or to conduct business in an ethical manner.
[HAUBER 2002, S. 53ff]	Unter Performance wird der Beitrag spezifischer Systeme (Organisations-einheiten, Mitarbeiter, Prozesse) verstanden, die Ziele des Unternehmens zu erreichen und zu übertreffen.
[EFQM 2003]	Performance is the level of attainment achieved by an individual, team, organisation or process.
[NEELY ET AL. 1996]	Efficiency and effectiveness of purposeful action.
[ROLSTADAS 1998]	A complex interrelationship between seven performance criteria: effectiveness, efficiency, quality, productivity, quality of work life, innovation, profitability/budgetability.

Tabelle 6: Definitionen zum Begriff Performance

In Anlehnung an HAUBER wird in dieser Arbeit unter Performance der Beitrag des präventiven Qualitätsmanagements zur Erreichung der Kosten- und Qualitätsziele des Unternehmens verstanden. Synonym zu Performance wird der Begriff der Leistung verwendet.

Der Begriff Performance Measurement umfasst den Prozess der Ermittlung und der Bewertung der Performance. Er wird in der Literatur wie folgt definiert (siehe Tabelle 7).

Quelle	Definition zum Begriff Performance Measurement
[WETTSTEIN 2002, S. 19]	Messen, Analysieren und Kommunizieren der Performance sowie das Planen von Aktionen und Maßnahmen.
[KÜNG/WETTSTEIN 2003, S. 46]	Performance Measurement beinhaltet sowohl das Messen und Kommunizieren erfolgskritischer Größen als auch das Initiieren von Aktionen und Maßnahmen.
[DRONGELEN/COOK 1997, S. 46]	The acquisition and analysis of information about the actual attainment of company objectives and plans, and about factors that may influence this attainment.
[EVANGELIDIS 1992, S. 45]	The process of determining how successful organizations or individuals have been in attaining their objectives.
[NEELY ET AL. 1996]	Performance measurement can be defined as the process of quantifying the efficiency and effectiveness of action.
[GLEICH 1997, S. 114]	Performance Measurement bezeichnet den Aufbau und Einsatz meist mehrerer quantifizierbarer Messgrößen verschiedenster Dimensionen (z. B. Kosten, Zeit, Qualität, Innovationsfähigkeit, Kundenzufriedenheit). Diese werden zur Beurteilung der Effektivität und Effizienz der Leistungen und Leistungspotentiale unterschiedlichster Objekte im Unternehmen (Organisationseinheiten unterschiedlichster Größe, Mitarbeiter, Prozesse) herangezogen.
[HAUBER 2002, S. 55]	Performance Measurement umfasst den Prozess der Quantifizierung und Evaluierung der Zielerreichung von Organisationseinheiten, Mitarbeitern oder Prozessen.

Tabelle 7: Definitionen zum Begriff Performance Measurement

Der Begriff des Performance Measurements wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an KÜNG/WETTSTEIN so gefasst, dass er neben der Leistungsermittlung und -bewertung die Einleitung von Verbesserungsmaßnahmen beinhaltet.

Das aktuelle Verständnis des Performance Measurements wird durch folgende wesentliche Merkmale geprägt (Tabelle 8).

Merkmal	Beschreibung
Wesentlichkeit	Eine effektive inhaltliche Ausgestaltung des Performance Measurements setzt eine Fokussierung auf Schlüsselindikatoren voraus, die maßgeblich auf die Prozesse wirken [HAUBER 2002, S. 95]. Das Performance Measurement basiert darauf, dass die darin enthaltenen Informationen wesentlich sind [GEANURACOS/MEIKLEJOHN 1993, S. 67].
Beeinflussbarkeit	„Die Benutzer sollten die von den Messgrößen erfassten Leistungsmerkmale des Prozesses innerhalb einer angemessenen Zeitdauer beeinflussen können“ [FRIES 1994, S. 97].
Strategiebezug	„[...] letztlich muss die Performance-Messung direkt mit dem strategischen Plan verknüpft werden, um eine effektive Implementierung des Plans zu fördern“ [RAPPAPORT 1995].
Vergangenheits- und Zukunftsorientierung	Das Performance Measurement muss die Aspekte aufgreifen, deren Einfluss auf die Ziele nachhaltig wirkt und deren Beeinflussung den unternehmerischen Erfolg begünstigt. Als Frühwarnsystem muss es die Unternehmensführung in die Lage versetzen, auf die relevanten Leistungsmaße einzuwirken und damit das Erreichen der Ziele zu garantieren [BLANKENBURG 1999, S. 66].
Mehrdimensionalität	“More important [...] is measuring and reporting a variety of nonfinancial indicators“ [KAPLAN/JOHNSON 1991]. Zudem ermöglicht erst die gleichzeitige Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven das Denken in Wirkzusammenhängen. Auf diese Weise wird der organisationale Lernprozess unterstützt [KÜNG/WETTSTEIN 2003, S. 51]. Die mehrdimensionale, umfassende Betrachtungsweise ist mehrfache Anforderung [u. a. GLEICH 1997, S. 116; FRIES 1994, S. 93; HOFFMANN 1999, S. 8].
Mehrstufigkeit	Um zu einem umfassenden Bild der Performance zu gelangen, sind unterschiedliche Ebenen innerhalb eines Unternehmens zu berücksichtigen [GLEICH 1997, S. 115; HAUBER 2002]. Ein Performance Measurement muss deshalb mehrstufig gestaltet werden, mit dem Maxim, dass die Optimierung einer spezifischen Stufe zu einer Optimierung der hierarchisch höheren Stufe beiträgt [SEGHEZZI 1996, S. 170]. Auf diese Weise wird die Leistungstransparenz erhöht, ebenenbezogene und ebenenübergreifende Kommunikationsprozesse werden verbessert und eine höhere Mitarbeitermotivation wird erzeugt [GLEICH 2001, S. 12].
Transparenz der Ursache-Wirkungskette	„Erst durch die Annahme, dass es einen kausalen Zusammenhang zwischen der Erreichung nichtfinanzieller und finanzieller Ziele gibt, wird eine breite Performance-Definition auch aus ökonomischer Sicht legitimiert“ [SCHRANK 2000, S. 71]. Das Performance Measurement soll die Ursache-Wirkungsketten sowohl ex ante als auch ex post transparent machen [KRAUSE 2004, S. 76, WETTSTEIN 2002, S. 90, SCHRANK 2002, S. 71]. Insbesondere sollten die Zusammenhänge dem Anwender transparent sein [SEGHEZZI 1996, S. 38].

Tabelle 8: Merkmale des Performance Measurements

Der Prozess des Performance Measurements wird im Sinne eines kybernetischen Regelkreises verstanden [WETTSTEIN 2002, S. 20]. Dieser beinhaltet nicht nur den Ist-Soll-Vergleich, die Abweichungsanalyse und Rückkopplung, sondern auch die Festlegung der Soll- bzw. Zielwerte. Ausgehend von den Ansprüchen der wichtigsten Stakeholder des Unternehmens, werden die strategischen Ziele definiert und als Soll-Werte operationalisiert. [STENZEL/STENZEL 1997, S. 43ff; KAGIOGLOU ET AL. 2001, S. 90ff].

Die Kunden des Performance Measurements sind neben dem Management, das durch die Kennzahlen wichtige Informationen für Planungs-, Steuerungs-, und Kontrollaktivitäten bekommt, die Mitarbeiter. In Form des Selbstcontrollings werden die Mitarbeiter über ihren Beitrag zur Zielerreichung informiert [HAUBER 2002, S. 54].

2.4.2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme

Um die Performance ermitteln zu können, sind Kennzahlen²⁹ notwendig. Eine Kennzahl ist nach BRÜCKLER [BRÜCKLER 1977, S. 6] definiert als „betrieblich relevante, numerische Information“. Kennzahlen ermöglichen „einen schnellen und zuverlässigen Einblick in das betriebliche Geschehen“ [KORNDÖRFER 1995, S. 92]. Die DGQ [DGQ-Band 11-04, Abs. 4.1.10] legt Kennzahl etwas weiter gefasst mit „Merkmalswert, der zur Überwachung und Bewertung der Leistung eines Prozesses sowie zu seiner Steuerung herangezogen werden kann“ fest. Neben dem Begriff Kennzahl wird in der deutschsprachigen Literatur zunehmend der Begriff Indikator verwendet [KLINGEBIEL 2001; GLEICH 2001; KRAUSE 2004]. Der Indikatorbegriff bringt zum Ausdruck, dass Performance nicht etwas Absolutes ist, und nicht immer ganz präzise erfasst und quantifiziert werden kann. Ein Indikator gibt einen Hinweis³⁰, wie es um die Performance steht [WETTSTEIN 2001, S. 19]. Performance-Indikatoren werden als Messgrößen verstanden, „die Faktoren abbilden, welche für den gegenwärtigen oder zukünftigen Erfolg der Organisation von entscheidender Bedeutung sind“ [HOFFMANN 1999, S. 103]. Beide Begriffe werden oftmals synonym verwendet und in der Praxis sind in den meisten Systemen des Performance Measurements gleichermaßen Kennzahlen und Indikatoren vertreten [SCHRANK 2002, S. 17]. Als Überbegriff für Kennzahlen und Indikatoren wird der Begriff Messgröße [ebenda, S. 18] oder Kennzahlen im weiteren Sinne [GLADEN 2003, S. 12] benutzt. Nachfolgend wird unter Kennzahl sowohl ein Indikator als auch eine Kennzahl im engeren Sinn verstanden.

Zur Klassifikation von Kennzahlen werden in der Literatur zahlreiche Systematiken beschrieben. Beispielsweise schlägt WERNER [WERNER 2002, S. 292ff] für Forschungs- und Entwicklungsprozesse eine Unterscheidung nach Skalenniveau, Objektivität der Beobachtung und dem Prozessbezug vor:

- **Skalenniveau:** Hinsichtlich des Skalenniveaus wird zwischen quantitativen und qualitativen Kennzahlen unterschieden. So sind die Daten der Projektplanung quantitative Kennzahlen, wohingegen die Ergebnisse von Audits qualitative Messgrößen sind.
- **Objektivität:** Mit der Objektivität der Beobachtung wird zwischen subjektiven und objektiven Daten differenziert. Quantitative Kennzahlen können objektiv wie beispielsweise Qualitätskosten oder subjektiv wie die Bewertungsergebnisse einer Checkliste sein.
- **Prozessbezug:** Im Entwicklungsprozesses sind Kennzahlen bzw. deren Verhältnis zueinander entweder ein- oder ausgehende Größen. Eingabebezogene Projekt-Kennzahlen sind beispielsweise Entwicklungskosten, wohingegen die erreichten Meilensteine sich auf den Prozess beziehen und die Anzahl an eingereichten Patenten ergebnisbezogene Messgrößen darstellen.

In Kennzahlensystemen finden sich unterschiedliche Messgrößen, die miteinander verknüpft sind. Durch die hierarchische Struktur der Kennzahlen ist eine Verdichtung zu einer oder mehreren Spitzenkennzahlen möglich. Kennzahlensysteme sollen den „[...] Betrachtungsge-

²⁹ Synonym verwendete Ausdrücke sind: Kennziffern, Kontrollzahlen, Kontrollziffern, Messzahlen, Metrik, Index, Ratios, Richtzahlen, Schlüsselgrößen, Schlüsselzahlen, Standardzahlen [SCHRANK 2002; MEYER 1994; WETTSTEIN 2002; KLINGEBIEL 2001, u. a.].

³⁰ engl. to indicate, hinweisen

genstand möglichst ausgewogen und vollständig [...] erfassen“ [LACHNIT 1979, S. 217]. Hinsichtlich der Verknüpfung der einzelnen Kennzahlen in Kennzahlensystemen lassen sich Ordnungs- und Rechensysteme unterscheiden [ebenda, S. 28ff; HORVÁTH 1994, S. 516]. Rechensysteme sind in Form einer Pyramide aufgebaut und verbinden die Kennzahlen rechnerisch miteinander. Der Vorteil des Rechensystems liegt in der durchgängigen, hierarchischen Struktur, in der die Beziehungen zwischen den Kennzahlen eindeutig festgelegt sind. Diese idealisierten Ursache-Wirkungs-Beziehungen setzen allerdings voraus, dass die betrachteten Kennzahlen in der Realität tatsächlich in einem direkten Ursache-Wirkungs-Zusammenhang stehen, und dass alle zwischen den einzelnen Kennzahlen existierenden Beziehungen erfasst und keine wichtigen Einflussfaktoren vernachlässigt werden [MEYER 1994, S. 59]. Dies ist jedoch in der Praxis kaum möglich. Die realen Zusammenhänge sind durch vielerlei Beeinflussungsfaktoren und Rückkopplungen gekennzeichnet. In der Regel ändern sich gleichzeitig mehrere Parameter, die sich wiederum gegenseitig beeinflussen bzw. in ihren Wirkungen überlagern und damit eine Analyse zusätzlich erschweren [ebenda, S. 11]. Ordnungssysteme sind demgegenüber in der Lage, qualitative Beziehungen abzubilden, indem sie sich an bestimmten Sachverhalten und Aspekten im Unternehmen ausrichten und somit eine inhaltlich logische Struktur aufbauen. Dies eröffnet einen größeren Freiheitsgrad hinsichtlich der Verknüpfungen der Kennzahlen. Die Verknüpfungen werden anhand weitgehend gesicherter Erkenntnisse über die betriebswirtschaftlichen bzw. technischen Zusammenhänge sowie anhand entsprechend begründeter Vermutungen gebildet [vgl. GEORGE 1999, S. 49].

Die Entwicklung eines Kennzahlensystems kann unter Anwendung verschiedener Vorgehensweisen erfolgen [KÜPPER 1995, S. 326ff]:

- **Logische Herleitung:** Die logische Herleitung nutzt die definitionslogische Beziehung und mathematische Umformungen. Ein Kennzahlensystem dieser Form weist den höchsten Grad an Geschlossenheit auf.
- **Empirisch-theoretische Fundierung:** Bei der empirisch-theoretischen Fundierung werden theoretische Aussagesysteme und Hypothesen für die Entwicklung des Kennzahlensystems herangezogen. Dieses Vorgehen eignet sich für Indikatorsysteme, die auf Hypothesen beruhen, die noch nicht als gut bestätigt gelten.
- **Empirisch-induktive Gewinnung:** Als Kennzahlen werden bei der empirisch-induktiven Gewinnung wichtige Einflussgrößen oder Indikatoren auf Basis von Expertenbefragung oder Plausibilitätsüberlegungen ausgewählt. Das Kennzahlensystem basiert auf angenommenen oder statistisch plausibilisierten Beziehungen zwischen den Kennzahlen.
- **Modellgestützte Ableitung:** Die modellgestützte Kennzahlenentwicklung erfolgt durch die Formulierung dynamischer Entscheidungsmodelle, die die wichtigsten Variablen auswählen.

In der Regel kommen die verschiedenen Vorgehensweisen kombiniert zum Einsatz. Dadurch können beispielsweise gleichzeitig logische Beziehungen berücksichtigt und das Erfahrungswissen von Experten und theoretische Erkenntnisse genutzt werden [ebenda, S. 338].

3 Forschungsproblem und Stand des Wissens

Nachdem im vorausgegangenen Kapitel die notwendigen Begriffe definiert und mit den Grundlagen der Produktentwicklung, des Projekt- und Qualitätsmanagements die Schnittstellen zum präventiven Qualitätsmanagements sowie mit dem Performance Measurement ein Konzept zur Leistungsermittlung diskutiert wurden, wird in diesem Kapitel auf das der Arbeit zugrunde liegende Forschungsproblem eingegangen. Ausgehend von der beschriebenen Zielsetzung wird die Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements problematisiert und die Anforderungen an ein Lösungsmodell genannt. Mit der Analyse der Ansätze zur Leistungsermittlung, -bewertung und -verbesserung aus den Bereichen Produktentwicklung, Projektmanagement, Qualitätsmanagement und Performance Measurement wird der Stand des Wissens aufgezeigt. Eine zusammenfassende Bewertung der Ansätze und die Ableitung des Handlungs- und Forschungsbedarfes bilden den Abschluss dieses Kapitels.

3.1 Optimierungsproblematik des präventiven Qualitätsmanagements

You can't improve what you can't measure [JOHN HARNEY]

Eine Prozessverbesserung ist nur dann möglich, wenn die Prozessleistung ermittelt werden kann. Über eine Messung kann beurteilt werden, ob die eingeleiteten Aktivitäten eine Verbesserung erbracht haben. Somit ist das Kernproblem der Leistungsoptimierung in vielen Fällen das Problem der Ermittlung und Beurteilung der Leistung. Erst wenn aussagekräftige Kennzahlen vorliegen, können in der Systematik des Regelkreises Verbesserungsaktivitäten gestartet und die Wirksamkeit durch erneute Messungen bestätigt werden. Der Entscheidungsträger erhält eine Rückmeldung über die Wirksamkeit der eingeleiteten Maßnahmen. Der Regelkreis zur Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements kann in Leistungsermittlung, -bewertung und Verbesserungsaktivitäten unterteilt werden (siehe Abbildung 9).

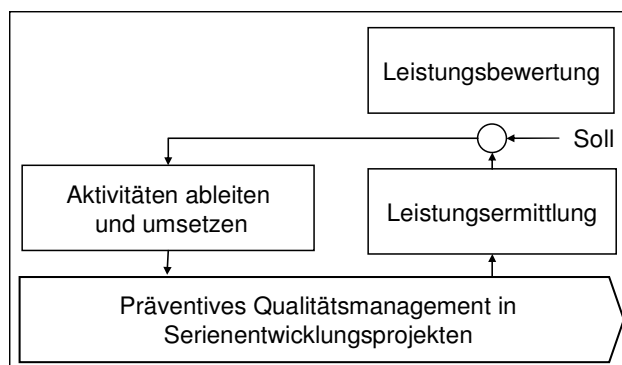


Abbildung 9: Regelkreis der Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements

Beim Betrieb des Regelkreises ergeben sich zwei wesentliche Probleme: Zum einen bestehen Schwierigkeiten, die Leistung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden als Teil des Entwicklungsprozesses zu ermitteln. Zum anderen können die Wirkungen der Methoden nicht problemlos dem Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements zugeordnet und bewertet werden.

- Leistungsermittlung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung:** Die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden sind Teil des extrem langsam laufenden Entwicklungsprozesses. Ergebnis dieses Prozesses sind Informationen, die schwer messbar sind [GEIGER 2000, S. 27; WERNER 2002, S. 10f]. Die Leistung manifestiert sich in verschiedenen Ausprägungen, die eine einfache Verdichtung nicht erlaubt [HAU-

BER 2002, S. 111ff]. Aufgrund der interdisziplinären Bearbeitung von Entwicklungsprojekten ist der funktionsbezogene Beitrag nicht direkt erkennbar. Dies gilt insbesondere für die Umsetzung der teamorientierten präventiven Qualitätsmanagement-Methoden.

- **Trennung zwischen Einsatz und Wirkung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden:** Der Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung zielt auf die Minimierung möglicher Fehlerquellen und Risiken in der Produktion und in der Nutzungsphase. Somit besteht ein zeitlicher Verzug zwischen dem Einsatz der Methode und dem Eintreten der Wirkung [BRUHN 1998, S. 118]. Die Wirkungen der Methoden sind unternehmensspezifisch und in Dimension, Bereich und Prozess nicht immer klar zu lokalisieren [BRANDT 1999, S. 40ff; WOLTER 2002a, S. 99] und zu bewerten. Der Einfluss externer oder interner Aktivitäten führt zu nichtlinearen Zusammenhängen [BRUHN/GEORGI 1999, S. 10], so dass die Zuordnung der Wirkung zu einer Qualitätsmanagement-Methode nicht durchgängig möglich ist [DALE ET AL. 1991, S. 30]. Durch Überschneidungen der Wirkungen verschiedener Methoden eines Methodensystems sind eindeutige Aussagen zu den Ursache-Wirkungs-Beziehungen einer Methode nur schwer möglich [THEDEN 1997, S. 75]. Zudem besteht die Schwierigkeit, Wirkungen monetär zu quantifizieren [DALE ET AL. 1991, S. 43].

Zusammenfassend kann in den Worten von RUST ET AL. [RUST ET AL. 1994, S. 91] gesagt werden: „The payback from quality programs can come from many sources and is not always easy to measure“. Ungeachtet der Probleme bei der Leistungsermittlung und -bewertung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden ist zu beachten, dass erst die anschließende Ableitung und konsequente Durchführung von Maßnahmen im Sinne eines geschlossenen Regelkreises Effektivitäts- und Effizienzsteigerung erreichen kann.

3.2 Anforderungen an das Lösungsmodell und die Vorgehensweise

Im Rahmen der Arbeit wird ein Modell³¹ erarbeitet, das eine Vorgehensweise zur Lösung der Problematik beinhaltet. Um das präventive Qualitätsmanagement in der Entwicklung optimieren zu können, muss das Lösungsmodell und die zu entwickelnde Vorgehensweise zahlreichen Anforderungen gerecht werden (siehe Tabelle 9). Diese lassen sich in zwei Gruppen unterteilen. Die allgemeinen Anforderungen resultieren aus grundlegenden Prinzipien der Messung und der Optimierung von Unternehmensprozessen. Demgegenüber betrifft die Gruppe der speziellen Anforderungen die konkrete Zielstellung zur Bewertung und Verbesserung des präventiven Qualitätsmanagements.

Allgemeine Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Praxisorientierung • Grundgedanke des Performance Measurements
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Performance Measurement über den Produkt- und Projektlebenszyklus • Performance Measurement für präventive Qualitätsmanagement-Methoden • Projektbezogenes Performance Measurement • Projektübergreifendes Performance Measurement

Tabelle 9: Anforderungen an das Lösungsmodell und die Vorgehensweise

³¹ „Ein Modell ist ein abstraktes System, das ein anderes (meist reales) System in vereinfachter Weise abbildet“ [KRALLMANN 1994, S. 12].

Die allgemeinen Anforderungen beinhalten die Anwendbarkeit in der Praxis und den Grundgedanken des Performance Measurements.

- **Praxisorientierung:** Die Anwendbarkeit der Vorgehensweise stellt eine zentrale Anforderung dar. Die Vorgehensweise muss einfach, für den Anwender verständlich, transparent und leicht nachvollziehbar sein. Um den Aufwand bei der Implementierung möglichst gering zu halten, sollen sich die entwickelten Instrumente in die bestehenden Konzepte, Modelle und Hilfsmittel des Qualitäts- und Projektcontrollings integrieren lassen. Dies erhöht die Akzeptanz bei den Mitarbeitern. Aufgrund unternehmensspezifischer Besonderheiten sind die Instrumente und Hilfsmittel so zu gestalten, dass sie an die Erfordernisse angepasst werden können. Eine praxisorientierte Auslegung zeichnet sich zudem durch möglichst geringen Durchführungsaufwand bei hohem Nutzen aus.
- **Grundgedanke des Performance Measurements:** Als weitere Anforderung ist die Erfüllung des Grundgedankens des Performance Measurements zu nennen, um auf ein umfassendes Rahmenkonzept aufzubauen, das die gesamtheitliche Leistungsermittlung und -bewertung zum Ziel hat. Insbesondere die multidimensionale Leistungsermittlung und -bewertung wird von Entwicklungsmanagement [LEKER 2005, S. 577], Projektcontrolling und dem Qualitätscontrolling präventiver Qualitätsmanagement-Methoden gefordert [THEDEN 1997, S. 211ff, SESMA 2004, S. 115]. Die Merkmale des Performance Measurements in Tabelle 8 sind zu erfüllen.

Die speziellen Anforderungen an die Lösungsmethode gehen von der Zielstellung aus, den Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden als spezielle Prozesse zu verbessern. Dazu ist die Leistungsermittlung für das präventive Qualitätsmanagement über den gesamten Lebenszyklus auf Projektebene und die Bewertung auf projektübergreifender Ebene notwendig.

- **Performance Measurement über den Produkt- bzw. Projektlebenszyklus:** Da die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes präventiven Qualitätsmanagements nur durch eine Kostenbetrachtung über den gesamten Lebenszyklus nachgewiesen werden kann [KAMISKE/THEDEN 1995, S. 1268], sind Kennzahlen zur Leistung der Unternehmensprozesse in den Phasen Entwicklung, Produktion und Nutzung des Lebenszyklus notwendig.
- **Performance Measurement für präventive Qualitätsmanagement-Methoden:** Um die Prozesse des präventiven Qualitätsmanagements ermitteln zu können, ist eine Detaillierung der Leistungserfassung auf die Ebene der Arbeitspakete oder Aktivitäten notwendig, da präventive Qualitätsmanagement-Methoden als Arbeitspakete oder Aktivitäten geplant und durchgeführt werden. Das Zusammenspiel einzelner Methoden ist zu berücksichtigen und zu erfassen.
- **Projektbezogenes Performance Measurement:** Da die präventiven Qualitätsmanagementprozesse projektbezogen zum Einsatz kommen, ist die Messung der Performance auf Projektebene erforderlich.
- **Projektübergreifendes Performance Measurement:** Der Nutzen des präventiven Qualitätsmanagements wird erst durch einen situationsbezogenen Vergleich erkennbar [STUMVOLL 2004, S. 54, BRUHN/GEORGI 1999, S. 74]. Daher sind für eine nachhaltige Verbesserung der Projektplanung projektübergreifende bzw. projektvergleichende Analysen und Auswertungen notwendig. Die Voraussetzung für projektübergreifende Auswertungen sind Projekt-Kennzahlen, die für alle Projekte auf gleiche Art und Weise aufgenommen

wurden. Um die Vergleichbarkeit der Projekte sicherzustellen, sind darüber hinaus geeignete Kennzahlen und Verfahren zur Auswahl ähnlicher Projekte notwendig.

3.3 Stand des Wissens

Nachfolgend wird der Stand des Wissens zum beschriebenen Forschungsproblem in ausgewählten Ansätzen beschrieben. Ausgewählt wurden Ansätze, die ein Vorgehensmodell zur Entwicklung bzw. zum Betrieb eines Kennzahlensystems zur Leistungsoptimierung und/oder ein ausgearbeitetes Kennzahlensystem beinhalten. Die Ansätze werden je nach Herkunft den Bereichen Produktentwicklung, Projektmanagement, Qualitätswissenschaften und Performance Measurement zugeordnet.

3.3.1 Ansätze aus dem Bereich Produktentwicklung

RÖPKE [RÖPKE 2003] stellt ein Vorgehensmodell zur Leistungssteigerung in der Serienentwicklung der Automobilzulieferindustrie vor. Zentraler Baustein ist die projektübergreifende Leistungsermittlung auf der Ebene einzelner Arbeitspakete. Ausgangspunkt der Bestimmung der Kennzahlen ist die Frage nach den Zielen. Das entwickelte Zielsystem beinhaltet strategische und operative Ziele in der Entwicklung. Als Dimensionen werden Zeit, Kosten und Qualität vorgeschlagen. Beispielsweise wird unter dem Qualitätsziel die Vermeidung von Änderungsschleifen im Entwicklungsprozess verstanden. Für jedes Ziel werden die Einflussfaktoren bestimmt, die den Kategorien Ressourcen, Hilfsmittel/Methoden oder Komplexität angehören können. Auf Basis von in der Literatur definierter Kennzahlen werden für die Ziele und Einflussfaktoren Kennzahlen zur Effizienzmessung festgelegt. Nach RÖPKE [ebenda, S. 101] können jedoch keine objektiven Messgrößen im Sinne von Kennzahlen definiert werden, die die Erfolgsfaktoren der Kategorien Hilfsmittel/Methoden wie z. B. die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden abbilden. Als Kennzahlen werden für die Arbeitspakete u. a. Komplexitätswert, Produktivität, Ersttrefferquote, Durchlaufzeit, Ressourceneinsatz, Termintreue und Nacharbeitsgrad festgelegt. Über die Vorgabe von Soll-Kennzahlen können im Entwicklungsverlauf phasenspezifisch die genannten Kennzahlen zu den relevanten Arbeitspaketen ermittelt und die Abweichungen identifiziert werden. Dabei sind projektbezogene oder projektübergreifende Auswertungen zu den Aufgabenpaketen möglich. Die Vorgehensweise wurde an drei Unternehmen der Automobilzulieferindustrie erprobt. Das Vorgehensmodell von RÖPKE bleibt auf den Entwicklungsbereich beschränkt. Auswertungen zu den Wirkungen der Arbeitspakete auf die Phasen Produktion und Nutzung sowie die Ableitung von Ursache-Wirkungsketten sind nicht möglich. Die vorgestellten Kennzahlen sind für die Bewertung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden zu allgemein.

WERNER [WERNER 2002] entwickelt ein branchenunabhängiges Konzept zur Messung und Bewertung von Innovationsprozessen. Das Konzept beruht auf zwei unterschiedlichen Sichtweisen bei der Messung. Zum einen erfolgt eine funktionsorientierte Messung, die die Prozessqualität mithilfe von In- und Outputgrößen bewertet und die langfristigen Aspekte von Effektivität und Effizienz im Innovationsprozess abdeckt. Zum anderen wird eine prozessorientierte Sichtweise der Effektivität und Effizienz verwendet, die Erfolgsfaktoren mit Checklisten und den Zeit-, Kosten- und Sachfortschritt erfasst. Die Auswahl der Kenngrößen erfolgt anhand zweier Diagramme, die die Kenngrößen nach Effizienz und Effektivität sowie den Einsatzbereich der Kenngrößen nach Phase des Innovationsprozess und Organisationsgrad gliedern. Das Konzept beinhaltet keine speziellen Kennzahlen für die Messung des präventiven Qualitätsmanagements. Zudem werden keine Kenngrößen für die Produktions- und Nutzungsphase vorgestellt.

GEIGER [GEIGER 2000] entwirft ein ganzheitliches Kennzahlensystem für den Entwicklungsbereich industrieller Unternehmen. Für die Ermittlung von Effektivität und Effizienz werden Kennzahlen der Dimensionen Kosten, Zeit und Leistung als Beurteilungsgrundlage durch mathematische Verknüpfungen zwischen bzw. innerhalb einer Dimension zusammengefasst. Das umfangreiche Kennzahlensystem betrachtet den gesamten Entwicklungsbereich und ist für eine Beurteilung einzelner Arbeitspakete nicht geeignet.

3.3.2 Ansätze aus dem Bereich Projektmanagement

WASIELEWSKI [WASIELEWSKI 2003] entwickelt ein Rechensystem für die kennzahlenbasierte Bewertung und den Vergleich von Entwicklungsprojekten. Ausgangspunkt sind Kennzahlen in den Dimensionen Kosten, Termine, Objekt bzw. Produkt und Qualität. Kennzahlen der Qualitätsdimension sind beispielsweise Reklamationsquote oder Lebensdauer. Für jede definierte Kennzahl werden zwei Merkmale erfasst. Zum einen das Basismerkmal als nominaler Wert, wie die Höhe der Fehlerkosten und der Kontrollwert als Abweichung des Basismerkmals von einem vorgegebenen Zielwert. Zusätzlich werden für jedes Projekt Parameter, wie der Innovationsgrad aufgenommen, die in kausalem Zusammenhang zu den Kennzahlen stehen und die Begleitumstände des Projektes beschreiben. Für den Projektvergleich wird der statistische Zusammenhang für Parameter und Merkmale analysiert und die Merkmale transformiert. Die transformierten Merkmalswerte werden projektspezifisch gewichtet und aggregiert. Spitzenkennzahlen sind die „Einhaltung“ bzw. die „Schwere“, als gewichteter Mittelwert der Kontrollmerkmale bzw. Basismerkmale. Je nach Auswertungsziel können zahlreiche Analysen und Vergleiche durchgeführt werden wie bei der Erprobung des Kennzahlensystems in 177 Entwicklungsprojekten gezeigt wurde. Das Kennzahlensystem von WASIELEWSKI eignet sich zur rückblickenden Beurteilung von Projekten und ermöglicht, die Güte eines Projektes zu bewerten. Kritisch ist zu beurteilen, dass sich die Kennzahlen nicht im Sinne von Frühindikatoren zur Steuerung von Projekten eignen. Darüber hinaus wird kein Vorgehen beschrieben wie aus den Kennzahlen Aktivitäten zur Verbesserung abgeleitet werden können. Durch die fehlende Zukunftsorientierung und die nicht vorhandene Abbildung der Ursache-Wirkungs-Beziehung sind die Anforderungen des Performance Measurements nur teilweise erfüllt. Die Kennzahlen der Qualitätsschwere und der Qualitätseinhaltung sind für Aussagen zu den präventiven Qualitätsmanagement-Methoden nicht ausreichend detailliert.

GEORGE [GEORGE 1999] entwirft ein Projekt-Kennzahlensystem, das die Dimensionen Zeit, Kosten, Leistung, Ressourcen und Umwelt betrachtet. In der Dimension Leistung werden qualitätsbezogene Kennzahlen, wie die Fehleranzahl oder Spezifikationsänderungen je Arbeitspaket, vorgeschlagen. GEORGE beschreibt ein Vorgehen zur Selektion von Kennzahlen aus einem Rahmen-Kennzahlensystem. Dazu werden in einer Ursache-Wirkungskette die problemrelevanten Einflussfaktoren dargestellt und Kennzahlen abgeleitet. Zur Strategie wird kein Bezug genommen. Spezielle Kennzahlen zu den Arbeitspaketen des präventiven Qualitätsmanagements werden nicht vorgestellt.

GENTNER [GENTNER 1994] entwickelt ein Kennzahlensystem, das die Bewertung und Optimierung von Effizienz und Effektivität in den Entwicklungs- und Anlaufphasen der Automobilindustrie zum Gegenstand hat. Das Kennzahlensystem beinhaltet Kennzahlen aus drei Ebenen:

- Projektebene: Kennzahlen für den Projektfortschritt beziehen sich auf Zeit-, Kosten- und Outputgrößen eines Projektes.

- Prozessebene: Phasenbezogene Effizienzkenzahlen ermitteln den absoluten Output wie z. B. Anzahl Konstruktionsänderungen und das relative Potential, das beispielsweise in der Qualitätsverbesserung zum Vorgänger ausgedrückt wird.
- Geschäftsprozessebene: Gesamtprojektorientierte Effektivitätskenzahlen bewerten die Dimensionen Zeit, Kosten und Leistungen in der Entwicklungs- und Anlaufphase des Projektes.

Eine praktische Erprobung des Kennzahlensystems fand nicht statt. Das Projekt-Kennzahlensystem erfüllt die Anforderungen des Performance Measurements aufgrund des fehlenden Strategiebezugs und der fehlenden Ursache-Wirkungsketten nur teilweise. Gleichzeitig begrenzt sich die Betrachtung auf die Entwicklungs- und Anlaufphase des Projektes. Die vorgeschlagenen Kennzahlen ermöglichen keine Differenzierung in Arbeitspakete.

3.3.3 Ansätze aus dem Bereich Qualitätsmanagement

Mit dem EFQM-Modell für Excellence [EFQM 2000] hat die European Foundation for Quality Management (EFQM) ein Rahmenwerk zur ganzheitlichen Bewertung von Unternehmen geschaffen. Das ursprünglich als Bewertungsmodell für den europäischen Qualitätspreis „European Quality Award“ entwickelte EFQM-Modell hat die Bewertung und Verbesserung von Qualitätsmanagementsystemen, Qualitätsdimension und Leistung von Unternehmen zum Ziel [GLEICH 2001, S. 87]. Das Modell besteht aus neun Kriterien, die sich in die beiden Kriteriengruppen *Befähiger* und *Ergebnisse* unterteilen (siehe Abbildung 10).

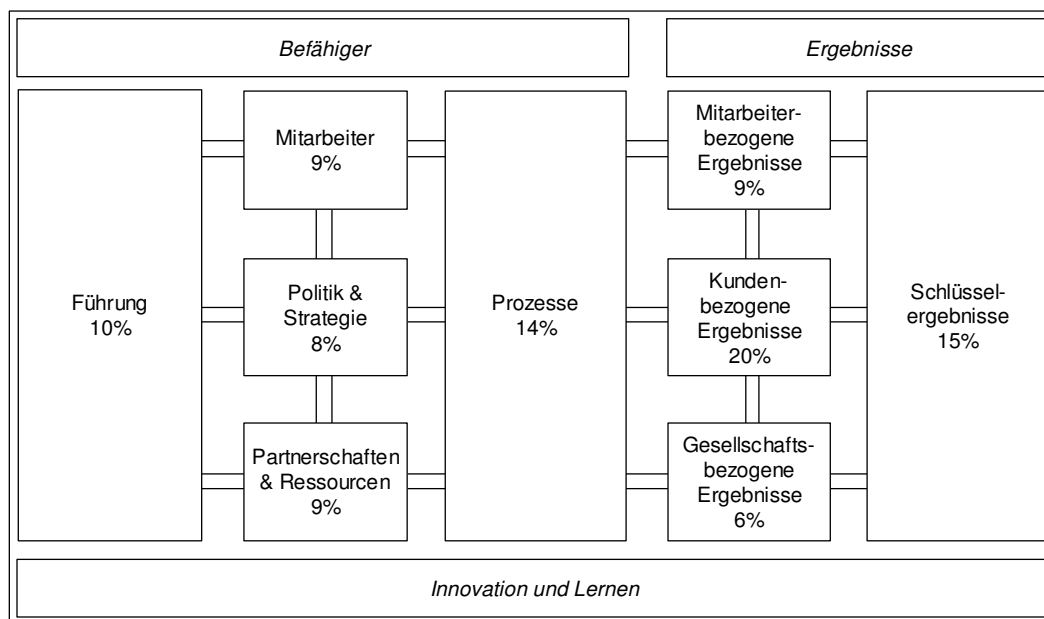


Abbildung 10: Das EFQM-Modell für Excellence [EFQM 2000, S. 10]

Die Gruppe *Befähiger* berücksichtigt Vorgehensweisen und Tätigkeiten zur Umsetzung des umfassenden Qualitätsmanagements³², während die Gruppe *Ergebnisse* die erzielten Ergeb-

³² Umfassendes Qualitätsmanagement oder Total Quality Management (TQM) ist nach der zurückgezogenen DIN EN ISO 8402 „eine auf die Mitwirkung aller ihrer Mitglieder beruhende Managementmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenstellung der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf den Nutzen der Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt“ [DIN EN ISO 8402:1995, Abs. 3.7].

nisse des Unternehmens widerspiegelt. Jedes der neun Kriterien ist durch eine Prozentangabe entsprechend der von der EFQM vorgegebenen Bedeutung gewichtet, wobei die *Befähiger*-Kriterien und die *Ergebnis*-Kriterien in einem ausgeglichenen Verhältnis stehen. Grundsätzlich besteht eine Kausalbeziehung von den *Befähiger*- zu den *Ergebnis*-Kriterien [EFQM 2000, S. 10; RADTKE/WILMES 2000, S. 15ff, SCHRANK 2001, S. 86ff]. Durch die regelmäßige Selbstbewertung anhand der Kriterien erhält das Unternehmen wichtige Informationen über Verbesserungspotentiale. Maßnahmen können eingeleitet werden und ein Verbesserungsprozess wird angeregt. Eine unternehmens- oder branchenspezifische Anpassung des Modells widerspricht dem Ziel der vergleichbaren Bewertung für den Qualitätspreis. In der Forschung [vgl. WOLTER 1997, BELLABARBA 2003] und unternehmerischer Praxis [vgl. BLANKENBURG 1999, S. 145ff] dient das Modell als Ausgangspunkt für spezielle Bewertungen und Kennzahlensysteme. Das EFQM-Modell ist aufgrund seiner universellen Ausrichtung für die Leistungsermittlung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden zu unspezifisch. Dennoch bietet das Modell in Struktur und Ansatz eine Ausgangsbasis für weitere Überlegungen.

WOLTER [WOLTER 1997, vgl. WOLTER 2002, S. 205ff, WOLTER 2002b, S. 33ff] entwickelt auf Basis des EFQM-Modells ein Kennzahlensystem für Unternehmen, die nach den Grundprinzipien des umfassenden Qualitätsmanagements geführt werden. Das Kennzahlensystem geht von einem Zielsystem aus, das den langfristigen Geschäftserfolg durch Ergebnisse der Perspektiven Kundenzufriedenheit, Mitarbeiterzufriedenheit und gesellschaftliche Verantwortung erreicht. An diesen Zielen sind die Ziele der Hauptprozesse des Unternehmens auszurichten, die in einer weiteren Zielebene und Perspektive dargestellt sind. Dazu werden nicht finanzielle Kennzahlen definiert, die als Wertetreiber im Sinne einer Ursache-Wirkungskette für den „Return on Quality“ das finanzielle und hierarchische Kennzahlensystem von KAMISKE [KAMISKE 1996, S. 82] verstanden werden (siehe Abbildung 11).

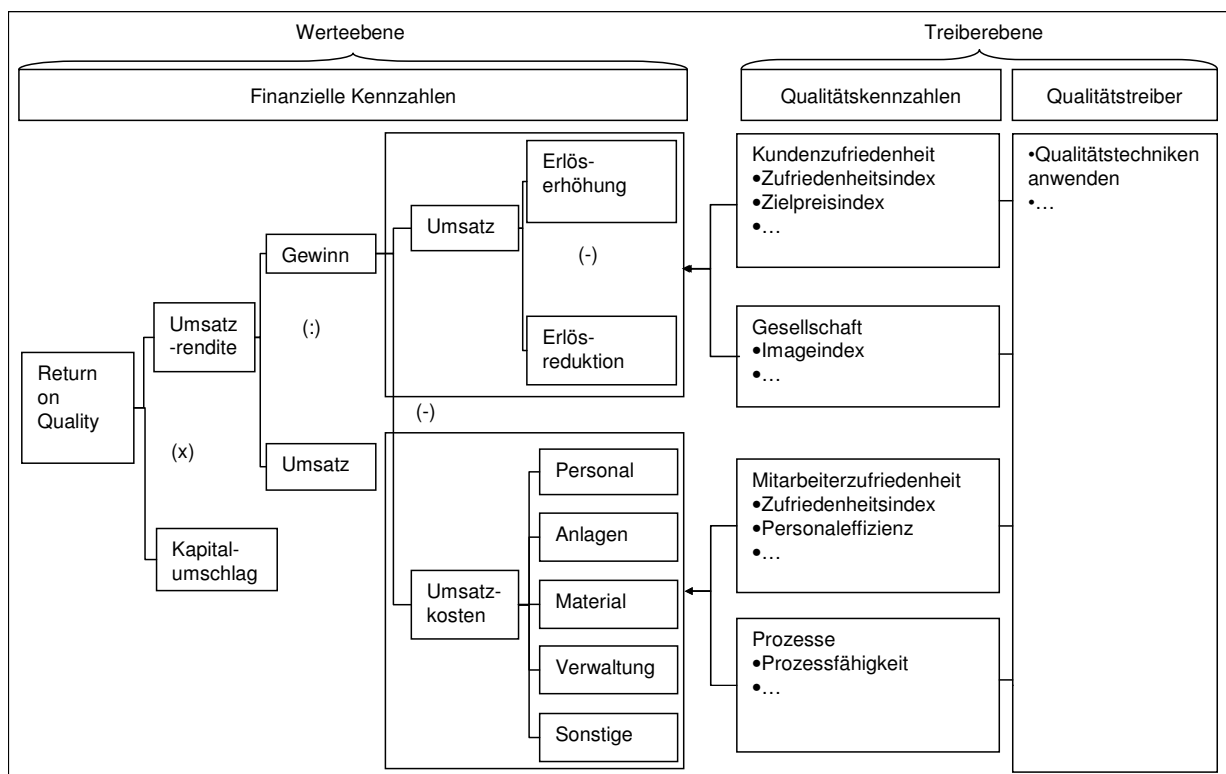


Abbildung 11: Kennzahlensystem nach WOLTER [nach WOLTER 1997, S. 61]

Der Return on Quality spiegelt die Kapitalrentabilität eines Unternehmens wider, das sich auf einem gewissen Qualitätsniveau befindet. Das allgemeingültige Kennzahlensystem wird um unternehmensindividuelle Kennzahlen auf Teilprozessebene, bzw. Bereichsebene ergänzt. Für den Bereich präventiver Qualitätsmanagement-Methoden werden zwei Kennzahlen definiert, die der Kundenperspektive zugeordnet sind [ebenda, S. 75f]. Die erste Kennzahl „Methodeneinsatz“ gibt den Anteil der Projekte wieder, in denen eine Qualitätsmanagement-Methode eingesetzt wird. Die zweite Kennzahl weist den Änderungsaufwand in der Entwicklung aus und wird als „Methodeneffizienz“ bezeichnet. Dabei wird den Kennzahlen eine Wirkbeziehung unterstellt, auf die jedoch nicht weiter eingegangen wird. Eine qualitative Bewertung des Methodeneinsatzes bleibt ebenfalls aus. Insgesamt sind die entwickelten Kennzahlen für das gesamte Unternehmen und nicht für die Leistungsbewertung auf der Ebene von Projekten oder einzelnen präventiven Qualitätsmanagement-Methoden geeignet.

BRANDT [BRANDT 1999] entwirft eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung für qualitätsbezogene Aktivitäten. Die direkten und indirekten Wirkungen der Qualitätsmanagement-Methoden werden auf Prozessebene erfasst und bewertet. Dazu werden die von der Maßnahme betroffenen Prozesse identifiziert und die direkten, unmittelbaren Wirkungen bestimmt. Die indirekten Wirkungen werden über Wirkungsketten analysiert und können sich auf weitere Prozesse beziehen. Für die Bewertung der Wirkungen werden entlang der Ursache-Wirkungsketten qualitative oder quantitative Kennzahlen definiert. Eine mehrdimensionale Struktur wird nicht eingeführt. Über einen Zeitvergleich wird der Aufwand der Methoden dem Nutzen gegenübergestellt. Damit eignet sich das Verfahren besonders für organisatorische Änderungen oder Verbesserungsaktivitäten bei schnell laufenden Prozessen wie in der Produktion. Eine Bewertung von Qualitätsmanagement-Methoden ist in der Entwicklung aufgrund der Einmaligkeit und Langsamkeit der Prozesse nur über subjektive Schätzungen möglich. Die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung ist praxisorientiert, eignet sich jedoch nicht zur projektbezogenen Bewertung von präventiven Qualitätsmanagement-Methoden.

EULER [EULER 1998] entwickelt ein Kennzahlensystem zur kontinuierlichen Effizienzverbesserung von präventiven Qualitätsmanagement-Methoden am Beispiel der FMEA. Die Verbesserung erfolgt sowohl in einem entwicklungsinternen sowie in einem entwicklungsübergreifenden Regelkreis, der Informationen aus dem Reklamationsmanagement zur Bewertung der Wirkung verarbeitet. Grundlage der Effizienzbewertung ist ein prozessorientiertes Kennzahlensystem, das die Wirksamkeit und die Wirtschaftlichkeit der Methoden beurteilt. Das Kennzahlensystem besteht aus 18 Kennzahlen, die auf die Teilprozesse der FMEA verteilt sind (siehe Abbildung 12). Für den ersten FMEA-Teilprozess wird beispielsweise der Teamgrößenindex aus der Anzahl der Teammitglieder sowie der Arbeitsfähigkeitsindex als Quotient der Anzahl festgelegter Maßnahmen zur Fehlerursachenvermeidung zur Anzahl betrachteter Fehlerursachen ermittelt. Bei Abweichungen der Ist-Kennzahl zum Soll-Wert werden Aktivitäten eingeleitet. Zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit wird beispielsweise im Teilprozess „Optimiere Konzept“ die Kennzahl Kosteneinsparungspotential definiert. Diese besteht aus der Differenz eines fiktiven Kostenvermeidungspotentials und den Fehlerverhütungskosten der FMEA. Das Kostenvermeidungspotential berechnet sich wiederum aus einer Abschätzung der durch die FMEA möglicherweise verringerten Ausfallwahrscheinlichkeit, die mit den geplanten Herstellkosten des Produktes multipliziert werden. Die Nachweisführung wird erst im Abgleich mit den tatsächlichen Reklamationsdaten belastbar.

FMEA Teilprozesse	Kennzahlen	
Bereite FMEA organisatorisch vor	<ul style="list-style-type: none"> • Teamgrößenindex • Arbeitsfähigkeitsindex • Vollständigkeitsgrad der Unterlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Rechtzeitigkeit • Unterlagenverteilung • Verzögerungsgrad
Konkretisiere Aufgabe	<ul style="list-style-type: none"> • Baugruppenbedeutung • Reklamationsrisiko • Konkretisierungsgrad 	
Analysiere Funktion	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzungsgrad Funktionen • Eindeutigkeitsgrad Funktionsbeschreibung 	
Analysiere Risiko		
Optimiere Konzept	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlerreduktionsanteil Maßnahmen • Kostenvermeidungspotential Maßnahmen 	
Verfolge Projekt	<ul style="list-style-type: none"> • Wirksamkeitsgrad Maßnahmen • Termineinhaltungsgrad Maßnahmen 	

Abbildung 12: Kennzahlensystem nach EULER [EULER 1998, S. 52]

Eine klare Zuordnung der Kennzahlen zu den Bereichen Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit findet genauso wenig statt, wie eine zeitliche Zuordnung oder eine Zuordnung zu Perspektiven im Sinne des Performance Measurements. Eine Verdichtung auf Ebenen und das Aufzeigen einer Ursache-Wirkungskette findet nicht statt. Da das Kennzahlensystem für jede Produktklasse individuell anzupassen ist, sind projektübergreifende Auswertungen nur bedingt möglich. Das Kennzahlensystem wurde an einem abgeschlossenen Projekt in der Praxis erprobt.

3.3.4 Ansätze aus dem Bereich Performance Measurement

KAPLAN/NORTON [KAPLAN/NORTON 1996, 1997] haben mit der Balanced Scorecard (BSC) Anfang der Neunziger des letzten Jahrhunderts das bisher bekannteste und am weitesten verbreitete Konzept des Performance Measurements entwickelt. Primäre Zielsetzung der BSC ist es, die Strategie einer Geschäftseinheit in Kennzahlen zu übersetzen. Die Ziele leiten sich aus der Vision und der Strategie des Unternehmens bzw. Geschäftsbereichs ab und adressieren somit die entscheidenden und erfolgskritischen Faktoren. Balanced steht für eine Systematik, in der die Interessen der relevanten unternehmensexternen Stakeholder sowie die internen Informationsanforderungen für die kritischen und wesentlichen Geschäftsprozesse ausgewogen berücksichtigt werden [KAPLAN/NORTON 1996, S. 25; KLINGEBIEL 2001, S. 50]. Als vier aufeinander aufbauende Sichtweisen der BSC wurden die Finanzperspektive, die Kundenperspektive, die interne Prozessperspektive sowie die Lern- und Wachstumsperspektive entwickelt (siehe Abbildung 13). Die Anzahl und Inhalte der Perspektiven wird unternehmensspezifisch angepasst [KAPLAN/NORTON 1996, S. 34ff; KLINGEBIEL 2001, S. 52, WEBER/SCHÄFFER 1999, S. 4ff; BERNHARD/HOFFSCHRÖER 2001, S. 219ff]. Die Finanzperspektive zeigt, ob die Umsetzung einer Strategie zur Ergebnisverbesserung beiträgt. Sie dient gleichzeitig den darunterliegenden Perspektiven als Endziel. In der Kundenperspektive wird die Strategie in kunden- und marktbezogene Ziele übersetzt. Für die Prozessperspektive werden diejenigen kritischen Geschäftsprozesse identifiziert, welche die Kundenzufriedenheit und die Finanzziele nachhaltig beeinflussen. Die Lern- und Entwicklungsperspektive beschreibt schließlich die notwendigen Potentiale, die die Organisation schaffen muss, um langfristig Wachstum und Verbesserung zu sichern. In der BSC werden die finanziellen Kennzahlen für vergangenheitsbezogene Leistungen des Unternehmens um nicht monetäre Indika-

toren für zukünftige Leistungen ergänzt [KLINGEBIEL 2001, S. 50].

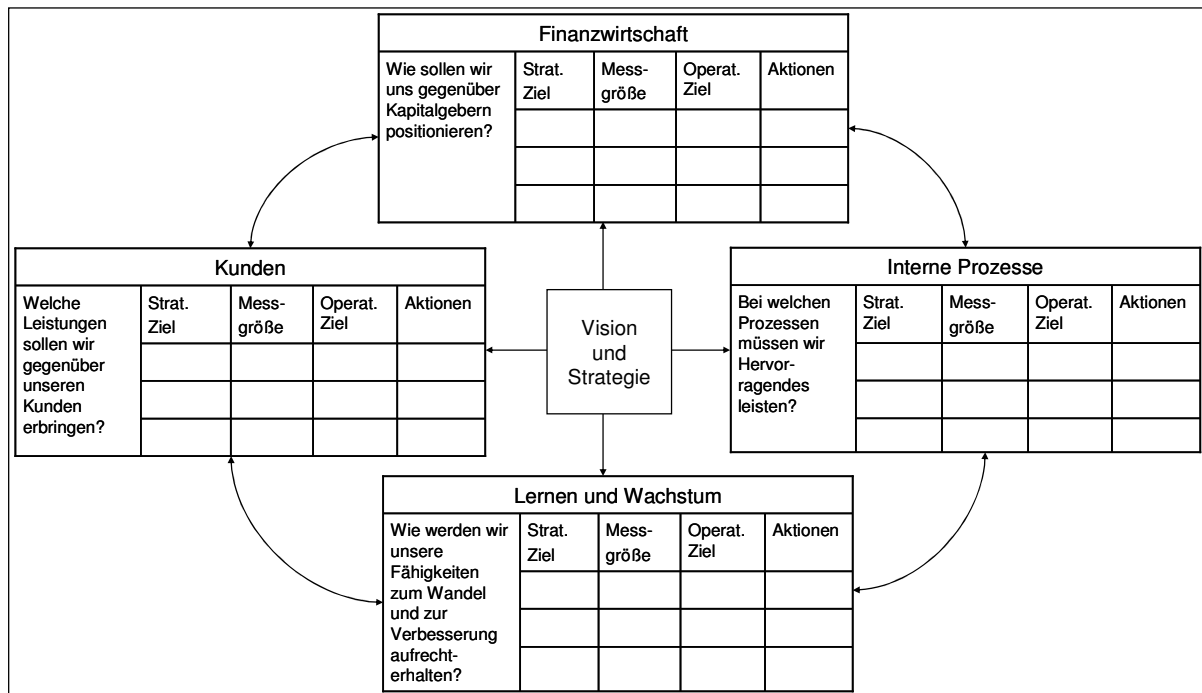


Abbildung 13: Perspektiven der BSC [KAPLAN/NORTON 1997, S. 9]

Die Kennzahlen der Finanz-, Kunden-, internen Prozess- sowie der Lern- und Wachstumsperspektive sind über eine Ursache-Wirkungskette miteinander verbunden [GLADEN 2003, S. 190; KAPLAN/NORTON 1997, S. 28ff] (siehe Abbildung 14). Demnach stellt sich finanzieller Erfolg durch die Zufriedenstellung der Kunden ein. Grundlage der Kundenzufriedenheit sind Produkte und Prozesse, die dem Kunden einen zusätzlichen Nutzen schaffen und von ihnen gefordert und gewünscht sind. Diese Produkte oder Prozesse werden wiederum von Mitarbeitern mit entsprechendem Fachwissen realisiert.

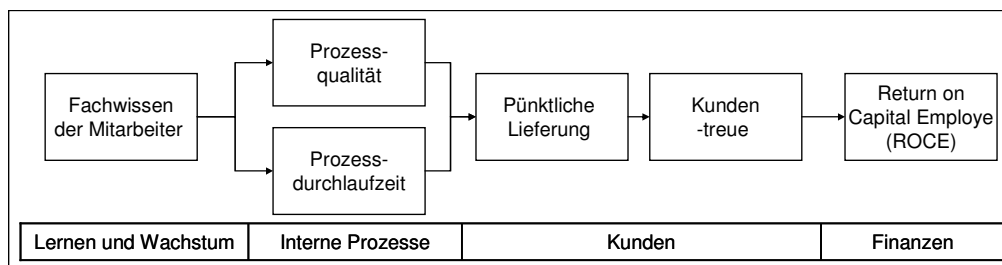


Abbildung 14: Ursache-Wirkungskette [nach KAPLAN/NORTON 1997, S. 29]

Das Kennzahlensystem der BSC macht die Hypothesen zwischen den Zielen und Kennzahlen explizit. Die BSC wird zur Steuerung des Unternehmens bzw. strategischer Geschäftseinheiten eingesetzt. Darüber hinaus kann die BSC auf die Ebenen unterhalb der Geschäftseinheiten heruntergebrochen werden [GLADEN 2003, S. 176ff]. Die BSC bietet einen vielfach erprobten Ansatz zur Leistungsermittlung auf Unternehmensebene.

SELDERS/MÄRKLE [SELDERS/MÄRKLE 2003] entwickelten eine Project Scorecard, indem sie das Konzept der BSC auf ausgewählte, strategische Projekte übertragen. Die vorgestellte Project Scorecard erstreckt sich über mehrere Ebenen bzw. Perspektiven (siehe Abbildung 15).

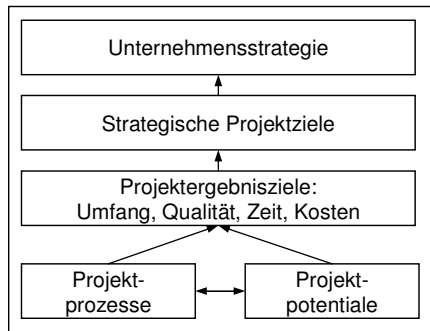


Abbildung 15: Ebenen bzw. Perspektiven der Project Scorecard [ebenda, S. 2]

In der untersten Ebene befinden sich die Perspektiven Projektprozesse und Projektpotentiale, die in gegenseitiger Wechselwirkung stehen. Die Potentiale umfassen beispielsweise die Mitarbeiter, die Infrastruktur sowie Lieferanten, die für den Projekterfolg von Bedeutung sind. Die Prozessperspektive beinhaltet die wesentlichen Prozesse des Projektmanagements. Diese beiden Perspektiven wirken auf die Ebene der Projektergebnisziele mit den Zieldimensionen Umfang, Qualität, Zeit und Kosten. Die Projektergebnisziele wirken direkt auf die Erfüllung der strategischen Projektziele, die mit der Unternehmensstrategie verbunden ist. Auf diese Weise sind die Perspektiven durch Ursache-Wirkungsketten von den Prozessen bis zur Unternehmensstrategie miteinander verbunden. Die Anforderungen des Performance Measurements werden vollständig erfüllt. Bei der Ausgestaltung der Project Scorecard werden ausgehend von den Zielen allgemeine Kennzahlen definiert. Da die Project Scorecard für strategische Projekte jeweils neu entwickelt bzw. angepasst wird und damit spezifische Kennzahlen beinhaltet, ist sie für eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Serienentwicklungsprojekte nicht geeignet. Zudem bleibt die Project Scorecard auf die Entwicklungsphase beschränkt, ohne die nachfolgenden Phasen des Lebenszyklus zu beachten.

SCHRANK [SCHRANK 2002, S. 99ff] stellt eine Vorgehensweise zur individuellen Anpassung eines Systems zum Performance Measurement vor. Ausgehend von dem zu erreichenden Ziel werden Bewertungskategorien festgelegt. Durch Festlegung von Faktoren wird diese Kategorie top-down in Messgrößen abgebildet. Bottom-up erfolgt hingegen die Skalierung und Verdichtung der Messgrößen zu einer übergeordneten Spitzenkennzahl. Die beiden Vorgehensweisen werden nacheinander durchlaufen. Dieser Ansatz stellt ein abstraktes Vorgehensmodell dar, in das sich die BSC und das EFQM-Modell einordnen lassen. Konkrete Kennzahlen und Anwendungen auf das präventive Qualitätsmanagement werden nicht genannt.

KÜNG/WETTSTEIN [KÜNG/WETTSTEIN 2003] unterscheiden in ihrem Vorgehensmodell zur Leistungsermittlung und -bewertung die Zyklen Erstellung und Nutzung (siehe Abbildung 16). Ausgangspunkte der Erstellung sind die Unternehmensstrategie und -ziele. Weitere Schritte sind die unternehmensindividuelle Erarbeitung der Kennzahlen, die Identifikation der Datenquellen und die Erstellung einer Performance-Datenbank sowie die Festlegung der Prozeduren zur Analyse, Kommunikation und Verwendung der Daten. Parallel dazu erfolgt der Betrieb als ständiger Kreislauf aus Datensammeln, Kommunizieren, Analysieren und Handeln.

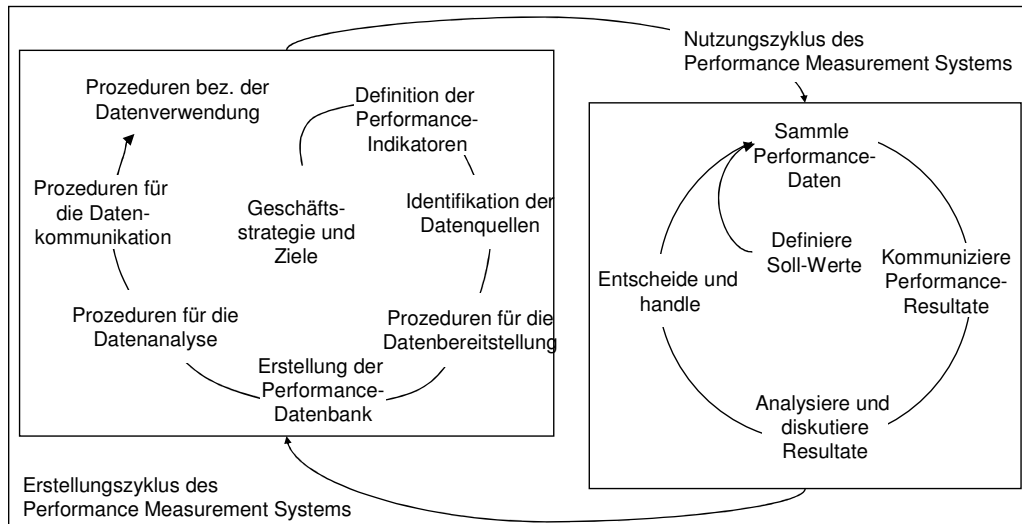


Abbildung 16: Idealtypischer Erstellungs- und Nutzungszyklus [ebenda, S. 69]

Mit dem praxisnahen Vorgehen wird ein Kennzahlensystem auf Unternehmensebene erstellt, das den Anforderungen des Performance Measurements entspricht. Auf die Anwendung des Vorgehens auf einzelne Arbeitspakete in Entwicklungsprozessen wird nicht eingegangen.

3.4 Handlungs- und Forschungsbedarf

Die Automobilindustrie steht durch Globalisierung, zunehmende Differenzierung und bei steigenden Qualitätsanforderungen unter erheblichem Kostendruck. Daher sind Effizienz- und Effektivitätssteigerungen über alle Phasen der betrieblichen Leistungserstellung zwingend erforderlich. Um das präventive Qualitätsmanagement in der Serienentwicklung systematisch zu optimieren, ist es notwendig, neben der Leistung der Qualitätsmanagementprozesse in der Entwicklung auch deren Auswirkungen in der Produktions- und Nutzungsphase zu kennen. In der unternehmerischen Praxis benötigt das Projekt- bzw. Qualitätscontrolling ein Instrument das den Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements entwicklungsbegleitend bewertet und diesem die realisierten Wirkungen gegenüberstellt, um zukünftige Projektplanungen zu verbessern. Diesem Bedarf in der Praxis steht eine Vielzahl von Ansätzen gegenüber (siehe Tabelle 10).

Die Ansätze aus dem Bereich Produktentwicklung und Projektmanagement erfüllen aufgrund fehlender Ursache-Wirkungs-Beziehung und fehlendem Strategiebezug die Anforderungen des Performance Measurements nur teilweise. Wenngleich der Projektbezug der Kennzahlensysteme sichergestellt ist, so geben nur WASILEWSKI und RÖPKE Ansätze für eine projektübergreifende Bewertung vor. Die Lösungsansätze aus dem Bereich Qualitätsmanagement zielen im Wesentlichen auf eine ganzheitliche Leistungsbewertung, ohne speziell auf die Anforderungen in Entwicklungsprojekten einzugehen. So erfolgt bei WOLTER und BRANDT die Bewertung von Qualitätsmaßnahmen, ohne den Projektbezug aufzuzeigen. Einzig EULER gibt ein Projekt-Kennzahlensystem für eine präventive Qualitätsmanagement-Methode am Beispiel der FMEA vor. Für projektübergreifende Bewertungen des präventiven Qualitätsmanagements ist aus dem Bereich Qualitätsmanagement kein Ansatz geeignet. Die Lösungsansätze aus dem Bereich Performance Measurement weisen zwar eine hohe Praxisorientierung auf, sind jedoch bis auf die Project Scorecard nicht für Projekte konzipiert.

Anforderungen Ausgewählte Ansätze aus den Bereichen	allgemein		speziell			
	Praxisorientierung	Grundgedanke des Performance Measurement	Performance Measurement über den Produkt- und Projektlebenszyklus	Performance Measurement für präventive Qualitätsmanagement-Methoden	Projektbezogenes Performance Measurement	Projektübergreifendes Performance Measurement
Produktentwicklung						
[RÖPKE 2003]: Management der Leistungssteigerung bei Applikationsentwicklungen von Automobilzulieferern	●	●	●	●	●	●
[WERNER 2002]: Messung und Bewertung der Leistung von Forschung und Entwicklung im Innovationsprozess	●	●	●	○	●	●
[GEIGER 2000]: Kennzahlenorientiertes Entwicklungscontrolling	●	●	●	○	●	○
Projektmanagement						
[WASILEWSKI 2003]: Projektvergleichstechnik	●	●	●	●	●	●
[GEORGE 1999]: Kennzahlen für das Projektmanagement	●	●	●	●	●	●
[GENTNER 1994]: Entwurf eines Kennzahlensystems zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung von Entwicklungsprojekten	●	●	●	○	●	●
Qualitätswissenschaft						
[EFQM 2003]: EFQM-Modell	●	●	●	○	○	○
[WOLTER 1999]: Entwicklung und Erprobung eines Kennzahlensystems für das Total Quality Managements	●	●	●	●	○	○
[BRANDT 1999]: Prozessorientiertes Controllingkonzept für Maßnahmen des Total Quality Managements	●	●	●	●	○	○
[EULER 1998]: Effizienzbewertung präventiver Qualitätsmanagementprozesse	●	●	●	●	●	○
Performance Measurement						
[KAPLAN/ NORTON 1996]: The Balanced Scorecard	●	●	●	○	○	○
[SELDERS ET AL. 2003]: Project Scorecard	●	●	●	●	●	○
[SCHRANK 2002]: Neukonzeption des Performance Measurements	●	●	●	○	○	○
[KÜNG/WETTSTEIN 2003]: Ganzheitliches Performance Measurement	●	●	●	○	○	○
Legende: ● gut oder sehr gut erfüllt ● teilweise erfüllt ○ nicht oder wenig erfüllt						

Tabelle 10: Bewertung der Ansätze

Zusammenfassend sind die Ansätze entweder zu allgemein auf ganze Unternehmen oder wiederum zu speziell auf eine einzelne Qualitätsmanagement-Methode zugeschnitten. Die Notwendigkeit nach einer systematischen Leistungsermittlung und Bewertung ist aus Sicht von Praxis und Wissenschaft gegeben. Speziell für die Leistungsermittlung mehrerer zusammenhängender Methoden des präventiven Qualitätsmanagements besteht Handlungs- und Forschungsbedarf.

4 Lösungsmodell

Vor dem Hintergrund der in Praxis und Wissenschaft noch nicht zufrieden stellend gelösten Problematik wird im Folgenden ein Lösungsmodell entwickelt, das den gestellten Anforderungen gerecht wird und die Leistungsermittlung, -bewertung und -steigerung für präventive Qualitätsmanagement-Methoden in der Serienentwicklungsprojekten ermöglicht. Der zugrunde liegende Gedanke und die einzelnen Schritte für die Entwicklung und den Betrieb des Performance Measurements werden vorgestellt sowie die Voraussetzungen genannt.

4.1 Grundgedanke

In Anlehnung an das EFQM-Modell unterscheidet das Lösungsmodell der vorliegenden Arbeit zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse*. Entlang des Lebenszyklus eines Produktes wird die Entwicklungsphase der *Befähiger*-Seite und die Produktions- und Nutzungsphase der *Ergebnis*-Seite zugeordnet (siehe Abbildung 17).

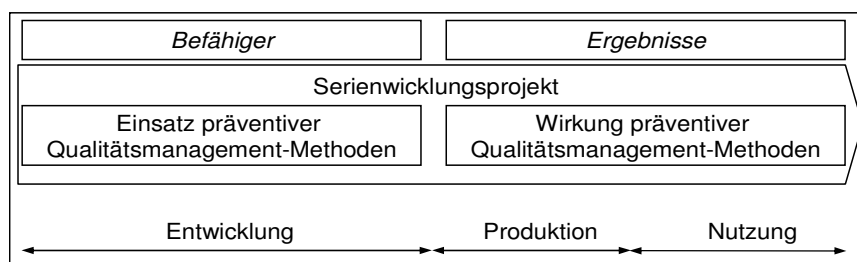


Abbildung 17: Grundstruktur des Lösungsmodells

Die *Befähiger*-Seite beinhaltet die Tätigkeiten des präventiven Qualitätsmanagements und spiegelt das wider, was das Unternehmen in der Entwicklung tut, um Fehler zu vermeiden. Die Wirkungen der Methoden sind erst im späteren Projektverlauf in der Produktions- und Nutzungsphase der *Ergebnis*-Seite ermittelbar. Der Produktionsbeginn stellt die inhaltliche und zeitliche Trennung zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse* dar. Wie im EFQM-Modell findet sich die beim Einsatz präventiven Qualitätsmanagements unterstellte Ursache-Wirkungskette in der Abfolge von *Befähiger* und *Ergebnisse* wieder.

Zur Lösung der Optimierungsproblematik sind Aussagen zur Relation zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse* notwendig. Grundsätzlich sind neben der subjektiven Schätzung beider Seiten drei verschiedene Vorgehensweisen möglich, um die Zusammenhänge zu quantifizieren (siehe Abbildung 18):

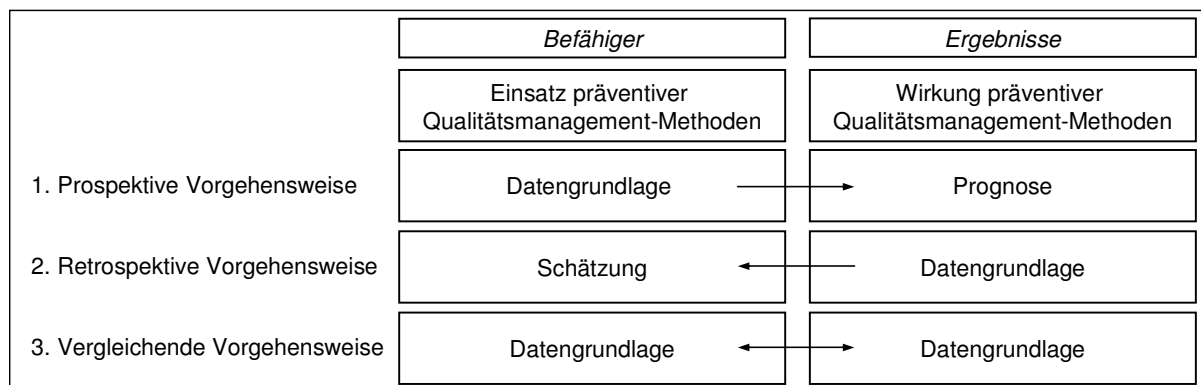


Abbildung 18: Grundsätzliche Vorgehensweisen

- 1. Prospektive Vorgehensweise:** Ausgehend von den Daten der *Befähiger*-Seite wird die Wirkung in Form einer Prognose abgeschätzt, wie in der Arbeit von EULER [EULER 1998], gezeigt wird. Beispielsweise wird in der System-FMEA abgeschätzt, welche Kosteneinsparungen erwartet werden. Die Leitfrage der Vorgehensweise lautet: Welche *Ergebnisse* wird voraussichtlich der Einsatz der *Befähiger* haben?
- 2. Retrospektive Vorgehensweise:** Bei der retrospektiven Bewertung wird der Rückschluss von der realisierten Wirkung der *Ergebnis*-Seite auf die *Befähiger* vorgenommen. Eine davon unabhängige Bewertung der *Befähiger* findet nicht statt. Die Leitfrage lautet: Welche *Befähiger* hätten die vorliegenden *Ergebnisse* vermieden?
- 3. Vergleichende Vorgehensweise:** Bei der vergleichenden Vorgehensweise werden über den gesamten Lebenszyklus *Befähiger* und *Ergebnisse* mehrerer Projekte ermittelt. Auf Basis dieser Datengrundlage wird über den Vergleich mehrerer Projekte eine statistische Aussage zum Zusammenhang zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse* getroffen. Die Leitfrage lautet: Welche Zusammenhänge zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse* sind signifikant?

Die prospektive und die retrospektive Vorgehensweise bewerten jeweils nur eine Seite auf Grundlage von Kennzahlen. Beide Vorgehensweisen eignen sich zur Abschätzung der Relation zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse*, bleiben jedoch einen abschließenden Nachweis schuldig. Die vergleichende Vorgehensweise liefert Bewertungen für beide Seiten und ermöglicht einen statistischen Nachweis des Zusammenhangs. Voraussetzung für eine vergleichende Analyse ist eine ausreichend hohe Grundgesamtheit ähnlicher Projekte sowie eine hinreichend genaue Leistungsermittlung des präventiven Qualitätsmanagements auf der *Befähiger*- und *Ergebnis*-Seite.

Das Lösungsmodell der vorliegenden Arbeit basiert auf der vergleichenden Vorgehensweise. Bei der Entwicklung des vergleichenden Vorgehens wird jedoch auf die retrospektive Vorgehensweise zurückgegriffen. Die Entwicklung beginnt mit der Bestätigung einer subjektiv angenommenen Ursache-Wirkungskette zwischen *Befähiger* und *Ergebnisse* durch eine retrospektive Bewertung. Auf diese Weise werden mit geringem Aufwand Hypothesen entwickelt und unter Annahmen operationalisiert³³. Die Ursache-Wirkungskette dient zur Entwicklung des Performance Measurements, das den kennzahlenbasierten Vergleich von Projekten ermöglicht. Eine prospektive Bewertung zukünftiger *Ergebnisse* auf Grundlage der in der Entwicklung ermittelten *Befähiger* wird mithilfe der signifikanten Zusammenhänge aus der vergleichenden Bewertung möglich.

4.2 Vorgehensweise

In Rückgriff auf den Erstellungs- und Nutzungszyklus des Performance Measurements ergibt sich mit der kombinierten Vorgehensweise ein zweigeteiltes Lösungsmodell. Im oberen Teil des Lösungsmodells wird das Performance Measurements entwickelt. Im unteren Teil erfolgt der Betrieb des Performance Measurements. Als verbindendes Element nimmt das Projekt-Kennzahlensystem zwischen der Entwicklung und dem Betrieb des Performance Measure-

³³ operationalisieren: Begriffe präzisieren, standardisieren durch Angabe der Operationen, mit denen man den durch den Begriff bezeichneten Sachverhalt erfassen kann oder durch Angabe der Indikatoren, die den betreffenden Sachverhalt anzeigen [DUDEN 2003].

ments eine zentrale Stellung ein (siehe Abbildung 19).

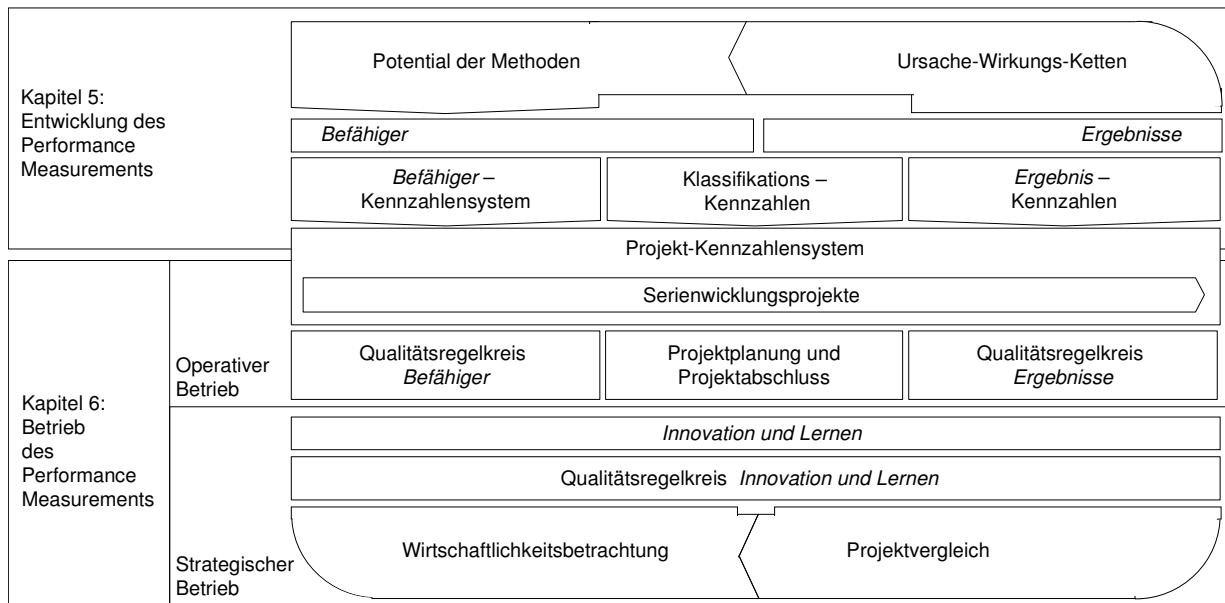


Abbildung 19: Struktur der Vorgehensweise des Lösungsmodells

Bei der Entwicklung des Performance Measurements wird die subjektiv angenommenen Ursache-Wirkungskette mittels retrospektiver Bewertung der Fehlerkosten überprüft und gegebenenfalls angepasst. Gleichzeitig kann auf diese Weise die Bedeutung der betrachteten präventiven Methoden, das so genannte Potential der Methoden bestimmt werden. Mit diesen Vorarbeiten beginnt die Entwicklung des Projekt-Kennzahlensystems. Das Projekt-Kennzahlensystem setzt sich aus dem *Befähiger*-Kennzahlensystem, den Klassifikations-Kennzahlen und den *Ergebnis*-Kennzahlen zusammen. Entsprechend der Grundstruktur beinhaltet das *Befähiger*-Kennzahlensystem die Messgrößen des Entwicklungsprozesses. Die Ergebnis-Kennzahlen beziehen sich hingegen auf die Produktions- und Nutzungsphase. Somit bildet das Projekt-Kennzahlensystem den Einsatz und die Wirkung des präventiven Qualitätsmanagements über den gesamten Lebenszyklus ab. Auf Basis der *Befähiger*- und *Ergebnis*-Kennzahlen kann ein Vergleich mehrerer Projekte durchgeführt werden. Der Vergleich ist jedoch nur dann zulässig, wenn die Projekte vergleichbare Merkmale und Randbedingungen aufweisen. Daher werden zusätzliche Klassifikations-Kennzahlen in das Projekt-Kennzahlensystem integriert. Somit liegt ein Projekt-Kennzahlensystem vor, das Messgrößen zum Einsatz und zur Wirkung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden in Projekten sowie zur Auswahl vergleichbarer Projekte bereitstellt.

Unter dem Betrieb des Performance Measurements wird die Anwendung des Projekt-Kennzahlensystem an Serienentwicklungsprojekten verstanden. Dabei wird zwischen dem ständigen operativen Betrieb des Performance Measurement und dem periodisch durchgeführten strategischen Betrieb unterschieden. Der operative Betrieb ermöglicht dem Einzelprojektmanagement den Einsatz der Methoden kennzahlenbasiert zu bewerten und Verbesserungsaktivitäten einzuleiten. Darüber hinaus werden Kennzahlen aus Produktion und Nutzung für den *Ergebnis*-Qualitätsregelkreis bereitgestellt. Auf diese Weise bildet das Projekt-Kennzahlensystem die Basis für prozessnahe Qualitätsregelkreise der *Befähiger*- und *Ergebnis*-Seite eines Projektes. Zusätzlich wird die Projektplanung und der Projektabschluss durch die Klassifikations-Kennzahlen unterstützt. Um die Effektivität der präventiven Qualitätsmana-

gement-Methoden optimieren zu können, werden im strategischen Betrieb die Qualitätsregelkreise zu einem phasenübergreifenden Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen* verbunden. Erst mit der gemeinsamen Auswertung von *Befähiger-* und *Ergebnis-*Kennzahlen kann aus den Projekten systematisch gelernt werden. Es ist nicht mehr das Einzelprojekt Betrachtungsgegenstand sondern im Sinne des Multiprojektmanagements, alle vergleichbaren Projekte. Ansatz des strategischen Betriebs des Performance Measurements ist es, Projekte mit erfolgreichem präventivem Qualitätsmanagement den Projekten gegenüberzustellen, die einen weniger erfolgreichen Einsatz präventiver Methoden aufweisen. Signifikante Unterschiede der Kosten lassen Rückschlüsse für die zukünftige Projektplanung zu. Durch Projektvergleich und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung können Erfahrungswerte erzeugt werden, die den Einsatz präventiver Methoden optimieren.

4.3 Voraussetzungen

Trotz der Allgemeingültigkeit des Lösungsmodells sind für die praktische Anwendung der entwickelten Vorgehensweise verschiedene Voraussetzungen zu erfüllen. Die Vorgehensweise eignet sich für Serienfertiger mit eigener Produktentwicklung und folgenden Merkmalen:

- **Vergleichbare Projekte:** Im Unternehmen liegen vergleichbare Serienentwicklungsprojekte in hoher Anzahl vor.
- **Strukturierter Produktentwicklungsprozess:** Der Entwicklungsprozess ist detailliert beschrieben und durch Meilensteine in Phasen unterteilt ist. Das präventive Qualitätsmanagement wird als integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses verstanden, wobei mehrere Methoden zum Einsatz kommen.
- **Systematisches Projektmanagement:** Das Projektmanagement unterscheidet Projekte bis auf Komponenten- bzw. Bauteilebene. Die Projektplanung erfolgt in Arbeitspaketen, die klar voneinander abgegrenzt sind. Als Planungsbasis kommen Masterpläne zum Einsatz, die die Arbeitspakete zeitlich festlegen und für die projektspezifische Ableitung herangezogen werden. Ein regelmäßiges Projektcontrolling begleitet den Entwicklungsprozess mit Quality Gates. Eine hohe Planungs- und Durchführungskontinuität ist gewährleistet.
- **Qualitätskostenerfassung:** Das Unternehmen verfügt über eine projektbezogene Qualitätskostenerfassung über den gesamten Lebenszyklus. Die internen und externen Fehlerkosten der Produkte werden genauso erfasst wie die Fehlerverhütungskosten in der Entwicklung.

Das Lösungsmodell ist prinzipiell in vielen Branchen anwendbar, in der Regel erfüllen speziell die Unternehmen der Automobilzulieferindustrie die genannten Voraussetzungen.

5 Entwicklung des Performance Measurements

In diesem Kapitel wird ein Rahmengerüst einzelner Kennzahlen zum Performance Measurement für präventive Qualitätsmanagement-Methoden erarbeitet und eine Vorgehensweise zur unternehmensspezifischen Ausgestaltung des Kennzahlensystems nach der in Kapitel 4.2 beschriebenen Struktur entwickelt. Das Kennzahlensystem ist Voraussetzung für die systematische Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements.

Die Entwicklung des Performance Measurements ist nicht als einmaliger Prozess zu verstehen, sondern wie die Betrieb des Performance Measurements als Zyklus [KUENG ET AL. 2001, S. 16ff]. Änderungen in der Strategie oder des Unternehmensumfeldes können eine periodische Überarbeitung des Performance Measurements erfordern. Gleichwohl ist darauf zu achten, dass die Vergleichsgrundlage für den strategischen Betrieb auch bei veränderten Kennzahlen erhalten bleibt.

Forschungsmethodisch orientiert sich die Entwicklung an den Konzepten des Performance Measurements sowie an der Vorgehensweise zur Konzeptualisierung und Operationalisierung komplexer Konstrukte der empirischen betriebswirtschaftlichen Forschung.³⁴

5.1 Ursache-Wirkungskette

Am Beginn der Entwicklung des Performance Measurements steht der Aufbau einer Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement. Eine Ursache-Wirkungskette ist die Darstellung der Wirkungsweisen von miteinander in Wechselbeziehung stehenden Einflussgrößen und repräsentiert die Hypothesen der Wirkzusammenhänge zwischen einzelnen Stellhebeln. Die Erarbeitung der Ursache-Wirkungskette hat das Ziel die Komplexität zu reduzieren. Die Identifikation und Beschreibung der Ursache-Wirkungskette, die der Performance zugrunde liegt, ist der erste Schritt diese zu beeinflussen [HOFFMANN 1999, S. 98].³⁵

Die Kausalkette zielt auf die Abbildung der Beziehung zwischen Einsatz und kostensenkender Wirkung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden für Serienentwicklungsprojekte. Die Erarbeitung fundierter Kenntnisse hinsichtlich der Wirkungsketten der Qualität ist Voraussetzung für die Entwicklung des qualitätsbezogenen Performance Measurements.

Im Folgenden werden bestehende qualitätsbezogene Ursache-Wirkungsketten als Anhaltspunkte vorgestellt, um anschließend eine allgemeine Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement in Serienentwicklungsprojekten zu erarbeiten. Die Vorgehensweise zur unternehmensspezifischen Anpassung der Kausalkette ist weiterer Gegenstand des Kapitels.

5.1.1 Bestehende Modelle qualitätsbezogener Ursache-Wirkungsketten

Eine grundlegende Ursache-Wirkungskette stellt BRUHN/GEORGI [BRUHN/GEORGI 1999, S. 3] mit der Erfolgskette des Qualitätsmanagements vor. Unter Anwendung der ebenfalls von

³⁴ Vgl. zum Aufbau des Performance Measurement Kapitel 3.3.4 sowie die dort angegebene Literatur. Vgl. zur Konzeptualisierung und Operationalisierung komplexer Strukturen HOMBURG [HOMBURG 1998, S. 127ff]. Die Unterscheidung Ursache-Wirkungskette, Potential der Methoden und Projekt-Kennzahlensystem ist angelehnt an Grobkonzeptualisierung, Pre-Tests und Quantitative Analyse der empirischen betriebswirtschaftlichen Forschung.

³⁵ Vgl. in diesem Zusammenhang auch LEBAS [LEBAS 1995, S. 28]: „Understandig the processes underlying performance is the only way to define measures that lead to actions“.

BRUHN/GEORGI entwickelten Nutzenkategorien und Zielgrößen [ebenda, S. 73, 77ff] ergibt sich die Ursache-Wirkungskette für das Qualitätsmanagement wie folgt (siehe Abbildung 20).

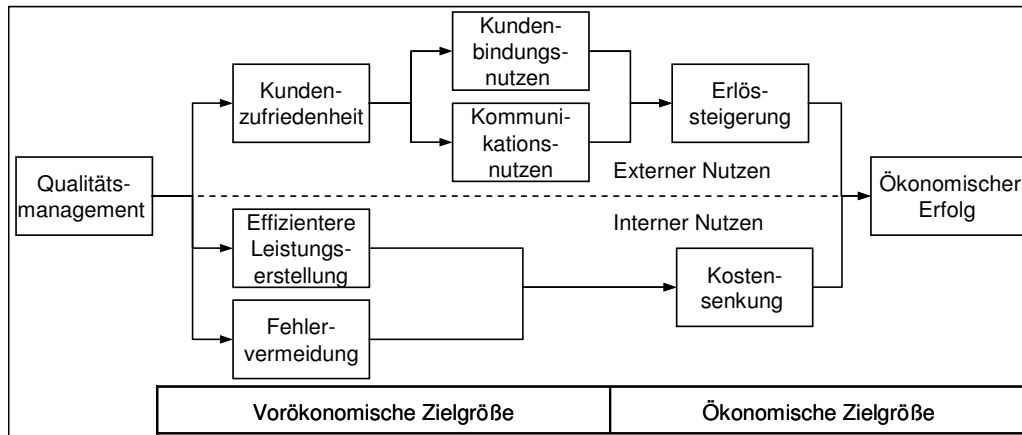


Abbildung 20: Erfolgskette des Qualitätsmanagements [nach BRUHN/GEORGI 1999, S. 3]

Dabei wird das Qualitätsmanagement als Ursache für die Verbesserung vorökonomischer Zielgrößen gesehen. Die vorökonomischen Zielgrößen haben wiederum direkte Wirkung auf die ökonomischen Ziele und damit auf den finanziellen Erfolg des Unternehmens. Für den Bereich des internen Nutzens werden die effizientere Leistungserstellung und die Fehlervermeidung als Wirkungen des Qualitätsmanagements genannt.

Zum Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden differenziert THEDEN [THEDEN 1997, S. 74] in der Ursache-Wirkungskette unterschiedliche Unternehmensebenen. Es werden aus den möglichen Nutzwirkungen unterschiedlicher Kategorien (siehe Tabelle 5) einzelne Wirkungen ausgewählt und über die Ebenen Arbeitsplatz, Bereich, Unternehmen und Markt angeordnet, wie das Beispiel der präventiven Qualitätsmanagement-Methode Quality Function Deployment zeigt (siehe Abbildung 21).

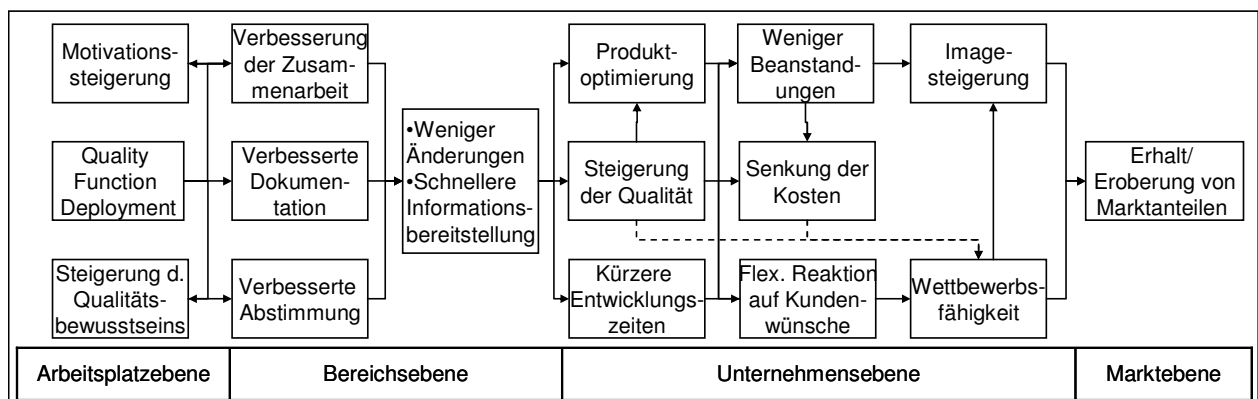


Abbildung 21: Ursache-Wirkungskette der Quality Function Deployment [ebenda]

Die vorgestellten Ursache-Wirkungsketten von BRUHN/GEORGI und THEDEN geben einen ersten Anhaltspunkt für den Aufbau einer Kausalkette. Sie eignen sich jedoch nicht zur Abbildung der Wirkbeziehungen zwischen verschiedenen präventiven Qualitätsmanagement-Methoden. Zudem erfolgt keine Betrachtung der Ursachen, die im Sinne des Performance Measurements Einfluss auf den Einsatz der Methoden haben. Die Modelle werden daher im Folgenden erweitert.

5.1.2 Modell der Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement

KAPLAN/NORTON [KAPLAN/NORTON 1997, S. 29] zeigen eine für den Erfolg von Unternehmen allgemeingültige Ursache-Wirkungskette auf (siehe Abbildung 14). Übertragen auf die internen Prozesse bei der Realisierung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden ergibt sich damit die Notwendigkeit einer mitarbeiter- und einer prozessbezogenen Perspektive. In Anlehnung an die Project Scorecard von SELDERS/MÄRKLE [SELDERS/MÄRKLE 2003] werden diese als Potentialperspektive und Prozessperspektive bezeichnet und in das Modell der Ursache-Wirkungskette integriert. Um zusätzlich die monetären Wirkungen abbilden zu können wird die Finanzperspektive der BSC als Kostenperspektive adaptiert.

Mit der Unterscheidung in *Befähiger* und *Ergebnisse* ergibt sich folgendes Modell der Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement (siehe Abbildung 22).

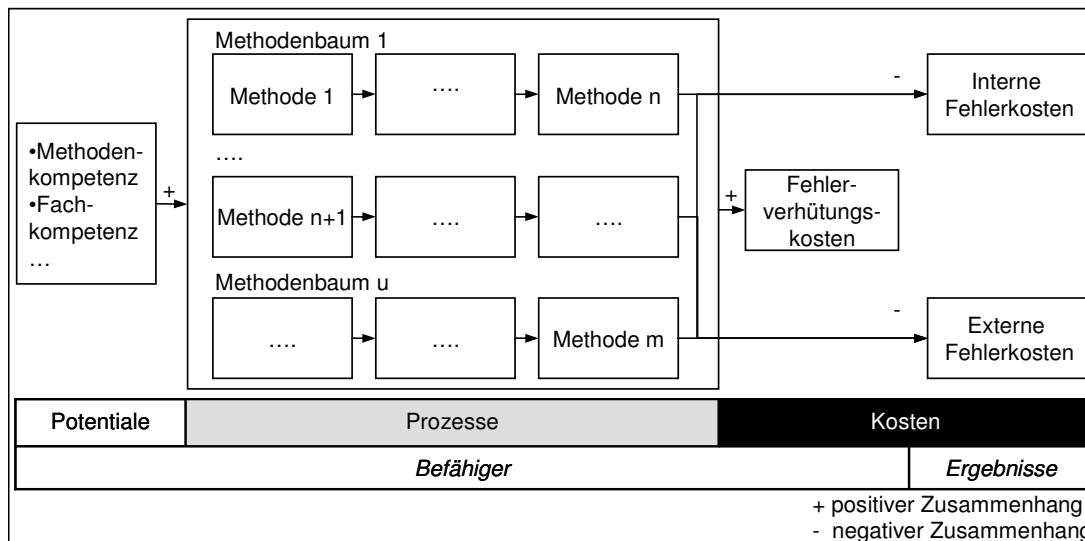


Abbildung 22: Modell der Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement

Aus der Potentialperspektive heraus haben die Mitarbeiter durch ihr Handeln Einfluss auf den Einsatz der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden. Kompetentes Handeln ist Ursache für die richtige Umsetzung der Methoden. Die einzelnen Qualitätsmanagement-Methoden werden als qualitätsbezogenen Prozesse verstanden und der Prozessperspektive zugeordnet. Durch den Einsatz der Methoden fallen Kosten an, die gemäß den Gruppen qualitätsbezogener Kosten Fehlerverhütungskosten sind. Die Potential- und Prozessperspektive wird wie die Kostenperspektive mit den Fehlerverhütungskosten der *Befähiger*-Seite zugeordnet. Die Prozesse der *Befähiger*-Seite bewirken eine Reduzierung der internen und externen Fehlerkosten. In der Prozessperspektive werden mehrere Methoden, die in direkter Wechselwirkung zueinander stehen zu einem Methodenbaum zusammengefasst. Beispielsweise greift die System-FMEA Prozess Fehlerursachen auf, die in der System-FMEA Produkt erarbeitet wurden, um diese weiter zu minimieren. Im Methodenbaum System-FMEA wirkt eine erfolgreich durchgeführte System-FMEA Produkt auf diese Weise positiv auf die nachfolgende System-FMEA Prozess. Dieses Modell differenziert bezüglich der Wirkungen in interne und externe Fehlerkosten und greift die Ergebnisse der Studie von THEDEN [THEDEN 1997, S. 100] auf, wonach die Methoden die internen und externen Fehlerkosten unterschiedlich stark beeinflussen.

Das vorgestellte Modell der Ursache-Wirkungskette ist als ein Minimalmodell zu verstehen,

das in Anzahl und Inhalte der Perspektiven weiter ausgestaltet werden kann. Gleichmaßen können Methoden und Methodenbäume in Kombination, Anzahl und Wirkbeziehung unternehmensspezifisch gestaltet und ergänzt werden.

5.1.3 Unternehmensspezifische Anpassung der Ursache-Wirkungskette

Da Entwicklungsprozesse und die darin eingesetzten Methoden unternehmensspezifisch gelöst sind, ist es notwendig die Ursache-Wirkungskette spezifisch abzuleiten [vgl. BRUHN/GEORGI 1999, S. 76]. Die unternehmensspezifische Anpassung der Ursache-Wirkungs-Beziehung erfolgt in Gruppenarbeit. Da der gesamte Produktlebenszyklus zu betrachten ist, müssen Mitarbeiter aus Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Controlling sowie Vertreter des Qualitätsmanagements anwesend sein. Insbesondere können erfahrene Führungskräfte über die Erstellung der Ursache-Wirkungskette dazu angeregt werden, ihr Wissen über die internen Zusammenhänge explizit zu formulieren [WEBER/SCHÄFFER 1999, S. 15].

Angelehnt an das vorgestellte Modell sind die Wirkungsketten empirisch-induktiv abzuleiten und den unterschiedlichen Perspektiven zuzuordnen. Die Ursache-Wirkungsketten zwischen den präventiven Qualitätsmanagement-Methoden orientieren sich an den zeitlichen und inhaltlichen Wechselwirkungen der qualitätsbezogenen Entwicklungsprozesse. Neben der Wirkrichtung ist es hilfreich auch die Stärke und Wirkgeschwindigkeit zu visualisieren. Grundsätzlich können die Methodenbäume und/oder Einzelmethoden in beliebiger Anzahl zueinander abhängig oder unabhängig auf die *Ergebnisse* wirken. Auf der *Ergebnis*-Seite kann es für Unternehmen, die wenig Erfahrung mit qualitätsbezogenen Kosten gesammelt haben hilfreich sein eine weitere Prozessperspektive einzuführen. Zudem können in der Kostenperspektive die Prüfkosten als dritte Kategorie der Qualitätskosten ergänzt werden sowie die Fehlerkosten in weitere Elemente qualitätsbezogener Kosten wie Ausschuss oder Nacharbeit differenziert werden. Eine Beschränkung auf die wesentlichen Methoden und Wechselwirkungen ist aus Gründen der Übersichtlichkeit unerlässlich. Die Komplexität der dargestellten Kausalketten ist möglichst gering zu halten, ohne die wesentlichen Effekte zu vernachlässigen [WALL 2001, S. 73].

5.1.4 Nutzen und Fazit

Mit dem Modell der qualitätsbezogener Ursache-Wirkungskette liegt ein allgemeingültiges Kausalmodell für das präventive Qualitätsmanagement in Serienentwicklungsprojekten vor. Durch die unternehmensspezifische Erweiterung und Anpassung des Modells erfolgt der Einstieg in die Zusammenhänge des präventiven Qualitätsmanagements, die die Grundlage für die Leistungsermittlung sind. Für die Entwicklung des Performance Measurements ergibt sich aus dem Aufbau der Ursache-Wirkungskette folgender Nutzen (siehe Tabelle 11).

Festlegung der Perspektiven	Durch die Ursache-Wirkungskette werden die Perspektiven für das Projekt-Kennzahlensystem festgelegt.
Auswahl der Methoden	Die gemeinsame Erarbeitung einer Kausalkette ermöglicht die Identifizierung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden, die wesentlichen Einfluss auf die Senkung der Fehlerkosten haben. Mit dieser Auswahl werden die Anzahl zu bewertender Methoden und damit die Anzahl zu ermittelnder Kennzahlen begrenzt.
Abgestimmte Hypothesen	Die abgestimmten Ursache-Wirkungsketten stellen die Hypothesen für mögliche Zusammenhänge dar.

Tabelle 11: Nutzen der Ursache-Wirkungskette

Darüber hinaus wird durch das Verständnis der Wirkungen zwischen finanziellen und nichtfinanziellen Faktoren den beteiligten Mitarbeitern die Notwendigkeit eines mehrdimensionalen Kennzahlensystems deutlich [CREELMAN 1998, S. 148]. Zudem sind die kommunikativen und interdisziplinären Aspekte bei der Erstellung der Ursache-Wirkungskette zu betonen, die für die Beteiligten eine „wertvolle Weiterentwicklung des Verständnisses ihres systematischen Umfeldes“ darstellen [ZIMMERMANN 1992, S. 115].

Die abgestimmten Hypothesen der Ursache-Wirkungskette werden im Folgenden zuerst retrospektiv und dann durch den Projektvergleich im strategischen Betrieb des Performance Measurements überprüft.

5.2 Potential der Methoden

Voraussetzung für die Operationalisierung der Ursache-Wirkungskette ist die Messbarkeit sowie die Verfügbarkeit historischer Daten [SCHMIDT 2003, S. 160]. In Unternehmen mit Qualitätskostenerfassung liegen diese Daten als Fehlerkosten vor. Ausgehend von den Fehlerkosten wird entgegen der Wirkrichtung der Kausalkette ein quantitativer Rückschluss auf die *Befähiger* vorgenommen. Auf diese Weise wird das Fehlervermeidungspotential der Methoden bestimmt. Damit das Potential der Methoden auch für zukünftige Projekte gilt, ist zusätzlich die Qualitätsstrategie zu berücksichtigen. Es werden zuerst die Fehlerkostenanalyse zur Ermittlung des Potentials und dann die Entwicklung der Qualitätsstrategie im Hinblick auf die Fehlervermeidung beschrieben.

5.2.1 Fehlerkostenanalyse

Die Fehlerkostenanalyse zielt auf die Überprüfung der Ursache-Wirkungskette und die Bestimmung des Fehlervermeidungspotentials der betrachteten Methoden. Ein Fehler kann prinzipiell in den jeweils vor dem Ausfall liegenden Phasen des Erstellungsprozesses, in der Entwicklung oder/und der Produktion verursacht sein. Nach einer Untersuchung von JAHN [JAHN 1988] sind etwa 70 bis 80% der Fehler ursächlich auf Unzulänglichkeiten in der Entwicklung zurückzuführen.

Für alle Fehler die teilweise oder ganz durch die Entwicklung verursacht worden sind, stellt sich die Frage, ob diese Fehler durch den Einsatz einer präventiven Qualitätsmanagement-Methode hätten vermieden werden können. Mithilfe einer Quelle-Senke-Matrix können die entstandenen internen und externen Fehlerkosten den präventiven Qualitätsmanagement-Methoden zugeordnet werden, die diese Kosten verhindert hätten (siehe Tabelle 12).

Fehlerkostengruppe	Fehlerkosten [EUR]	Fehlermerkmal	Fehlerursache	Potential der Methoden [EUR]				
				Methode 1	Methode 2	...	Methode n	sonstige
Interne Fehlerkosten	1000	A	...	500	200	-	-	300
	2000	B	...	1000	-	1000	-	-
Σ Interne Fehlerkosten	3000			1500	200	1000	-	300
Externe Fehlerkosten	1000	C		-	500	-	300	200
	1000	C		-	500	-	500	-
Σ Externe Fehlerkosten	2000			-	1000	-	800	200
Σ Fehlerkosten	5000			1500	1200	1000	800	500

Tabelle 12: Quelle-Senke-Matrix der Fehlerkostenanalyse

In den Zeilen der Matrix befinden sich die Fehlerkosten, die auf die Methoden in den Spalten verteilt werden. In der Quelle-Senke-Matrix wird die Ursache-Wirkungskette durch die Fehlerkosten von der Wirkung zur Ursache rückwärts abgebildet. Ergeben sich zwischen der Ursa-

che-Wirkungskette und der Quelle-Senke-Matrix für die Fehlerkostengruppen Abweichungen sind die angenommen Ursache-Wirkungsketten zu überarbeiten. Zudem ergibt sich für die Gesamtheit der analysierten Fehlerkosten eine Aussage, welche Methode welches Potential zur Vermeidung von Fehlerkosten hat.

5.2.2 Durchführung der Fehlerkostenanalyse

Voraussetzung für die praktische Durchführung der Fehlerkostenanalyse ist eine Fehlerkostenerfassung auf Merkmalebene. Wichtige Merkmale zur Analyse der Ursachen und Potentialbewertung sind beispielsweise Produktgruppe, Projekt und Fehlerschlüssel. Die Fehlerkostenanalyse gliedert sich in Datenanalyse und Potentialbewertung (siehe Abbildung 23).

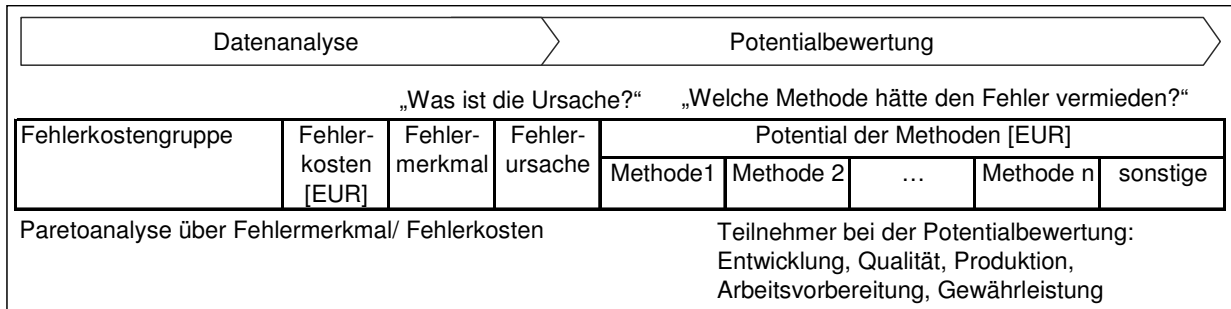


Abbildung 23: Vorgehen bei der Fehlerkostenanalyse

Für die Analyse eignen sich repräsentative Produkte bzw. Produktgruppen mit hoher Stückzahl im Betrachtungszeitraum von mehreren Jahren. Um den Bewertungsaufwand für die internen Fehlerkosten zu reduzieren sind die Anzahl der Merkmale und Ursachen mithilfe einer Pareto-Analyse³⁶ auf die wesentlichen Fehler zu beschränken. Im Gegensatz hierzu können die externen Fehlerkosten durch wenige, aber kostspielige Garantie- oder Gewährleistungsfälle bestimmt werden. Um hier die Aussagekraft zu erhöhen, kann es für die externen Fehlerkosten nötig sein, einen größerer Betrachtungszeitraum oder -umfang zu wählen.

In der anschließenden Potentialbewertung werden die Fehlerkosten in der Quelle-Senke-Matrix auf die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden der Ursache-Wirkungskette verteilt. Fehlerkosten, die nicht durch diese Methoden vermeidbar gewesen wären, werden der Kategorie „sonstige“ zugeordnet. Diese enthält Fehlerkosten, die beispielsweise durch produktionsnahe Methoden der Qualitätslenkung oder durch bisher in der Entwicklung nicht eingesetzte Methoden vermeidbar gewesen wären.

Die Bewertung wird von einem interdisziplinären Expertenteam durchgeführt, das die beiden Fragen beantwortet:

- Was ist die Ursache für den vorliegenden Fehler?
- Welche präventive Qualitätsmanagement-Methode hätte den Fehler vermieden?

Neben Vertretern der Entwicklungsabteilungen sind prozessnahe Mitarbeiter aus den Bereichen Produktion, Arbeitsvorbereitung und Qualität sowie für die Bewertung der externen

³⁶ Eine Pareto-Analyse ist eine „Methode mittels Anordnung aller eine betrachtete Situation beeinflussenden Faktoren in einer Ordnung ihres relativen Einflusses mit dem Ziel, sich auf eine detaillierte Untersuchung auf die Hauptfaktoren konzentrieren zu können“ [DGQ-Band 11-04, Abs. 10.3.20].

Fehlerkosten Mitarbeiter der Gewährleistungsabteilung notwendig. Die Teilnehmer müssen nicht nur die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden aus Theorie und Praxis kennen, sondern auch bei Entwicklung oder Produktion der betrachteten Produkte involviert gewesen sein.

Die Ergebnisse der Fehlerkostenanalyse sind eine präzisierte Ursache-Wirkungskette und das Fehlerkostenvermeidungspotential der Methoden.

5.2.3 Qualitätsstrategie

Damit das Potential der Methoden auch die zukünftige Bedeutung der einzelnen Methoden widerspiegelt, wird eine Anpassung unter Berücksichtigung der Qualitätsstrategie vorgenommen.

Qualitätsstrategien verfolgen das Ziel, qualitätsbasierte Erfolgspotentiale in tatsächliche Wettbewerbsvorteile umzuwandeln [EVERSHEIM 1997, S. 14ff]. Sie werden durch Einschätzung und Analyse des internen und externen Umfeldes entwickelt [vgl. MINTZBERG ET AL. 2002]. Im Zusammenhang mit dem kostensenkenden Erfolgsfaktor präventives Qualitätsmanagement sind beispielsweise folgende Veränderungen des Umfelds von Bedeutung:

- **Änderungen in der Entwicklungsverantwortung:** Wird eine Positionierung als Systemlieferant oder Modullieferant angestrebt, steigt der Entwicklungsumfang und die Entwicklungsverantwortung. Da mit größeren Entwicklungsumfängen die Gewährleistungsforderungen des Automobilherstellers steigen, werden die Methoden der Zuverlässigkeitsplanung wichtiger.
- **Änderungen in der Wertschöpfungstiefe:** Erfolgt eine Reduzierung der Fertigungstiefe, indem Umfänge an Lieferanten vergeben werden, steigt die Bedeutung des qualitätsbezogenen Lieferantenmanagements.
- **Änderungen im Produktportfolio:** Nimmt das Ausfallrisiko durch zusätzliche Innovation und Komplexität des Produkts zu, werden risikoidentifizierende und -bewertende Methoden wie die System-FMEA wichtiger.
- **Änderungen der Fehlerkostenzusammensetzung:** Die steigende Häufigkeit von Rückrufen in der Automobilindustrie erhöht das Risiko externer Fehlerkosten. Den Methoden der Zuverlässigkeitsplanung kommt eine größere Bedeutung zu.

Um im Potential der Methoden auch diese zukünftigen Anforderungen zu berücksichtigen, sind die Ergebnisse der Fehlerkostenanalyse mit dem Wissen der Qualitätsstrategie anzupassen (siehe Abbildung 24).

Potentialbewertung			Qualitätsstrategie	
Methode	[EUR]	relativ		relativ
Methode 1	1500.	0,33	„Wie werden sich die Fehlerkosten entwickeln?“ „Welche Methode wird in Zukunft wichtiger?“	$\eta_1=0,40$
Methode 2	1200	0,27		$\eta_2=0,30$
....	1000	0,22		$\eta_i=0,20$
Methode n	800	0,18		$\eta_n=0,10$
Σ	4500	1	Potential der Methode i: η_i	1

Abbildung 24: Beispiel zur Anpassung des Potentials durch die Qualitätsstrategie

Dies führt zu einer Potentialbewertung der Methoden, die auf vergangenheitsorientierten Werten beruht und gleichzeitig zukünftige Entwicklungen berücksichtigt.

5.2.4 Nutzen und Fazit

Zusammenfassend ergibt sich durch die Analyse der Fehlerkosten und die Entwicklung der Qualitätsstrategie folgender Nutzen (siehe Tabelle 13).

Überprüfung/ Anpassung der Ursache-Wirkungskette	Die subjektiv angenommene Ursache-Wirkungskette zwischen der Prozessperspektive und der Kostenperspektive wird auf Basis tatsächlicher Fehlerkosten bestätigt bzw. angepasst.
Identifikation fehlender Methoden	Durch die Kategorie „sonstige“ wird sichtbar, ob und in welchem Umfang die Methodenauswahl im Entwicklungsprozess Verbesserungspotential beinhaltet. Es können erste Rückschlüsse auf eine angemessene Methodenzusammensetzung im Entwicklungsprozess gezogen werden. Bei fehlenden Methoden ist zu überlegen, welche Methoden geeignet sind, die bestehenden Fehlerkosten zu vermeiden.
Überprüfung/ Anpassung der Methodenauswahl	Im Sinne des besten Aufwands/Nutzen-Verhältnisses bei der späteren Leistungsermittlung sind nur die wichtigsten Methoden zu betrachten. Durch die Fehlerkostenanalyse und die Überlegungen der Qualitätsstrategie wird diese Auswahl bestätigt bzw. angepasst.
Entwicklung und Berücksichtigung der Qualitätsstrategie	Die zukünftigen Veränderungen werden mit der Analyse des Umfelds erkannt. Die Bedeutung der Methoden aus strategischer Sicht wird erarbeitet und kommuniziert. Durch die Anpassung des Potentials wird bei der Entwicklung des Performance Measurements die Qualitätsstrategie berücksichtigt.
Potentialbestimmung der Methoden	Mit Hilfe der operationalisierten Ursache-Wirkungskette und der in die Zukunft gerichteten Qualitätsstrategie wird das Potential der Methoden als Gewichtungsfaktor der einzelnen Methoden im <i>Befähiger</i> -Kennzahlensystem festgelegt.

Tabelle 13: Nutzen von Fehlerkostenanalyse und Qualitätsstrategie

Die detaillierte Analyse der Fehlerkosten macht den Führungskräften und Mitarbeitern die Bedeutung des präventiven Qualitätsmanagements bewusst. Anbetracht des Potentials wird die Notwendigkeit des Performance Measurements präventiver Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung deutlich. Unter Berücksichtigung der Qualitätsstrategie wird das Fehlerkostenvermeidungspotential für die betrachteten präventiven Qualitätsmanagement-Methoden nachvollziehbar und systematisch entwickelt.

5.3 *Befähiger-Kennzahlensystem*

Das *Befähiger-Kennzahlensystem* nimmt innerhalb des Projekt-Kennzahlensystems eine zentrale Rolle ein. Es verfolgt das Ziel, im laufenden Entwicklungsprozess Messgrößen über den Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden bereitzustellen. Im Folgenden wird eine Vorgehensweise zum Aufbau des *Befähiger-Kennzahlensystems* entwickelt.

5.3.1 *Perspektiven des Befähiger-Kennzahlensystems*

Die Perspektiven der Ursache-Wirkungskette geben für das *Befähiger-Kennzahlensystem* die Ordnungsstruktur vor. Durch die unterschiedlichen Sichtweisen und Zielsetzungen wird eine ganzheitliche Abbildung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden ermöglicht:

- **Potentialperspektive:** Die Potentialperspektive zeigt diejenige Infrastruktur auf, die das Unternehmen für den erfolgreichen Einsatz von präventivem Qualitätsmanagement schaffen muss. Der Schlüsselfaktor für den Erfolg der Methoden kommt den Mitarbeitern zu [SESMA 2004, S. 133]. Damit Mitarbeiter kompetent handeln können, sind Fachkompetenz und Methodenkompetenz notwendige Voraussetzungen [SCHWERES/WILK 1999, S. 171]. Darüber hinaus können zur Infrastruktur leistungsfähige Softwareprogramme gehören. Ziel der Potentialperspektive ist die Bewertung der Fähigkeiten und Mittel des Unternehmens, die für erfolgreiches präventives Qualitätsmanagement notwendig sind.
- **Prozessperspektive:** In der Prozessperspektive werden diejenigen Prozesse des präventiven Qualitätsmanagements betrachtet, die entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Produkte und damit auch auf die Fehlerkosten haben. Für diese werden Erfolgsfaktoren identifiziert und abgefragt. Die Prozessperspektive richtet sich auf die operative Durchführung der qualitätsbezogenen Arbeitspakete. Auf diese Weise kann die erfolgreiche Methodendurchführung in jedem Serienentwicklungsprojekt dargestellt und weiter verbessert werden.
- **Kostenperspektive:** Die Kostenperspektive verfolgt das Ziel, die qualitätsbezogenen Kosten entlang der Ursache-Wirkungskette zu erfassen. Sie dokumentiert den Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden in monetären Einheiten. Im *Befähiger-Kennzahlensystem* sind dies die Fehlerverhütungskosten.

5.3.2 *Vorgehen beim Aufbau des Befähiger-Kennzahlensystems*

Die unternehmensspezifische Entwicklung des *Befähiger-Kennzahlensystems* erfolgt in empirisch-induktiver Vorgehensweise auf Basis von Erfolgsfaktoren³⁷. In Anlehnung an die Erfolgsfaktorenforschung werden aus der Menge der Einflussgrößen diejenigen gefiltert, die den Erfolg oder Misserfolg des Einsatzes der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden nachhaltig beeinflussen. Das Vorgehen der empirischen Erfolgsfaktorenforschung wird von der Annahme geleitet, dass der Erfolg nur von relativ wenigen Einflussgrößen – den Erfolgsfaktoren – abhängt [HOFFMANN 1986, S. 832; FRITZ 1990, S. 91ff]. Ein Erfolgsfaktor kann daher als limitierte Anzahl an Variablen verstanden werden, die eine erfolgreiche Performance der Prozesse sichern [LÜTHI ET AL. 1998, S. 43].

Der Aufbau des *Befähiger-Kennzahlensystems* erfolgt in drei Schritten (siehe Abbildung 25).

³⁷ Für den Begriff Erfolgsfaktoren werden im Deutschen Erfolgsvoraussetzungen, Ursachen für den Erfolg, Performance-Treiber, im Englischen Critical Success Factors, Key Success Factors oder Key Areas verwendet [vgl. DAUM 1993, S. 104].

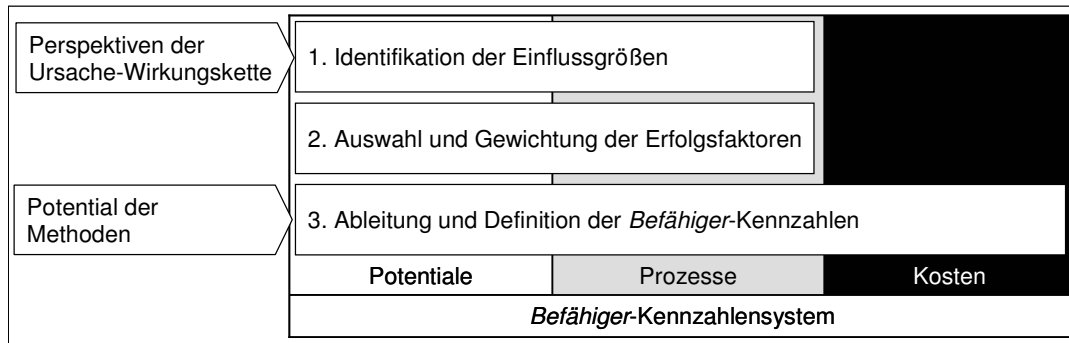


Abbildung 25: Vorgehen beim Aufbau des *Befähiger*-Kennzahlensystems

Im ersten Schritt werden Einflussgrößen der Potential- und Prozessperspektive für jede Methode identifiziert und gesammelt. Anschließend werden die wesentlichen Erfolgsfaktoren aus der Sammlung der Einflussgrößen ausgewählt und gewichtet. Die Gewichtungsfaktoren bilden die Grundlage für die Ableitung und Definition der Kennzahlen in der Potential- und Prozessperspektive im letzten Schritt. Zusätzlich werden die Kennzahlen der Kostenperspektive definiert. Mithilfe des Potentials der Methoden wird es im *Befähiger*-Kennzahlensystem möglich, die Messgrößen über mehrere Ebenen zu aggregieren. Nachfolgend werden die genannten Schritte detailliert und am Beispiel der System-FMEA Prozess erläutert.

5.3.3 Identifikation der Einflussgrößen

Die Identifikation der Einflussgrößen aus Potential- und Prozessperspektive hat eine methodenspezifische Sammlung von Faktoren zum Ziel, die Auswirkung auf die erfolgreiche Durchführung der Methode haben. Die Einflussgrößen werden aus drei Quellen gewonnen:

- **Identifikation von Einflussgrößen durch Beschreibung der Prozesse:** Ausgehend von den in der Literatur beschriebenen Vorgehensweisen und Einflussgrößen wird für jede Methode eine Prozessbeschreibung entwickelt, die die wesentlichen Erfolgsfaktoren enthält [vgl. HOFFMANN 1999, S. 142].
- **Identifikation von Einflussgrößen durch das Prozessmodell:** Die Beschreibung wird um Einflussfaktoren ergänzt, die zwischen den präventiven Qualitätsmanagement-Methoden des unternehmensspezifischen Prozessmodells wirken.
- **Identifikation von Einflussgrößen durch Expertenbefragungen:** Zusätzlich erfolgt eine Expertenbefragung, um das Erfahrungswissen im Unternehmen zu berücksichtigen und die Einflussgrößen zu plausibilisieren.

Nachfolgend wird das Vorgehen für jede Quelle präzisiert.

Identifikation von Einflussgrößen durch die Beschreibung der Prozesse

Für die Identifikation der grundlegenden Einflussgrößen werden die in der Literatur genannten Methodenbeschreibungen herangezogen und in eine Prozessdarstellung überführt. Eine prozessbasierte Beschreibung zeichnet sich neben der Kunden-/Lieferantenbeziehung durch Ein- und Ausgaben aus. Als Eingaben werden Informationen und/oder Materialien in den Prozess eingegeben, die dann eine Kette von Tätigkeiten auslösen. In gleicher Weise werden wiederum Informationen und/oder Materialien als Ausgaben aus dem Prozess herausgegeben [FÜERMANN 1997, S. 764].

Der Ablauf der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden wird gemäß der Prozessbeschreibung in Ein- und Ausgaben sowie in Tätigkeiten dargestellt. Weitere in der Literatur

genannte Einflussgrößen werden ebenfalls in die Darstellung übernommen. Als Ergebnis entsteht eine durch die Prozessbeschreibung strukturierte Sammlung von Einflussgrößen, wie am Beispiel der System-FMEA Prozess in Abbildung 26 zeigt wird.

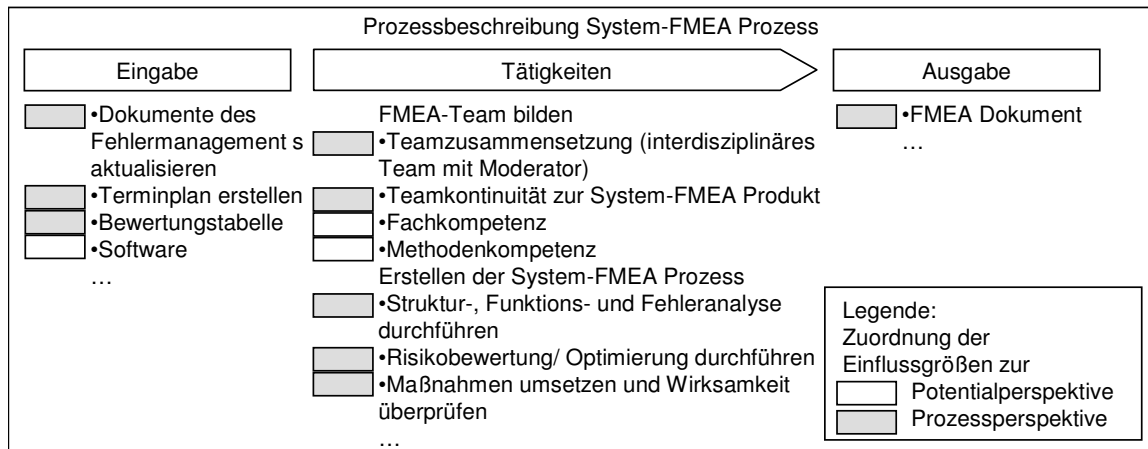


Abbildung 26: Beispiel einer Prozessbeschreibung

Die Einflussfaktoren werden je nach Perspektive gekennzeichnet. Gleichzeitig wird überprüft, ob Einflussgrößen aus beiden Perspektiven identifiziert wurden.

Identifikation von Einflussgrößen durch das Prozessmodell des Entwicklungsprozesses

Der Masterplan enthält ein unternehmensspezifisches Modell des Entwicklungsprozesses, das alle präventiven Qualitätsmanagement-Methoden in ihrer Abfolge beinhaltet. Durch die gemeinsame Betrachtung aller Qualitätsmanagement-Methoden kann die Vernetzung transparent gemacht werden und weitere Einflussgrößen können aufgrund der Kunden-/Lieferantenbeziehung identifiziert werden. Die Ausgabe einer vorausgehenden Methode wird als Eingabe und gleichzeitig als Einflussgröße für eine nachfolgende Methode festgelegt. Beispielsweise ist das Dokument der System-FMEA Produkt wichtige Einflussgröße für die System-FMEA Prozess. Diese Einflussgrößen werden in der Prozessbeschreibung der jeweils nachfolgenden bzw. der holenden Methode zugeordnet und in der oben beschriebenen Prozessdarstellung ergänzt. Als zusätzlicher Nutzen ermöglicht die Darstellung aller Qualitätsmanagement-Methoden des Masterplanes einen Überblick über das präventive Methodensystem und verbessert das Verständnis der Zusammenhänge.

Identifikation von Einflussgrößen durch Expertenbefragungen

Als weitere Quelle für Einflussgrößen werden Expertenbefragungen durchgeführt. Die erarbeiteten Prozessbeschreibungen dienen bei der Befragung als Diskussionsgrundlage. Die Durchführung der Expertenbefragung erfolgt als halb- oder teilstandardisiertes Interview. Zur methodischen Unterstützung eignet sich die Technik des Critical Success Factor oder die Critical Incident Technique. Bei der Critical Success Factor-Technik werden zunächst die Aufgaben und Ziele der Methode identifiziert. Unter Beachtung des verfolgten Ziels werden anschließend die wichtigen Erfolgsfaktoren bestimmt [KÜPPER 1995, S. 147; ROCKART 1979, S. 81ff]. Die Critical Incident Technique unterstützt, kritische Ereignisse im Umgang mit Systemen zu erkennen und in Anforderungen zu transformieren [FLANAGAN 1954, S. 327ff; STAUSS 1994, S. 233ff]. Bei der Befragung wird zuerst nach Ereignissen bzw. Einflussgrößen gefragt, die eine positive Auswirkung auf die Methode oder die Teilprozesse der Methode haben. Anschließend werden die negativen Ereignisse abgefragt. Mithilfe der Expertenbefragung wird

die Prozessbeschreibung für jede relevante präventive Qualitätsmanagement-Methode ergänzt und abgestimmt.

Mit der Sammlung der Einflussgrößen liegen als Grundlage des *Befähiger*-Kennzahlensystems abgestimmte und unternehmensspezifische Beschreibungen der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden vor.

5.3.4 Auswahl und Gewichtung der Erfolgsfaktoren

Nach der Identifizierung der Einflussgrößen werden im nächsten Schritt die Erfolgsfaktoren aus der Menge der Einflussgrößen bestimmt. Da die Kennzahlen des Performance Measurements auf einer direkten Abfrage dieser Erfolgsfaktoren basieren, kommt dieser Auswahl eine zentrale Bedeutung zu.

In Anlehnung an die Anforderungen für Messgrößen aus dem Performance Measurement können folgende Auswahlkriterien genannt werden [CROCKET 1992, S. 43]:

- Kann der Einflussfaktor durch den Projektmitarbeiter beeinflusst werden?
- Kann der Einflussfaktor einfach und mit geringem Aufwand erfasst werden?
- Hat der Einflussfaktor erheblichen Einfluss auf den erfolgreichen Einsatz der Methode?

Mithilfe dieser Kriterien erfolgt die Auswahl der Erfolgsfaktoren in einem Expertenteam aus Prozessbeteiligten. Neben der einfachen Erfassbarkeit müssen die Beeinflussbarkeit durch die Mitarbeiter und die praktische Erfassbarkeit sichergestellt werden. Für jede Methode und jede Perspektive sollte sich die Anzahl der ausgewählten Erfolgsfaktoren auf höchstens zehn beschränken. Dies kann neben der Auswahl auch durch Zusammenfassung mehrerer zusammenhängender Erfolgsfaktoren erfolgen. Das Ergebnis ist eine abgestimmte Auswahl der wesentlichen Erfolgsfaktoren für die betrachteten Methoden des präventiven Qualitätsmanagements.

Um die Erfolgsfaktoren für die anschließende Kennzahlenberechnung zu gewichten, wird vom Expertenteam eine detaillierte Bewertung durchgeführt. Ziel dieser Gewichtung ist es, die Bedeutung des Erfolgsfaktors für einen erfolgreichen Einsatz der Methode zu quantifizieren. Als praxisgerechte Hilfsmittel für die Gewichtung kommen neben der Punktbewertung vor allem die **Nutzwertanalyse**³⁸ infrage. Da die Nutzwertanalyse auf systematischere und nachvollziehbare Art und Weise die Transparenz der Bewertung erhöht als die Punktbewertung, wird nachfolgend die Nutzwertanalyse zur Gewichtung der Erfolgsfaktoren eingesetzt.

In der Nutzwertanalyse werden die Erfolgsfaktoren als Handlungsalternativen verstanden und „[...] entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems“ [ZANGEMEISTER 1976, S. 45] geordnet. Für die Durchführung der Nutzwertanalyse werden zunächst Zielkriterien für die Erfolgsfaktoren festgelegt und zueinander gewichtet. Anschließend wird die Bewertungsskala für die Bedeutung des Erfolgsfaktors definiert und im letzten Schritt die Bewertung durch Experten vorgenommen [vgl. WILMES ET AL. 2000, S. 58ff]. Der Nutzwert einer Alternative ergibt sich über die gewichtete Bedeutung in allen Zielkriterien. Die Bewertung und Gewichtung beruht auf dem gemeinsamen Wissen der Experten und birgt ein gewisses Maß an Objektivität. Dennoch ist das Verfahren von einer

³⁸Alternativ verwendete Bezeichnung der Nutzwertanalyse ist Scoringverfahren [VAHS/BURMESTER 2002, S. 203].

Vielzahl subjektiver Einflüsse abhängig und liefert somit weder empirisch noch theoretisch fundierte Aussagen [WILEMS ET AL. 2000, S. 56; VAHLS/BURMESTER 2002, S. 203; SCHMIDT 2003, S. 216]. Um die Akzeptanz der Ergebnisse und die Identifikation mit den Resultaten zu erhöhen, wird die Nutzwertanalyse mit prozessbeteiligten Mitarbeitern und Experten erstellt. Nachfolgend werden die drei Schritte der Nutzwertanalyse beschrieben.

1. Schritt: Festlegen und Gewichten der Zielkriterien

Im ersten Schritt werden die Zielkriterien festgelegt und gewichtet. Die Zielkriterien umfassen die Menge aller Ziele, „die Endpunkte von Zielketten der Zielhierarchie sind“ [ZANGEMEISTER 1976, S. 92]. Die Auswahl der Zielkriterien ist für die Nutzwertanalyse von entscheidender Bedeutung [ebenda, S. 89]. Für die Zielkriterien sind folgende Regeln zu beachten:

- Die Zielkriterien müssen im Hinblick auf das Gesamtziel vollständig sein [SCHNORRENBURG/GOEBELS 1997, S. 152].
- Schnittmengen zwischen den Zielkriterien sind nicht zulässig, da die Bewertungen von einander unabhängig sein müssen [WILMES ET AL. 2000, S. 58].

Für die Methoden des präventiven Qualitätsmanagements lautet das übergeordnete Ziel **erfolgreicher Einsatz**. Dieses Hauptziel wird in drei weitere Zielkriterien differenziert:

- **Erfolgreiche Definition von Maßnahmen:** Die erfolgreiche Definition von Maßnahmen umfasst die Erarbeitung zielführender Verbesserungsaktivitäten im Rahmen präventiver Qualitätsmanagement-Methoden.
- **Erfolgreiche Maßnahmenumsetzung:** Die Maßnahmenumsetzung schließt zeitlich an die Definition der Maßnahmen an. Erst mit der Umsetzung von Maßnahmen kann eine Verbesserung erzielt werden.
- **Termintreue:** Die Einhaltung der vorgegebenen Termine ist weiteres Zielkriterium, da nur eine rechtzeitige Methodendurchführung erfolgreich sein kann [KROTTMAIER 1995, S. 18].

Die Zielkriterien Definition von Maßnahmen und erfolgreiche Maßnahmenumsetzung stellen aufeinander folgende Teilprozesse einer Methode dar und sind inhaltlich voneinander unabhängig. Zusammen genommen ergeben beide Teilprozesse die vollständige Methode. Die Termintreue ist wiederum vom Ablauf der Teilprozesse unabhängig, da definierte und umgesetzte Maßnahmen nicht von vornherein rechtzeitig sein müssen. Die drei Zielkriterien erfüllen die Anforderungen der Nutzwertanalyse.

Anschließend werden die Zielkriterien zueinander gewichtet um dem unterschiedlichen Beitrag der Zielkriterien zum Gesamtziel Rechnung zu tragen (siehe Abbildung 27). Da der Beitrag sich für jede präventive Qualitätsmanagement-Methode unterschiedlich gestaltet, ist eine individuelle Festlegung der Zielgewichte durch das Expertenteam notwendig. Innerhalb einer Methode bleiben die Zielgewichte unverändert.

2. Schritt: Aufstellen der Bewertungsskala

Um die Bedeutung für jedes Zielkriterium möglichst objektiv einschätzen zu können, sind detaillierte Bewertungsskalen mit einer einheitlichen Dimension für alle drei Kriterien notwendig. Als Skala wird nachfolgend null bis zehn verwendet. Wenn der Erfolgsfaktor keine Bedeutung für das Zielkriterium hat, wird die Bedeutung mit null bewertet. Entsprechend wird eine sehr hohe Bedeutung mit zehn angegeben. Unter Verwendung der Bewertungsskala wird die

Bedeutung des Erfolgsfaktors für alle Zielkriterien bestimmt.

3. Schritt: Bewertung der Erfolgsfaktoren

Die Bewertung der Erfolgsfaktoren erfolgt in einer Matrix, wie das Beispiel der System-FMEA Prozess in Abbildung 27 zeigt. Der Nutzwert für einen Erfolgsfaktor ergibt sich als Summe der Produkte von Bedeutung und Zielgewicht aller Zielkriterien.

System-FMEA Prozess	Zielkriterien m Wie hoch ist die Bedeutung des Erfolgsfaktors für die Zielkriterien?	Definition der Maßnahmen		Maßnahmenumsetzung		Termintreue		Nutzwert N	Gewicht β	
		Bedeutung	Zielgewicht	Bedeutung	Zielgewicht	Bedeutung	Zielgewicht			
		B	α	B	α	B	α			
	Erfolgsfaktor j									
Potentialperspektive	Fachkompetenz	10	5	7	4	5	2	88	60%	
	Methodenkompetenz	7	5	8	4	2	2	71	40%	
									100%	
Prozessperspektive	Teamzusammensetzung	10	5	5	4	5	2	80	30%	
	Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse durchführen	7	5	6	4	3	2	65	25%	
	Risikobewertung/ Optimierung durchführen	9	5	4	4	1	2	63	20%	
	Maßnahmen umsetzen und Wirksamkeit überprüfen	3	5	9	4	5	2	61	10%	
	Terminplan erstellen	7	5	2	4	3	2	49	10%	
	Dokumente des Fehlermanagements aktualisieren	1	5	5	4	9	2	43	5%	
									100%	
Berechnung des Nutzwerts N : $N_j = \sum_{m=1}^3 \alpha_m B_m$		Legende:		β Gewicht	j Index des Erfolgsfaktors	N Nutzwert	m Index der Zielkriterien	α Zielgewicht	B Bedeutung	

Abbildung 27: Beispiel zur Berechnung von Nutzwert und Ableitung der Gewichtung

Nach der Bewertung des Nutzwertes ist eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen [WILMES ET AL. 2000, S. 63]. Bedeutung und Zielgewicht sind in Maßen zu verändern um festzustellen, welchen Einfluss diese Variation auf den Nutzwert hat. Bei starken Veränderungen des Nutzwertes ist die Bewertung gezielt zu hinterfragen.

Ausgehend von dem errechneten Nutzwert wird der Gewichtungsfaktor durch das Expertenteam abgeleitet. Ein hoher Nutzwert hat ein hohes Gewicht zur Folge. Für jede Perspektive addiert sich die Summe der Gewichte aller betrachteten Erfolgsfaktoren zu 100%. Mithilfe der Nutzwertanalyse wird eine nachvollziehbare und abgestimmte Gewichtung aller ausgewählten Erfolgsfaktoren durchgeführt.

5.3.5 Ableitung und Definition der *Befähiger*-Kennzahlen

Nach der Identifikation, Auswahl und Gewichtung der potential- und prozessbezogenen Erfolgsfaktoren durch die Nutzwertanalyse können nun die Kennzahlen abgeleitet werden. Um für verschiedene Ebene Aussagen zur Leistung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden machen zu können, werden methoden-, methodenbaum- und projektspezifische Effizienz-kennzahlen definiert. Für die Kostenperspektive werden die Fehlerverhütungskosten ergänzt und festgelegt.

Kennzahlen der Potentialperspektive

Die Kennzahlen der Potentialperspektive leiten sich aus den potentialbezogenen Erfolgsfaktoren ab. Je besser die Erfolgsfaktoren beim Einsatz einer präventiven Qualitätsmanagement-

Methoden erfüllt werden, desto höher ist der Reifegrad³⁹ der Potentialperspektive. Der Potentialreifegrad einer Methode errechnet sich als Summe des Erfüllungsgrades aller Erfolgsfaktoren der Methode (siehe Abbildung 28). Der Erfüllungsgrad wird in einer Skala von null bis zehn bewertet, wobei zehn die vollständige Erfüllung des Erfolgsfaktors bedeutet. Eine Ordinalskala mit dieser Spanne ermöglicht eine für alle *Befähiger*-Kennzahlen einheitliche Skala. Um eine möglichst objektive Quantifizierung des Erfüllungsgrades zu gewährleisten, ist für jeden Erfolgsfaktor eine genaue Bewertungsskala erforderlich.

Potentialreifegrad der Methode i : $Pot_i = \sum_{j=1}^k E_j \beta_j$	Legende: E Erfüllungsgrad $E \in \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$ β Gewicht des Erfolgsfaktors n Anzahl eingesetzter Methoden k Anzahl der Erfolgsfaktoren
Potentialreifegrad aller Methoden eines Projektes: $Pot = \sum_{i=1}^n \frac{Pot_i}{n}$	

Abbildung 28: Kennzahlen der Potentialperspektive

Der Potentialreifegrad aller eingesetzten Methoden eines Serienentwicklungsprojektes berechnet sich aus dem arithmetischen Mittel des Potentialreifegrades der eingesetzten Methoden.

In der Regel steht die Bewertung der Mitarbeiterkompetenzen im Mittelpunkt dieser Perspektive. Da präventive Qualitätsmanagement-Methoden Teamarbeit voraussetzen, ist es notwendig, jeden Mitarbeiter einzuschätzen. Der Erfüllungsgrad des Teams ergibt sich als Mittelwert der Einzelbewertungen, wie das Beispiel in Abbildung 29 zeigt. Für die Bewertung des Erfüllungsgrades kann beispielsweise für den Erfolgsfaktor „Fachkompetenz“ die Anzahl vergleichbarer Projekte herangezogen werden, die zuvor bearbeitet wurden.

System-FMEA Prozess	Erfolgsfaktor j	Erfüllungsgrad E					Gewicht β	Potentialreifegrad Pot	
		Mitarbeiter A	Mitarbeiter B	Mitarbeiter C	...	Team (Mittelwert)			
Potentialperspektive	Fachkompetenz	1	8	4		4,3	0,7	4,9	Berechnung: $Pot = 4,3 \cdot 0,7 + 6,3 \cdot 0,3 = 4,9$
	Methodenkompetenz	10	5	4		6,3	0,3		

Abbildung 29: Beispiel zur Berechnung der Kennzahlen der Potentialperspektive

Da die Teamzusammensetzung meist über die gesamte Dauer des Methodeneinsatzes konstant bleibt, ist eine einmalige Bewertung des Potentialreifegrads für jede Methode ausreichend. Die Möglichkeit zur Verbesserung dieser Kennzahl ist innerhalb der Methodendauer beispielsweise durch Umbesetzungen und Schulungsmaßnahmen möglich.

Kennzahlen der Prozessperspektive

Analog zur Potentialperspektive werden in der Prozessperspektive die Erfolgsfaktoren zur Kennzahlenberechnung herangezogen. Allerdings ist es notwendig, den Methodeneinsatz öfter und in kürzeren Abständen zu ermitteln, um im laufenden Entwicklungsprozess auf Abwei-

³⁹ Der Reifegrad bewertet einen bestimmten Prozess anhand seines formalen Zustandes [GERBOTH 2001, S. 28] und drückt die Erfüllung von Anforderungen aus [AHLEMANN ET AL. 2005, S. 14].

chungen reagieren zu können.

Grundlage der Ermittlung ist die Vorgabe, welcher Teil des Erfolgsfaktors bis zu welcher Phase bzw. welchem Quality-Gate zu erfüllen ist. Dazu wird das Gewicht des Erfolgsfaktors über die Phasen der Methode in einzelne so genannte Phasengewichte aufgeteilt (siehe Abbildung 30).

Phasengewicht ε : $\sum_{t=1}^u \varepsilon_{j;t} = \beta_j$		Phase					
Legende: j Index für den Erfolgsfaktor u Anzahl Phasen β Gewicht des Erfolgsfaktors ε Phasengewicht des Erfolgsfaktors			Phase 1	Phase 2	...	Phase u	Gewicht β
Prozessperspektive	Erfolgsfaktor						
	Erfolgsfaktor 1	$\varepsilon_{1;1}$				$\varepsilon_{1;u}$	
	Erfolgsfaktor 2						
	Erfolgsfaktor k					$\varepsilon_{k;u}$	

Abbildung 30: Phasengewicht

Die Aufteilung erfolgt entsprechend der Inhalte des Erfolgsfaktors. Wie das Beispiel in Abbildung 31 zeigt, ist der Erfolgsfaktor „Terminplan erstellen“ mit einem Gewicht von 10% für die System-FMEA Prozess in Phase 3 vorzusehen, da in der Terminplanung die folgenden FMEA-Sitzungen geplant werden. Eine gleichmäßige Aufteilung des Gewichtes auf die Phasen 3 bis 5 ist für diesen Erfolgsfaktor nicht sinnvoll. Anhaltswert für die Zuordnung liefert die Nutzwertanalyse durch die zeitliche Abfolge der Zielkriterien „Definition der Maßnahmen“ und „Maßnahmenumsetzung“.

System-FMEA Prozess	Legende: ε Phasengewicht	Phasen					Gewicht β	
	Erfolgsfaktoren	1	2	3	4	5		
Prozessperspektive	Teamzusammensetzung	ε_1	ε_2	ε_3	ε_4	ε_5		
	Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse durchführen	keine Aktivitäten für System-FMEA Prozess im Masterplan festgelegt			10%	10%	10%	30%
	Risikobewertung/ Optimierung durchführen				10%	10%	5%	25%
	Maßnahmen umsetzen und Wirksamkeit überprüfen				5%	5%	10%	20%
	Terminplan erstellen					5%	5%	10%
	Dokumente des Fehlermanagements aktualisieren				10%			10%

Abbildung 31: Beispiel zur Festlegung der Phasengewichte

Der Erfolgsfaktor „Teamzusammensetzung“ mit einem Gewicht von 30% wird hingegen gleichmäßig über alle Phasen verteilt, da die Teamzusammensetzung über alle Phasen gleiche Bedeutung hat. Das Phasengewicht beträgt 10% je Phase.

Mit der Definition des Phasengewichtes können nun nachfolgend die phasenspezifischen Kennzahlen der Prozessperspektive definiert werden. Dies sind Soll- und Ist-Fortschrittsgrad, Rechtzeitigkeit und Prozessreifegrad, die wie folgt aus den Phasengewichten berechnet werden (siehe Abbildung 32).

Soll-Fortschrittsgrad der Phase I:	
$F_i(\text{Soll}) = \sum_{j=1}^k \sum_{t=1}^l \epsilon_{j;t}$	$F = F_{\text{Max}} = F_u(\text{Soll}) = 100\%$
Ist-Fortschrittsgrad in der Phase I:	
$F_i(\text{Ist}) = \sum_{j=1}^k \sum_{t=1}^l \epsilon_{j;t} H$	$H = \begin{cases} 1, & \text{falls Erfolgsfaktor erfüllt} \\ 0, & \text{falls Erfolgsfaktor nicht erfüllt} \end{cases}$
Rechtzeitigkeit in der Phase I:	
$R_i = F - \sum_{t=1}^l \min[F_t(\text{Soll}) - F_t(\text{Ist}); F_t(\text{Soll}) - F_{t-1}(\text{Soll})]$	Legende:
Prozessreifegrad in der Phase I:	F Fortschrittsgrad
$P_i = 10 R_i F_i(\text{Ist})$	k Anzahl der Erfolgsfaktoren
Prozessreifegrad eines Methodenbaums/ aller Methoden zur Phase u :	ϵ Phasengewicht des Erfolgsfaktors
$P_h = \frac{\sum_{t=1}^h \eta_t P_{t;u}}{\sum_{t=1}^h \eta_t}$	u Anzahl der Phasen
	H Indikatorfunktion
	R Rechtzeitigkeit
	P Prozessreifegrad
	n Anzahl eingesetzter Methoden
	η Potential der Methode
	h Anzahl der Methoden eines Methodenbaums

Abbildung 32: Kennzahlen der Prozessperspektive

Die Berechnung wird am Beispiel der System-FMEA Prozess erläutert (siehe Abbildung 33).

System-FMEA Prozess	ϵ Phasengewicht	Phasen										Gewicht β
	$\epsilon \cdot H$ Phasengewicht-Indikatorfunktion	1		2		3		4		5		
Prozessperspektive	Erfolgsfaktoren	ϵ	$\epsilon \cdot H$	ϵ	$\epsilon \cdot H$	ϵ	$\epsilon \cdot H$	ϵ	$\epsilon \cdot H$	ϵ	$\epsilon \cdot H$	
	Teambzusammensetzung					10%	10%	10%	10%	10%	10%	30%
	Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse durchführen					10%	10%	10%	10%	5%	5%	25%
	Risikobewertung/Optimierung durchführen					5%	0%	5%	5%	10%	10%	20%
	Maßnahmen umsetzen und Wirksamkeit überprüfen							5%	5%	5%	5%	10%
	Terminplan erstellen					10%	0%		10%			
	Dokumente des Fehlermanagements aktualisieren					5%	0%					5%
Berechnung der Phasengewichte für die <i>Teambzusammensetzung</i>		Fortschrittsgrad $F(\text{Soll})$ bzw. Ist-Fortschrittsgrad $F(\text{Ist})$										100%
$\beta = 10\% + 10\% + 10\% = 30\%$		$F(\text{Soll})$	$F(\text{Ist})$	$F(\text{Soll})$	$F(\text{Ist})$	$F(\text{Soll})$	$F(\text{Ist})$	$F(\text{Soll})$	$F(\text{Ist})$	$F(\text{Soll})$	$F(\text{Ist})$	
						40%	20%	70%	60%	100%	90%	
Berechnung der Rechtzeitigkeit für die Phase 3		Rechtzeitigkeit R										
$R = 100\% - (40\% - 20\%) = 80\%$				80%		70%		60%				
Berechnung des Prozessreifegrades für die Phase 5		Prozessreifegrad P										
$P = 10 \cdot 60\% \cdot 90\% = 5,4$				1,6		4,2		5,4				

Abbildung 33: Beispiel zur Berechnung der Kennzahlen der Prozessperspektive

Der Soll-Fortschrittsgrad ist der Vorgabewert, der bei vollständiger Abarbeitung aller Erfolgsfaktoren in der aktuellen Phase zu erreichen ist. Er berechnet sich aus der Summe der Phasengewichte aller Erfolgsfaktoren bis zur aktuellen Phase. Mit Abschluss der Entwicklung erreicht der Soll-Fortschrittsgrad in der letzten Phase 100%. Im Beispiel in Abbildung 33 beträgt der Soll-Fortschrittsgrad in Phase 3 40% und wächst in den nächsten Phasen um jeweils 30% bis auf 100% in der Phase 5. Damit ist die Phase 3 im Vergleich zur Phase 4 oder 5 stärker gewichtet, was die Bedeutung der frühen Phasen für die Methodenbearbeitung betont. Mit den Phasengewichten erhält der Mitarbeiter eine phasenbezogene Checkliste der Erfolgsfaktoren als Soll-Vorgabe. Gleichzeitig wird diese Checkliste zur Dokumentation des erreichten Ist-Fortschrittsgrads verwendet.

Der Ist-Fortschrittsgrad gibt den tatsächlich erreichten Fortschrittsgrad einer Phase wieder und kann höchstes den Wert des Soll-Fortschrittsgrads erreichen. Je nach dem ob ein Erfolgsfaktor erfüllt ist oder nicht, wird das Phasengewicht in der Indikatorfunktion entweder mit 1 oder 0 multipliziert. Kann ein Erfolgsfaktor in der aktuellen Phase nicht erfüllt werden, besteht prinzipiell die Möglichkeit, diesen in einer späteren Phase nachzuholen. So wird in der Phase 3 des Beispiels aufgrund fehlender Aktivitäten anstatt der vorgegebenen 40% ein Ist-Fortschritt von 20% erreicht. In der Phase 4 können jedoch alle vorgegebenen Erfolgsfaktoren abgearbeitet

werden und zusätzlich der Erfolgsfaktor „Terminplan erstellen“ mit 10% Phasengewicht aus der Phase 3 nachgeholt werden. Der Ist-Fortschrittsgrad ist in der Phase 4 nur noch 10% unter dem Soll-Fortschrittsgrad von 70%. Mit dem Vergleich von Ist- und Soll-Fortschrittsgrad kann als nächste Kennzahl die Rechtzeitigkeit berechnet werden.

Die Rechtzeitigkeit ist eine rechnerische Größe und gibt an, ob der Ist-Fortschrittsgrad rechtzeitig den Soll-Fortschrittsgrad erreicht hat. Die Rechtzeitigkeit ist 100%, wenn Ist- und Soll-Fortschrittsgrad für alle Phasen identisch sind. Je größer die Abweichung zwischen den Fortschrittsgraden ist, desto kleiner wird die Rechtzeitigkeit. Da in der Phase 3 des Beispiels nur 20% von vorgegebenen 40% erreicht wurden, ergibt sich eine Rechtzeitigkeit von 80%. Entgegen dem Nachholen eines verspäteten Fortschrittsgrads kann eine verlorene Rechtzeitigkeit nicht wieder aufgeholt werden, da die Rechtzeitigkeit über die Summenbildung den Fortschrittsgrad vergangener Phasen beinhaltet. So wird in der Phase 4 der Rechtzeitigkeitsgrad um weitere 10% reduziert, da der Soll-Fortschrittsgrad von 70% mit 60% Ist-Fortschrittsgrad nicht erreicht wurde. Die Rechtzeitigkeit kann auf diese Weise bis auf null reduziert werden. Mit der Rechtzeitigkeit und dem Ist-Fortschrittsgrad wird als nächste Kennzahl der Prozessreifegrad berechnet.

Der Prozessreifegrad ist eine übergeordnete Kennzahl, die als Produkt aus Rechtzeitigkeit und Ist-Fortschrittsgrad definiert ist. Der Prozessreifegrad kann folglich nur dann maximal werden, wenn alle Erfolgsfaktoren der Phase(n) gleichermaßen vollständig und rechtzeitig erfüllt werden. Die Berechnung des Prozessreifegrades trägt der Tatsache Rechnung, dass präventive Qualitätsmanagement-Methoden nur dann den maximalen Nutzen entfalten, wenn sie in der richtigen Phase des Projektplanes zum Einsatz kommen [vgl. KROTTMAIER 1995, S. 18]. Im Beispiel wird in Phase 5 für die System-FMEA Prozess mit 90% Fortschrittsgrad fast der Soll-Wert erreicht. Da aber die Rechtzeitigkeit aufgrund einer verzögerten Abarbeitung in den vorausgegangenen Phasen nur bei 60% liegt, ergibt sich ein Prozessreifegrad von 5,4. Der Prozessreifegrad für diese Methode liegt deutlich unter dem Maximalwert von 10. Zur Berechnung des Prozessreifegrades aller eingesetzten Methoden eines Serienentwicklungsprojektes wird das in Kapitel 5.2 definierte Potential der Methoden zur Gewichtung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden herangezogen. Der Prozessreifegrad eines Projektes wird als gewichteter Mittelwert des Prozessreifegrades aller Methoden definiert. Die Methoden, die in der Fehlerkostenanalyse und der Qualitätsstrategie als wichtiger eingeschätzt wurden, werden im Prozessreifegrad somit stärker gewichtet. Die Berechnung des Prozessreifegrades für mehrere Methoden eines Methodenbaums erfolgt analog mit dem Potential der im Methodenbaum betrachteten Qualitätsmanagement-Methoden.

Damit liegen phasenspezifische Kennzahlen über den Fortschrittsgrad vor, der mit der Rechtzeitigkeit zu Berechnung des aussagkräftigen Prozessreifegrades der Methodenanwendung genutzt wird.

Kennzahlen der Kostenperspektive

Die *Befähiger*-Kennzahlen der Kostenperspektive geben die Kosten wieder, die durch die Umsetzung der präventiven Qualitätsmanagementprozesse verursacht werden. In der Systematik qualitätsbezogener Kosten werden diese als Fehlerverhütungskosten aus den betrieblichen Kostenerfassungsgruppen ausgesondert und den einzelnen Methoden zugeordnet. Für jede Methode werden die wichtigsten Qualitätskostenelemente unternehmensspezifisch definiert und die Kosten der Elemente addiert (siehe Abbildung 34).

Fehlerverhütungskosten in der Phase I (absolut/ bezogen):		Legende:
$FVK_I = \sum_{j=1}^z QKE_j$	$FVK_{I;bezogen} = \frac{FVK_I}{EK_I}$	FVK Fehlerverhütungskosten
Kumulierte Fehlerverhütungskosten bis Phase I (absolut/ bezogen):		QKE Kosten des ausgewählten Qualitätskostenelements
$FVK_{I;kum} = \sum_{t=1}^I FVK_t$	$FVK_{I;kum;bezogen(EK)} = \frac{FVK_{I;kum}}{\sum_{t=1}^I EK_t}$	z Anzahl ausgewählter Qualitätskostenelemente
Kumulierte Fehlerverhütungskosten aller n Methoden		n Anzahl eingesetzter Methoden
$FVK_{kum} = \sum_{i=1}^n FVK_{i;u;kum}$	$FVK_{kum;bezogen} = \frac{FVK_{kum}}{\sum_{i=1}^n FVK_{i;u;kum;bezogen}}$	u Anzahl der Phasen
		EK phasenspezifische Entwicklungskosten
		kum kumuliert
		HK Herstellkosten

Abbildung 34: Kennzahlen der Kostenperspektive - Fehlerverhütungskosten

In der Regel sind die Qualitätskostenelemente Personal- und/oder Sachkosten als Fehlerverhütungskosten für die meisten Methoden ausreichend. Personalkosten werden beispielsweise über die zurückgemeldete Stunden ermittelt. Die Sachkosten des präventiven Qualitätsmanagements beinhalten beispielsweise die Prüf- und Validierungskosten, die als interne oder externe Dienstleistungen über das Arbeitspaket und das Projekt verrechnet werden. Bei Verifizierungs- und Validierungskosten ist zu beachten, dass Folgeprojekte von den kostenintensiven Aktivitäten einer vorausgegangen Neuentwicklung profitieren können und es notwendig ist, Teile dieser Kosten für den Projektvergleich intern weiterzubelasten.

Da Fehlerverhütungskosten zum Teil von der Projektgröße abhängen, ist es für eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Projekten erforderlich, die Kosten nicht nur absolut, sondern auch bezogen darzustellen. Als frühzeitig verfügbare Bezugsgröße werden die phasenspezifischen Entwicklungskosten des Projektes festgelegt. Für den strategischen Betrieb des Performance Measurements werden die Kosten zusätzlich auf die kumulierten Herstellkosten bezogen. Um diese Kosten für alle präventiven Qualitätsmanagement-Methoden eines Projektes zu erhalten, werden die Fehlerverhütungskosten aller eingesetzter Methoden addiert.

5.3.6 Nutzen und Fazit

Durch die beschriebene Vorgehensweise wird ein Kennzahlensystem zur Leistungsermittlung des präventiven Qualitätsmanagements vor Produktionsbeginn entwickelt, das den Anforderungen des Performance Measurement gerecht wird. Das *Befähiger*-Kennzahlensystem basiert auf einer Ursache-Wirkungskette und erfüllt mit den zusammenhängenden Perspektiven gleichermaßen die Anforderungen nach Mehrdimensionalität und Transparenz der Kausalbeziehungen. Ausgehend von den Einflussgrößen werden durch einen Selektionsprozess die relevanten Erfolgsfaktoren identifiziert und für die Berechnung der Kennzahlen herangezogen. Da die Kennzahlen der Prozess- und Kostenperspektive phasenspezifisch erfasst werden, liegen schon im Entwicklungsprozess Leistungsdaten vor. Über die hierarchische Struktur des *Befähiger*-Kennzahlensystems ist es nicht nur möglich auf Ebene der Einzelmethode und auf Ebene mehrerer Methoden, im Methodenbaum die Leistung zu bestimmen, sondern auch auf Projekt-Ebene den Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements zu ermitteln (siehe Abbildung 35). Die Verknüpfungen der Kennzahlen erfolgt sachlogisch und gewichtet nach dem Fehlervermeidungspotential, das die Strategie berücksichtigt.

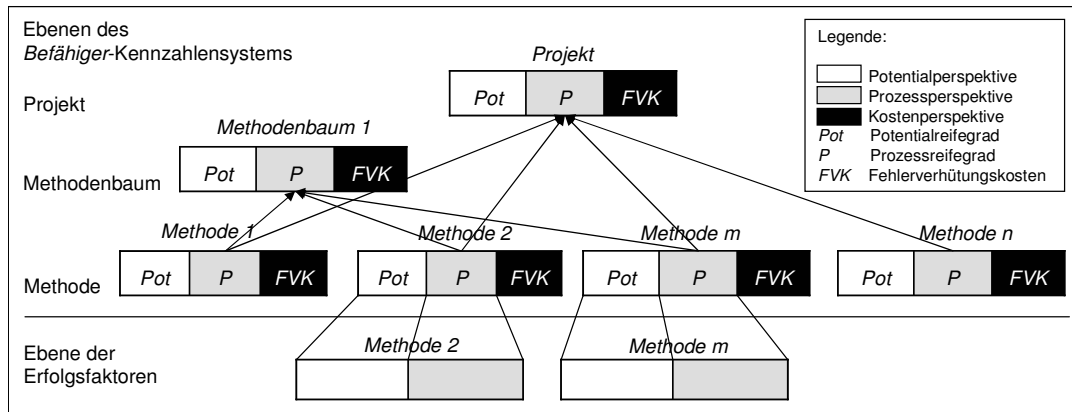


Abbildung 35: Ebenen des Befähiger-Kennzahlensystems

Von besonderer Bedeutung ist die Checkliste der Prozessperspektive. Sie beinhaltet einen Standard phasenbezogener Erfolgsfaktoren für die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden. Die Checkliste trägt dazu bei die interdisziplinäre Zusammenarbeit des Teams zu verbessern und lenkt die Konzentration auf die kritischen Einflussfaktoren. Darüber hinaus steigt die Motivation der Teammitarbeiter durch die Selbstbewertung der geleisteten Arbeit [TATIKONDA/ROSENTHAL 2000, S. 405].

Als zusätzlicher Nutzen, der schon beim Aufbau des *Befähiger-Kennzahlensystems* realisiert wird, ist die Prozessbeschreibungen für jede Methode zu nennen. Diese tragen zur Standardisierung der Prozesse bei und können zur Schulung neuer Mitarbeiter eingesetzt werden können. Durch die Darstellung aller präventiven Qualitätsmanagement-Methoden im Prozessmodell wird das Zusammenwirken der Methoden visualisiert und die Transparenz der Zusammenhänge für die Mitarbeiter erhöht. Der Aufbau des *Befähiger-Kennzahlensystems* wird maßgeblich durch Prozessbeteiligte geleistet, sodass die späteren Nutzer des Kennzahlensystems bei der Gestaltung beteiligt sind. Damit wird zum einen die inhaltliche Richtigkeit und Praxisorientierung sichergestellt und zum anderen die Akzeptanz für das qualitätsbezogene Projektcontrolling erhöht.

Zusammenfassend wird mit der erarbeiteten Vorgehensweise ein *Befähiger-Kennzahlensystem* entwickelt, das die Leistung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden projektspezifisch erfasst. Auf Grundlage der Kennzahlen sind Aussagen möglich, inwieweit die Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung erfolgreich eingesetzt werden.

Nach der Definition und Festlegung der Messgrößen des *Befähiger-Kennzahlensystems* werden nachfolgend die Kennzahlen zur Projektklassifikation beschrieben.

5.4 Klassifikations-Kennzahlen

Die Klassifikation von Serienentwicklungsprojekten dient der Projektplanung und der Identifikation von ähnlichen Projekten. Die Klassifikations-Kennzahlen setzen sich aus den Projekt-Stammdaten, Kennzahlen des Projekt-Risikos und des Projektverlaufs zusammen (siehe Abbildung 36).

Klassifikations-Kennzahlen		
Projekt-Stammdaten <ul style="list-style-type: none"> •Kunde •Produktgruppe •Baureihe •Projektleiter •Projektlaufzeit •Entwicklungszeit •... 	Projektrisiko „Welches Risiko wird mit dem Projekt eingegangen?“ Prospektive Bewertung qualitätsrelevanter Merkmale	Projektverlauf „Welche Risiken hatten Einfluss auf den Verlauf?“ Retrospektive Bewertung qualitätsrelevanter Merkmale

Abbildung 36: Grundstruktur der Klassifikations-Kennzahlen

Mit den Kennzahlen des Projektrisikos werden prospektiv und mit den Kennzahlen des Projektverlaufes retrospektiv qualitätsrelevante Merkmale erfasst und bewertet. Da mit der frühzeitigen Risikobewertung auf den weiteren Projektverlauf Einfluss genommen werden kann, liegt der Schwerpunkt des Kapitels auf der Identifizierung und Bewertung der Projektrisiken. Nachfolgend wird eine Vorgehensweise zur unternehmensspezifischen Festlegung der Projektrisiko-Kennzahlen erarbeitet.

5.4.1 Projekt-Stammdaten

Die Projekt-Stammdaten beschreiben das Entwicklungsvorhaben in Form von Kennzahlen. Sie dienen der Identifizierung und Beschreibung des Projektes und enthalten beispielsweise Angaben zur Produktgruppe, zur Baureihe, zur Organisationseinheit, zum Entwicklungs- und Produktionsstandort und zum Kunden. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit benötigten Daten sind eine Teilmenge der Stammdaten, die durch das Projektmanagement in der Projektdefinition hinterlegt werden.

5.4.2 Projektrisiko

Mit dem Projektrisiko werden alle technisch-organisatorischen Merkmale betrachtet, die für Projekt- und Produktlebenszyklus ein Risiko darstellen. Es werden alle wichtigen Bedingungen bewertet, die Einfluss auf die qualitätsbezogenen Ergebnisse haben können. Die Entwicklung der Projektrisiko-Kennzahlen erfolgt in drei Schritten. Zuerst werden mögliche Risikokategorien identifiziert und im zweiten Schritt die wichtigsten ausgewählt. Mit der anschließenden Definition der Kennzahlen im dritten Schritt steht eine unternehmensindividuelle Risikocheckliste zur Verfügung, die für die Risikobewertung von Serienentwicklungsprojekten eingesetzt wird und gleichzeitig eine risikobasierte Klassifikation ermöglicht.

Identifikation der Risikokategorien

Mit der Identifikation der Risikokategorien werden projektbezogene Risiken gesammelt und Risikokategorien zugeordnet. Die Risiken beschränken sich auf technische oder organisatorische Unwägbarkeiten. Die Durchführung der Risikoidentifikation und -sammlung erfolgt in einem interdisziplinären Expertenteam mit Projektleitern, Mitarbeiter aus Entwicklung, Produktion, Qualitätsmanagement und Projektmanagement [vgl. HARRANT/HEMMRICH 2004, S. 21ff]. Zur Unterstützung der Sammlung von Einzelrisiken können Kreativitätstechniken, wie Brainstorming eingesetzt werden. Eine Sammlung möglicher Risikokategorien stellt folgende Tabelle dar (siehe Tabelle 14).

Produkt- und prozessbezogene Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexität Produkt, z. B. Anzahl und Art der Funktionen • Komplexität Prozess, z. B. Anzahl und Art der Prozessschritte • Produktveränderung zum Vorgänger, z. B. neues Kernprodukt, Folgegeneration • Prozessveränderung zum Vorgänger, z. B. Prozess der Folgegeneration • Material, z. B. neuer Werkstoff • Anforderungsrisiko Produkt, z. B. Lastkollektiv, Lebensdauer, Geräuschrelevanz • Technologie
Projektbezogene Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturiertheit, z. B. Detaillierung der Projektplanung • Projektkomplexität, z. B. involvierte Fachbereiche, Entwicklungsstandorte • Projektleiter, z. B. Fach- und Methodenkompetenz • Entwicklungszeit z. B. verkürzte Entwicklungszeit • Kunde, z. B. Vorgaben Projektablauf, kundengetriebene Änderungshäufigkeit • Lieferanten, z. B. neue Lieferanten, Zuverlässigkeit und Unterlieferantenmanagement • Anlaufzeit, z. B. schneller Hochlauf • Variabilität/ (interne) Änderungshäufigkeit, z. B. konstruktive Änderungen in Serie • Fertigungsprogramm, z. B. häufiges Rüsten durch Stückzahlchwankungen • Prozessveränderung am Standort, z. B. neuer Prozess, Prozess der Folgegeneration • Qualitätsniveau des Standorts, z. B. Ausbildungsstand, Automatisierungsgrad
Umfeldbezogene Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexität des Projektumfeldes, z. B. wechselnde Zielsetzungen • Dynamik des Umfeldes • Internes/externes Projektinteresse

Tabelle 14: Projektrisikokategorien für Serienentwicklungsprojekte

Sie enthält Risiken, die in produkt-/prozessbezogene, projektbezogene und umfeldbezogene Risiken unterteilt sind:

- Produkt-/prozessbezogene Risiken umfassen die technischen Risiken, die unmittelbar dem Produkt oder dem Produktionsprozess zugeordnet werden können.
- Projektbezogene Risiken beziehen sich auf mögliche Unwägbarkeiten im jeweiligen Leistungserstellungsprozess des Projektes.
- Umfeldbezogene Risiken betrachten die Risiken, die aus der Wechselwirkung von Projekt und Umfeld entstehen können.

Mithilfe dieser Sammlung ist es möglich, die im Unternehmen identifizierten Projektrisiken zu ergänzen bzw. auf Vollständigkeit zu überprüfen. Als Ergebnis dieses Schrittes liegen unternehmensspezifische Risikokategorien zur Bewertung von Serienentwicklungsprojekten vor.

Auswahl der Risikokategorien

Um den Aufwand bei der Bewertung des Projektrisikos möglichst gering zu halten, ist im nächsten Schritt eine Reduzierung auf die wesentlichen Risikokategorien notwendig. Dies erfolgt mit Hilfe einer Einflussgrößenanalyse in der die identifizierten Risikokategorien gegenseitig in Relation gesetzt werden [KISCHKAT 2003, S. 4; SCHNORRENBURG/GOEBELS 1997, S. 130ff]. Die unternehmensspezifische Bewertung des Einflusses wird einzeln oder gemeinsam von den Experten durchgeführt. Mit der Einflussgrößenmatrix wird die Stärke der Beeinflussung einer Risikokategorie auf eine andere bewertet. Die Addition der Zeilen- bzw. Spaltenwerte ergibt die Aktiv- und Passivsumme für jede Risikokategorie [vgl. VESTER 1986, S. 130ff] (siehe Abbildung 37).

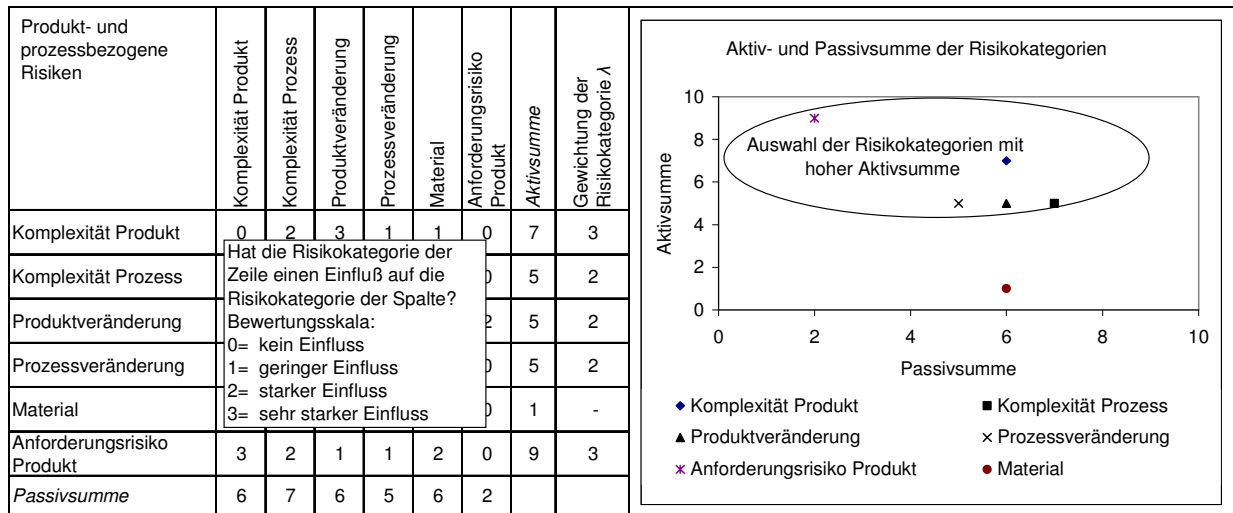


Abbildung 37: Beispiel zur Auswahl und Gewichtung der Risikokategorien

Die Aktivsumme gibt an, wie stark eine Risikokategorie auf andere Kategorien insgesamt Einfluss nimmt. Demgegenüber zeigt die Passivsumme die Beeinflussbarkeit der Risikokategorie an. Projektrisiken mit einer hohen Aktivsumme sind demnach von größerer Bedeutung, da diese die weiteren Risikokategorien beeinflussen. Für den weiteren Projektverlauf sind die Projektrisiken auszuwählen, die eine hohe Aktivsumme besitzen.

Neben der Auswahl der Risikokategorien wird auf Grundlage der Aktivsumme eine Gewichtung der Risikokategorie vorgenommen (siehe Abbildung 37).

Definition der Projektrisiko-Kennzahlen

Im nächsten Schritt werden für die ausgewählten Risikokategorien Kennzahlen zur projektspezifischen Risikobewertung festgelegt. Für eine Risikokategorie wird der Risikograd als die Höhe des Risikos definiert. Um eine objektive und vergleichbare Festlegung des Risikograds zu ermöglichen, sind detaillierte Bewertungsskalen notwendig. Analog zu den vorausgegangenen Skalen wird der Risikograd in einer Skala von null bis zehn bewertet. Wenn das Risiko des Projekts in einer Risikokategorie sehr hoch ist, wird der Risikograd mit zehn bewertet. Entsprechend wird der Risikograd null für keine oder sehr geringe Risiken vergeben. Für jeden Risikograd ist eine möglichst genaue Beschreibung vorzunehmen (siehe Beispiel Tabelle 15).

Risikograd G	Risikokategorie Komplexität Produkt	Risikokategorie Produktveränderung	Risikokategorie Prozessveränderung
0	1 Variante, <5 Bauteile	Kleine Veränderungen am Produkt (z.B. Face-Lift)	Inkrementelle Veränderungen
1			
2	2-3 Varianten, 5-10 Bauteile	Ergänzung der Produktfamilie	Prozessverbesserung in einem spezifischen Bereich
3			
4			
5	4-7 Varianten, 11-20 Bauteile	Folgegeneration	Folgegeneration
6			
7			
8	8-10 Varianten, 21-30 Bauteile	Neues Kernprodukt	Neuer Kernprozess
9			
10	> 10 Varianten, >31 Bauteile		

Tabelle 15: Beispiel zur Beschreibung des Risikogrades

Zur praktischen Durchführung der Risikobewertung werden die Risikokategorien sowie die Bewertungsskalen in einer Risikocheckliste zusammengefasst. Auf diese Weise können die

Projektrisiken bewertet und die Kennzahlen übersichtlich dokumentiert werden.

Auf Basis der ausgewählten Risikokategorien wird das Projektrisiko als gewichteter Durchschnitt des Risikograds definiert (siehe Abbildung 38).

Projektrisiko:	
$PR = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i G_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$	Legende: <i>PR</i> Projektrisiko <i>G</i> Risikograd $G \in \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$ λ Gewicht der Risikokategorie <i>n</i> Anzahl ausgewählter Risikokategorien

Abbildung 38: Projektrisiko-Kennzahl

Für die unternehmensweit einheitliche Risikobewertung von Serienentwicklungsprojekten stehen Kennzahlen zur Verfügung, die für jede Risikokategorie Messgrößen zur Höhe des Risikos bereitstellen. Das übergeordnete Projektrisiko dient als Messgröße um prospektiv das Gesamtrisiko zu bewerten.

5.4.3 Projektverlauf

Nach Produktionsbeginn können über den Verlauf des Projektes Ereignisse auftreten, die in der Entwicklungsphase weder vorhersehbar noch geplant waren. Diese Ereignisse können Auswirkungen auf die Qualitätssituation haben, wie folgende Beispiele zeigen:

- **Produktionsverlagerung:** Für Unternehmen mit mehreren Standorten können strategische oder wirtschaftliche Vorteile durch Verlagerungen von Produktionsumfängen realisiert werden. Wird die Verlagerung in laufender Serie durchgeführt kann es durch fehlende Erfahrung und Wissen am neuen Produktionsstandort zu erhöhten Fehlerkosten kommen.
- **Lieferantenwechsel:** Ähnliche Folgen können durch den Wechsel eines Lieferanten hervorgerufen werden, wenn der neue Lieferant Qualitätsprobleme und höhere Fehlerkosten verursacht.

Um diese Merkmale bei der Identifikation vergleichbarer Projekte zu berücksichtigen, ist eine retrospektive Erfassung dieser Ereignisse in Form von Kennzahlen notwendig. Dies erfolgt durch die Bewertung des Projektverlaufs beim Produktionsauslauf, der im Rahmen der vorliegenden Arbeit das Projektende darstellt.

Zur retrospektiven Bewertung des Projektverlaufes wird eine Sammlung möglicher qualitätsrelevanter und zu Entwicklungsende nicht geplanter Ereignisse in Form einer Checkliste erstellt. Als Kennzahlen für den Projektverlauf wird die Schwere des Eintritts des Ereignisses definiert. Eine mehrfache und globale Produktionsverlagerung erhält beispielsweise eine hohe Schwere des Ereignisses „Produktionsverlagerung“.

5.4.4 Fazit

Die Klassifikation der Serienentwicklungsprojekte verwendet neben Stammdaten sowohl prospektive als auch retrospektive Bewertungsmerkmale. Damit werden über den gesamten Lebenszyklus Klassifikationsdaten erfasst. In der Entwicklungsphase werden durch die Projektrisiko-Kennzahl die wesentlichen technisch-organisatorischen Merkmale des Entwicklungsvorhabens erfasst. Mit der Risikocheckliste steht dem Einzelprojektmanagement ein

Hilfsmittel zur Klassifikation, aber auch zum prozessbegleitenden Risikomanagement⁴⁰ zur Verfügung. Um für das Multiprojektmanagement Projekte zu identifizieren, die nicht nur über den Entwicklungsprozess sondern auch über den Produktionsprozess vergleichbar sind, wird zusätzlich der Projektverlauf bewertet.

Im nächsten Kapitel werden als letztes Element des Projekt-Kennzahlensystems die *Ergebnis-Kennzahlen* beschrieben und definiert.

5.5 *Ergebnis-Kennzahlen*

Die *Ergebnis-Kennzahlen* ergänzen die Kennzahlen des *Befähiger-Kennzahlensystems* um qualitätsbezogene Messgrößen, die nach der Entwicklungsphase vorliegen. Die *Ergebnis-Kennzahlen* haben wie die *Befähiger-Kennzahlen* zwei Ziele. Zum einen dienen sie dem operativen Betrieb des Performance Measurements in der Produktion zur systematischen und fortlaufenden Qualitätsverbesserung und Kostensenkung. Zum anderen wird mit den *Befähiger-Kennzahlen* die gesamte Ursache-Wirkungskette über die Phasen Entwicklung, Produktion und Nutzung des Lebenszyklus im strategischen Betrieb des Performance Measurements operationalisiert. Die Gegenüberstellung von *Ergebnis-* und *Befähiger-Kennzahlen* liefert Rückschlüsse zur Verbesserung der Effektivität der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden. Soweit bei der unternehmensspezifischen Anpassung der Ursache-Wirkungs-Beziehung keine weiteren Perspektiven identifiziert wurden, werden die *Ergebnis-Kennzahlen* der Kostenperspektive zugeordnet. Die Kostenperspektive der *Ergebnis-Kennzahlen* enthält die internen und externen Fehlerkosten, die projektspezifisch ermittelt werden.

5.5.1 Interne Fehlerkosten

Die internen Fehlerkosten beinhalten Qualitätskostenelemente aus der Definition der qualitätsbezogenen Kosten in Tabelle 2. Die wichtigsten Qualitätskostenelemente können mithilfe einer Pareto-Analyse identifiziert werden. Ziel ist weniger eine vollständige Abbildung aller Qualitätskosten, sondern vielmehr eine praktikable Erfassung der wesentlichen Kosten. Da in der Regel nicht alle Qualitätskostenelemente einzelnen Projekten zugeordnet werden können, schränkt sich die Auswahl der Qualitätskostenelemente weiter ein. Relevante projektbezogene Qualitätskostenelemente der internen Fehlerkosten sind beispielsweise Änderungskosten, Ausschuss und Nacharbeit.

Auf Basis dieser Auswahl werden die internen Fehlerkosten wie folgt definiert (siehe Abbildung 39).

⁴⁰ Nach DIN IEC 62198 [DIN IEC 62198:2002, S. 8] wird Risikomanagement definiert als die „systematische Anwendung von Managementgrundsätzen, -verfahren und -praktiken zwecks Ermittlung des Kontexts sowie Identifikation, Analyse, Bewertung, Steuerung/Bewältigung, Überwachung und Kommunikation von Risiken“.

Interne Fehlerkosten im Monat k nach SOP (absolut/bezogen):		Legende:
$iFK_k = \sum_{t=1}^a QKE_t$	$iFK_{k,bezogen} = \frac{iFK_k}{HK_k}$	iFK interne Fehlerkosten
Kumulierte interne Fehlerkosten bis Monat k nach SOP (absolut/ bezogen):		QKE Kosten des ausgewählten Qualitätskostenelementes
$iFK_{k;kum} = \sum_{t=1}^k iFK_t$	$iFK_{k;kum;bezogen} = \frac{iFK_{k;kum}}{\sum_{t=1}^k HK_t}$	a Anzahl ausgewählter Qualitätskostenelemente
		HK Herstellkosten
		SOP Start of Production
		kum kumuliert

Abbildung 39: Kennzahlen der Kostenperspektive – interne Fehlerkosten (Teil 1)

Die internen Fehlerkosten bestehen aus der Summe der Fehlerkosten ausgewählter Qualitätskostenelemente. Zur Identifikation von Fehlerschwerpunkten im operativen Betrieb des Performance Measurements eignen sich die bezogenen internen Fehlerkosten. Die bezogenen Fehlerkosten des Monats werden mit dem Vormonatswert verglichen um damit Aussagen zur Wirksamkeit der Fehlerabstellmaßnahmen zu treffen. Als Bezugsgröße der internen Fehlerkosten dienen aufgrund der großen Nähe zum gefertigten Produkt die Herstellkosten. Alternativ sind auch Bezugsgrößen wie Fertigungsumsatz, Wertschöpfung oder Anzahl gefertigter Teile möglich [GEIGER/KOTTE 2005, S. 272]. Die kumulierte Darstellung der Fehlerkosten eignet sich hingegen für den Vergleich von Projekten beim Multiprojektmanagement.

Über den typischen zeitlichen Verlauf der bezogenen Fehlerkosten kann von den Kosten der ersten Monate oder des Serienanlaufs auf die zukünftigen Fehlerkosten geschlossen werden (siehe Abbildung 40).

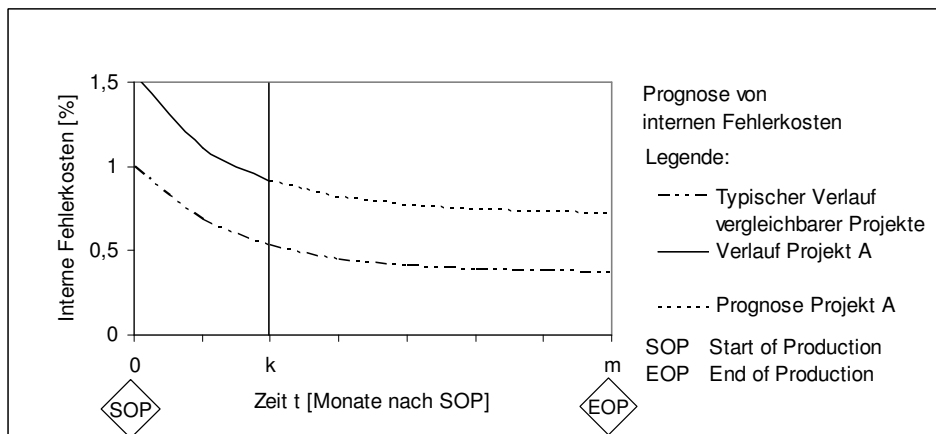


Abbildung 40: Prognose interner Fehlerkosten

Auf diese Weise können nicht nur die Fehlerkosten des Serienanlaufes miteinander verglichen werden, sondern es kann auch eine projektspezifische Prognose der Fehlerkosten zum Ende der Produktion bestimmt werden. Die Prognose der Monatswerte ergibt sich aus dem Verlauf vergleichbarer Projekte. Aus der Prognose der Monatswerte ergeben sich die kumulierten internen Fehlerkosten zum Produktionsauslauf (siehe Abbildung 41).

Prognostizierte interne Fehlerkosten (absolut/ bezogen):		Legende:
$iFK_m = iFK_{k;kum} + \frac{iFK_{k,bezogen} + iFK_{m,bezogen}}{2} \sum_{t=k}^m HK_t$	$iFK_{m;kum;bezogen} = \frac{iFK_m}{\sum_{t=1}^m HK_t}$	m Produktionsmonate bis Produktionsauslauf (gesamt)
		k Produktionsmonate bisher
		HK Herstellkosten

Abbildung 41: Kennzahlen der Kostenperspektive – interne Fehlerkosten (Teil 2)

Speziell die Fehlerkosten des Serienanlaufes ermöglichen eine frühe und charakteristische

Ergebnis-Kennzahl zur Wirksamkeit des präventiven Qualitätsmanagements. Sie drücken aus welche Schwierigkeiten der Anlauf eines neuen Produktes verursacht hat.

5.5.2 Externe Fehlerkosten

Die externen Fehlerkosten setzen sich wie die internen Fehlerkosten aus verschiedenen Qualitätskostenelementen zusammen. In der betrieblichen Praxis haben die Kosten aus Garantie- und Gewährleistungshaftung sowie die Produkthaftungskosten die größte Bedeutung. Analog zu den Definitionen der internen Fehlerkosten ergibt sich folgende Festlegung (siehe Abbildung 42).

Externe Fehlerkosten des Produktionsmonats k (absolut/bezogen):		Legende:
$eFK_k = \sum_{t=1}^a QKE_t$	$eFK_{k,bezogen} = \frac{eFK_k}{HK_k}$	eFK externe Fehlerkosten
		QKE Kosten des ausgewählten Qualitätskostenelementes
		a Anzahl ausgewählter Qualitätskostenelemente
Kumulierte externe Fehlerkosten bis Produktionsmonat k nach SOP (absolut/ bezogen):		HK Herstellkosten
$eFK_{k;kum} = \sum_{t=1}^k eFK_t$	$eFK_{k;kum;bezogen} = \frac{eFK_{k;kum}}{\sum_{t=1}^k HK_t}$	SOP Start of Production
		kum kumuliert

Abbildung 42: Kennzahlen der Kostenperspektive – externe Fehlerkosten

Um im operativen Betrieb des Performance Measurements die Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen bewerten zu können sind bezogene externe Fehlerkosten notwendig. Als Bezugsgröße werden wie bei den internen Fehlerkosten die Herstellkosten herangezogen. Allerdings ist zu beachten, dass im Gegensatz zu den internen Fehlerkosten die externen Fehlerkosten und die Herstellkosten zeitlich auseinander fallen. Es ist daher notwendig, neben dem Ausfallzeitpunkt auch das Produktionsdatum des ausgefallenen Produkts zu erfassen, um die Kosten dem entsprechenden Herstellkosten des Produktionsmonats zuzuordnen.

Die über den gesamten Produktionszeitraum kumulierten Fehlerkosten sind für die Durchführung des Projektvergleichs von Bedeutung. Um vor Ablauf der Garantiedauer für das gesamte Serienentwicklungsprojekt Aussagen treffen zu können, sind Abschätzungen der zu erwartenden externen Fehlerkosten notwendig. Diese können durch statistische Schätzverteilungen wie der WEIBULL-Verteilung [vgl. u. a. DIN 55303-7 1996; BIROLINI 1991] auf Basis eines Lebensdauertests oder durch ein bewertetes Isochronendiagramm [HAACKE 1996, S. 69ff] gewonnen werden.

5.5.3 Fazit

Als *Ergebnis*-Kennzahlen werden im Rahmen dieser Arbeit die internen und externen Fehlerkosten definiert, die projektspezifisch zuordenbar sind. Fehlerkosten quantifizieren die Folgewirkungen eines Fehlers. Um für den strategischen Betrieb möglichst frühzeitig Projektvergleiche durchführen zu können und nicht den gesamten Projektlebenszyklus abwarten zu müssen, sind die Fehlerkosten des Produkthanlaufs und die Prognosen zum Produktionsauslauf geeignete Kennzahlen.

5.6 Zusammenfassende Betrachtung

In den vorausgegangenen Kapiteln wurden mit dem *Befähiger*-Kennzahlensystem, den Klassifikations-Kennzahlen und den *Ergebnis*-Kennzahlen die Bestandteile des Projekt-Kennzahlensystems erarbeitet (siehe Abbildung 43).

Projekt-Kennzahlensystem				
<i>Befähiger</i> -Kennzahlensystem			Klassifikations-Kennzahlen	<i>Ergebnis</i> -Kennzahlen
Potential	Prozesse	Kosten	-	Kosten
•Potentialreifegrad	•Prozessreifegrad	•Fehlerverhütungs-kosten	•Projekt-Stammdaten •Projektrisiko •Projektverlauf	•Externe Fehlerkosten •Interne Fehlerkosten
K	<i>Befähiger</i>			<i>Ergebnisse</i>
	Methode, Projekt	Methode, Projekt	Methode, Projekt	Projekt
Z	einmalig	jede Phase	jede Phase	Projekt
F	einmalig	jede Phase	jede Phase	min. einmalig
Legende: K Kennzahl(en) Z Zuordnung der Kennzahlen F Erhebungsfrequenz				

Abbildung 43: Projekt-Kennzahlensystem

Zentraler Bestandteil des Projekt-Kennzahlensystems ist das *Befähiger*-Kennzahlensystem, das die Prozess- und Kostenperspektive für die betrachteten präventiven Qualitätsmanagement-Methoden phasenspezifisch bewertet und den Reifegrad der Potentialperspektive erfasst. Damit werden dem operativen Projekt- und Qualitätscontrolling Kennzahlen zum Einsatz der einzelnen präventiven Qualitätsmanagement-Methoden zur Verfügung gestellt. Nach Produktionsstart wird die qualitätsbezogene Performance des Projektes mithilfe der *Ergebnis*-Kennzahlen ermittelt. Dazu werden die internen und externen Fehlerkosten erhoben. Als weiterer Bestandteil dienen die Klassifikations-Kennzahlen zur Risikobewertung des Projektes.

Die Messgrößen des Projekt-Kennzahlensystems geben die qualitätsbezogene Leistung über den gesamten Lebenszyklus wieder. Durch die Perspektiven und die zugeordneten Kennzahlen wird die Ursache-Wirkungskette des präventiven Qualitätsmanagement operationalisiert. Das Projekt-Kennzahlensystem ist Grundlage für die Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements. Zudem fördert die strukturierte Entwicklung des Projekt-Kennzahlensystems mithilfe der Experten das Verständnis präventiver Qualitätsmanagement-Methoden im Unternehmen. Bei der Entwicklung der Ursache-Wirkungskette wird zwischen den Beteiligten Erfahrungswissen zur Wirkungsweise präventiver Qualitätsmanagement-Methoden ausgetauscht. Die Fehlerkostenanalyse zeigt die Bedeutung des präventiven Qualitätsmanagements auf und motiviert die Leistungsermittlung. Auf diese Weise ist nicht nur das unternehmensspezifisch erarbeitete Projekt-Kennzahlensystem als Ergebnis zu verstehen, sondern auch die während der Entwicklung des Kennzahlensystems realisierten Lerneffekte.

Mit dem Ende dieses Kapitels steht ein Kennzahlensystem zur Verfügung das die gestellten Anforderungen erfüllt und sich zur Leistungsermittlung für das präventive Qualitätsmanagement eignet. Im nachfolgenden Kapitel wird entsprechend dem Lösungsmodell der Betrieb des Performance Measurements mit der Anwendung des Kennzahlensystems zur Optimierung der Methoden beschrieben.

6 Betrieb des Performance Measurements

Die Projekt-Kennzahlen sind Voraussetzung für den Betrieb des Performance Measurements zur Optimierung des präventiven Qualitätsmanagements in Entwicklungsprozessen aber keinesfalls ausreichend für Leistungssteigerungen. Erst wenn die Projekt-Kennzahlen Bestandteil eines geschlossenen Qualitätsregelkreises werden, können Verbesserungen realisiert werden (siehe Abbildung 44).

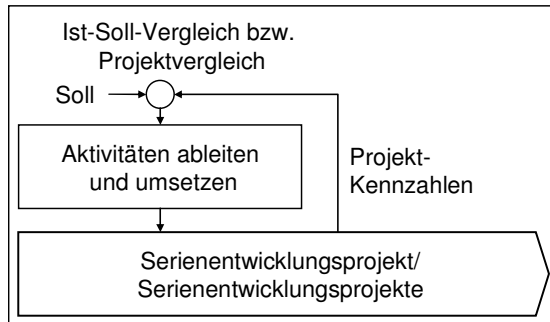


Abbildung 44: Qualitätsregelkreise für Serienentwicklungsprojekte

Durch den Ist-Soll-Vergleich der Kennzahlen eines Projekts bzw. durch den Projektvergleich mehrerer Projekte werden Verbesserungsaktivitäten abgeleitet und umgesetzt. Die Verbesserungsaktivitäten können sich sowohl auf das Einzelprojekt, als auch auf die Planungsvorgabe des Masterplans mehrerer Serienentwicklungsprojekte beziehen. Um die Wirksamkeit der Aktivitäten zu überprüfen, wird die Leistung mit Hilfe der Projekt-Kennzahlen erneut erfasst und mit den Sollwerten verglichen.

Im praktischen Betrieb lassen sich zwei Arten des Performance Measurements unterscheiden. Zum einen der operative Betrieb, der auf die Effizienzsteigerung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden im Einzelprojekt zielt. Zum anderen der projektübergreifende strategische Betrieb, der die Effektivität durch die Anpassung der Masterpläne verbessert. Nachfolgend werden die Qualitätsregelkreise im operativen und strategischen Betriebs des Performance Measurements vorgestellt und erläutert.

6.1 Operativer Betrieb des Performance Measurements

Grundlage des operativen Betriebs des Performance Measurements sind die Projekt-Kennzahlen, die in den Qualitätsregelkreisen der *Befähiger*- und *Ergebnis*-Seite sowie in die Projektplanung und den Projektabschluss des Einzelprojekts zum Einsatz kommen:

- **Qualitätsregelkreis *Befähiger*:** Die *Befähiger*-Kennzahlen ermöglichen den Betrieb des phasenbezogenen Projektcontrollings um den erfolgreichen Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung sicherzustellen.
- **Projektplanung und Projektabschluss:** Die Klassifikations-Kennzahlen sind in der Projektplanung auf Grundlage der Projektrisiko-Kennzahlen, als auch durch die Bewertung des Projektverlaufs zum Projektabschluss Bestandteil des Projektmanagements.
- **Qualitätsregelkreis *Ergebnis*:** Nach Produktionsbeginn werden durch die Erfassung und Auswertung von internen und externen Fehlerkosten Aktivitäten zur Prozess- oder Produktverbesserung ermöglicht.

Um den Nutzen und die Akzeptanz der Projekt-Kennzahlen sicherzustellen, kommt der systematischen Integration der Projekt-Kennzahlen in die operativen Prozesse des Projekt- und

Qualitätsmanagements eine hohe Bedeutung zu.

6.1.1 Qualitätsregelkreis *Befähiger*

Mit den *Befähiger*-Kennzahlen stehen dem Projektteam und den Projektcontrolling Messgrößen zur Verfügung, um die Qualitätsmanagement-Methoden in der Serienentwicklung zu bewerten und korrigierende Aktivitäten einzuleiten. Die *Befähiger*-Kennzahlen sind durch den Qualitätsregelkreis mehrfach in den Entwicklungsprozess integriert. Der Qualitätsregelkreis *Befähiger* besteht aus einem kurzen Regelkreis auf Ebene des Projektteams und einem phasenbezogenen Regelkreis auf Ebene des Projektcontrollings (siehe Abbildung 45). Die Regelkreise bauen aufeinander.

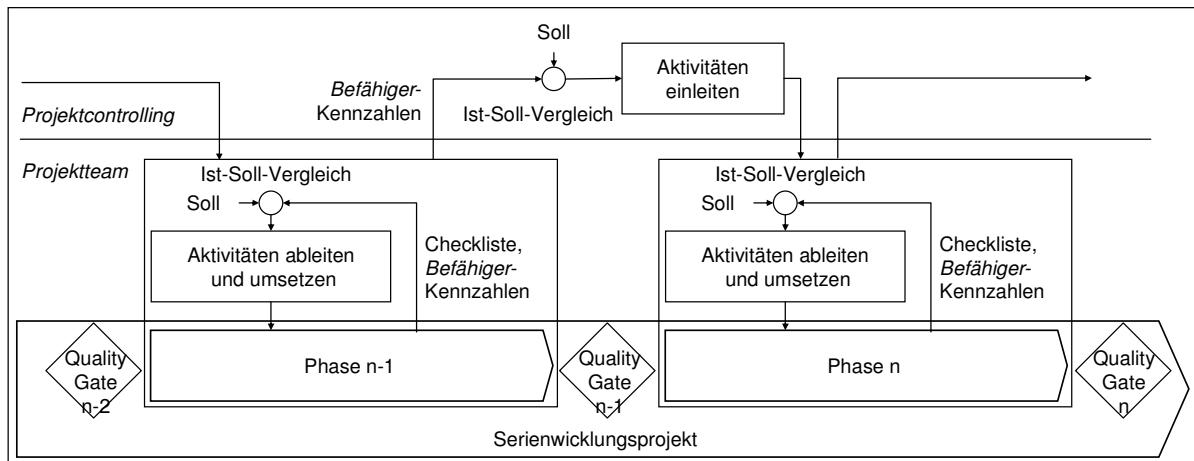


Abbildung 45: Qualitätsregelkreis *Befähiger*

Innerhalb einer Phase nutzt das **Projektteam** die Checkliste zum Einsatz präventiver Qualitätsmanagement-Methoden um die Erfüllung der prozessbezogenen Erfolgsfaktoren fortlaufend zu dokumentieren. Die Erfolgsfaktoren des Soll-Fortschrittsgrades geben für jede Methode und Phase einen Standard vor, der für alle Teammitglieder verbindlich ist. Der Vergleich von erforderlichen Soll mit bereits erfüllten Erfolgsfaktoren führt zur systematischen und zeitnahen Umsetzung der Aktivitäten in einem kurzen Regelkreis.

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, die Bewertung im Projektteam durchzuführen. Die Organisation der Bewertung ist eng an das verwendete Rollenkonzept des Entwicklungsprozesses gebunden, das für die einzelnen Rollen im Projekt verschiedene Rechte und Aufgaben definiert. In der praktischen Umsetzung wird eine Rolle einem Projektmitarbeiter zugeteilt, der dann für die Ausübung der Rolle verantwortlich ist. Es können drei Möglichkeiten der Rollenverteilung zur Bewertung des Erfüllungsgrades unterschieden werden:

- **Bewertung durch den Methodenverantwortlichen:** Das Teammitglied, das für die Erstellung der präventiven Qualitätsmanagement-Methode verantwortlich ist, bewertet den Erfüllungsgrad anhand der Checkliste eigenverantwortlich. Der Regelkreis folgt dem Prinzip der Selbstbewertung. Wesentlicher Vorteil ist die Motivationssteigerung durch die Selbstbewertung der geleisteten Arbeit [TATIKONDA/ROSENTHAL 2000, S. 405].
- **Bewertung durch den Methodenverantwortlichen und den Projektleiter:** Der Projektleiter ist dafür verantwortlich, dass die Bewertungskriterien eingehalten werden [COOPER 1990, S. 46] und führt gemeinsam mit dem Methodenverantwortlichen die Bewertung des Erfüllungsgrades durch. Damit kann sich der Projektleiter ein genaues Bild des Fortschritts machen. Gleichzeitig neigt der Projektleiter dazu, den Fortschrittsgrad höher zu bewerten

als er tatsächlich ist [STAHL 1992, S. 175]. Durch die gemeinsame Bewertung erhöht sich der Controllingaufwand.

- **Bewertung durch den internen Kunden:** Bei diesem Vorgehen bewertet nicht der Methodenverantwortliche den Erfüllungsgrad, sondern der nachgelagerte Kunde. Dieses Vorgehen beruht darauf, dass der interne Kunde die Ergebnisse des vorgelagerten Prozesses weiterverwendet und diese eindeutig bewertet [SCHARER 2002, S. 26]. Die Folgeprozesse der präventiven Qualitätsmanagementprozesse sind im Prozessmodell hinterlegt. Die Prozesseigner werden nach ihrem Rollenmodell identifiziert und sind für die Bewertung mithilfe der Checkliste verantwortlich.

Eine alternative Möglichkeit zur Bewertung im Projektteam sieht den Einsatz externen Experten vor, die die Bewertung selbst durchführen oder überprüfen [WIESSLER 2000, S. 73]. Aufgrund der zusätzlich benötigten Ressourcen sollten externe Experten nur sporadisch eingesetzt werden um im Rahmen eines internen Audits den richtigen Einsatz der Checkliste zu überprüfen.

Im phasenbezogenen Regelkreis des **Projektcontrollings** werden die Kennzahlen des ständigen Regelkreises auf Ebene des Projektteams gesammelt und verdichtet. Aus dem Fortschrittsgrad werden zum Ende der Phase die Rechtzeitigkeit und damit der Prozessreifeegrad bestimmt. Zusätzlich liefern die fortlaufende Stundenrückmeldung des Projektteams und die Sachkostenerfassung die projektbezogenen Fehlerverhütungskosten. Der Potentialreifeegrad wird durch die Bewertung der potentialbezogenen Erfolgsfaktoren bestimmt. Damit liegen Kennzahlen für den phasenbezogenen Ist-Soll-Vergleich vor. Der Vergleich ist neben weiteren Kennzahlen Inhalt der Projektbewertung im Rahmen des Quality Gates, dessen Ergebnis eine Entscheidung über die Projektfortsetzung, Projektkorrektur oder Projektabbruch ermöglicht. Bezogen auf die qualitätsbezogene Bewertung auf Basis der *Befähiger*-Kennzahlen ergeben sich drei Möglichkeiten für den weiteren Projektverlauf:

- Die Arbeitspakete der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden erfüllen die Anforderungen. Die *Befähiger*-Kennzahlen weichen nicht oder nur geringfügig von den Soll-Werten ab. Es sind keine Korrekturaktivitäten notwendig und das Projekt kann aus Sicht des Qualitätsmanagements in die nächste Phase übergehen.
- Für die betrachteten Methoden bestehen erhebliche Defizite, die jedoch durch Korrekturmaßnahmen behoben werden können. Bei Abweichungen des Potentialreifegrades sind beispielsweise Schulungen oder Umbesetzungen des Projektteams notwendig. Zur Korrektur des Prozessreifegrades sind zusätzliche Ressourcen oder eine veränderte Priorisierung bei den Mitarbeitern zielführend. Das Projekt wird unter Auflage freigegeben.
- Der Abbruch des Projektes auf Basis mangelhafter Leistungen im präventiven Qualitätsmanagement stellt eine weitere, jedoch in der Regel theoretische Möglichkeit dar. Der Projektabbruch sollte nur dann erfolgen, wenn keine Korrekturaktivitäten bekannt sind, um die Defizite zu beheben.

Die Entscheidung für den weiteren Projektverlauf wird von Vertretern des Managements getroffen und ermöglicht somit eine Eskalation der Themen von der Ebene des Projektteams auf die Ebene des Projektcontrollings.

6.1.2 Projektplanung und Projektabschluss

Als weiterer Bestandteil der Projekt-Kennzahlen finden die Klassifikations-Kennzahlen in zwei

Phasen des Lebenszyklus Anwendung (Abbildung 46). Zum einen werden bei der Projektdefinition und -planung die Projekt-Stammdaten erfasst und das Projektrisiko bestimmt. Zum anderen wird zum Projektabschluss der Projektverlauf bewertet.

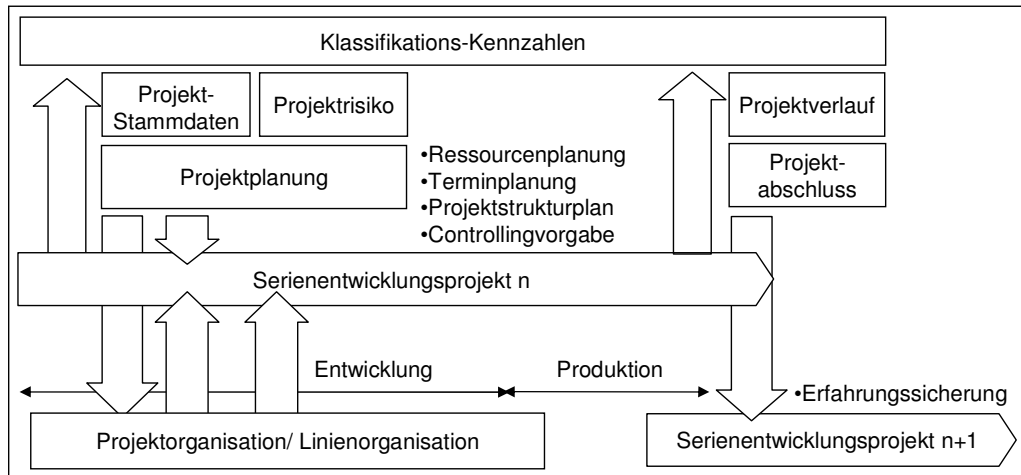


Abbildung 46: Integration der Klassifikations-Kennzahlen im Projektlebenszyklus

Nachfolgend wird auf die Integration der Projekt-Stammdaten bzw. der Projektrisiko-Kennzahl in der Projektplanung und auf die Bewertung des Projektverlaufes zum Projektabschluss eingegangen.

Projektplanung

Der Aufwand zur Projektplanung eines neuen Projektes kann durch den Rückgriff auf einheitliche Planungsstandards reduziert werden. Dabei müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein: Es müssen Klassen von Projekten definiert sein, für die einheitliche Planungsvorgaben wie Masterpläne oder Standardparameter vorliegen. Zudem müssen klare Regeln vorliegen, nach denen ein neues Projekt einer Klasse zugeordnet wird. Die Klassenbildung mit den Klassifikations-Kennzahlen ist in verschiedenen Vorgehensweisen möglich:

Stammdatenbasierte Klassifikation: Bei der stammdatenbasierten Klassifikation werden Klassen auf Basis der grundlegenden Projektdaten wie Produktgruppe, Kunde oder Organisationseinheit gebildet. Der Vergleich der Merkmalsausprägungen liefert Klassen mit identischen Grunddaten.

Einfache risikobasierte Klassifikation: Die risikobasierte Klassenbildung ordnet die Projekte hinsichtlich des Risikos in Klassen. Die Projektklassen werden durch Risiko-Grenzwerte festgelegt. Der Grenzwert kann sich sowohl auf eine einzelne Risikokategorie, als auch auf den Risikograd einer aus mehreren Risikokategorien errechneten Kennzahl, wie dem Projektrisiko (PR) beziehen. Die Klassen des Projektrisikos ergeben sich aus einem festgelegten Risikobereich. Eine einfache und pragmatische Unterteilung sieht drei Klassen vor [vgl. SCHMELZER 1992, S. 14ff]:

- Neuentwicklungen: Das Projekt besitzt in den ausgewählten Risikokategorien ein hohe bis sehr hohes Risiko ($PR > 7$).
- Weiterentwicklungen: Bei einer Projektrisiko-Kennzahl zwischen drei und acht liegt ein mittleres Projektrisiko vor.
- Variantenentwicklungen: Die ausgewählten Risikokategorien werden mit einem geringen oder sehr geringen Risiko bewertet ($PR < 3$).

Clusteranalyse: Mit der Clusteranalyse wird die Klassenbildung aufgrund aller erfassten oder ausgewählten Merkmale ermöglicht. Die Klassen sollen hinsichtlich dieser Ähnlichkeitsmerkmale in sich homogen und voneinander deutlich zu unterscheiden sein. Mithilfe von Ähnlichkeits- und Distanzmaßen werden paarweise zueinander ähnliche Projekte identifiziert und in einer Klasse vereinigt. Im Lauf des Verfahrens wird die Klassenanzahl bis auf ein optimales oder vorher festgelegtes Maß reduziert [BACKHAUS ET AL. 2006, S. 490ff]. Das Ähnlichkeitsmaß berücksichtigt gleichzeitig mehrere Risikokategorien, die durch die Klassifikations-Kennzahlen erfasst sind. Die Clusteranalyse eignet sich bei einer hohen Projektanzahl, für die bereits Klassifikations-Kennzahlen vorliegen.

Alle Verfahren können untereinander kombiniert werden. Beispielsweise können Klassen auch als Schnittmenge einer Produktgruppe und Risikoklasse gebildet werden und damit die Klasseneinteilung weiter verfeinert werden. Die Auswahl der Verfahren hängt von der Anzahl der Projekte, der Zielsetzung und den Möglichkeiten des Anwenders ab.

Um den klassenspezifischen Anforderungen in der Projektplanung gerecht zu werden, wird für die unterschiedlichen Klassen auf verschiedene Masterpläne zurückgegriffen (siehe Abbildung 47).

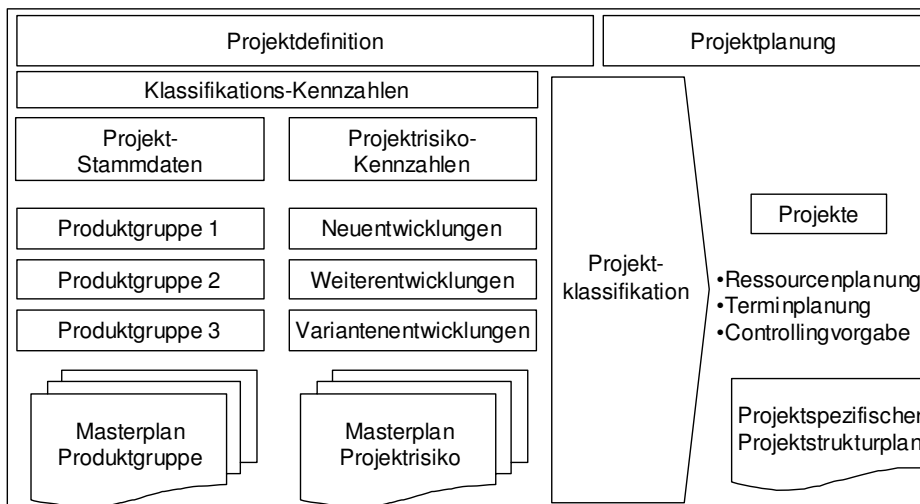


Abbildung 47: Klassifikation und Projektplanung

Für jede Produktgruppe und für jede Risiko-Klasse liegt ein Masterplan vor. Die Masterpläne können sich in der Auswahl bzw. Zusammenstellung der Arbeitspakete, der Abfolge der Arbeitspakete und der Anzahl der Meilensteine unterscheiden. Darüber liegen für die unterschiedlichen Klassen Standard-Projektparameter vor. Grundlage der Masterpläne und Projektparameter sind Erfahrungswerte aus abgeschlossenen Serienentwicklungsprojekten.

Die Zuordnung eines neuen Entwicklungsprojektes zu einer bestehenden Klasse auf Basis des Projektrisikos erfolgt mithilfe der Risikocheckliste gemeinsam durch folgende Personen:

- **Projektleiter:** Der Projektleiter verfügt über das größte Wissen bezüglich des Projektes und hat gleichzeitig als Verantwortlicher originäres Interesse an der richtigen Projekt-Klassifikation.
- **Mitarbeiter des Qualitätsmanagements:** Ein Mitarbeiter des (präventiven) Qualitätsmanagements unterstützt den Projektleiter bei der Bewertung der produkt- und projektbezogenen Risikokategorien.

- **Entwicklungsleiter:** Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit sollte für die Bewertung der Projektrisiken der Entwicklungsleiter aus der Linienorganisation teilnehmen.

Nach Abschluss der Bewertung wird das Projekt dem Masterpläne zugeordnet und die spezifische Ablaufplanung abgeleitet. Gleichzeitig wird durch die Risikobewertung die Controllingintensität festgelegt. Je riskanter ein Projekt eingestuft wird, desto mehr Aufmerksamkeit bringt das Management dem Projekt entgegen. Die erhöhte Aufmerksamkeit wird beispielsweise durch zusätzliche Regelkreise erreicht, die neben den regulären Quality Gates das Projekt in der Linienorganisation unterstützen. In der Regel behält die Zuordnung eines Projektes zu einer Risikoklasse für den weiteren Entwicklungsverlauf seine Gültigkeit. Dennoch kann eine Neubewertung des Risikos und gegebenenfalls die Anpassung der Projektplanung bei veränderten Risiken notwendig sein.

Auf diese Weise sind die Klassifikations-Kennzahlen Bestandteil des Einzelprojektmanagements und ermöglichen eine Klassifikation auf Basis festgelegter und für alle Projekte einheitlich gültiger Risikokategorien.

Projektabschluss

Entgegen der Verwendung des Projektrisikos zum Beginn des Projektes werden die Kennzahlen zum Projektverlauf zum Projektabschluss am Produktionsauslauf aufgenommen (siehe Abbildung 46). Zu diesem Zeitpunkt liegen bereits sämtliche technische und wirtschaftliche Daten mit großer Genauigkeit und Sicherheit vor. Eine verbleibende Unsicherheit bezüglich möglicher Garantiekosten, die auf Grund der langen Garantiedauern nach Produktionsauslauf noch nicht vorliegen, wird zugunsten eines früheren Projektabschlusses in Kauf genommen.

6.1.3 Qualitätsregelkreis *Ergebnisse*

Mit den *Ergebnis*-Kennzahlen der Kostenperspektive stehen dem Qualitätscontrolling nach Produktionsbeginn Messgrößen zur Verfügung um die Projektergebnisse zu erfassen und zu verbessern. Die internen und externen Fehlerkosten sind Grundlage für den Betrieb des Qualitätsregelkreises *Ergebnisse* (siehe Abbildung 48).

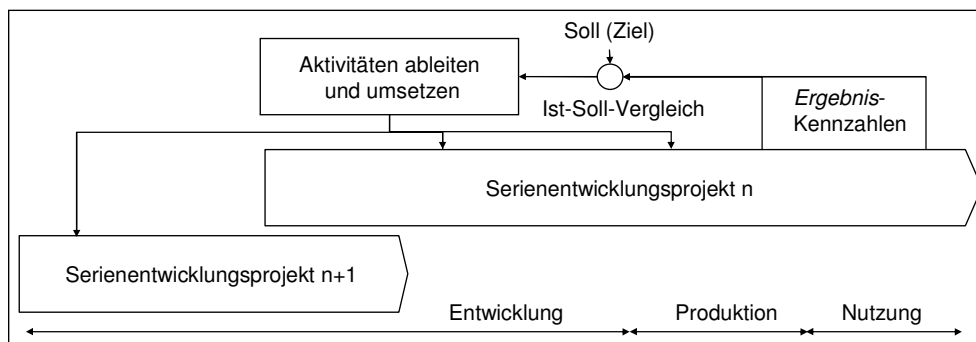


Abbildung 48: Qualitätsregelkreis *Ergebnisse*

Der Qualitätsregelkreis *Ergebnisse* vergleicht die Ist-Fehlerkosten mit den Soll-Werten. Übertreffen die tatsächlichen Fehlerkosten die Vorgabewerte werden die Ursachen analysiert und korrigierende Aktivitäten eingeleitet. Diese können sich sowohl auf die laufende Produktion als auch auf die Entwicklung beziehen. Produktionsnahe Aktivitäten sind beispielsweise die Korrektur von Fertigungsparametern. Korrekturaktivitäten die durch die Entwicklung des Projektes realisiert werden, sind konstruktive Änderungen in laufender Serie. Im Sinne des „Lessons Learned“ ist zu beachten, dass die Lösungsansätze im Nachfolgeprojekte Eingang finden.

Organisatorisch wird die Erfassung und Auswertung der internen Fehlerkosten durch das Qualitätscontrolling im Produktionsstandort betrieben. Die externen Fehlerkosten werden ebenfalls vom Produktionsstandort oder durch zentrale Controlling-Abteilungen erfasst. Den verantwortlichen Produktionsbereichen werden für die internen und externen Fehlerkosten projektbezogene Zielwerte vorgegeben. Auf Basis der Projektziele kann mithilfe der Mengenprognosen eine bereichsspezifische Zielvereinbarung getroffen werden. Eine Verbindung zum betrieblichen Anreizsystem erhöht die Motivation zur Zielerreichung zusätzlich.

6.1.4 Nutzen und Fazit

Zusammenfassend ergibt sich durch die Erfassung und Bewertung der Kennzahlen des Projekt-Kennzahlensystems in getrennten Qualitätsregelkreisen und Prozessen im operativen Betrieb des Performance Measurements folgender Nutzen (siehe Tabelle 16):

Qualitätsregelkreis <i>Befähiger</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Leistungstransparenz der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden wird durch die mehrdimensionale Leistungsermittlung im Entwicklungsprozess erhöht. • Durch den ständigen Ist-Soll-Vergleich im Entwicklungsprozess können frühzeitig korrigierende Aktivitäten eingeführt werden und die Effizienz erhöht werden. • Die Motivation der Mitarbeiter steigt durch die Selbstbewertung der eigenen Arbeit. • Durch die Leistungsermittlung gewinnt das präventive Qualitätsmanagement an Bedeutung für das Management.
Projektplanung und Projektabschluss	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation der produkt-, projekt- und umfeldsbezogenen Merkmale in der Risikocheckliste. • Systematische Projektklassifikation durch Identifikation der Risiken.
Qualitätsregelkreis <i>Ergebnisse</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Anreiz und Nachweis für Verbesserungsaktivitäten in einfachen und nachvollziehbaren Kennzahlen. • Qualitätsprobleme werden durch die Erfassung der Fehlerkosten bewertet und vergleichbar.

Tabelle 16: Nutzen des operativen Betriebs des Performance Measurements

Durch den Einsatz der Projekt-Kennzahlen in den Regelkreisen und Prozessen des Einzelprojekt- und Qualitätsmanagements stehen Messgrößen für eine projektübergreifende Analysen zur Verfügung. Die Durchführung der Analysen ist Teil des strategischen Betriebs des Performance Measurements, der nachfolgend beschrieben wird.

6.2 Strategisches Betrieb des Performance Measurements

Zur Effektivitäts-Steigerung des präventiven Qualitätsmanagements werden im strategischen Betrieb des Performance Measurement der Qualitätsregelkreis *Befähiger* und der Qualitätsregelkreis *Ergebnisse* zu einem phasenübergreifenden Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen* verbunden. Ziel des strategischen Betriebs ist es durch periodische Analysen der Kennzahlen aller Projekte, Erfahrungswissen zur Wirkung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden zu gewinnen und die Projektplanung weiterzuentwickeln. Die Aufgaben des strategischen Betriebs des Performance Measurements sind

- der Aufbau und Betrieb eines Qualitätsregelkreises *Innovation und Lernen*, in dem die *Befähiger*-Seite gemeinsam mit der *Ergebnis*-Seite betrachtet wird,
- die Durchführung des *Projektvergleichs*, bei dem die Projekt-Kennzahlen ähnlicher Projekte mit statistischen Methoden verglichen werden und

- die Durchführung der *Wirtschaftlichkeitsbetrachtung*, um mit den Methoden der Investitionsrechnung Handlungsempfehlungen für zukünftige Projekte abzuleiten.

Um den strategischen Betrieb möglichst zeitnah betreiben zu können ist es notwendig, die Fehlerkosten für nicht abgeschlossene Projekte zu prognostizieren. Diese Prognosewerte stellen die gegenüber dem operativen Betrieb zusätzlich benötigten Kennzahlen dar. Nachfolgend wird der phasenübergreifende Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen*, der Projektvergleich und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beschrieben.

6.2.1 Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen*

Im Unterschied zum Qualitätsregelkreis *Befähiger* bzw. *Ergebnisse* wird im Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen* nicht nur ein einzelnes Projekt, sondern im Sinne des Multiprojektmanagements alle vollständig mit Projekt-Kennzahlen bewerteten und zueinander vergleichbaren Serienentwicklungsprojekte des Unternehmens betrachtet (siehe Abbildung 49).

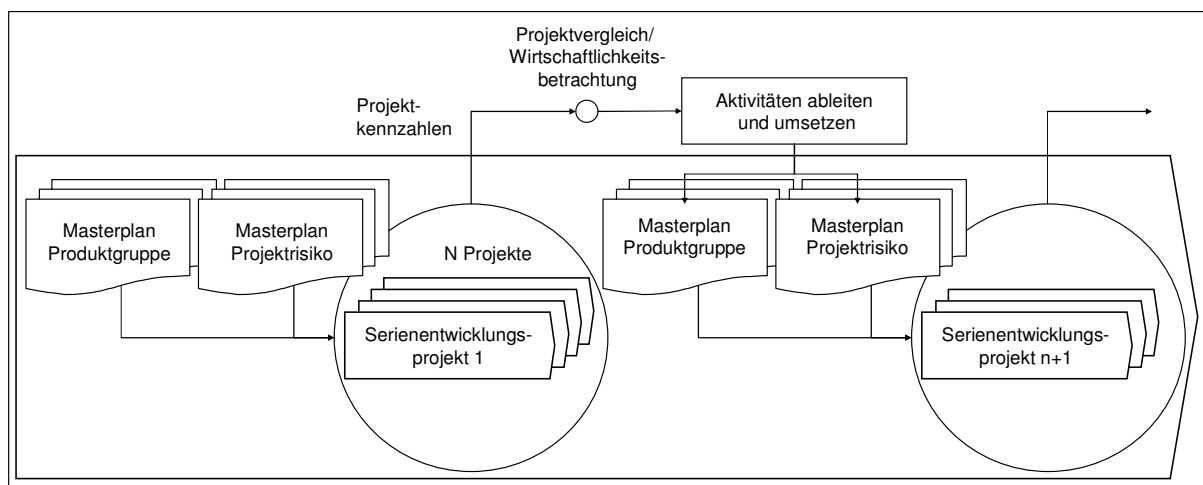


Abbildung 49: Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen*

Die Kennzahlen dieser Projekte bilden den Ausgangspunkt des Regelkreises. Die Analyse der Kennzahlen erfolgt in zwei Schritten. Zuerst werden im Projektvergleich die statistischen Zusammenhänge entlang der Ursache-Wirkungskette überprüft und dann die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der eingesetzten Methoden durchgeführt. Mit den neu gewonnenen Erkenntnissen werden Aktivitäten zur Verbesserung der Projektplanung abgeleitet. Die Umsetzung der Verbesserungen führt zu einer neuen Generation von Masterplänen, die für alle zukünftigen Projekte die Planungsbasis darstellt. Mit den zukünftigen Projekt-Kennzahlen erfolgt nach einer gewissen Zeitspanne eine erneute Analyse. Zentraler Bestandteile des Qualitätsregelkreises *Innovation und Lernen* sind Projektvergleich und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

6.2.2 Projektvergleich

Der Projektvergleich hat die Überprüfung der Ursache-Wirkungskette zum Ziel. Neben den Zusammenhängen zwischen den Perspektiven und Methoden wird auch der Trend der Kennzahlen analysiert. Beim Projektvergleich werden mindestens zwei Arten von Projekt-Kennzahlen einer Klasse von ähnlichen Projekten zueinander in Relation gesetzt und mit statistischen Verfahren analysiert. Ziel ist es, die angenommenen Ursache-Wirkungsketten durch strukturprüfende Verfahren zu bestätigen bzw. zu widerlegen. Der Nutzen und die Effizienz des Projektvergleichs steigt mit Anzahl und Aktualität der gespeicherten Projekte [BURGHARDT 2002, S. 207].

Das Vorgehen zur Durchführung des Projektvergleichs erfolgt in drei Schritten. Zuerst werden auf Basis der Klassifikations-Kennzahlen Projektklassen von ähnlichen Projekten gebildet. Für die Projektklassen erfolgt die Analyse der Zusammenhänge. Abschließend werden die Ergebnisse mit Experten plausibilisiert. Die drei Schritte sind jedoch nicht streng sequenziell zu durchlaufen, vielmehr kann es notwendig sein, bei der Analyse des statistischen Zusammenhangs die Klasseneinteilung zu überdenken und wieder einen Schritt zurückzugehen.

1. Schritt: Projektklassen bilden

Voraussetzung für den Projektvergleich ist das Vorhandensein einer genügend großen Anzahl von Projekten sowie die Identifikation von ähnlichen Projekten [BURGHARDT 2002, S. 205]. Projekte sind dann ähnlich, wenn sie sich in ihren wesentlichen Merkmalen, den Klassifikations-Kennzahlen nur geringfügig oder nicht unterscheiden. Bei der Klassenbildung wird auf die Klassifikation zurückgegriffen, die im Rahmen der Projektplanung eingesetzt wird (vgl. Kapitel 5.4.2). Gegebenen falls kann es notwendig sein die Klassifikation für den Projektvergleich zu überarbeiten. Die Anzahl der Projekte pro Klasse soll mindestens fünf betragen, für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind hingegen mindestens die doppelte Anzahl pro Klasse notwendig.

2. Schritt: Analysieren der statistischen Zusammenhänge

Die vergleichende Analyse von Projekten überprüft die Zusammenhänge, die in der Ursache-Wirkungskette beschrieben sind. Zur Bestimmung des statistischen Zusammenhangs können folgende bivariate oder multivariate Analyseverfahren eingesetzt werden (siehe Abbildung 50).

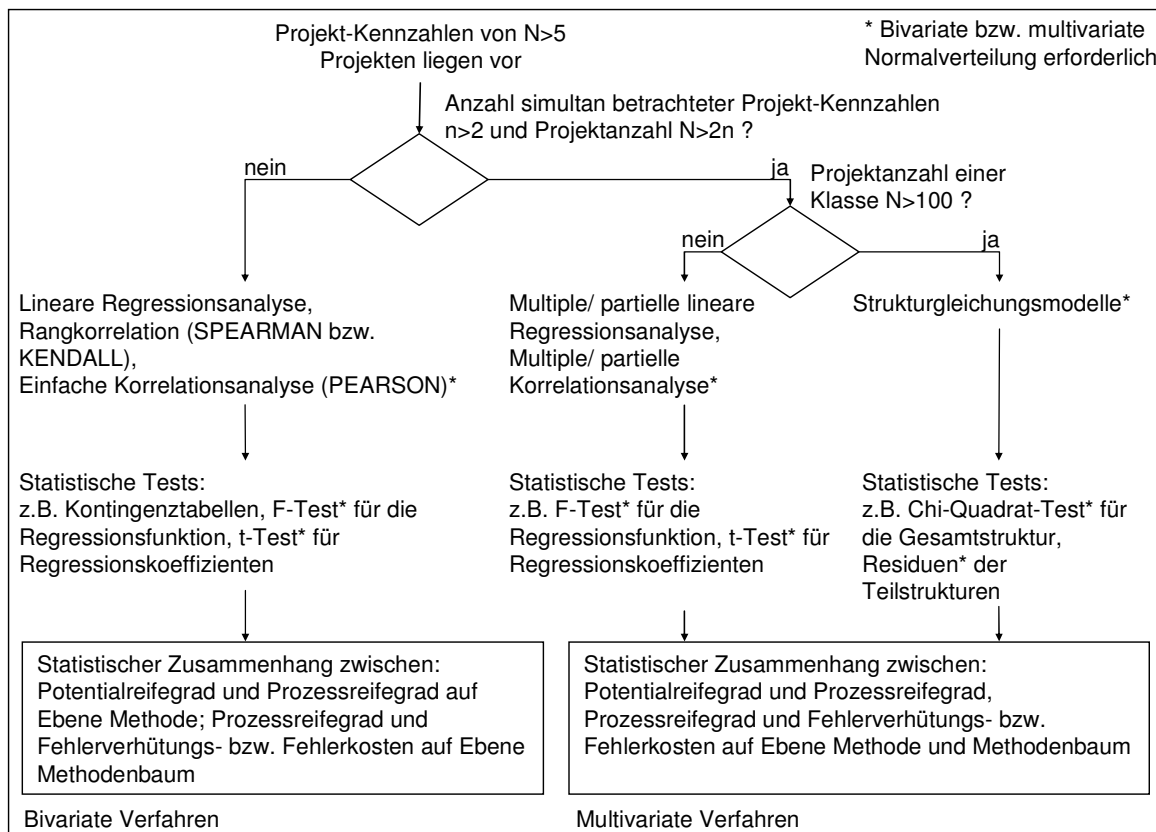


Abbildung 50: Bivariate und multivariate Verfahren zur Analyse der Projekt-Kennzahlen

Je größer die Anzahl der Projekte ist, desto exaktere Verfahren können eingesetzt werden, um die Zusammenhänge zu bewerten. Abhängig von dem verwendeten Verfahren sind Aussagen

zu verschiedenen Ebenen und Perspektiven des Projekt-Kennzahlensystems möglich.

Bivariate Verfahren

Bivariate Verfahren der Korrelations- und Regressionsanalyse sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen zwei Projekt-Kennzahlen aus zwei Perspektiven zu untersuchen. Sie eignen sich beispielsweise bei der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Potentialreifegrad und dem Prozessreifegrad der einzelnen präventiven Qualitätsmanagement-Methoden.

Im Unterschied zur Regressionsanalyse, welche die Art des Zusammenhangs untersucht, bewertet die Korrelationsanalyse die Stärke des statistischen Zusammenhanges. Die bivariate Korrelationsanalyse setzt zwei Projekt-Kennzahlen zueinander in Relation, um den Korrelationskoeffizienten R zu berechnen. Dieser ist ein Maß für die Stärke des statistischen Zusammenhanges zwischen den Projektkennzahlen $P1$ und $P2$. Nach KAPLAN/NORTON [KAPLAN/NORTON 1997, S. 246] ist die Korrelationsanalyse bei der Operationalisierung kausaler Beziehungen ein geeignetes Instrument, um deren Stärke angemessen beurteilen zu können. Für die Berechnung des Korrelationskoeffizienten werden für nicht normalverteilte Projekt-Kennzahlen die Rangkorrelation bzw. für normalverteilte Projekt-Kennzahlen der empirische Korrelationskoeffizient eingesetzt. Vorteil des Rangkorrelationskoeffizienten ist die Robustheit gegenüber Ausreißern. Allerdings sind durch die Rangkorrelation nur Aussagen zur Monotonie möglich, wohingegen der empirische Korrelationskoeffizienten zusätzlich den Grad der Linearität wiedergibt [HENZE 1997, S. 170ff]. Der Betrag des Korrelationskoeffizienten kann Werte zwischen Eins und Null annehmen. Je nach Höhe des Korrelationskoeffizienten sind folgende Aussagen der deskriptiven Statistik üblich [WALZ 2002, S. 125]:

- Wenn $|R(P1, P2)| < 0,2$, dann ist $P1$ und $P2$ unkorreliert.
- Wenn $0,2 \leq |R(P1, P2)| < 0,5$, dann ist $P1$ und $P2$ schwach korreliert.
- Wenn $0,5 \leq |R(P1, P2)| < 0,8$, dann ist $P1$ und $P2$ korreliert.
- Wenn $0,8 \leq |R(P1, P2)|$, dann ist $P1$ und $P2$ stark korreliert.

Neben dieser ersten Einordnung sind statistische Tests geeignet, die Signifikanz der Korrelationen zu überprüfen [WALZ 2002, S. 389, 395, 397; BORTZ ET AL. 1989, S. 86ff]. Die statistischen Tests gehen von einem sich ausschließenden Hypothesenpaar aus, der Alternativhypothese und der Nullhypothese. Im Fall der Korrelation drückt die Nullhypothese

$$H_0 : R(P1, P2) = 0$$

aus, dass kein statistischer Zusammenhang zwischen den Projekt-Kennzahlen besteht. Die Nullhypothese wird gegen die Alternativhypothese der Korreliertheit getestet. Die Tests dienen dazu die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, dass die Alternativhypothese angenommen wird obwohl die Nullhypothese gilt (α -Fehler). Als obere Grenze für die Wahrscheinlichkeit, dass die Alternativhypothese fälschlicherweise angenommen wird, dient das Signifikanzniveau α . Es sind Werte von α im Bereich 0,01 bis 0,1 üblich. Der p-Wert oder die Überschreitungswahrscheinlichkeit ist hingegen die kleinste Zahl α , für welche die Wahl von α als Signifikanzniveau gerade noch zur Ablehnung der Nullhypothese führt [HENZE 1997, S. 245, 250].

Die bivariate Regressionsanalyse [BACKHAUS ET AL. 2006, S. 46ff] dient dazu, den statistischen Einfluss einer Prädiktorvariable $P2$ auf die Responsevariable $P1$ entsprechend der Wirkrichtung der Ursache-Wirkungskette in einer Regressionsfunktion zu beschreiben. Im Fall

der linearen Regression wird die Regressionsfunktion durch eine Gerade in einem Streudiagramm beschrieben (siehe Abbildung 51).

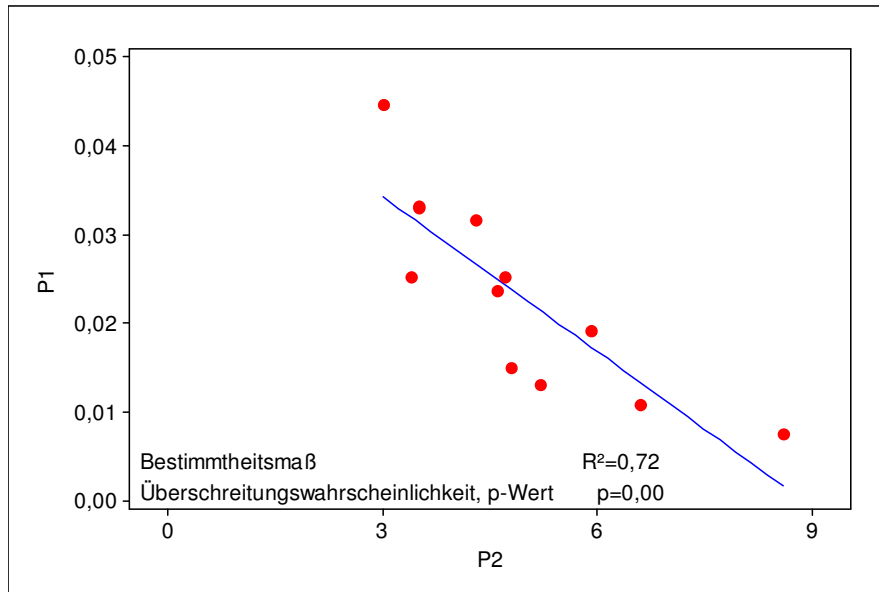


Abbildung 51: Streudiagramm mit Regressionsgerade und Bestimmtheitsmaß

Zur Durchführung der Regressionsanalyse nennen BACKHAUS ET AL. [BACKHAUS ET AL. 2006, S. 48ff] drei aufeinander folgende Schritte:

- Zuerst ist das Regressionsmodell zu formulieren, in dem die relevanten Projekt-Kennzahlen, für die ein Zusammenhang unterstellt wird, ausgewählt werden. Das Regressionsmodell entspricht der Ursache-Wirkungskette.
- Im nächsten Schritt erfolgt die Schätzung der linearen Regressionsfunktion. Nichtlineare Zusammenhänge lassen sich für die Verwendung der Regressionsfunktion durch Transformationen in lineare Beziehungen überführen. Für den Projektvergleich eignen sich besonders Transformationen, die typische Krümmungen erzeugen, wie Kehrwert, Logarithmen und Potenzen [WASIELEWSKI 2003, S.84f]. Als Schätzer für die Regressionsfunktion werden beispielsweise die Methode der kleinsten Quadrate oder die Methode der absoluten Abweichung eingesetzt [HENZE 1997, S. 170ff].
- Anschließend wird im letzten Schritt überprüft, wie gut sich die Regressionsfunktion als Modell der Wirklichkeit eignet. Als Güte der gesamten Regressionsfunktion kann für bivariat normalverteilte Projekt-Kennzahlen das Bestimmtheitsmaß R^2 , als Quadrat des empirischen Korrelationskoeffizienten R berechnet werden. Je größer der Wert ist, desto besser erklärt die Regressionsfunktion die Responsevariable. Zudem werden statistische Tests durchgeführt, die sich sowohl auf die gesamte Regressionsfunktion als auch auf einzelnen Regressionskoeffizienten beziehen.

Multivariate Verfahren

Mit den multivariaten Verfahren können statistische Zusammenhänge zwischen mehr als zwei Projekt-Kennzahlen gleichzeitig untersucht werden. Je nach Voraussetzung kommen Verfahren wie die multiple Korrelations- und Regressionsanalyse oder das Verfahren der Strukturgleichungsmodelle zum Einsatz.

Die multiple Korrelationsanalyse erfolgt in Analogie zur einfachen Korrelationsanalyse. Sie gibt

den statistischen Zusammenhang aller ausgewählten Projekt-Kennzahlen P_2 bis P_n für die Kennzahl P_1 wieder. Die partielle Korrelationsanalyse wird hingegen eingesetzt, um die Korrelation zwischen P_1 und P_2 unter Beseitigung der Interkorrelationen weiterer Kennzahlen aufzuzeigen. Die Signifikanz der multiplen (partiellen) Korrelationen wird mithilfe statistischer Tests bewertet [BOSCH 1997, S. 107].

Die multiple lineare Regression [BACKHAUS ET AL. 2006, S. 60ff] untersucht den Zusammenhang zwischen mehreren Prädiktorvariablen P_2 bis P_n und der Responsevariable P_1 . Die Anwendung erfolgt analog zur bivariaten Regressionsanalyse mit Hilfe eines Regressionsmodells sowie einer Schätzmethode, die auf eine Regressionsfunktion angewendet wird. Beispielsweise kann auf diese Weise der Einfluss mehrerer Methoden auf die internen Fehlerkosten gleichzeitig bestimmt werden. Die notwendige Projektanzahl sollte mindestens doppelt so groß sein wie die Anzahl der Koeffizienten in der Regressionsfunktion [ebenda S. 113]. Die Koeffizienten der Regressionsfunktion geben in einer ersten Analyse Anhaltspunkte für die Stärke des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Prädiktorvariablen und der Responsevariable. Die notwendige Voraussetzung, dass alle Prädiktorvariablen eine identische Werteskala besitzen [ebenda, S. 62], ist durch die Projekt-Kennzahlen der Potential- und Prozessperspektive erfüllt. Um die Regressionsfunktion von P_2 auf P_1 unter konstantem Einfluss aller weiteren Kennzahlen P_3 bis P_n zu analysieren, wird die partielle Regressionsanalyse eingesetzt. Ein Beispiel der partiellen Regression ist die Analyse des Einflusses einer einzelnen präventiven Qualitätsmanagement-Methode auf die Fehlerkosten unter rechnerischem Ausschluss der Regression zwischen Fehlerkosten und weiteren Methoden. Zur Überprüfung der Regressionsfunktion erfolgt die Durchführung statistischer Tests.

Mit Hilfe des Strukturgleichungsmodells [ebenda, S. 338ff] sind im Gegensatz zu den zuvor genannten Verfahren nicht nur einzelne Hypothesen der Ursache-Wirkungskette überprüfbar, sondern das gesamte Hypothesensystem der Ursache-Wirkungskette. Die Ursache-Wirkungskette wird dazu in ein Pfaddiagramm mit abhängigen und unabhängigen Merkmalen überführt. Das Pfaddiagramm ist Grundlage für das Gleichungssystem des Strukturmodells. Ist das Gleichungssystem lösbar, erfolgt eine Schätzung der Parameter, die die Merkmale in ihrem Zusammenhang beschreiben. Anschließend werden die Schätzergebnisse durch statistische Tests beurteilt. Neben den hohen methodischen Anforderungen setzt das Verfahren eine große Anzahl bewerteter Projekte einer Klasse voraus. BACKHAUS ET AL. [ebenda, S. 417] nennen einen Umfang von mindestens $N=100$ Projekten. Die praktische Durchführung des Strukturgleichungsmodells wird durch leistungsfähige Softwareprogramme wie LISREL oder AMOS unterstützt.

3. Schritt: Analysieren und Plausibilisieren der Ergebnisse des Projektvergleichs

Die statistischen Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen erlauben es, die in der Ursache-Wirkungskette beschriebenen Hypothesen aufrechtzuerhalten oder zu verwerfen. Unabhängig der eingesetzten Verfahren ist zu beachten, dass die statistischen Verfahren ausschließlich Zahlenverhältnisse und nicht die fachliche Richtigkeit der Kausalzusammenhänge bewerten [vgl. WASIELEWSKI 2003, S. 90]. Ein nachgewiesener statistischer Zusammenhang ist vorerst eine ungeklärte, empirische Beobachtung einer gemeinsamen Variation der Kennzahlen [LITZ 2002, S. 123]. Im letzten Schritt des Projektvergleichs sind daher die signifikanten statistischen Zusammenhänge mit den Experten aus mehreren Fachbereichen auf die kausale Richtigkeit zu überprüfen. Nur wenn die statistischen Zusammenhänge auch sachlogisch sind,

können diese für die anschließende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verwendet werden. Gleichzeitig gilt es zu analysieren, warum vermutete Zusammenhänge nicht signifikant sind. Liegt ein geringer Korrelationskoeffizient bzw. ein geringes Bestimmtheitsmaß vor, kann dies beispielsweise auf eine falsche Klasseneinteilung oder einzelne Ausreißer zurückgeführt werden. In diesen Fällen ist neben der Überprüfung der Ursache-Wirkungskette die Klasseneinteilung oder die Zuordnung des Projektes zu einer Klasse zu überdenken, bzw. Gründe für einzelne Abweichungen zu ermitteln.

Das Ergebnis des Projektvergleichs sind analysierte und plausibilisierte Zusammenhänge, die im nächsten Schritt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten analysiert werden.

6.2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zielt auf Effektivitätssteigerungen im Sinne eines besseren Kosten/Nutzen-Verhältnisses der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden. Eine präventive Qualitätsmanagement-Methode wird als immaterielle Investition verstanden, die getätigt wird, um Fehlerkosten zu reduzieren. Diese Investition ist dann rentabel, wenn die Kosteneinsparungen in der Produktions- und Nutzungsphase höher sind, als die Aufwendungen in der Entwicklung. Da die Fehlerverhütungskosten im Modell der Ursache-Wirkungskette nicht direkt mit den Fehlerkosten verbunden sind (siehe Abbildung 22), ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur über die gemeinsame Prozessperspektive möglich.

Das Vorgehen zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden erfolgt in drei Schritten: Innerhalb einer Projektklasse, für die ein bestätigter Kausalzusammenhang zwischen der Kosten- und Prozessperspektive vorliegt, werden die Projekte nach der Höhe ihres Prozessreifegrads zwei Gruppen zugeordnet. Die beiden Gruppen werden als Handlungsalternativen verstanden, wobei die Alternative mit dem größeren wirtschaftlichen Nutzen ausgewählt wird. Unterscheiden sich die Kosten beider Gruppen signifikant voneinander, können im zweiten Schritt die Fehlerverhütungskosten mit den Fehlerkosteneinsparungen nach den Verfahren der Investitionsrechnung verrechnet werden. Mit diesem Ergebnis lassen sich beide Handlungsalternativen vergleichen und Maßnahmen zur Verbesserung der Projektplanung ableiten.

1. Schritt: Gruppen bilden und vergleichen

Als Ursache für Fehlerkosten und Fehlerverhütungskosten wird der Prozessreifegrad zur Bildung von Gruppen herangezogen. Ziel der Gruppenbildung ist die Stabilisierung der Kennzahlen anhand von Durchschnittswerten [WASIELEWSKI 2003, S. 138f]. Gleichzeitig erfolgt durch Zusammenfassung eine inhaltliche Abstrahierung, da fortan nicht mehr Einzelprojekte, sondern Gruppen betrachtet werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden Projekte mit hohem und Projekte mit geringem Prozessreifegrad jeweils einer Gruppe zugeordnet. Liegt der Prozessreifegrad eines Projektes über dem Mittelwert der Projektklasse, erfolgt eine Zuordnung zur Gruppe 1. Entsprechend wird ein Projekt bei geringerem Reifegrad der Gruppe 0 zugeordnet (siehe Abbildung 52). Jede Gruppe sollte aus mindestens fünf Projekten bestehen [ebenda]. Der Prozessreifegrad kann sich auf die Ebene des Gesamtprojektes, des Methodenbaumes, aber auch auf die Ebene der Einzelmethode beziehen.

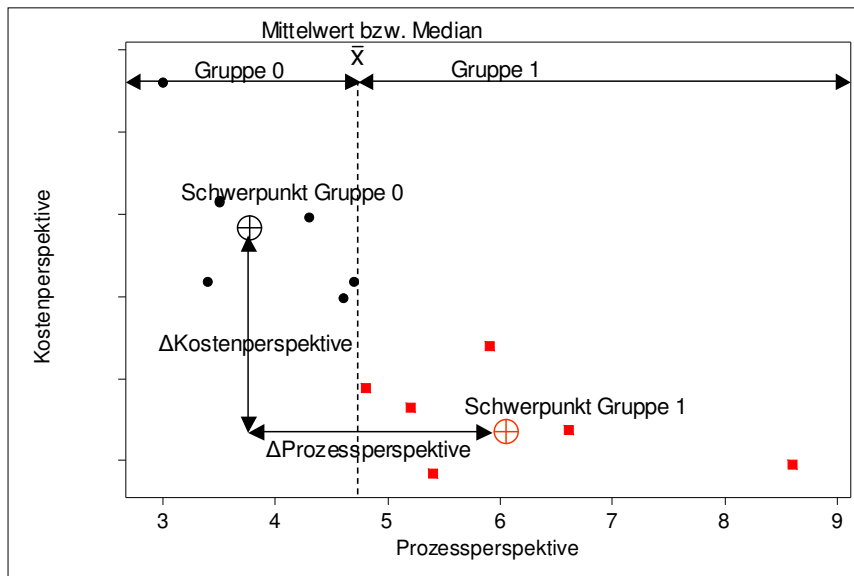


Abbildung 52: Gruppen und Schwerpunkte

Im Fall normalverteilter Kennzahlen wird für jede der beiden Gruppen der Schwerpunkt gebildet und verglichen (siehe Abbildung 52). Voraussetzung für die nachfolgende Investitionsrechnung sind signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten beider Gruppen im Prozessreifegrad sowie in den Fehlerverhütungskosten und/oder in den Fehlerkosten. Als Signifikanztest wird für jede Perspektive die Nullhypothese

$$H_0 : \Delta = 0$$

mithilfe des zweiseitigen t-Tests für die Stichprobe der Projektklasse überprüft. Wird die Nullhypothese angenommen, ist der Unterschied der Mittelwerte nicht signifikant. Bei Ablehnung der Nullhypothese kann für die gegebene Gruppengröße bei einem $1-\alpha$ -Konfidenzintervall der Gruppenunterschied als Differenz der Mittelwerte erwartet werden. Das Konfidenzintervall gibt den Bereich an in dem die Werte für den Gruppenunterschied mit $1-\alpha$ -Wahrscheinlichkeit liegen. Für nicht normalverteilte Kennzahlen erfolgt analog der Test des Median mithilfe des Mood's Median Test.

2. Schritt: Investitionsrechnung durchführen

Die Investitionsrechnung bewertet den Gruppenunterschied der Fehlerverhütungskosten und der bezogenen Fehlerkosten und beantwortet die Frage, welche Kosten bei einem Gruppenwechsel entstehen bzw. eingespart werden. Die Saldierung der Fehlerverhütungskosten mit den Fehlerkosten setzt für die Fehlerkosten ebenfalls absolute Größen voraus. Da die absoluten Fehlerkosten von den Herstellkosten und den bezogenen Fehlerkosten abhängen, sind zur Durchführung der Investitionsrechnung ein für die Projektlandschaft typischer bzw. vereinfachter Verlauf der Kosten über den Lebenszyklus anzunehmen und abzubilden (siehe Abbildung 53). Um den wirtschaftlichen Unterschied zwischen den beiden Gruppen aufzeigen zu können, wird der Gruppenunterschied als Differenz der Qualitätskostenverläufe von Gruppe 0 und Gruppe 1 eingeführt. Die zusätzlichen Fehlerverhütungskosten von Gruppe 0 auf Gruppe 1 können sich als Ausgaben mit negativem Vorzeichen, die Differenz der Fehlerkosten als positive Einnahmen darstellen (siehe Abbildung 53). Damit liegt für die Investitionsrechnung ein Kostenverlauf vor, der den Unterschied zwischen Gruppe 0 und Gruppe 1, also zwischen Projekten mit hohem und geringem Prozessreifegrad aufzeigt.

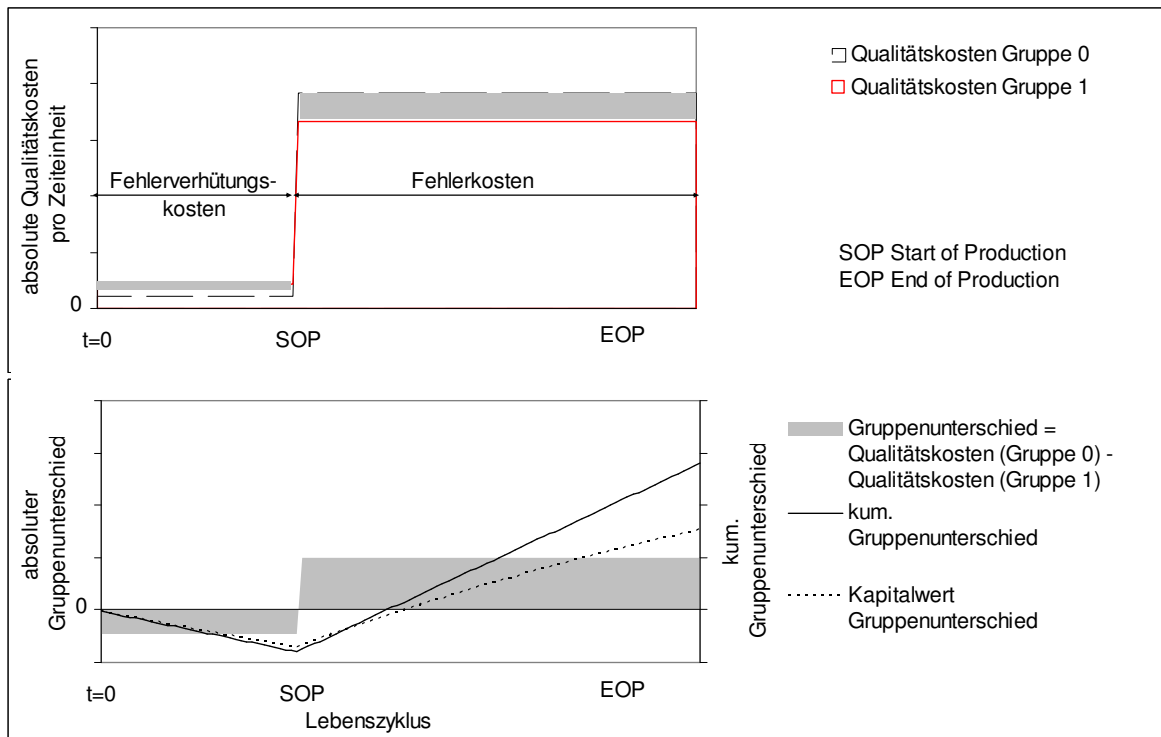


Abbildung 53: Qualitätskosten der Gruppen

Für die Durchführung der Investitionsrechnung können statische oder dynamische Verfahren eingesetzt werden [MENSCH 2002, S. 40ff].

Die **statischen Verfahren** kommen ohne die zeitliche Bewertung der Kosten aus und werden aufgrund der einfachen Handhabung in der Praxis häufig eingesetzt [BRANDT 2002, S. 66ff]. Als geeignetes statisches Verfahren für die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung kann beispielsweise die Kostenvergleichsrechnung eingesetzt werden. Die Kostenvergleichsrechnung ermittelt die Vorteilhaftigkeit einer Gruppe, bzw. Handlungsalternative, durch den Vergleich der kumulierten Qualitätskosten. Nimmt der kumulierte Gruppenunterschied zum Produktionsauslauf bzw. Ende des Garantiezeitraumes einen positiven Wert an, besitzt die Gruppe 1 einen Kostenvorteil gegenüber der Gruppe 0 (siehe Abbildung 53).

Die **dynamischen Verfahren** berücksichtigen im Gegensatz zu den statischen Verfahren den zeitlichen Verlauf der Aufwendungen und Einsparungen. Die Bewertung der Zahlungen erfolgt nach dem Zeitpunkt ihres Auftretens. Da der gesamte Lebenszyklus von Serienentwicklungsprojekten in der Automobilindustrie mehrere Jahre umfasst und zudem die Qualitätskosten über den Verlauf stark variieren, sind die dynamischen Verfahren für die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung den statischen vorzuziehen. Für die dynamische Investitionsrechnung der Qualitätskosten zwischen Gruppe 0 und Gruppe 1 eignet sich beispielsweise das Kapitalwertverfahren. Das Kapitalwertverfahren stellt die Einnahmen den Ausgaben gegenüber, die auf den Planungszeitpunkt $t=0$ der Investition diskontiert werden. Die Diskontierung erfolgt mit dem Wert des aktuellen Zinssatzes, der bei alternativer Kapitalanlage zu erzielen wäre. Fehlervorhütungskosten zu Beginn einer Entwicklung werden höher bewertet, als Fehlerkosten zum Produktionsende. Ein positiver Kapitalwert des Gruppenunterschiedes drückt aus, dass die Investition von Gruppe 0 auf Gruppe 1 nach den Regeln der Kapitalverzinsung rentabel ist (siehe Abbildung 53). Gegenüber der Kostenvergleichsrechnung stellt der Kapitalwert eine höhere Anforderung an die Wirtschaftlichkeit eines Gruppenunterschiedes.

Da der kumulierte Gruppenunterschied bzw. der Kapitalwert von den zugrunde gelegten Herstellkosten abhängt, ist es für die Investitionsrechnung notwendig, eine Grenzbetrachtung vorzunehmen. Dazu sind unter Vorgabe konstanter Fehlerverhütungskosten und einer prozentualen Fehlerkosteneinsparung minimale Herstellkosten anzunehmen, für den der kumulierte Gruppenunterschied bzw. der Kapitalwert null ist. Alternativ dazu ist es auch möglich, die Investitionsrechnung jeweils mit Projekten mit hohem und Projekten mit geringem Volumen anzuwenden. Mit dieser Unterscheidung sind im letzten Schritt nicht nur projektklassenspezifische, sondern auch Handlungsempfehlungen ableitbar, die sich auf große und kleine Projekte beziehen.

3. Schritt: Handlungsempfehlungen ableiten

Die auf Grundlage eines unterschiedlichen Prozessreifegrads gebildeten Gruppen werden als Handlungsalternativen zur Senkung der Qualitätskosten verstanden. Als Entscheidungskriterium welche Alternative auszuwählen ist, dient der Kapitalwert bzw. der kumulierte Gruppenunterschied:

- **Kapitalwert bzw. kumulierter Gruppenunterschied > 0 :** Ist der Gruppenunterschied positiv, liegen die Qualitätskosten der Gruppe 1 über den Qualitätskosten der Gruppe 0. Als Handlungsempfehlung ist für die zugrunde gelegte Projektklasse einer Methodendurchführung mit hohem Prozessreifegrad anzustreben. Je höher der Kapitalwert bzw. der kumulierte Gruppenunterschied ist, desto höher ist die Rentabilität der eingesetzten Methoden. Die Methoden besitzen eine hohe wirtschaftliche Bedeutung und müssen für die betrachteten Projektklassen verbindlich in die Masterpläne integriert werden. Da sich der Prozessreifegrad multiplikativ aus dem Fortschrittsgrad und der Rechtzeitigkeit zusammensetzt, ist zum einen bei der Projektplanung auf eine ausreichende Kapazitätsplanung und zum anderen auf die Einhaltung der Rechtzeitigkeit durch das Management zu achten.
- **Kapitalwert bzw. kumulierter Gruppenunterschied < 0 :** Bei einem negativen Gruppenunterschied liegen die Qualitätskosten der Gruppe 1 unter den Qualitätskosten der Gruppe 0. Ein geringer Prozessreifegrad, bzw. das Weglassen der Methoden führt nicht in dem Maße zu einem Fehlerkostenanstieg, wie die Fehlerverhütungskosten durch einen hohen Reifegrad, bzw. die Umsetzung der Methode ansteigen. Die Durchführung der Methoden ist für die betrachtete Produktklasse nicht wirtschaftlich. Für zukünftige Projekte lautet daher die Handlungsempfehlung, diese Methoden bei dem angenommenen Herstellvolumen nicht oder nur in geringem Umfang zu planen.

Vor der Überarbeitung der Masterpläne sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowie die abgeleiteten Handlungsempfehlungen dem Management vorzustellen und die geplanten Änderungen freizugeben.

Zudem lassen sich auf Grundlage des monetär bewerteten Gruppenunterschieds Kostenprognosen für Projekte in der Entwicklungsphase erstellen: Liegt beispielsweise ein Projekt in einer frühen Entwicklungsphase bei einem geringen Prozessreifegrad lässt sich eine Prognose über die zusätzlichen Fehlerkosten erstellen.

6.2.4 Nutzen und Fazit

Zusammenfassend ermöglicht der strategische Betrieb des Performance Measurements ein systematisches Lernen aus abgeschlossenen Serienentwicklungsprojekten. Mit dem Projektvergleich werden Zusammenhänge sichtbar und in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung lässt

sich der monetäre Nutzen der Methoden bestimmen. Durch die Auswertung der Projekt-Kennzahlen über alle Projekte im Qualitätsregelkreis *Innovation und Lernen*, kann das präventive Qualitätsmanagement mittel- und langfristig optimiert werden. Für die Projektplanung und Durchführung von zukünftigen Serienentwicklungen werden Handlungsempfehlungen und überarbeitete Masterpläne vorgeschlagen und damit ein erhebliches Potential zur Effektivitätssteigerung genutzt. Zudem wird durch die Operationalisierung der Hypothesen der Ursache-Wirkungskette das Grundverständnis und die Wirkungstransparenz des präventiven Qualitätsmanagements verbessert. Projektvergleich und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung haben folgenden Nutzen (siehe Tabelle 17).

Projektvergleich	<ul style="list-style-type: none"> • Die Zusammenhänge für einzelne Projektklassen, Ebenen und Perspektiven des Projekt-Kennzahlensystems werden analysiert. • Das Potential der Methoden wird durch multivariate Verfahren überprüft und kann ggf. überarbeitet werden. • Der Verlauf der Projekt-Kennzahlen ermöglicht Trendanalysen. • Benchmarking und Zielvereinbarungen (z. B. für organisatorische Einheiten) sind durch projektübergreifende Auswertung möglich.
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	<ul style="list-style-type: none"> • Die Wirtschaftlichkeit der Handlungsalternativen wird für einzelne Projektklassen und für unterschiedlich großes Projektvolumen bzw. Herstellkosten analysiert. • Die Handlungsalternativen werden auf Basis der Qualitätskosten nach den Verfahren der Investitionsrechnung analysiert. • Der monetäre Nutzen des präventiven Qualitätsmanagements wird dargestellt. • Kostenprognosen für Projekte in der Entwicklungsphase sind prospektiv möglich.

Tabelle 17: Nutzen des strategischen Betriebs des Performance Measurements

Voraussetzung für den erfolgreichen strategischen Betrieb des Performance Measurements sind eine ausreichend große Anzahl operativ bewerteter und vergleichbare Projekte sowie die Durchführung von Projektvergleich und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Mit dem strategischen Betrieb des Performance Measurements liegt das entwickelte Lösungsmodell vollständig vor. Das Lösungsmodell erfüllt mit dem beschriebenen *Befähiger*-Kennzahlensystem und dessen operative Nutzung die Anforderungen an ein projektbezogenes Performance Measurement für präventive Qualitätsmanagement-Methoden (vgl. Kapitel 5.3.6). Gleichmaßen liegen mit den *Ergebnis*-Kennzahlen Performance-Daten über den gesamten Produktlebenszyklus vor, womit die Anforderung „Performance Measurement über den Produktlebenszyklus“ ebenfalls erfüllt wird. Darüber hinaus ermöglicht die Nutzung der *Befähiger*-, *Ergebnis*- und Klassifikationskennzahlen im strategischen Betrieb das projektübergreifende Performance Measurements. Damit erfüllt das Lösungsmodell die in Kapitel 3.2 gestellten speziellen Anforderungen sowie den Grundgedanken des Performance Measurements. Um zu zeigen, dass die Vorgehensweise die allgemeine Anforderung „Praxisorientierung“ erfüllt werden die Entwicklung und der Betrieb des Performance Measurements nachfolgend in der Praxis überprüft.

7 Praktische Anwendung

Das Lösungsmodell und die Vorgehensweise wurden iterativ bei einem deutschen Automobilzulieferer erarbeitet und umgesetzt. Nachfolgend wird die praktische Entwicklung des Projekt-Kennzahlensystems beschrieben. Es wird gezeigt wie die Leistungsermittlung wirkungsvoll zur Effizienz- und Effektivitätssteigerung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden eingesetzt werden kann. Zum Schutz des Unternehmens sind die Ausführungen anonymisiert.

7.1 Ausgangssituation

Das weltweit tätige Unternehmen beschäftigt etwa 20 000 Mitarbeiter in über 30 Entwicklungs- und Produktionsstandorten. Als 1st Tier übernimmt der Systemlieferant den gesamten Entwicklungsumfang und damit auch die Gewährleistung für die produzierten Systeme. Der Automobilzulieferer ist in produktorientierte Segmente gegliedert, die jeweils über eigene Entwicklungs- und Produktionsbereiche verfügen. Der Entwicklungszeitraum für ein Projekt beträgt 2 bis 3 Jahre, an die sich ein Produktionszeitraum von bis zu acht Jahren anschließt. Je nach Kunde und Baureihe umfassen die Projekte ein Produktionsvolumen von mehreren hunderttausend Stück.

Für alle Segmente ist der Entwicklungsprozess einheitlich nach einem Masterplan in fünf Phasen strukturiert. Das phasenbezogene Projektcontrolling begleitet nach dem Konzept des Quality Gates den Entwicklungsprozess. Verbindlicher Bestandteil des Masterplans sind die qualitätsbezogenen Arbeitspakete. Das Projektmanagement plant und steuert die Projekte auf Komponentenebene nach unternehmensweit gültigen Standards. Unternehmensweit werden etwa 300 Komponentenprojekte parallel entwickelt.

Das Unternehmen ist mit einem Großteil der Systeme europäischer Marktführer und bestrebt, diese Position global auszubauen. Dazu ist es notwendig, die Kundenanforderungen gleichermaßen vollständig wie wirtschaftlich zu erfüllen. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist die Senkung der qualitätsbezogenen Kosten erklärte Zielsetzung des Managements. Dabei gilt es auch die Prozesse des präventiven Qualitätsmanagements effektiver und effizienter zu gestalten und somit einen Beitrag zur Kostensenkung zu leisten. Vor diesem Hintergrund wurde bei dem betrachteten Unternehmen die vorliegende Arbeit zur Leistungsermittlung und Leistungsverbesserung der Methoden des präventiven Qualitätsmanagements begonnen. Ziel war es, eine frühzeitige Leistungsbewertung der einzelnen Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung einzuführen und bei gleichem Ressourceneinsatz die Effektivität der Fehlerverhütung zu verbessern.

7.2 Entwicklung des Performance Measurements

Die Entwicklung des Performance Measurements gliedert sich in die Schritte Ursache-Wirkungskette, Potential der Methoden und Projekt-Kennzahlensystem mit den Bestandteilen *Befähiger*-, *Ergebnis*-, und *Klassifikations*-Kennzahlen (siehe Kapitel 4.2).

Ursache-Wirkungskette

Ausgangspunkt bildete eine Ursache-Wirkungskette der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden. In einem Workshop der Qualitätsleiter wurden für die Entwicklung der Kausalkette folgende präventive Qualitätsmanagement-Methoden aus dem Masterprojektplan ausgewählt:

- **Risikoanalyse:** Die Risikoanalyse identifiziert zu einem frühen Zeitpunkt mögliche Risiken und liefert eine Aussage zur technischen Machbarkeit der Komponente.

- **System-FMEA Produkt und System-FMEA Prozess:** Im Anschluss an die Risikoanalyse erfolgt die Durchführung der System-FMEA Produkt und der System-FMEA Prozess, um die Risiken zu reduzieren (vgl. Kapitel 2.3.3).
- **Einsatzprofil:** Das Einsatzprofil dokumentiert die Anforderungen an die Komponente (vgl. Kapitel 2.3.3).
- **Design- und Prozessvalidierung:** Bei der Design- bzw. Prozessvalidierung wird überprüft, ob die Anforderungen erfüllt sind (vgl. Kapitel 2.3.3).
- **Prozessserie:** Die Prozessserie beinhaltet die Freigabe des Produktes und des Produktionsprozesses kurz vor Serienanlauf.

Diese Methoden wurden in Anlehnung an das allgemeinen Modell der Ursache-Wirkungskette des präventiven Qualitätsmanagements (siehe Abbildung 22) in ihrer Wirkung zueinander angeordnet und um die Ursachen und Wirkungen zur Potential- und Kostenperspektive ergänzt (siehe Abbildung 54).

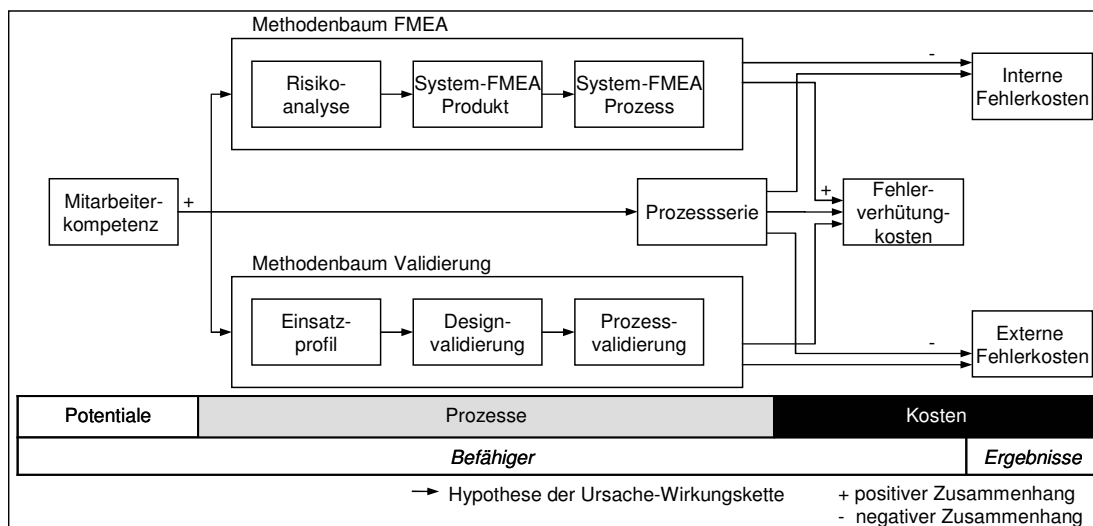


Abbildung 54: Ursache-Wirkungskette im Unternehmen

Aufgrund der vermuteten Ursache-Wirkungs-Beziehung wurden mehrere Methoden einem Methodenbaum zugeordnet. Einsatzprofil, Design- und Prozessvalidierung zielen auf die Erhöhung der Zuverlässigkeit bzw. die Reduzierung externer Fehlerkosten und wurden im Methodenbaum Validierung zusammengefasst. Für die zusammenhängenden Methoden Risikoanalyse, System-FMEA Produkt und System-FMEA Prozess besteht eine vermutete Wirkung auf die internen Fehlerkosten. Diese Methoden sind Teil des Methodenbaumes FMEA. Für die Prozessserie wurde sowohl ein Zusammenhang zu den internen als auch zu den externen Fehlerkosten vermutet.

Potential der Methoden

Zur retrospektiven Überprüfung der angenommenen Ursache-Wirkungskette und Erarbeitung des Fehlervermeidungspotentials wurden 18 repräsentative Komponenten-Projekte hinsichtlich ihrer internen Fehlerkosten untersucht. Zusätzlich wurden zur Bestimmung des Vermeidungspotentials der externen Fehlerkosten die Gewährleistungskosten weiterer Projekte analysiert. Unter Teilnahme von Mitarbeitern aus Qualität, Produktion und Entwicklung wurde eine Analyse der internen und externen Fehler durchgeführt und die potentiell vermeidbaren Fehlerkosten auf die ausgewählten Methoden verteilt.

Die Auswertung zeigte, dass etwa 65% der gesamten Fehlerkosten durch den Einsatz der ausgewählten Qualitätsmanagement-Methoden vermeidbar gewesen wären (siehe Abbildung 55).

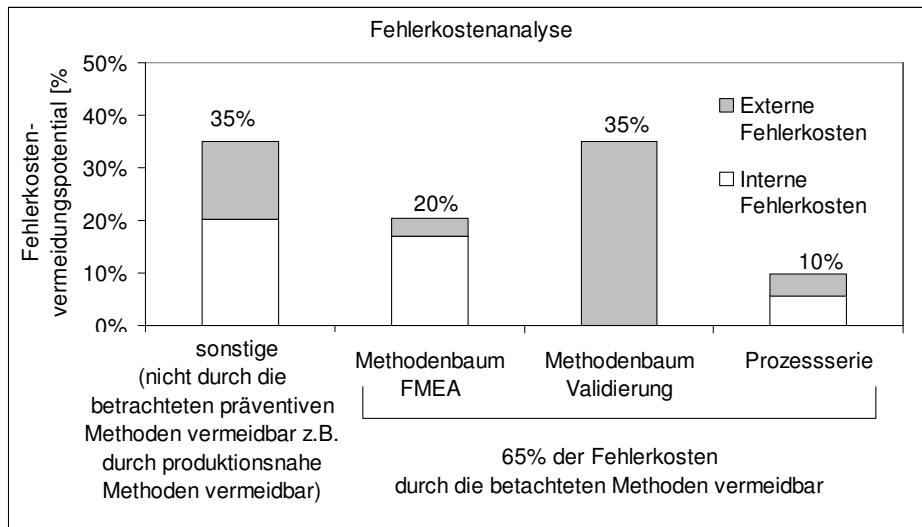


Abbildung 55: Ergebnisse der Fehlerkostenanalyse im Unternehmen

Bei Betrachtung des Beitrags der Methoden bzw. Methodenbäume ergab sich die relative Bedeutung der einzelnen Methoden zur Vermeidung der internen und externen Fehlerkosten. Durch den Methodenbaum FMEA lassen sich interne, durch den Methodenbaum Validierung externe Fehlerkosten reduzieren. Die Prozessserie trägt mit insgesamt 10% Fehlervermeidungspotential gleichermaßen zur Vermeidung interner und externer Fehlerkosten bei. Die Methodenauswahl und die Ursache-Wirkungskette zu den Fehlerkosten konnten auf diese Weise bestätigt werden (siehe Abbildung 56).

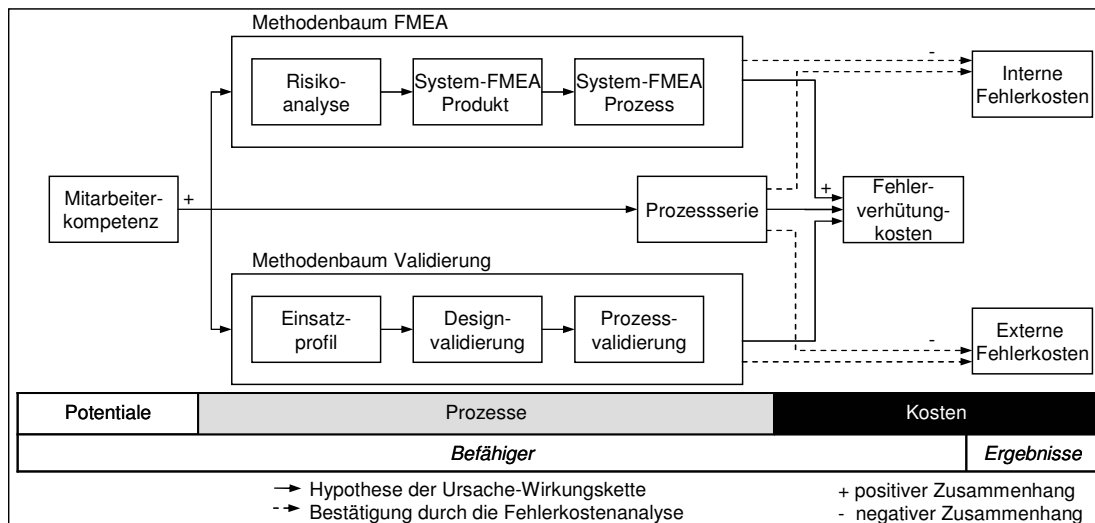


Abbildung 56: Ursache-Wirkungskette mit den Ergebnissen der Fehlerkostenanalyse

Unter weiterer Berücksichtigung der Qualitätsstrategie wurde ausgehend von dem Vermeidungspotential der Fehlerkostenanalyse das Potential der einzelnen Methoden als Gewichtungsfaktor für das *Befähiger*-Kennzahlensystem festgelegt.

Befähiger-Kennzahlensystem

Das Kennzahlensystem umfasst die Perspektiven Potentiale, Prozesse und Kosten der Ursache-Wirkungskette. Für die Potential- und Prozessperspektive wurden im ersten Schritt die Einflussfaktoren gesammelt. Als Erfolgsfaktoren in der Potentialperspektive wurden die Fach- und Methodenkompetenz der Mitarbeiter identifiziert. Diese Erfolgsfaktoren wurden über eine Nutzwertanalyse bewertet und in einer Checkliste zur Verfügung gestellt. Analog dazu wurden die wichtigsten Einflussfaktoren der Prozessperspektive gewichtet und in einer Checkliste zusammengefasst. Abbildung 31 zeigt die erarbeiteten Einflussfaktoren für den System-FMEA Prozess. Die Checkliste ermöglicht eine phasenbezogene Abfrage und Bewertung des Fortschrittsgrades. Durch die Terminvorgaben der Phase erfolgt nach Eingabe des Fortschrittsgrades die Berechnung des Prozessreifegrades über die Kennzahl „Rechtzeitigkeit“. Mithilfe einer Ampelsystematik wird der Stand der Methodenabarbeitung visualisiert (siehe Abbildung 57).

Kunde / Projekt		Projekt-Nummer										Bewertung Fortschrittsgrad		
Komponente		Verantwortlich												
Datum der Betrachtung		25.09.2006												
Phase läuft bis		1		2		3		4		5				
		02.09.2005		01.11.2005		01.02.2006		01.09.2006		01.10.2006				
		Fortschrittsgrad %												
Methode	Verantw.	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Bemerkungen	Rechtzeitigkeit %	Prozessreifegrad
Risikoanalyse		20	10	50	30	70	70	80	75	100	90		55	5,0
System-FMEA Produkt		0		40	40	60	60	80	60	100	100		80	8,0
System-FMEA Prozess		0		0		40	40	70	70	100	100		100	10,0
Einsatzprofil		20	0	40	20	60	40	75	70	100	90		25	2,3
Design-validierung		0		25	25	100	80	100	100	100	100		80	8,0
Prozess-validierung		0		0		0		0		100	95		95	9,0
Prozessserie		0		0		0		10	10	100	90		90	8,1

Abbildung 57: Phasenbezogenes Controlling des Prozessreifegrades

Um Auswertungen der Kennzahlen mit geringem manuellem Aufwand realisieren zu können, wird aktuell eine zentrale Datenbank erstellt, die zudem die Erfolgsfaktoren weiterer Arbeitspakete des Entwicklungsprozesses enthält. Über eine spezielle qualitätsbezogene Sichtweise der Datenbank werden die Kennzahlen der Prozessperspektive erzeugt und der phasenbezogene Prozessreifegrad der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden für alle laufenden Entwicklungsprojekte berechnet. Für die Fehlerkosten konnte auf eine bestehende Projektkostenenerfassung zurückgegriffen werden. Die komponentenspezifischen Verifizierungs- bzw. Validierungskosten sowie Entwicklungsstunden werden für jedes Arbeitspaket durch das Projektcontrolling erfasst und ausgewertet.

Klassifikations-Kennzahlen

Für die Klassifikation der Serienentwicklungsprojekte wurde eine Risikocheckliste entwickelt, die die vorhandene stammdatenbasierte Klassifikation erweitert. Die Auswahl der wichtigsten Risikokategorien und deren Gewichtung zueinander erfolgten mithilfe einer Einflussgrößenanalyse. Insgesamt wurden acht Risikokategorien wie unter anderem die Komplexität, das Design, die Lieferanten und die Zeitplanung ausgewählt. Um eine möglichst hohe Reproduzierbarkeit der projektspezifischen Risikobewertung gewährleisten zu können, wurde die

Bewertungsskala für jeden Risikograd mit Merkmalen hinterlegt. In der Checkliste wird aus den Bewertungen der Risikokategorien eine einfache Spitzenkennzahl berechnet. Mit dieser werden die Projekte in die Projektklassen Innovationsentwicklungen und Anpassungsentwicklungen unterschieden:

- Innovationsentwicklungen: Projekte mit einem hohen Risikograd ($RG > 5$).
- Anpassungsentwicklungen: Projekte mit einem geringen Risikograd ($RG \leq 5$).

Ergebnis-Kennzahlen

Für die *Ergebnis*-Kennzahlen interne und externe Fehlerkosten konnte auf ein entwickeltes System zur Qualitätskostenerfassung zurückgegriffen bzw. dieses weiterentwickelt werden.

Nach erfolgreicher Entwicklung des Projekt-Kennzahlensystems wird im Folgenden die operative Integration des Projekt-Kennzahlensystems in das Projekt- und Qualitätscontrolling erläutert sowie die Erfahrungen und Erkenntnisse des strategischen Betriebs beschrieben.

7.3 Betrieb des Performance Measurements

Der Betrieb des Performance Measurements unterteilt sich in das operative, projektbezogene Controlling der *Befähiger*- und *Ergebnis*-Kennzahlen und das projektübergreifende Auswerten der Projekt-Kennzahlen im strategischen Betrieb. Da der strategische Betrieb des Performance Measurements auf den operativen Betrieb aufbaut, kann dieses nur dann erfolgreich sein, wenn das Projekt-Kennzahlensystem operativ eine breite und wirkungsvolle Anwendung findet. Daher wurde besonders auf die Integration in die bestehenden Systeme und Regelkreise geachtet.

Operativer Betrieb des Performance Measurements

In den Entwicklungsprozessen kommen zur Kennzahlenerfassung die Checklisten des *Befähiger*-Kennzahlensystems sowie die Risikocheckliste zum Einsatz.

Die Bewertung des Potential- und Prozessreifegrades erfolgt als Selbstbewertung durch den Methodenverantwortlichen. Die Rückmeldung der Fehlerverhütungskosten wird hingegen von den allen Beteiligten vorgenommen. Damit liegen vor jedem Quality Gate die aktuellen *Befähiger*-Kennzahlen vor. Es können frühzeitig Korrekturmaßnahmen festgelegt werden und somit die Effizienz der Methodenumsetzung gesteigert werden. Als Abfrage der zentralen und standardisierten Erfolgsfaktoren erhält das Projektteam ein geeignetes Hilfsmittel zur Leistungsermittlung und -bewertung. Für das Projektcontrolling ist es möglich festzustellen, in wieweit die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden erfolgreich eingesetzt werden.

Die Risikobewertung wird unmittelbar nach dem Akquisitionserfolg von Projektleiter und Entwicklungsleiter durchgeführt. Aufgrund der Unterscheidung in Innovations- und Anpassungsentwicklung werden bei der Projektplanung Stunden- und Kostenzuschläge auf die Standardwerte gerechnet. Zusätzlich wird durch die Risikobewertung festgelegt in welchen Regelbesprechungen der Projektstatus durch den Projektleiter vorgestellt wird. Beispielsweise sind Innovationsprojekte fester Tagesordnungspunkt auf der monatlichen Segment-Besprechung.

Die Verwendung der *Ergebnis*-Kennzahlen ist im Unternehmen durch zahlreiche Regelkreise sichergestellt. Für die internen Fehlerkosten nimmt die Besprechung am Produktionsstandort, für die externen Fehlerkosten die Segment-Besprechung eine zentrale Funktion ein. Die Erfassung und Aufbereitung der internen Fehlerkosten erfolgt prozessnah und mit Hilfe eines Computer Aided Quality (CAQ-) Systems. Die externen Fehlerkosten werden analog als

Gewährleistungskosten über betriebswirtschaftliche Systeme erfasst.

Strategischer Betrieb des Performance Measurements

Um die Effektivität der eingesetzten Methoden für zukünftige Projekte zu verbessern, wurden die Hypothesen der Ursache-Wirkungskette mithilfe der Projekt-Kennzahlen von 22 Serienentwicklungsprojekten überprüft. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden nur Komponenten-Projekte mit mittlerem bzw. großem Produktionsvolumen ausgewählt, die zum Zeitpunkt der Analyse seit mindestens einem Jahr unter Serienbedingung laufen. Die Komponenten sind hinsichtlich Funktionsprinzip, Material, Fertigungsprozess und Wertschöpfungstiefe vergleichbar. Für Projekte, deren Entwicklung bereits vor Einführung der Projekt-Kennzahlen abgeschlossen war, wurden die *Befähiger*- und Klassifikationskennzahlen durch Interviews mit dem Projektteam gewonnen. Mit den vorliegenden internen Fehlerkosten wurden für die zukünftigen Stückzahlen die Fehlerkosten zum Produktionsauslauf prognostiziert. Für die externen Fehlerkosten konnten aufgrund einer eingeschränkten Datengrundlage keine Prognosen erstellt werden. Für zukünftige Analysen wird es jedoch möglich sein auch diese Kosten zu prognostizieren.

Im **Projektvergleich** wurden die statistischen Zusammenhänge zwischen den Perspektiven untersucht:

Für die Analyse der Zusammenhänge zwischen **Potential-** und **Prozessperspektive** wurden alle realisierten Methoden in ihrem Potentialreifegrad und Prozessreifegrad abgebildet. Die Regressionsanalyse zeigt keinen statistischen Zusammenhang (siehe Abbildung 58).

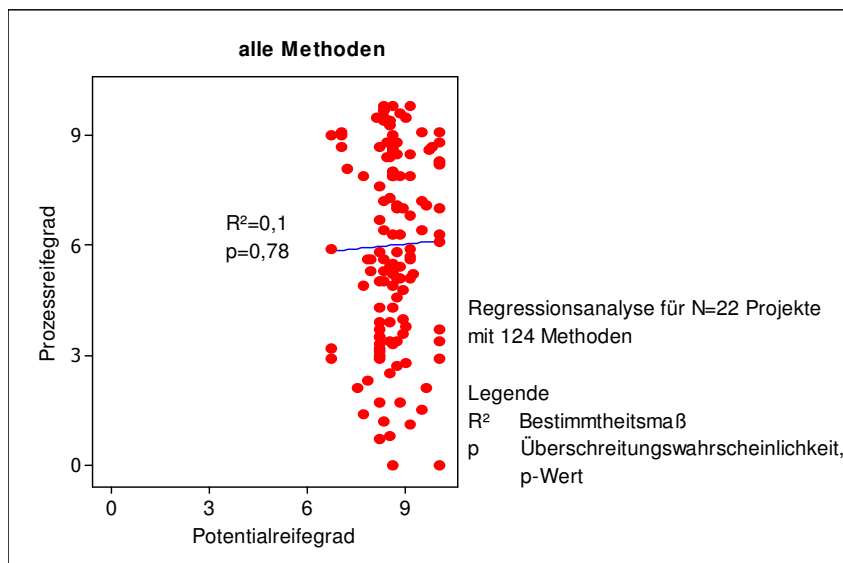


Abbildung 58: Regressionsanalyse: Potentialreifegrad-Prozessreifegrad (alle Projekte)

Der vermutete Zusammenhang zwischen einer hohen Methoden- und Fachkompetenz und einem hohen Prozessreifegrad konnte nicht bestätigt werden. Gründe dafür sind die einheitlich hohe Kompetenz der Mitarbeiter in den betrachteten Projekte sowie die Problematik der Selbstbewertung im Rahmen der Interviewdurchführung.

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen der **Prozessperspektive** und den Fehlerverhütungsgskosten der **Kostenperspektive** erfolgte auf der Ebene Methodenbaum bzw. Methode. Die Regressionsanalyse ergab für die Methodenbäume FMEA und Validierung sowie für die Prozessserie einen positiven Zusammenhang (siehe Abbildung 59).

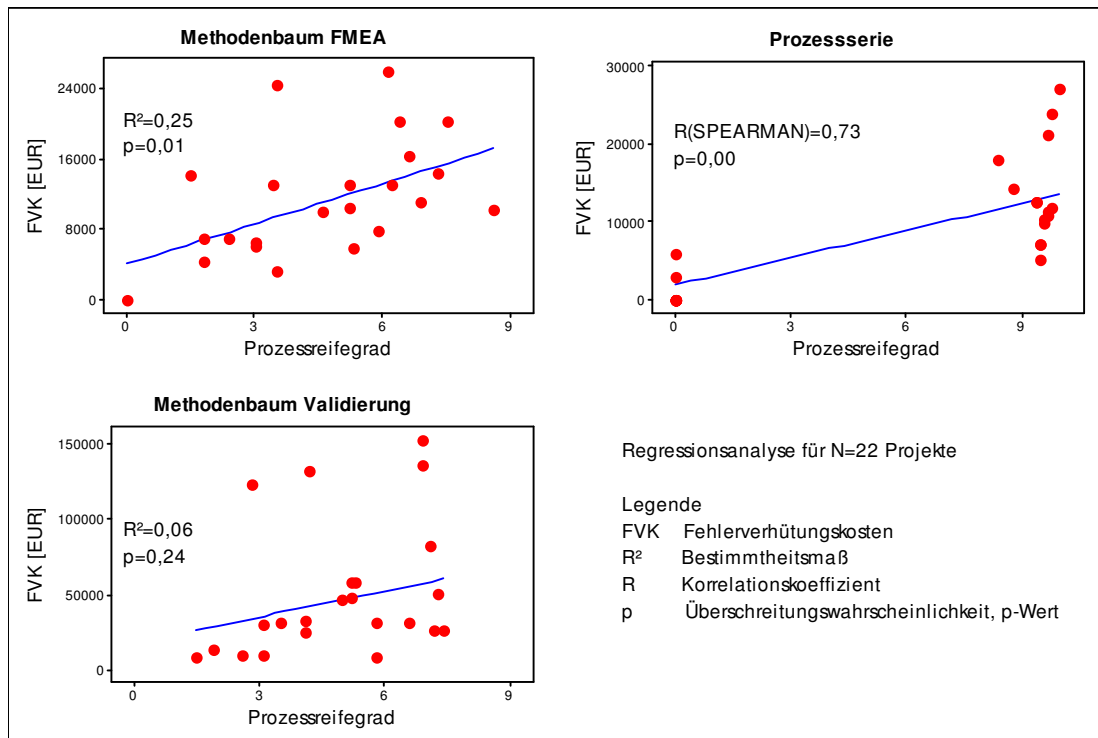


Abbildung 59: Regressionsanalyse: Prozessreifegrad-Fehlerverhütungskosten (alle Projekte)

Trotz hoher Streuung lassen sich für die Methodenbäume sowie für die Prozessserie bei einem höheren Prozessreifegrad höhere Fehlerverhütungskosten feststellen. Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,25$ besteht für den Methodenbaum FMEA eine schwache, aber signifikante Korrelation auf dem 95%-Konfidenzniveau. Für die nicht normalverteilten Kennzahlen des Prozessreifegrades der Prozessserie ergibt sich ein Rangkorrelationskoeffizient von $R=0,73$. Hingegen besteht zwischen den Fehlerverhütungskosten und dem Prozessreifegrad des Methodenbaums Validierung kein signifikanter Zusammenhang. Als Grund können hier die kundenspezifischen Anforderungen genannt werden, die zu unterschiedlichen Kosten führen.

Für die Analyse des Zusammenhangs zwischen der **Prozessperspektive** und den Fehlerkosten der **Kostenperspektive** wurde auf Grundlage der Klassifikations-Kennzahlen in Projekt-klassen unterschieden. Die Klassenbildung ist notwendig, da sich die Fehlerkosten bei Innovationsprojekten deutlich von den Fehlerkosten der Anpassungsentwicklungen unterscheiden. Die bivariate Regressionsanalyse ergab für die **Anpassungsentwicklungen** folgende Zusammenhänge zwischen dem Prozessreifegrad und den Fehlerkosten (siehe Abbildung 60). Der Zusammenhang zwischen den internen Fehlerkosten und dem Prozessreifegrad werden für die Prozessserie und den Methodenbaum FMEA in einer negativen Regressionsgerade dargestellt. Dabei weist die Regression mit dem Methodenbaum FMEA ein hohes Bestimmtheitsmaß auf und ist statistische signifikant. Für die Kennzahlen der Prozessserie ergibt sich eine Rangkorrelation von $R=-0,54$. Damit besteht zwischen dem Prozessreifegrad der Prozessserie bzw. dem Methodenbaum FMEA und den internen Fehlerkosten mit 90%iger Wahrscheinlichkeit ein signifikanter Zusammenhang.

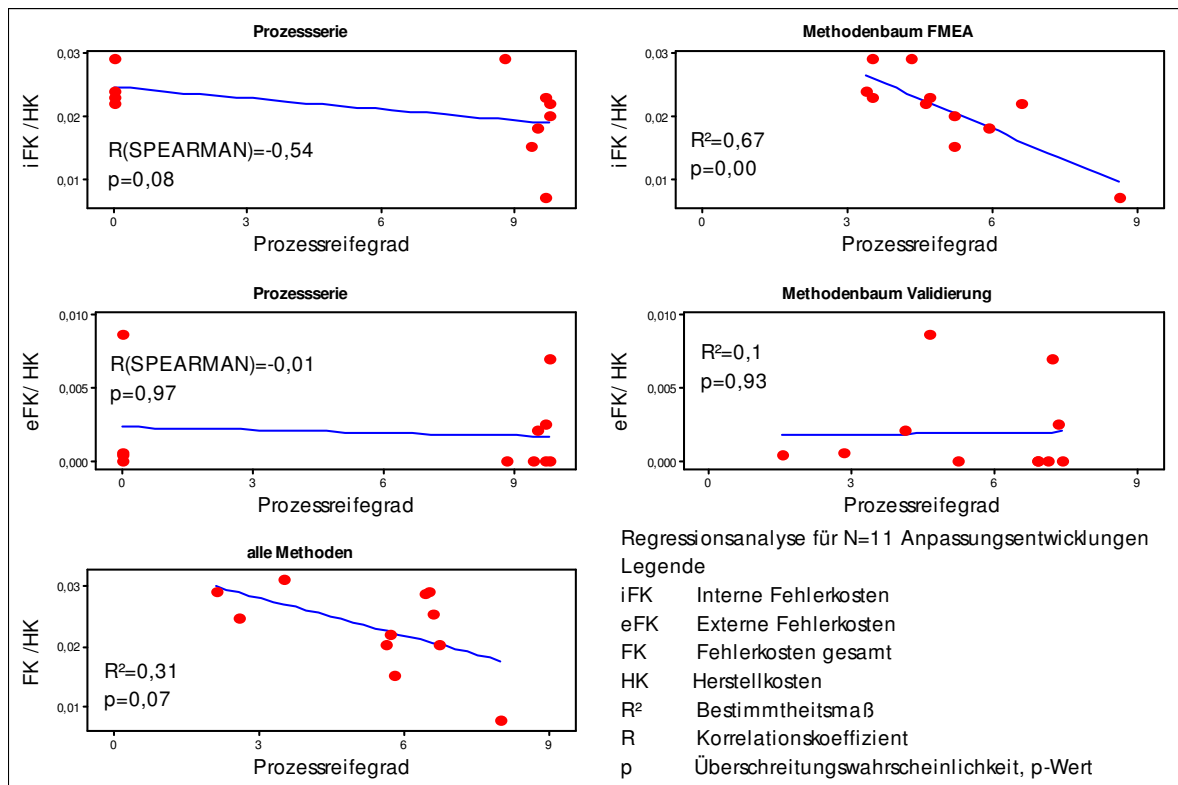


Abbildung 60: Regressionsanalyse: Prozessreifegrad-Fehlerkosten (Anpassungsentwicklungen)

Eine multiple Regressionsanalyse der Responsevariablen Prozessreifegrad der Prozessserie und dem Methodenbaum FMEA ergibt für den Methodenbaum FMEA einen Regressionskoeffizienten, der um den Faktor 5 höher ist als bei der Prozessserie. Das heißt, dass der Einfluss des Methodenbaums um ein vielfaches stärker ausgeprägt ist. Neben der unterschiedlichen Wirkungsweise der Methoden liegen die Gründe für den größeren Einfluss des Methodenbaumes am Zeitpunkt der Methodendurchführung: Während die Prozessserie maßgeblich in der letzten Phase der Entwicklung zum Einsatz kommt, begleitet der Methodenbaum FMEA den gesamten Entwicklungsprozess (siehe Abbildung 57). Sie haben damit deutlich früher die Möglichkeit, die Fehlerkosten zu beeinflussen. Diese Beobachtung wird in der Literatur bestätigt. Nach GEBERICH [GEBERICH 1995, S. 319f] wird die Möglichkeit zur Qualitätsbeeinflussung über die Phasen geringer.

Für die externen Fehlerkosten ist hingegen der Zusammenhang zwischen den Kosten und dem Prozessreifegrad der Prozessserie bzw. des Methodenbaumes Validierung nicht signifikant. Gründe sind neben der eingeschränkten Datenbasis die kostenbezogene Dominanz einiger weniger Serienschäden sowie die unterschiedlichen Regressierungsprozesse der Automobilhersteller.

Da die gesamten Fehlerkosten im Wesentlichen von den internen Fehlerkosten bestimmt sind, ergibt sich für alle Methoden eine fallende Regressionsgerade bei einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,31$. Somit konnte anhand einer Stichprobe von N=11 Anpassungsprojekten auf einem 90%-Konfidenzniveau gezeigt werden, dass die Fehlerkosten und der Prozessreifegrad zusammenhängen.

Nach der Plausibilisierung der Ergebnisse des Projektvergleiches durch ein Expertenteam kann die Ursache-Wirkungskette für das präventive Qualitätsmanagement in Anpassungsent-

wicklungen wie folgt überarbeitet werden (siehe Abbildung 61).

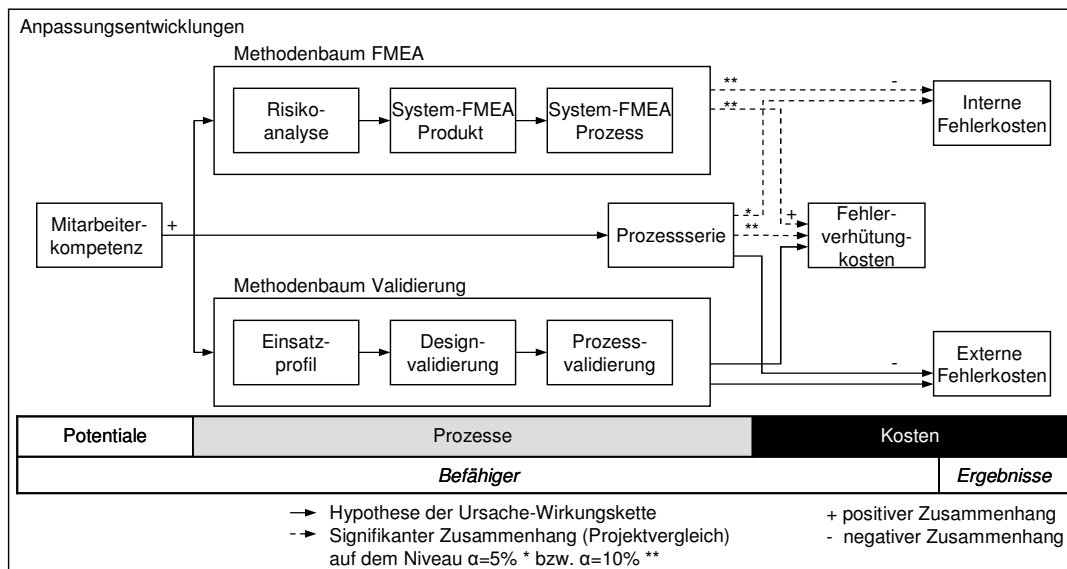


Abbildung 61: Ursache-Wirkungskette für Anpassungsentwicklungen

Die Ergebnisse des Projektvergleichs für die Produktgruppe der **Innovationsentwicklungen** zeigen auf dem 80%-Konfidenzniveau einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Methodenbaum FMEA und den internen Fehlerkosten sowie zwischen dem Methodenbaum Validierung und den externen Fehlerkosten (siehe Anhang Abbildung 63). Die geringeren Korrelationskoeffizienten bzw. Bestimmtheitsmaße lassen sich auf das insgesamt höhere Risiko dieser Projektklasse zurückführen. Um diese ersten Ergebnisse auf einem höheren Konfidenzniveau zu bestätigen ist eine Analyse mit einer größeren Anzahl von Innovationsentwicklungen notwendig.

In Anschluss dem Projektvergleich erfolgte die Durchführung der **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**. Aufgrund des guten Bestimmtheitsmaßes der Regression wurde für den Methodenbaum FMEA und für die Prozessserie der Anpassungsentwicklungen eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung realisiert. Um stabilere Kennzahlen zu erhalten, wurden die Projekte einer Projektklasse mit hohem Prozessreifegrad der Gruppe 1 und die Projekte mit geringem Prozessreifegrad der Gruppe 0 zugeordnet. Als Trennungskriterium diente der Mittelwert aller Projekte je Projektklasse.

Für die Fehlerverhütungskosten des Methodenbaums FMEA ergab der t-Test auf dem 90%-Konfidenzniveau signifikant unterschiedliche Mittelwerte der Gruppen. Der Erwartungswert für den Gruppenunterschied der Fehlerverhütungskosten beträgt von Gruppe 0 zu Gruppe 1 minus 5 200 EUR. Der Gruppenunterschied für die internen Fehlerkosten ist ebenfalls signifikant. Die internen Fehlerkosten einer Anpassungsentwicklung mit geringem Prozessreifegrad sind gegenüber Projekten mit hohem Prozessreifegrad um den Faktor 1,5 höher. Durchschnittlich ist bei Projekten der Gruppe 0 mit internen Fehlerkosten zu rechnen, die um 0,86% der Herstellkosten höher liegen als bei Gruppe 1 (siehe Abbildung 62).

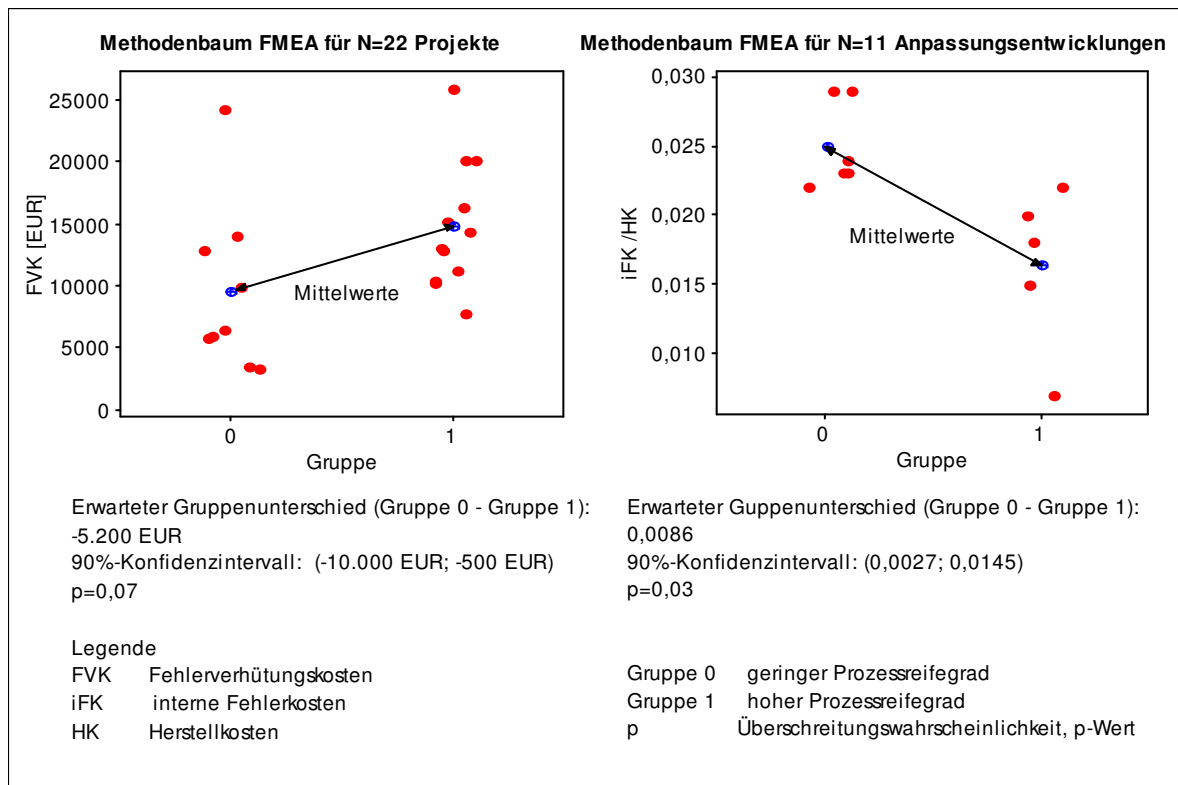


Abbildung 62: t-Test und erwartete Gruppenunterschiede für den Methodenbaum FMEA

Für ein Projekt mit hohem Prozessreifeegrad im Methodenbaum FMEA und einem Gesamtvolumen von 10 Mio. EUR Herstellkosten kann für die internen Fehlerkosten ein erwarteter Betrag von 86 000 EUR gegenüber einem Projekt mit geringem Prozessreifeegrad erlöst werden. Nach Abzug der höheren Fehlerverhütungskosten von den eingesparten Fehlerkosten von Gruppe 1 zu Gruppe 0 ergibt sich ein gemittelt positives Investitionsergebnis von 80 800 EUR. Bei einer Projektlaufzeit von acht Jahren und einem jährlichen Kapitalzins von 8% beträgt der Kapitalwert des höheren Prozessreifeegrads 49 000 EUR. Die Durchführung einer Anpassungsentwicklung mit einem hohen Prozessreifeegrad im Methodenbaum FMEA führt trotz der zusätzlichen Ausgaben gegenüber einer Durchführung mit geringem Reifeegrad zu erheblichen Kosteneinsparungen.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde ebenfalls auf die Prozessserie angewendet. Aufgrund der hohen Streuung ergab der t-Test auf dem 90%-Konfidenzniveau für die internen Fehlerkosten keinen signifikanten Gruppenunterschied (siehe Anhang Abbildung 65). Da sich die Fehlerverhütungskosten jedoch von Gruppe 0 zu Gruppe 1 signifikant um durchschnittlich 9 500 EUR unterscheiden, ergibt die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Prozessserie einen negativen Kapitalwert.

Auf Basis dieser Ergebnisse ließen sich gemeinsam mit den Experten Handlungsempfehlungen ableiten. So ist beispielsweise für zukünftige Serienentwicklungsprojekte ein hoher Prozessreifeegrad bei den Methoden des Methodenbaumes FMEA uneingeschränkt anzustreben. Durch bessere Einhaltung der Forderungen des Quality Gates kann die Rechtzeitigkeit und damit auch der Prozessreifeegrad ohne Einsatz zusätzlicher Mittel erhöht werden. Gleichzeitig wurde angeregt die Kapazitätsplanung für die Prozessserie zu überdenken.

7.4 Anwendungsfazit

Bei der praktischen Anwendung der Vorgehensweise wurde bei einem Automobilzulieferer ein tragfähiges, mehrdimensionales Projekt-Kennzahlensystem für die Leistungsermittlung präventiver Qualitätsmanagement-Methoden entwickelt und umgesetzt.

Bei der operativen Leistungsermittlung in der Entwicklung wurde durch die Abfrage der wichtigsten prozessbezogenen Erfolgsfaktoren im Rahmen einer Selbstbewertung der Mitarbeiter eine hohe Akzeptanz erzielt. Der zusätzliche Aufwand wird bereits in der Entwicklung durch die erhöhte Transparenz des Leistungsfortschritts für Projektteam und Projektcontrolling aufgewogen. Durch die Integration der Bewertung in das Quality Gate Management des Unternehmens werden Abweichungen über das Projektcontrolling erkannt. Als weiterer positiver Effekt wurde durch die gewonnene Leistungstransparenz der Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements stärker in das Bewusstsein der Projektverantwortlichen und des Managements gebracht. Mit der Risikocheckliste wird auf Basis objektiver Bewertungskriterien eine Projekt-Klassifikation vorgenommen.

Der strategische Betrieb des Performance Measurements wurde in 22 Projekte erprobt. Die Erfassung der Kennzahlen erfolgte mit den Checklisten der Potential- und Prozessperspektive sowie der Risikocheckliste. Die Fehlerkosten wurden projektspezifisch ausgewertet und im Projekt-Kennzahlensystem ergänzt. Nach der Erfassung der Projekt-Kennzahlen wurden für die vorliegenden Daten die Zusammenhänge der Ursache-Wirkungskette im Projektvergleich überprüft. Für mehrere präventive Qualitätsmanagement-Methoden konnte trotz der kleinen Anzahl bisher bewerteter Projekte ein signifikanter Zusammenhang des Prozessreifegrads zu den Fehlerverhütungskosten und den Fehlerkosten aufgezeigt werden. Damit ist es im Unternehmen erstmals gelungen die Wirkungsweise der Methoden zu operationalisieren. Beispielsweise konnte für die FMEAs die Hypothese der Ursache-Wirkungskette bestätigt werden, dass sich diese Methoden kostensenkend auf die internen Fehlerkosten auswirken. Zur Bewertung des wirtschaftlichen Nutzens wurde für mehrere Methoden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Als Ergebnis konnte mit der Höhe des Kapitalwerts aus Fehlerverhütungskosten und Fehlerkosteneinsparungen Handlungsempfehlungen für zukünftige Projekte abgeleitet werden.

Zusammenfassend konnte die Vorgehensweise erfolgreich in der Praxis angewendet werden. Insbesondere erwies sich die gleichzeitige Beachtung des Fortschrittsgrads und der Rechtzeitigkeit bei der Methodenbewertung mit der Kennzahl Prozessreifegrad als geeignet. Mit den gewonnenen Leistungsdaten ließ sich sowohl der effiziente Einsatz der Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklung verbessern, als auch die Effektivität für zukünftige Projekte steigern.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Die Unternehmen der Automobilzulieferindustrie werden durch den globalen Wettbewerb bei gleichzeitig hoher Technologiedynamik und steigenden Kundenanforderungen vor die Herausforderung gestellt, ihre Leistung ständig zu verbessern. Dabei gilt es nicht nur die Produktionsprozesse, sondern auch die Entwicklungsprozesse weiterzuentwickeln. Als Teil des Entwicklungsprozesses haben die präventiven Qualitätsmanagement-Methoden, wie beispielsweise die Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) die Aufgabe, Fehler zu vermeiden und damit Fehlerkosten zu senken. Aufgrund zeitlicher Trennung zwischen Einsatz und Wirkung der Methoden ist der wirtschaftliche Nutzen präventiver Qualitätsmanagement-Methoden schwer ermittelbar. Eine systematische Effizienz- und Effektivitätsoptimierung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden ist ohne eine kennzahlenbasierte Leistungsermittlung nicht möglich.

Ziel der Arbeit war es, eine Vorgehensweise zur ganzheitlichen Erfassung und Bewertung der Leistung und des wirtschaftlichen Nutzens des präventiven Qualitätsmanagements zu entwickeln. Damit können projektbezogene und projektübergreifende Erkenntnisse zur optimierten Durchführung und Planung der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden abgeleitet werden. Hierzu ist eine Leistungsermittlung und -beurteilung notwendig, die wesentliche und beeinflussbare Kennzahlen liefert, gleichermaßen vergangenheits- und zukunftsorientiert ist, sowie mehrdimensional und mehrstufig die Ursache-Wirkungskette des präventiven Qualitätsmanagements in Entwicklungsprojekten abbildet. Die Auswertung zum Stand der Forschung ergab, dass die bestehenden Ansätze zur Leistungsermittlung und -bewertung entweder zu unspezifisch auf gesamte Unternehmen bzw. Bereiche gerichtet sind, oder zu spezifisch auf eine einzelne präventive Qualitätsmanagement-Methode zugeschnitten sind.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Vorgehensweise zum Performance Measurement für mehrere zusammenhängende präventive Qualitätsmanagement-Methoden erarbeitet. Ausgangspunkt ist eine Ursache-Wirkungskette, die die Wirkzusammenhänge der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden über mehrere Perspektiven darstellt: Eine gute Infrastruktur mit kompetenten Mitarbeitern wirkt sich positiv auf die Umsetzung der Methoden aus; die erfolgreiche Umsetzung verursacht wiederum Fehlerverhütungskosten, aber auch eine Reduzierung der Fehlerkosten. Die Wirkzusammenhänge der einzelnen Methoden, aber auch zwischen Methoden und Fehlerkosten werden in der Wirkungskette unternehmensspezifisch präzisiert. Danach erfolgt eine retrospektive Bestätigung der angenommenen Wirkungsketten über eine Fehlerkostenanalyse. Aus realisierten Fehlerkosten werden via Ursachenanalyse Rückschlüsse auf das Vermeidungspotential der einzelnen präventiven Qualitätsmanagement-Methoden gezogen.

Mit diesem Basiswissen der Ursache-Wirkungskette erfolgt die Ausgestaltung eines Kennzahlensystems, das in Anlehnung an das EFQM-Modell *Befähiger* und *Ergebnisse* unterscheidet. Auf der *Befähiger*-Seite besteht das Kennzahlensystem aus Messgrößen zur Leistungsbewertung im laufenden Entwicklungsprozess. Auf Grundlage methodenspezifischer Erfolgsfaktoren werden Kennzahlen der Potential- und Prozessperspektive definiert und um Kennzahlen der Kostenperspektive ergänzt.

- Der Potentialreifegrad zeigt diejenige Infrastruktur auf, die zum erfolgreichen Methodeneinsatz notwendig ist.

- Der Prozessreifegrad bewertet gleichermaßen den Fortschritt und die Rechtzeitigkeit der präventiven Qualitätsmanagementprozesse.
- Die Fehlerverhütungskosten beinhalten die durch den Methodeneinsatz entstandenen Kosten.

Die Messgrößen liegen für jede Phase des Entwicklungsprozesses vor und lassen sich über mehrere Methoden bis auf Projektebene aggregieren. Für die *Ergebnis*-Seite des Kennzahlensystems wird die Kostenperspektive um die Fehlerkosten der Produktions- und Nutzungsphase ergänzt. Zusätzlich ist es notwendig, vergleichbare Projekte anhand von Kennzahlen zu klassifizieren. Dies erfolgt in einer Bewertung der produkt- und prozess-, projekt- sowie umfeldbezogenen Risiken. Die vorliegende Arbeit gibt mit den Kennzahlen ein Rahmengerüst vor, dessen unternehmensspezifische Ausgestaltung mit Erfolgsfaktoren, Risiko- und Qualitätskostenkategorien anhand der erarbeiteten Vorgehensweise einfach möglich ist.

Dieses Kennzahlensystem ist Voraussetzung für die Leistungssteigerung des präventiven Qualitätsmanagements. Anhand der *Befähiger*-Kennzahlen wird die Effizienz des Methodeneinsatzes projektbezogen durch die ständige Selbstbewertung des Methodenteams und durch phasenbezogene Quality Gates verbessert. Um hingegen den Methodeneinsatz für zukünftige Projekte effektiver zu gestalten, wurde eine Vorgehensweise entwickelt, die die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Methoden projektübergreifend bewertet. Die Grundlage dafür sind die operativ erfassten Kennzahlen von ähnlichen Projekten. Mit Hilfe statistischer Verfahren wie der Regressionsanalyse werden Zusammenhänge entlang der Ursache-Wirkungskette operationalisiert. Der monetäre Nutzen einzelner Methoden lässt sich durch den Vergleich der Qualitätskosten von Projekten mit hohem und geringem Prozessreifegrad bestimmen. Damit können in zukünftigen Projekten die Methoden mit dem höchsten wirtschaftlichen Nutzen eingesetzt werden.

Die Vorgehensweise wurde bei einem Automobilzulieferer iterativ entwickelt und umgesetzt. Mit der Leistungsermittlung konnte die Transparenz des Methodeneinsatzes erheblich gesteigert werden. Zudem wurden 22 Projekte anhand der Kennzahlen vollständig abgebildet und analysiert. Der monetäre Nutzen einzelner präventiver Qualitätsmanagement-Methoden wurde nachgewiesen und damit erfolgreich Ansatzpunkte zur Effektivitätssteigerung aufgezeigt.

Ausgehend von den Ergebnissen der Arbeit ergibt sich weiterer Handlungsbedarf. Für die Unternehmenspraxis sind zur einfacheren Handhabung integrative Systeme notwendig, die die Kennzahlen über den Lebenszyklus zusammenführen und die Kennzahlenberechnung erleichtern. Weitere Forschungsarbeiten sollten sich zudem auf die Erweiterung des Performance Measurements konzentrieren. Es gilt sowohl weitere Arbeitspakete des Entwicklungsprozesses abzubilden um zusätzliche Einflussfaktoren auf die Fehlerkosten auszuschließen als auch die Kennzahlen einer deutlich größeren Projektanzahl statistisch zu analysieren.

Abschließend lässt sich festhalten, dass im Rahmen dieser Arbeit eine praxiserprobte Vorgehensweise zur Leistungsermittlung und -bewertung entwickelt wurde, mit welcher der Einsatz der präventiven Qualitätsmanagement-Methoden in Entwicklungsprojekten optimiert werden kann.

9 Anhang

Quelle	Klassifikationsmerkmale	Klassifikation
[WHEEL- WRIGHT ET AL. 1994, S. 131ff]	<ul style="list-style-type: none"> • Grad/Ausmaß der Produktveränderung • Grad/Ausmaß der Prozessveränderung 	<ul style="list-style-type: none"> • Durchbruchentwicklung: Projekte mit neuen Kernprozessen und -produkten werden als Durchbruchentwicklungen bezeichnet. Sie besitzen den höchsten Produkt- bzw. Prozessveränderungsgrad. • Folgegeneration: Folgegenerationen besitzen einen geringeren Produkt- bzw. Prozessveränderungsgrad, der beispielsweise die vollständige Modifikation bestehender Produktstrukturen bzw. Produktionsprozesse umfasst. • Erweiterung: Erweiterungen ergänzen die bestehende Produktfamilie um ein zusätzliches Modell. Prozessverbesserungen finden dazu nur in einem speziellen Bereich statt. • Applikation: Geringe Veränderungen am bestehenden Produkt bzw. Prozess werden durch Applikationen realisiert. Es erfolgt lediglich eine inkrementelle Veränderung an nicht strukturelevanten Elementen des Produkts bzw. eine Abstimmung oder Anpassung bei einzelnen Produktionsprozessen.

Quelle	Klassifikationsmerkmale	Klassifikation
[SCHMELZER 1992, S. 14ff; SPECHT ET AL. 2002, S. 332]	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexitätsgrad: Die Komplexität⁴¹ wird durch die Anzahl der Entwicklungsaufgaben sowie die Anzahl der Abhängigkeiten zwischen den Aufgaben bestimmt. • Neuigkeitsgrad: Der Neuigkeitsgrad drückt aus, inwiefern Abweichungen von geplanten Abläufen hinsichtlich ihrer Häufigkeit, Unvorhersehbarkeit und ihres Ausmaßes zu erwarten sind. Wichtige Parameter sind diesbezüglich die Innovationshöhe sowie der Grad des Einsatzes neuer oder unerprobter Technologien. • Variabilität: Die Variabilität einer Entwicklungsaufgabe kann als das Ausmaß der Aufgabenänderung im laufenden Entwicklungsprozess definiert werden. • Strukturiertheit: Unter der Strukturiertheit der Entwicklungsaufgabe ist die sachliche und zeitliche Bestimmbarkeit des Entwicklungszieles und des Entwicklungsprozesses zu verstehen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Neuentwicklungen: Unter Neuentwicklungen werden die Entwicklungen neuer Produkte mit neuen Lösungs-/Funktionsprinzipien bei entweder gleichen, veränderten oder neuen Aufgabenstellungen verstanden. Bekannte Lösungen gehen lediglich intuitiv in Form von Erfahrungswissen in die Problemlösung ein. • Anpassungs-/Weiterentwicklungen: Die Anpassung bestehender Produkte an veränderte Anforderungen, Aufgabenstellungen oder technische/wirtschaftliche Rahmenbedingungen, wie z. B. Funktions-, Leistungs-, Schnittstellen- oder Kostenänderungen, verwendet auf der einen Seite die Variation einer bekannten Lösung. Andererseits werden einzelne Elemente der Konstruktion neu erstellt. • Variantenentwicklung: Die Variantenentwicklung nutzt ausschließlich eine oder mehrere bekannte oder standardisierte Lösungen für eine neue Aufgabenstellung. Die Anpassung dieser Lösungen an die veränderte Aufgabenstellung erfolgt durch die Variation bestimmender Größen, wie beispielsweise bestimmter Abmessungen. Die Neuentwicklung von Lösungsprinzipien unterbleibt.
[TATIKONDA/ROSENTHAL 2000, S. 75]	<p>Technologie-Neuheit: neue Produkt- und/oder Prozesstechnologien</p> <p>Projekt-Komplexität in drei Dimensionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grad der Abhängigkeit zwischen der zu entwickelnden Produkt- und Prozess-Technologie • Neuigkeit der Zielgrößen für das Unternehmen • Anspruch der Zielgrößen des Projekts 	keine

Tabelle 18: Klassifikationsmerkmale und Klassifikationen von (Entwicklungs-)Projekten

⁴¹ Zum Begriff der Komplexität vgl. SCHUH/SCHWENK [SCHUH/SCHWENK 2001, S. 32ff].

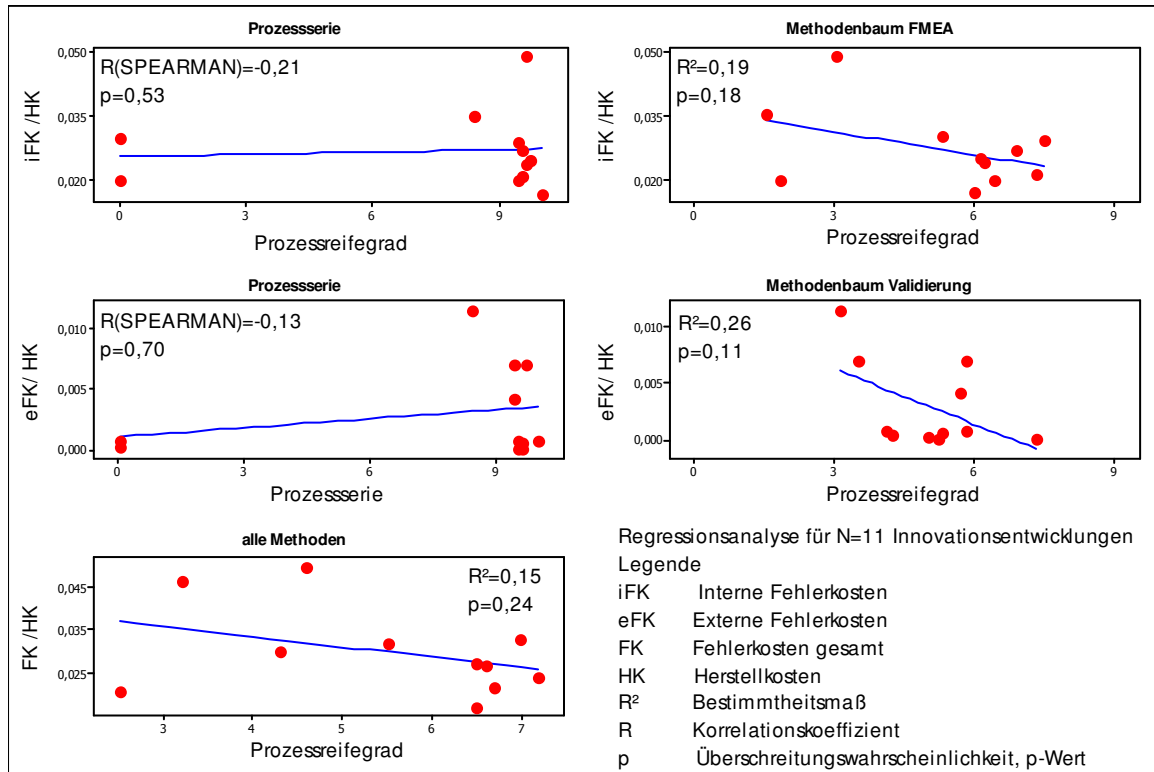


Abbildung 63: Regressionsanalyse: Prozessreifegrad-Fehlerkosten (Innovationsentwicklungen)

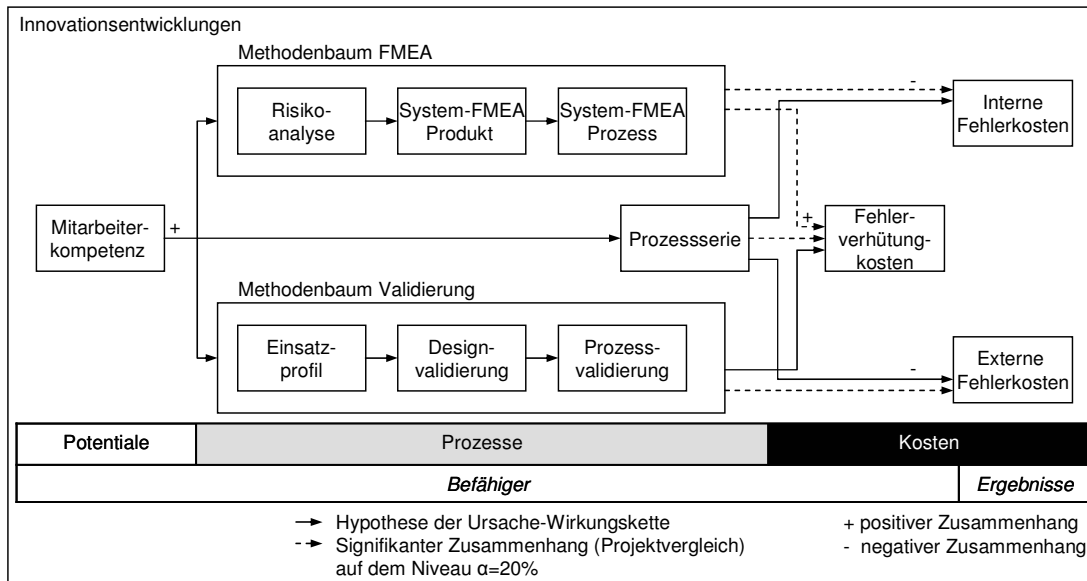


Abbildung 64: Ursache-Wirkungskette für Innovationsentwicklungen

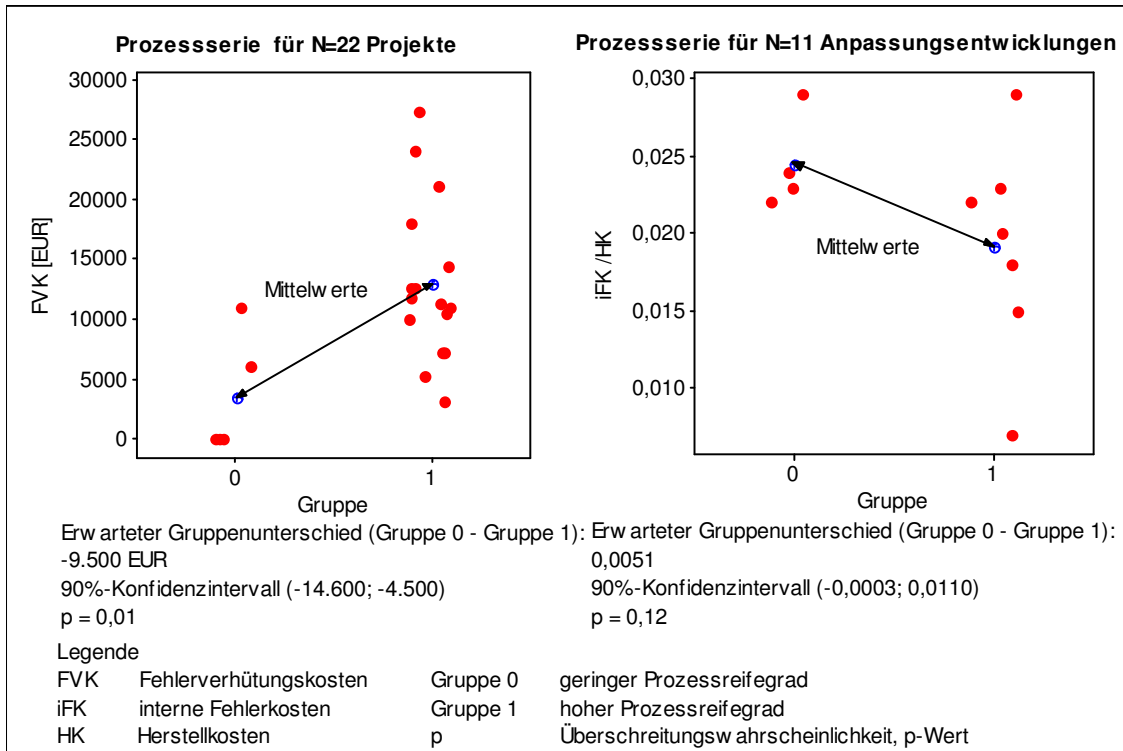


Abbildung 65: t-Test und erwartete Gruppenunterschiede für die Prozessserie

10 Literaturverzeichnis

AHLEMANN, F.; SCHRÖDER, C.; TEUTEBERG, F.:
Kompetenz- und Reifegradmodelle für das Projektmanagement – Grundlagen, Vergleich und Einsatz, Forschungszentrum für Informationssysteme in Projekt- und Innovationsnetzwerk, Osnabrück, 2005

ANDERNACH, K.:
Modell zur Bewertung und Steuerung der Qualitätsverbesserung im Rahmen von Qualitätsmanagementsystemen, Diss., Technische Universität Berlin 2006

ANDERSEN, B.; FRGERHAUG, T.:
Performance Measurement Explained, Milwaukee, 2002

ANDERSON, E.W.:
Customer Satisfaction and Word of Mouth, in: Journal of Service Research, Vol. 1, No. 1 (August), 1998, S. 5-17

APQP:
Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan, Reference Manual, Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation, 1994

AUBELE, P.:
Für eine neue Verlässlichkeit – House of Reliability, Zuverlässigkeitsmanagement, in: QZ, Jg. 49, Heft 10, 2004, S. 19-24

BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R.:
Multivariate Analysemethoden, Springer, Heidelberg 2006

BAKER, N.; SIEGMANN, J.; RUBENSTEIN, A.:
The Effects of Perceived Needs and Means on the Generation of Ideas for Industrial Research and Development Projects, in: IEEE Transactions on Engineering Management, Jg. 14, Nr. 4, 1967, S. 156-163

BALTIN, E.:
Aspekte zur Risikobetrachtung bei Entwicklungsprojekten, in: FRANKE, A.; FÜRNRÖHR, M.: Risikomanagement von Projekten, Verl. TÜV Rheinland, Köln 1990

BEHLMER, A.; KÖTH C.-P.:
Zulieferer unter Druck, in: Automobil Industrie, Jg. o. A., Heft 10, 2002, S. 26-30

BELLABARBA, A.:
Vorgehensweise zur Berücksichtigung des umfassenden Qualitätsmanagements bei Unternehmensgründungen, Diss., Technische Universität Berlin 2003

BENZ, C.:
Qualitätscontrolling, in: ZOLLONDZ, H.D.: Lexikon Qualitätsmanagement – Handbuch des Modernen Managements auf der Basis des Qualitätsmanagements, Oldenburg, München 2001

BERNHARD, M. G.; HOFFSCHRÖER, S.:
Balanced Scorecard – Strategien umsetzen, Prozesse steuern, Kennzahlensysteme entwickeln, Symposium, Düsseldorf 2001

BIROLINI, A.:
Qualität und Zuverlässigkeit technischer Systeme, Springer, Berlin 1991

BLANKENBURG, D.A.:
Evaluation von Performance Measurement Systemen – eine empirische Analyse, Diss., Universität St. Gallen 1999

BORTZ, J.; KIENERT, G.; BOEHNKE, K.:
Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik, Springer, Berlin 1989

- BOSCH, K.:
Lexikon der Statistik, Oldenburg, München 1997
- BOULDING, W.; KALRA, A.; STAELIN, R.; ZEITHAML, V.A.:
A Dynamic Process Model of Service Quality, in: Journal of Marketing Research, Vol. 30. No. 1, 1993, S. 7-27
- BRANDON, D.:
Project Performance Measurement, in: MORRIS, P. (Hrsg.): The Wiley Guide to Managing Projects, Wiley & Sons, Hoboken 2004, S. 830-851
- BRANDT, T.:
Prozessorientiertes Controllingkonzept für Maßnahmen des Total Quality Managements, Diss., Technische Universität Berlin 1999
- BRANDT, T.:
Analyse existierender Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung, in: Qualität und Wirtschaftlichkeit, HANSEN, W.; KAMINSKE, G. (Hrsg.), Symposion Publishing, Düsseldorf 2002
- BROCKHOFF, K.:
Effizienz von Forschung und Entwicklung, in: STAUDT, E. (Hrsg.): Das Management von Innovationen, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt 1986, S. 343-355
- BROCKHOFF, K.:
Forschung und Entwicklung, Planung und Kontrolle, Oldenburg, München 1999
- BRÜCKLER, A.:
Kennzahlen als Führungsinstrument, Zürich 1977
- BRUHN, M.:
Wirtschaftlichkeit des Qualitätsmanagements – Qualitätscontrolling für Dienstleistungen, Springer, Berlin 1998
- BRUHN, M.; GEORGI, D.:
Kosten und Nutzen des Qualitätsmanagements: Grundlagen – Konzepte – Fallbeispiele, Hanser, München 1999
- BULLINGER, H.-J.; KISS-PREUSSINGER, E.; SPATH, D.:
Automobilentwicklung in Deutschland – Wie sicher ist die Zukunft?, Fraunhofer-IRB-Verl., Stuttgart 2003
- BÜNTING, F.:
Qualitätsmanagement in der Produkt- und Prozessplanung – Stand der Realisation am Beispiel der Deutschen Elektro- und Elektronikindustrie, Diss., Technische Hochschule Darmstadt 1995
- BÜRGEL, H.-D.; BINDER, M.:
F&E-Management, Valen, München 1996
- BÜRGGEMANN, H.:
Wider die Komplexität – Rückrufaktionen vermeiden durch Qualitätsmethoden, QZ, Jg. 50, Heft 10, 2005
- BURGHARDT, M.:
Projektmanagement – Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten, Publicis Corporate Publ., Erlangen 2002
- CASH, J.I.; MACFRLAN, F.W.; MACKENNEY, J.L.:
Corporate information systems management: The issues facing senior executives, Homewood, Ill.: Irwin 1992

- COOPER, R.:
Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products, in: Business Horizons, Mai-Juni, 1990, S. 44-53
- CORSTEN, H.:
Die Gestaltung von Innovationsprozessen, Technological economics, 29, Berlin 1989
- CREELMAN, J.:
Building and implementing a balanced scorecard, Business Intelligence, London 1998
- CROCKET, F.:
Revitalizing executive information systems, Sloan Management Review (4), 1992
- DAENZER, W. F.; HUBER, F.:
Systems Engineering, Methodik und Praxis, Industrielle Organisation, Zürich 1994
- DALE, B. G.; PLUNKETT, J.J.:
Quality Costing, Chapman and Hall, London 1991
- DAUM, A.:
Erfolgs- und Misserfolgskriterien im Büro-Projektmanagement, Hampp, München 1993
- DGQ-Band 11-04:
Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (Hrsg.): Managementsysteme – Begriffe – Ihr Weg zu klarer Kommunikation, Beuth, Berlin 2005
- DGQ-Band 13-51:
Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (Hrsg.): Qualitätsmanagement in der Entwicklung, Beuth, Berlin 1995
- DIETHELM, G.:
Projektmanagement, Bd. 1 Grundlagen, Neue Wirtschafts-Briefe, Berlin 2000
- DIN 40041-12:
Zuverlässigkeit; Begriffe, Beuth, Berlin 1990
- DIN 55303-7:
Statistische Auswertung von Daten – Teil 7: Schätz- und Testverfahren bei zweiparametrischer Weibull-Verteilung, Beuth, Berlin 1996
- DIN 62198:
Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Risikomanagement für Projekte – Anwendungsleitfaden, Ref.Nr. DIN IEC 62198:2002-09
- DIN EN ISO 8402:
Qualitätsmanagement - Begriffe, DIN e.V., DIN EN ISO 8402:1995, Beuth, Berlin
- DIN EN ISO 9000:2005:
Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe, DIN e.V., DIN EN ISO 9000:2005, Beuth, Berlin
- DRONGELEN, C. K.; COOK, A.:
Design principles for the development of measurement systems for research and development processes, in: R&D Management, Vol. 27(4), 1997, S. 345-357.
- DUDEN:
Das große Fremdwörterbuch, Herkunft und Bedeutung der Fremdwörter, Duden, Mannheim 2003
- DWORATSCHEK, S.:
Topics of Project Risk Management, in: AVOTS, I.; DWORATSCHEK, S. (Hrsg.): The state of the Art in Project Risk Management, Proceedings of the International Expert Seminal, Atlanta, Zürich 1990

- ECKRICH, K.; BERNECKER, M.:
Handbuch Projektmanagement, Oldenburg, München 2003
- EFQM:
Das EFQM-Modell für Excellence, VDA Band 18.1; Reitz, 2000
- EFQM:
European Foundation for Quality Management: The fundamental concepts of Excellence, Brüssel 2003
- EHRENSPIEL, K.:
Integrierte Produktentwicklung, Hanser, München 1995
- ERTÜRK, Ü.; HACKLER, R.:
FMEA – Ein Praxisbeispiel aus der Messtechnik, in: QZ, Jg. 37, Heft 9, 1992, S. 542-544
- EULER, M.:
Effizienzbewertung präventiver Qualitätsmanagementprozesse, Beuth, Berlin 1998
- EUSKE, K.; LEBAS, M.:
A Conceptual and Operational Delineation of Performance, in: NEELY, A.D.; WAGGONER, D.B. (Hrsg.): Performance Measurement – Theory and Practice, The Judge Institute of Management Studies, Cambridge 1998, S. 333-340
- EVANGELIDIS, K.:
Performance measured performance gained, in: The Treasurer 1992, Vol. (February), 1992, S. 45-47.
- EVERSHEIM, W.:
Prozessorientiertes Qualitätscontrolling – Qualität messbar machen, Springer, Berlin 1997
- EVERSHEIM, W.:
Leitfaden zur kooperativen Modulentwicklung – Abschlussdokumentation im Projekt VIA-OK (Verbundinitiative Automobil – optimierte Kooperation), Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre, Aachen 1998
- EVERSHEIM, W.; SCHUH, G.:
Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung, Springer, Berlin 2005
- FIEDLER, R.:
Controlling von Projekten – Projektplanung, Projektsteuerung und Projektkontrolle, Vieweg, Wiesbaden 2003
- FISCHER, W.; DANGELMAIER, W.:
Produkt- und Anlagenoptimierung: Effiziente Produktentwicklung und Systemauslegung, Springer, Berlin 2000
- FISCHER, W.; GESCHKE, J.; KORDES, T.; MULTHAUPT, H.:
Projektziele setzen – und erreichen: Das Projektmanagement während der Entwicklung, in: ATZ, Jg. 100, Heft 5, 1998, S. 164-171
- FLANAGAN, J.C. :
The Critical Incident Technique. Psychological Bulletin, 51.4, 1954, S. 327-359.
- FQS:
Forschungsbericht: Rechnergestützte, wissensbasierte Erstellung von Fehlermöglichkeits- und Einflussanalysen (FMEA). FQS-DGQ- Schrift 85-02, Beuth, Berlin 1994
- FREI, U.; HARTMANN, J.:
Wettbewerbsfähiger mit effektivem Prozessmanagement, in: io-Management, Betriebswirtschaftliches Institut (BWI) der ETH Zürich, Jg. 1968, Heft 10, 1999, S. 74-79
- FRIEDAG, H.; SCHMIDT, W.:
Balanced Scorecard, Haufe, Freiburg, 2002

FRIES, S.; SEGHEZZI, H.D.:

Entwicklung von Messgrößen für Geschäftsprozesse, in: Controlling 6, 1994, S. 338-345

FRITZ, W.:

Marketing – ein Schlüsselfaktor des Unternehmenserfolges? Eine kritische Analyse vor dem Hintergrund der empirischen Erfolgsfaktorenforschung, in: Marketing – Zeitschrift für Forschung und Praxis, Nr. 2, 1990 S. 91-110

FÜERMANN, T.:

Prozessmanagement: Von der Planung zur Umsetzung- Erkenntnisse und Erfahrungen, in KAMISKE, G. F.(Hrsg.): Bausteine des Innovativen Qualitätsmanagements, München: Hanser, 1997

GEANURACOS, J.; MEIKLEJOHN, I.:

Performance Measurement: The New Agenda, Business Intelligence, London 1993

GEBERICH, C.:

Von der Qualitätsstrategie zum Qualitätscontrolling, in: Total Quality Management als Erfolgsstrategie, BERNDT, R. (Hrsg.), Springer, Berlin 1995

GEIGER, O.:

Kennzahlenorientiertes Entwicklungscontrolling, Diss., Universität Braunschweig, 2000

GEIGER, W.:

Qualitätslehre – Einführung, Systematik, Terminologie, Vieweg, Wiesbaden 1998

GEIGER, W.; KOTTE, W.:

Handbuch Qualität, Vieweg, Wiesbaden 2005

GENTNER, A.:

Entwurf eines Kennzahlensystems zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung von Entwicklungsprojekten, Vahlen, München 1994

GEORGE, G.:

Kennzahlen für das Projektmanagement: Projektbezogene Kennzahlen und Kennzahlensysteme, Diss., Technische Universität Cottbus 1999

GERBOTH, T.:

Statistische Prozessregelung bei administrativen Prozessen im Rahmen eines ganzheitlichen Prozesscontrollings, Diss., Technische Universität Berlin, 2002

GERLACH, D.:

Ein Beitrag zur Gestaltung integrierter Qualitätsregelkreise, Diss., Universität Magdeburg, 1995

GLADEN, W.:

Kennzahlen- und Berichtssysteme – Grundlagen zum Performance Measurement, Gabler, Wiesbaden 2003

GLEICH, R.:

Performance Measurement, in: Die Betriebswirtschaft, 57. Jg. Heft 1, 1997, S. 114-117

GLEICH, R.:

Das System des Performance Measurement – Theoretisches Grundkonzept, Entwicklungs- und Anwendungsstand, Vahlen, München 2001

HAACKE, U.R.:

Controlling von Garantieleistungen, Diss., Technische Hochschule Aachen, 1996

HAB, G.; WAGNER, R.:

Projektmanagement in der Fahrzeugentwicklung – Effizientes Management von Fahrzeugprojekten entlang der Wertschöpfungskette, Gabler, Wiesbaden 2004

HAFFNER, A.:

Ein Modell zur Bestimmung der monetären Einsparungspotentiale bei der Durchführung einer Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA), Diss., Technische Universität Stuttgart 2005

HAIN, K:

Automatische Gewinnung von Merkmalen und Klassifizierungseigenschaften für Produkte auf Basis eines integrierten Produktmodells, Diss., Technische Universität Karlsruhe, 1997

HARNISCHFEGER, M.:

Trends und Tücken der Vernetzung im Auto, in: Automobilwoche, Crain Communications, Oberpfaffenhofen, Ausgabe 9, 28. April 2003, S. 12

HARRANT, H.; HEMMRICH, A.:

Risikomanagement in Projekten, Hanser, München 2004

HAUBER, R.:

Performance Measurement in der Forschung und Entwicklung – Konzeption und Methodik, Diss., Universität Mainz, 2002

HAUBER, R.; SCHMID, F.:

Controlling von Technologie- und Serienentwicklungsprojekten in der Mercedes-Benz-Pkw-Entwicklung der DaimlerCrysler AG, in: Innovationscontrolling – Forschungs- und Entwicklungsprozesse gezielt planen und steuern, BOUTELLIER, R.; VÖLKER, R.; VOIGT, E. (Hrsg.), Hanser, München 1999

HAUSCHILDT, J.:

Innovationsmanagement, Vahlen, München 2004

HAWLITZKY, N.:

Integriertes Qualitätscontrolling von Unternehmensprozessen – Methodische Gestaltung eines Quality Gate-Konzeptes zur Planung, Messung und Steuerung der Prozessqualität, Diss., Technische Universität München, 2002

HENZE, N.:

Stochastik für Einsteiger, Vieweg, Braunschweig 1997

HERING, E.:

Qualitätsmanagement für Ingenieure, Springer, Berlin 2003

HERRMANN, J.:

Das dritte Paradigma, in: QZ, Jg. 47, Heft 4, 2002, S. 298-299

HOFFMANN, O.:

Performance Management – Systeme und Implementierungsansätze, Diss., Universität St. Gallen, 1999

HOMBURG, C.; GIERING, A.:

Konzeptualisierung und Operationalisierung komplexer Konstrukte, in: Die Kausalanalyse HOMBURG, C.; HILDEBRANDT, L. (Hrsg.), Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1998

HORVÁTH P.; URBAN, G.:

Qualitätscontrolling, Schäffer-Poeschl, Stuttgart 1991

HORVÁTH, P.:

Controlling, Vahlen, München 1994

HORVÁTH, P.; REICHMANN, T.:

Vahlens Großes Controllinglexikon, Vahlen, München 2003

HÜTTNER, M.:

Betriebswirtschaftslehre, München, Oldenbourg, 1995

ISO/TS 16949:2002:

Qualitätsmanagementsysteme - Besondere Anforderungen bei Anwendung von ISO 9001:2000 für die Serien- und Ersatzteil-Produktion in der Automobilindustrie, ISO und International Automotive Task Force, ISO/TS 16949:2002

JAHN, H.:

Erzeugnisqualität, die logische Folge von Arbeitsqualität, in: VDI – Z 130, 1988, S. 4-12

JOHNE, S.:

Sicherheit per Matrix, in: QZ, Jg. 45, Heft 7, 2000, S. 876-882

JONES, O.; STEVENS, G.:

Evaluating failure in the innovation process: the micropolitics of new product development, in: R&D Management, Jg. 29, Heft 2, 1999, S.167-178

JURAN, J.M.:

Handbuch der Qualitätsplanung, Verl. Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1991

KALMBACH, R.; DANNENBERG, J.:

Die Automobilindustrie im Wandel, in: Automobiltechnologie 2010: Technologische Veränderungen im Automobil und ihre Konsequenzen für Hersteller, Zulieferer und Ausrüster, Die Hypovereinsbank/Mercer-Studie, 2001

KAMISKE, G.F.:

Rentabel durch TQM, Springer, Berlin 1996

KAMISKE, G.F.; THEDEN, P.:

Qualitätstechniken steigern die Rentabilität, in: QZ, Jg. 40, Heft 11, 1995, S. 1263 – 1268

KAPLAN R.S.; NORTON, D.P.:

The Balanced Scorecard – Translating Strategy into Action, Harvard Business School Press, Boston 1996

KAPLAN, R.S.; JOHNSON, T.H.:

Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting, Harvard Business School Press, Boston 1991

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P.:

Balanced Scorecard – Strategien erfolgreich umsetzen, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1997

KARGL, H.:

Management und Controlling von IV-Projekten, Oldenburg, München, 2000

KBA:

Kraftfahrtbundesamt, Kraftfahrzeugtechnik, Jahrespressebericht 2005, http://www.kba.de/Stabsstelle/Presseservice/Jahrespressebericht/2005/Jahresbericht2005_KFZ_Technik.pdf, 25.06.2006

KEIM, G.:

Projektleiter in der industriellen Forschung und Entwicklung – Anforderungen und Erfolg, Diss. Universität Kiel, 1997

KERN, W.; SCHRÖDER, H.-H.:

Forschung und Entwicklung in der Unternehmung, Rohwohlt-Taschenbuch-Verl., Reinbek bei Hamburg 1977

KERSTEN, G.:

Streuung und Unterstützung von Produkt- und Prozessentwicklung durch Methoden der präventiven Qualitätssicherung, Steuerungen-Zeitschrift, 1991

KISCHKAT, F.:

Risikomanagement: Bewährte Methode im Überblick, 12/2003, <http://www.projektmagazin.de/magazin/pm-risikomanagement.html?pmSession=>, 19.06.2006

- KLAMMA, R.:
Vernetztes Verbesserungsmanagement mit einem Unternehmensgedächtnis-Repository,
Diss. Technische Hochschule Aachen 2000
- KLATTE, H.:
FMEA: Sinn oder Unsinn?, in: QZ, Jg. 39, Heft 5, 1994, S. 524-531
- KLINGEBIEL, N.:
Leistungscontrolling in New Public Management, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und
Praxis, Jg. o. A., Heft 6, 1997, S. 629-651
- KLINGEBIEL, N.:
Integriertes Performance Measurement, Gabler, Wiesbaden 2000
- KLINGEBIEL, N.:
Performance Measurement & Balanced Scorecard, Vahlen, München 2001
- KOREIMANN, D.:
Projekt-Controlling – Methoden zur Sicherung des Projekterfolgs, Wiley-VCH, Weinheim 2005
- KORNDÖRFER, W.:
Unternehmensführungslehre, Gabler, Wiesbaden 1995
- KRALLMANN, H.; DERSZTELER, G.:
Systemanalyse im Unternehmen, Oldenburg, München 1994
- KRAUSE, O.:
Performance Management, Diss., Technische Universität Berlin 2005
- KROSLID, D.; FABER, K.; MAGNUSSON, K.; BERGMANN, B.:
Six Sigma – Erfolg durch Breakthrough-Verbesserungen, Hanser, München 2003
- KROTTMAIER, J.:
Leitfaden Simultaneous Engineering: Kurze Entwicklungszeiten, niedrige Kosten, hohe Quali-
tät, Springer, Heidelberg 1995
- KÜNG, P.; MEIER, A.; WETTSTEIN, T.:
Performance Measurement Systems must be engineered, in Communications of the Associa-
tion for Information Systems, Vol. 7, Article 3, July 2001
- KÜNG, P.; WETTSTEIN, T.:
Ganzheitliches Performance Measurement mittels Informationstechnologie, Haupt, Bern 2003
- KUPPER, H.:
Zur Kunst der Projektsteuerung, Oldenburg, München 1991
- KÜPPER, H.-U.:
Controlling, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2001
- LACHNIT, L:
Systemorientierte Jahresabschlussanalyse, Gabler, Wiesbaden 1979
- LEBAS, M.:
Performance measurement and performance management, in: International Journal of Produc-
tion Economics (9), 1995, S. 23-35
- LECHLER, T.:
Erfolgsfaktoren des Projektmanagements, Diss., Technische Universität Karlsruhe 1997
- LECHLER, T.:
Projektmanagement, Konzepte zur Einzel- und Multiprojektführung, in: Handbuch Technolo-
gie- und Innovationsmanagement, ALBERS, S.; GASSMANN, O. (Hrsg.), Gabler, Wiesbaden
2005

LEKER, J.:

Balanced Scorecard als integratives Instrument des F&E-Controllings, in: Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement, ALBERS, S.; GASSMANN, O. (Hrsg.), Gabler, Wiesbaden 2005

LESMEISTER, F.:

Verbesserte Produktplanung durch den problemorientierten Einsatz präventiver Qualitätsmanagementmethoden, in: VDI (Hrsg.): Reihe 16, Technik und Wirtschaft, Heft 132, Düsseldorf 2001

LITZ, H.P.:

Statistische Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Oldenburg, München 2003

LOMNITZ, G.:

Multiprojektmanagement: Projekte planen, vernetzen und steuern, Verlag moderne industrie, Landsberg, 2001

LÜTHI, A.; KRAHN, A. KÜNG, P.:

Herleitung von Indikatoren zur Messung der Geschäftsprozessqualität, in: Die Unternehmung, Jg. 52, Heft 1, 1998, S. 35-47

MADAUSS, B.:

Handbuch Projektmanagement, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2000

MASING, W.:

Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser, München 1994

MENSCH, G.:

Investition – Investitionsrechnung in der Planung und Beurteilung von Investitionen, Oldenburg, München 2002

METZGER, J.:

Matrix statt Liste, in: QZ, Jg. 45, Heft 5; 2000, S. 592-596

MEYER, C.:

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Kennzahlen-Systeme, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1994

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J.:

Strategy Safari - eine Reise durch die Wildnis des strategischen Managements, Ueberreuter, Wien 2002

MITTELSTRASS, J.:

Enzyklopädie der Philosophie und Wissenschaftstheorie, Metzler, Stuttgart 1995

MÖHRLE, M.:

Werkzeuge für Entwicklungsmethodiken, in: Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement, ALBERS, S.; GASSMANN, O. (Hrsg.), Gabler, Wiesbaden 2005

MÖRSDORF, M.:

Konzeption und Aufgaben des Projektcontrollings, Diss., Hochschule Koblenz, 1998

MÜLLER, G.; REINDL, P.:

Der BMW DMU-Prozess mit Entwicklungspartnern, in: Virtuelle Produktentstehung in der Fahrzeugtechnik : Tagung Berlin, 9. und 10. September 1999/VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik, VDI-Verlag, Berlin 1999, S. 135-142

NEDESS, C.; NICKEL, J.:

Qualitätskosten unterstützen die FMEA-Risikobewertung, in: QZ, Jg. 38, Heft 2, 1993, S. 114-118

- NEELY, A.; MILLS, J.; GREGORY, M.; RICHARDS, H.; PLATTS, K.; BOURNE, M.:
Getting the measure of your business, University of Cambridge, Cambridge 1996
- PAQUIN, J. P.; COUILLARD, J.; FERRAND, D.;
Assessing and Controlling the Quality of a Project End Product:: The Earned Quality Method,
In: IEEE Transactions on Engineering Management, Jg. 47, Heft 1, 2000, S. 88-97
- PATZAK, G.; RATTAY, G.:
Projektmanagement, Linde, Wien 1998
- PETRICK, K.; EGGERT, R., BUTTERBRODT, D.:
Umwelt- und Qualitätsmanagementsysteme, Hanser, Wien, 1995
- PFEIFER, T.:
Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken, Hanser, München 2001
- PFEIFER, T.:
Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken, Hanser, München 1993
- PFEIFER, T.; CANALES, C.:
Integrativen Qualitätsplanungssystematik, in: Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung,
EVERSHEIM, W.; SCHUH, G. (Hrsg.), Springer, Berlin 2005
- PFEIFER, W.:
Etymologisches Wörterbuch des Deutschen, dtv, 1997
- PLATZ, J., SCHMELZER, H. J.:
Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung, Springer, Berlin 1986
- PLATZ, J.:
Aufgaben der Projektsteuerung – Ein Überblick, in: RESCHKE, H., SCHELLE, H., SCHNOPP,
R. (Hrsg.), Handbuch Projektmanagement, Verl. TÜV Rheinland, Köln, 1989
- PMI:
Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of
Knowledge, PMI Publishing Division, Forty Colonial Square, 2004
- QS 9000:
QS 9000 – QM-System-Forderungen, Beuth, Berlin 1998
- RADTKE, P.; WILMES, D.:
European Quality Award – Die Kriterien des EQA umsetzen, Hanser, München 2000
- RANFTL, R.M.:
R&D Productivity – study report, Culver City, CA: Hughes Aircraft Company, 1978
- REGIUS, B.:
Kostenreduktion in der Produktion, Springer, Berlin 2002
- REITHOFER, N.:
Die Fabrik von morgen: vernetzt und wandlungsfähig !, in: EVERSHEIM, W.; KLOCKE, F.;
PFEIFER, T.; SCHUH, G.; WECK, M.: Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik: Aachener
Perspektiven, Shaker Verlag, Aachen 2002, S. 73-96
- RETTENBACH, C.; DENKMAYR, K.; HERSCHMANN, O.-W.:
Entwicklung auf Hochtouren – FMEA als Wissensmanagement-Instrument, in: QZ, Jg. 50,
Heft 1 2005, S. 28-32
- RINZA, P.:
Projektmanagement – Planung, Überwachung und Steuerung von technischen und nichttech-
nischen Vorhaben, VDI-Verl., Düsseldorf 1985

- ROCKART, J.F.:
Chief Executives Define Their Own Data Needs, in: Harvard Business Review, March-April (57) 1979, S.81-93
- ROLSTADAS, A.:
Enterprise performance measurement, in: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18(9/10), 1998, S. 989 – 999
- ROMBERG, S.:
Die Berücksichtigung von Fehlerkosten im Rahmen eines Qualitätskostenmanagements, Diss., Europäische Hochschulschriften: Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft, Frankfurt/M 1998
- ROMMEL, G.; BRÜCK, F.; DIEDERICHS, R.; KEMPIS, R.D.; KAAS, H.W.; FURY, G.:
Qualität gewinnt – Mit Hochleistungskultur und Kundennutzen an die Weltspitze, McKinsey&Company, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1995
- RÖPKE, M. F.:
Management der Leistungssteigerung bei Applikationsentwicklungen von Automobilzulieferern, Diss., Technische Hochschule Aachen, 2003
- RÜSBERG, K.H.:
Die Praxis des Projekt-Management, Moderne Industrie, München 1976
- RUST, R.T.; ZAHORIK, A.J.; KEININGHAM, T.L.; RUTHERFORD, J.G.:
Return on Quality – Measuring the Financial Impact of your Company's Quest for Quality, IrwinPublishing, 1994
- SAATWEBER, J.:
Nutzen- und Qualitätsmanagement im Entwicklungsprozess – Kundenanforderungen systematisch umsetzen und Risiken minimieren, in: Handbuch Produktentwicklung, SCHÄPPI, B.; ANDREASEN, M.; KIRCHGEORG, M.; RADEMACHER, F.-L. (Hrsg.), Hansen, München 2005
- SCHARER, M.:
Quality Gates mit integriertem Risikomanagement, Diss., Technische Universität Karlsruhe, 2002
- SCHELLE, H.:
Zur Lehre vom Projektmanagement, in: Handbuch Projektmanagement, RESCHKE, H.; SCHELLE, H.; SCHNOPP, R. (Hrsg.); TÜV Rheinland, Köln 1989
- SCHMELZER, H.J.:
Organisation und Controlling von Produktentwicklungen, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1992
- SCHMIDT, J.:
Möglichkeiten und Grenzen der Operationalisierung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen in der Balanced Scorecard, Diss., Universität Freiburg 2003
- SCHNORRENBURG, U.; GOEBELS, W.:
Risikomanagement in Projekten, Vieweg, Braunschweig 1997
- SCHRECKENEDER, B.C.:
Projektcontrolling – Projekte überwachen, steuern und präsentieren, Haufe, Freiburg 2004
- SCHRÖDER, A.:
Messung und Steigerung der Effizienz in der Produktentwicklung, In: Optimierung von Entwicklungszeiten: Effizienzsteigerung, Wissensmanagement, Kennzahlen. IIR Deutschland GmbH, Konferenz, 25.-26. Oktober 2000, München
- SCHUH, G.; SCHWENK, U.:
Produktkomplexität managen, Hanser, München 2001

SCHWERES, M.; WILK, B.:

Anforderungsermittlung in modernen Produktionsstrukturen, FB/IE, Heft 1, 1999, S. 168-172

SEGHEZZI, H.D.:

Integriertes Qualitätsmanagement, Hanser, München 1996

SELDERS, M.; MÄRKLE L.:

Project Scorecard: Mehr Transparenz für strategische Projekte, Projekte Magazin, 20/2003, <http://www.projektmagazin.de/magazin/pm-controlling.html?pmSession=>, 26.06.2006

SESMA VITRIÁN, E.:

Beitrag von Kosten und Nutzen der präventiven Qualitätsmethoden QFD und FMEA, Diss., Technische Universität Berlin 2004

SFB361:

Modelle und Methoden zur parallelen Produkt- und Prozessgestaltung, Sprecher: EVERSHEIM, W., Teilprojekte. Unternehmensinternes Projektmanagement integrierter Produktentstehungen (A2) und Gestaltung unternehmensübergreifender Produktentwicklungsprojekte (A3), RWTH Aachen, Arbeits- und Ergebnisbericht 1999, 2000, 2001

SHENHAR, A.; DVIR, D.; LEVY, O.; MALTZ, A.:

Project Success: A Multidimensional Strategic Concept, Long Range Planning, 34, 2001, S. 699-725

SINK, D. S.:

Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement, New York 1985

SPATH, D.; SCHARER, M.; LANDWEHR, R.; FÖRSTER, H.; SCHNEIDER, W.:

Tore öffnen – Quality-Gate-Konzept für den Produktentstehungsprozess, In: QZ, Jg. 46, Heft 12, 2001, S. 1544-1549

SPECHT, G.; SCHMELZER, H.:

Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung, Stuttgart 1991

SPECHT, G.; BECKMANN, C., AMELINMEYER, J.:

F&E-Management: Kompetenz im Innovationsmanagement, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2002

SPECHT, G.; BECKMANN, C.:

F&E – Management, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1996

SPUR, G.:

Fabrikbetrieb, München, Hanser, 1994

STAEHLE, W.:

Kennzahlen und Kennzahlensysteme als Mittel der Organisation und Führung von Unternehmen, Gabler, Wiesbaden 1969

STAHL, H.W.:

Controlling, Gabler, Wiesbaden 1992

STAHL, P.:

Die Qualitätstechnik FMEA als Lerninstrument in Organisationen, Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 1997

STAUSS, B.:

Der Einsatz der "Critical Incident Technique" im Dienstleistungsmarketing, in: TOMCZAK, T.; BELZ, C. (Hrsg.): Kundennähe realisieren, Verl. Thexis, St.Gallen 1994, S. 233-250

STEINMANN, H.; SCHREYÖGG, G.:

Management - Grundlagen der Unternehmensführung, Gabler, Wiesbaden 1993

STENZEL, C.; STENZEL, J.:

The King goes to War, in: Journal of Strategic Performance Measurement 1 (1997) 3, 1997, S. 41-47

STOCKINGER, K.:

Datenfluss auf dem Feld, in: MASING, W. (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser, München 1994

STUMVOLL, H.:

Return on Quality (ROQ): Wirtschaftlichkeit von Produktqualität aus Unternehmenssicht, Diss. Technische Hochschule Aachen, 2004

TATIKONDA, M.; ROSENTHAL, S.:

Successful execution of product development projects: Balancing firmness and flexibility in the innovation process, in: Journal of Operations Management, Jg. 18, Heft 4, 2000, S. 401-425

THEDEN, P.:

Analyse der Rentabilität von Qualitätstechniken, Diss., Technische Universität Berlin, 1997

VAHS, D.; BURMESTER, R.:

Innovationsmanagement, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2002

VDA Band 4 Teil 1:

Sicherung der Qualität im Serieneinsatz – Partnerschaftliche Zusammenarbeit, Abläufe, Methoden, VDA-Schrift, Frankfurt/M. 1996

VDA Band 4 Teil 2:

Sicherung der Qualität im Serieneinsatz – System FMEA, VDA-Schrift, Frankfurt/M. 1996

VDA Band 4 Teil 3:

Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz - Projektplanung, VDA-Schrift, Frankfurt/M. 1998

VDA Band 6 Teil 1:

Grundlagen: Qualitätsaudit, allgemeine Grundlagen - Qualitätsmanagement-Systemaudit, VDA-Schrift, Frankfurt/M. 1998

VDA:

Jahresbericht Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) – Auto 2000, Frankfurt/M. 2000

VESTER, F.:

Ballungsgebiete in der Krise, Dt. Taschenbuch-Verlag, 1987

VOEGELE, A.:

Das große Handbuch Konstruktions- und Entwicklungsmanagement, Verl. Moderne Industrie, Landsberg 1997

WALL, F.:

Ursache-Wirkungsbeziehungen als ein zentraler Bestandteil der Balanced Scorecard, in: Controlling, Jg. o. A.; Heft. 2, 2001

WALZ, G.:

Lexikon der Statistik, Spektrum, Heidelberg, 2002

WASIELEWSKI, E.:

Projektvergleichstechnik, TÜV-Verlag GmbH, Köln 2003

WEBER, J.; SCHÄFFER, U.:

Balanced Scorecard & Controlling, Gabler, Wiesbaden 1999

WENDEHALS, M.:

Kostenorientiertes Qualitätscontrolling – Planung, Steuerung, Beurteilung, Diss., Universität Paderborn, 2000

WERNER, B.M.:

Messung und Bewertung der Leistung von Forschung und Entwicklung im Innovationsprozess, Diss., Technische Universität Darmstadt, 2002

WETTSTEIN, T.:

Gesamtheitliches Performance Measurement, Diss., Universität Fribourg, 2002

WHEELWRIGHT, S.C.:

Revolution der Produktentwicklung, Spitzenleistung in Schnelligkeit, Effizienz und Qualität durch dynamische Teams, Campus-Verl., Frankfurt/M. 1994

WIESSLER, F.E.:

Reife Produkte durch effiziente Qualitätslenkung in Entwicklungsprojekten. Erfolgreiche Produktentwicklung – Methoden und Werkzeuge zur Planung und Entwicklung von marktgerechten Produkten, VDI, 5.-6. Oktober 2000, Stuttgart 2000

WILDEMANN, H.:

Kosten und Leistungsbeurteilung für präventive Qualitätssicherungssysteme, in KAMISKE, G. F. (Hrsg.): Die hohe Schule des Total Quality Management, Springer, Berlin 1994

WILMES, D.; RADTKE, P.; AURICH, M.:

TQM-gerechtes Controlling, Hanser, München, 2000

WLEKLINSKI, C.:

Methode zur Effektivitäts- und Effizienzbewertung der Entwicklung maschinenbaulicher Anlagen, Diss., Universität Paderborn, 2001

WOLTER, O.:

Wirtschaftlichkeitsbeurteilung von TQM-Investitionen, in: Qualität und Wirtschaftlichkeit, HANSEN, W.; KAMINSKE, G. (Hrsg.), Symposion Publishing, Düsseldorf 2002a, S. 93-117

WOLTER, O.:

TQM Scorecard, Hanser, München 2002b

WOLTER, O.:

Ein TQM-Kennzahlensystem, in: Qualität und Wirtschaftlichkeit, HANSEN, W.; KAMINSKE, G. (Hrsg.), Symposion Publishing, Düsseldorf 2002a, S. 205-233

WOLTER, O.:

Entwicklung und praktische Erprobung eines Kennzahlensystems für das Total Quality Management, Diss., Technische Universität Berlin, 1997

ZANGEMEISTER, C.:

Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, Wittemann, München 1976

ZIMMERMANN, J.; STARK, C.; RIECK, J.:

Projektplanung, Springer, Berlin 2006

ZIMMERMANN, T.P.:

Vernetztes Denken und Frühwarnung, Diss., Universität St. Gallen 1992

ZISCHKA, S.:

Zielgerichtete Qualitätsplanung in der Produktentwicklung, Diss., Universität Hannover, 2000

ZOHN, F.:

Management der Diskontinuitäten am Beispiel der Mechatronik in der Automobilindustrie, Diss., Technische Hochschule Aachen, 2004

ZOLLONDZ, H.D.:

Lexikon Qualitätsmanagement, Oldenburg, München 2001