

**Methode zur Leistungsbewertung
und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung**

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät für Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Maria Balazova
aus Ruzomberok

Tag des Kolloquiums: 21. Dezember 2004

Referent: Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier

Korreferent: Prof. rer. nat. Wilhelm Schäfer

Vorwort

Die vorliegende Dissertation – Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung – entstand während meiner Tätigkeit als Promotionsstudentin am Fachgebiet Rechnerintegrierte Produktion des Heinz Nixdorf Instituts (HNI) der Universität Paderborn.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, dem Leiter des Fachgebietes Rechnerintegrierte Produktion am Heinz Nixdorf Institut, für die stete Förderung und die kritische Auseinandersetzung mit meiner wissenschaftlichen Arbeit.

Herrn Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer, dem Leiter des Fachgebietes Softwaretechnik in der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik der Universität Paderborn und Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek, dem Leiter des Fachgebietes Mechatronik und Dynamik am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn, danke ich für die Übernahme des Korreferats und für die Betreuung der Dissertation.

Mein Dank gilt darüber hinaus der International Graduate School of Dynamic Intelligent Systems, einer Einrichtung der Universität Paderborn, für die Ermöglichung und Förderung meiner wissenschaftlichen Arbeit.

Ich danke allen Kolleginnen und Kollegen für die gute Zusammenarbeit. Ein spezieller Dank gilt Herrn Dipl.-Wirt.-Ing. Christoph Wenzelmann, der mit seinem Einsatz und seinen Anregungen zum Gelingen meiner Dissertation beigetragen hat. Weiterhin hervorzuheben sind hier Frau Dipl.-Wirt.-Ing. Ursula Frank, Herr Dipl.-Wirt.-Ing. Jan Stefan Michels und Herr Dipl.-Wirt.-Ing. Daniel Steffen, die mit vielen offenen Diskussionen während der Entstehung dieser Arbeit einen großen Beitrag für das Zustandekommen der Arbeit geleistet haben. Ferner gilt mein Dank allen weiteren Kollegen, studentischen Mitarbeitern und Diplom- und Studienarbeitern im Team Innovationsmanagement für ihre Unterstützung und ihre Anregungen.

Ein besonderer Dank gilt all jenen, die in meinem persönlichen Umfeld die Voraussetzungen geschaffen haben, eine solche Arbeit entstehen zu lassen und die mich in den vergangenen Jahren so umfangreich unterstützt haben, dass ich es nicht einzeln aufzuzählen vermag.

Paderborn, im Februar 2005

Maria Balazova

Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Problematik.....	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Vorgehensweise	4
2 Entwicklung mechatronischer Systeme.....	7
2.1 Mechatronische Systeme.....	7
2.2 Entwicklungsvorgehen	12
2.3 Problembeschreibung	15
2.3.1 Besonderheiten der Entwicklung mechatronischer Systeme	15
2.3.2 Entwicklungsvorgehen in der Praxis	17
3 Aspekte der Leistungsbewertung und –steigerung der Mechatronikentwicklung.....	21
3.1 Handlungsfelder der Entwicklung mechatronischer Systeme ..	21
3.2 Effektivität und Effizienz der Entwicklung mechatronischer Systeme	24
3.3 Allgemeiner Problemlösungszyklus als Rahmen einer Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung	27
3.4 Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung	29
3.4.1 Allgemeine Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung.....	30
3.4.2 Anforderungen an die Leistungsbewertung	31
3.4.3 Anforderungen an die Leistungssteigerung	31
3.4.4 Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit einer Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung	32

4 Analyse des Standes der Technik	33
4.1 Domänenspezifische Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung.....	36
4.1.1 Capability Maturity Model (CMM).....	36
4.1.2 Capability Maturity Model Integration (CMMI).....	41
4.2 Domänenunabhängige Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung.....	53
4.2.1 Benchmarking.....	53
4.2.2 European Foundation for Quality Management- Excellence Model (EFQM-Model).....	58
4.2.3 Die Qualitätsnormen nach ISO 9000ff.	63
4.2.4 Six Sigma	66
4.3 Handlungsbedarf	71
5 Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung	75
5.1 Vorgehensweise zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung	75
5.2 Soll-Profil-Ermittlung	78
5.2.1 Ermitteln der Vernetzung der Handlungselemente	85
5.2.1.1 Bewertung des direkten Einflusses.....	85
5.2.1.2 Bewertung des indirekten Einflusses	87
5.2.1.3 Darstellung der Ergebnisse	88
5.2.2 Ermitteln des Zielbeitrags der Handlungselemente zu den Entwicklungszielen.....	90
5.2.3 Ermitteln der Leistungsrelevanz der Handlungselemente.....	94
5.2.4 Identifizieren des Soll-Profil der Produktentwicklung ...	99
5.3 Ist-Profil-Ermittlung	103
5.3.1 Erheben von Daten zur Leistungsbewertung.....	104
5.3.2 Auswerten der erhobenen Daten	108
5.4 Entwicklung der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung.....	109
5.4.1 Ermitteln des Handlungsbedarfs.....	110
5.4.2 Erstellen der Handlungsbasis	112
5.4.3 Bewerten und auswählen der Zielloptionen.....	117
5.4.3.1 Aufwandanalyse der Zielloptionen.....	118
5.4.3.2 Nutzenanalyse der Zielloptionen	121
5.4.3.3 Zusammenfassen und Darstellen der Ergebnisse aus der Aufwand- und Nutzenanalyse	124

6 Zusammenfassung und Ausblick 133

7 Literaturverzeichnis 135

Anhang

1 Einleitung

1.1 Problematik

Die Gesellschaft wird mit einem Wandel von national geprägten Industriegesellschaften zur globalen Informationsgesellschaft konfrontiert. Die Haupttreiber sind die rasante technologische Entwicklung und die Globalisierung. Die fortschreitende Globalisierung eröffnet neue Möglichkeiten, aber auch neue Anforderungen, insbesondere an kleine und mittelständische Maschinenbauunternehmen. Die technologische Entwicklung im Maschinenbau hat in den letzten Jahrzehnten einen Wandel mit sich gebracht. Heute spielen Elektronik, Regelungstechnik und Software eine größere Rolle als früher in nur mechanisch arbeitenden Maschinen und Anlagen. Ein neuer Bereich hat sich daraus entwickelt – die Mechatronik [GL00, S. 1ff].

Die Mechatronik ist nach GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER folgendermaßen definiert [GEK01, S. 14]: „*Das ist ein Kunstwort aus Mechanik und Elektronik. Der Begriff Mechatronik umschreibt das enge Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik, Software und ggf. auch von neuen Werkstoffen.*“ Die Mechatronik nimmt eine Schlüsselposition ein. Ihr zukünftiges Potential ist sehr groß. Die Mechatronik ermöglicht, dass neue Prinzipiösungen, die die Entwicklung neuer Produkte zu stimulieren können, im Maschinenbau und in weiteren Branchen möglich werden [GL00, S. 3ff][Fla02, S. 1f]. Dieses Potential der Mechatronik führt nach GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER dazu, dass Mechatronik „*....das Kosten/Nutzen-Verhältnis bekannter Industrieerzeugnisse erheblich verbessern und so Wettbewerbsvorteile schaffen kann*“ [GEK01, S. 14]. [Gau97, S. 1]

Immer mehr Unternehmen beschäftigen sich mit mechatronischen Systemen. Wenn ein Unternehmen seine günstige Position auf den Märkten behalten möchte, muss es seine Produkte, Leistungen und Prozesse kontinuierlich verbessern. Nach GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER „*.... werden in der Konzeptphase der Produktentwicklung die entscheidenden Weichen für ein erfolgreiches Produkt gestellt*“ [GEK01, S. 306]. In der Produktentwicklung werden Leistungsmerkmale wie Funktionalität, Zuverlässigkeit, Qualität sowie Kosten des Produktes festgelegt. [BB04, S. 12ff][KB03, S. 1ff][MKB04, S. 4f]

Entscheidend für den unternehmerischen Erfolg ist neben einem marktfähigen Produkt auch die Time to Market, das heißt der Entwicklungsprozess muss in möglichst kurzer Zeit durchgeführt werden [WC94, S. 74]. Will ein Unternehmen ein wettbewerbsfähiges Produkt auf den Markt bringen, muss der Entwicklungsprozess effizient und effektiv sein. Die Effektivität und Effizienz der

Entwicklung sind wichtige Faktoren für den Erfolg eines Unternehmens. Im Kontext Produktentwicklung bedeutet Effektivität vereinfacht ausgedrückt „das richtige Produkt zu entwickeln“ und Effizienz, die Entwicklung „nach den Regeln der Kunst durchzuführen“. Im Vordergrund der geplanten Arbeit steht die Effizienz der Entwicklung; Die Effektivität ist in erster Linie durch die Strategische Produktplanung zu gewährleisten [GEK01, S. 44]: darauf wird im Rahmen dieser Arbeit nur am Rande eingegangen. [Dru74, S. 45f]

Vor dem Hintergrund des technologischen Wandels zeichnet sich in der Praxis ein erheblicher Handlungsbedarf ab: Es bestehen Effizienzdefizite in der Entwicklung [KB03, S. 5ff]. Die Entwicklung erfolgt vielerorts nicht systematisch genug. Der Grad der Verwendung der verschiedenen Entwicklungsmethoden und Entwicklungswerkzeuge schwankt stark und ist teilweise sogar erstaunlich niedrig. Nur wenige Unternehmen legen Wert auf Qualifikationsprogramme für Entwickler. Weitere Problemtypen in der Entwicklung sind fehlender Zugriff auf Information, fehlende Dokumentation, fehlender Zugriff aus Entscheider, Planungsprobleme, unbekannte Zusammenhänge und fehlender Zugriff auf Wissensträger [Lin03, S. 27]. Das Rad wird häufig neu erfunden. Das Resultat ist, dass viele Produkte nicht ihre vorgegebenen Umsatz-, Ergebnis-, Termin-, Kosten- und Qualitätsziele erreichen. [BB04, S. 3][KB03, S. 4f][Wle01, S. 2f]

Für den klassischen Maschinenbau sind beispielsweise Vorgehensweisen in der Konstruktionssystematik definiert. Diese werden in der Praxis jedoch nur zum Teil akzeptiert. In der Elektronik und der Regelungstechnik wird in der Regel sehr systematisch vorgegangen. Für die Mechatronik gibt es erste gute Ansätze für das systematische Vorgehen [VDI04], die sich jedoch in der Praxis noch nicht etabliert haben. Die Entwicklungsmethodiken für die beteiligten Ingenieurwissenschaften sind noch nicht zu einer umfassenden und etablierten Methodik integriert. Ferner ist das Entwicklungsgeschehen oftmals nicht transparent, was dazu führt, dass Eingriffsmöglichkeiten für die Überwindung dieser Defizite nicht erkannt werden und die Entwicklung von der Unternehmensleitung häufig nur als Kostenfaktor gesehen wird. [Fla02, S. 3][KB03, S. 4ff][MKB04, S. 3ff]

Für eine Verbesserung der Entwicklungsarbeit im Sinne von Effizienz können Methoden und Modelle für die Leistungsbewertung und folgende Leistungssteigerung benutzt werden. Für die Softwareentwicklung hat sich beispielsweise die Methode CMM (Capability Maturity Model) bewährt [PWC+95, S. 4ff][Tha93, S. 22ff]. Die Methode wurde im Laufe der Jahre um Aspekte wie People (P-CMM), Integrated Product Development (IPD-CMM) und Systems Engineering (SE-CMM) ergänzt und es entstand die Methode CMMI (Capability Maturity Model Integration). Hierbei handelt es sich um eine sehr komplexe Methode. Diese auf die Mechatronik auszudehnen, würde die Kom-

plexität weiter steigern, was zu erheblichen Akzeptanzproblemen im mittelständisch strukturierten Maschinenbau führen würde. Stattdessen soll die wissenschaftliche Wertschöpfung unter anderem in Richtung Einfachheit und Akzeptanz gehen.

Für die Mechatronik gibt es noch keine etablierten Bewertungsmethoden, um die Leistungseffizienz der Entwicklungsarbeit festzustellen und eine Anleitung für Verbesserungen bereitzustellen, damit das Unternehmen seine Kosten-, Qualitäts- und Produktivitätsziele erreichen kann. Gerade hier ist eine Bewertungsmethode notwendig, weil das Vorgehen in der Entwicklung nicht transparent ist. Das Geschehen in der Entwicklung mechatronischer Systeme ist oftmals chaotisch, ohne vernünftige Planung und Vorgehensweise. Hier besteht großes Verbesserungspotenzial. Die Notwendigkeit für diese Verbesserung ist offensichtlich: es ergeben sich Kosteneinsparungen, Zeiteinsparungen und eine höhere Effizienz bei der Entwicklung.

Der genannte Handlungsbedarf führt zu der Forderung, ein Verfahren bereitzustellen, das die Leistung eines Entwicklungsteams, das mechatronische Produkte zu entwickeln hat, fundiert erfassen kann und einen Weg aufzeigt, wie sich dieses Team schrittweise bis zu einem Stadium, das für das betrachtete Unternehmen den anzustrebenden Idealzustand darstellt, weiterentwickeln kann.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, aufbauend auf einer systematischen Ermittlung des Standes der Technik und des bestehenden Handlungsbedarfes auf dem betrachteten Gebiet, eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung bereitzustellen, um die Effizienz der Entwicklungsarbeit zu erhöhen.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Erarbeitung eines durchgängigen, allgemeingültigen und systematischen Vorgehensmodells zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung. Dabei werden alle wesentlichen Aspekte der Mechatronikentwicklung berücksichtigt. Die Anwendung dieser Methode soll unternehmensspezifisch sein, um die jeweiligen Randbedingungen optimal berücksichtigen zu können.

Die angestrebte Methode soll zwei Schwerpunkte aufweisen:

- **Leistungsbewertung.** Die Methode soll die Entwicklungsarbeit der mechatronischer Systeme aus drei wesentlichen Aspekten analysieren und bewerten: Mensch, Organisation und Technik.
- **Erstellung der Leistungssteigerungsstrategie.** Anhand des identifizierten Handlungsbedarfs werden Handlungsmaßnahmen in den Berei-

chen Mensch, Organisation und Technik empfohlen, um eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit zu erreichen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Zielsetzung ist der Aufwand der Methode. Das Bewertungsverfahren soll mit wenig Aufwand an Zeit, Kosten und Ressourcen durchgeführt werden können.

1.3 Vorgehensweise

Das folgende Kapitel 2 beginnt mit einer Einführung in die Mechatronik. Es werden Grundlagen erläutert und notwendige Definitionen vorgenommen. Weiterhin wird der grundsätzliche Aufbau mechatronischer Systeme dargelegt sowie die beteiligten Komponenten grundlegend vorgestellt. Anschließend wird auf die Entwicklung mechatronischer Systeme sowie auf domänenspezifische und domänenübergreifende Entwicklungsmethodiken eingegangen. Ferner werden die Charakteristika der Entwicklung mechatronischer Systeme behandelt, die bei der Entwicklung der Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung zu berücksichtigen sind. Zum Ende dieses Kapitels werden die Probleme der Entwicklungsarbeit aus dem Entwicklungsvorgehen in der Praxis abgeleitet.

Im dritten Kapitel erfolgt eine nähere Auseinandersetzung mit dem Problem und zwar aus verschiedenen Aspekten. Es werden zunächst die drei Handlungsfelder der Produktentwicklung Mensch, Organisation und Technik und deren Zusammenhang mit der Leistung bzw. Problematik der Produktentwicklung erläutert. Anschließend wird die Leistung der Produktentwicklung anhand von Gesichtspunkten der Effizienz betrachtet. Des Weiteren wird eine Rahmenstruktur zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung untersucht. Aus den aufgezeigten Problemen werden die Anforderungen an eine systematische Vorgehensweise bei der Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung abgeleitet.

Im vierten Kapitel wird der Stand der Technik der bestehenden Methoden zur Leistungsbewertung der Entwicklung beschrieben und analysiert. Es werden bestehende Methoden anhand der im dritten Kapitel aufgestellten Anforderungen untersucht, eingeordnet und bewertet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Reifegradmodellen. Abschließend wird der Handlungsbedarf für die zu erarbeitende Methode aufgrund der Bewertung der bestehenden Ansätze gegenüber Anforderungen an diese Methode aufgestellt.

Im fünften Kapitel wird die Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung vorgestellt. Zunächst erfolgt eine Gliederung der Methode in Phasen und einzelne Arbeitsschritte, die anschließen anhand eines Beispiels im Detail erläutert werden. Ferner werden an den

entsprechenden Stellen die Werkzeuge zur Unterstützung der Methode vorgestellt, die für diesen Zweck als Bestandteil der Methode entwickelt worden sind. Die Ausführungen in dieser Arbeit erfolgen weitgehend anwenderorientiert. Die hier vorgestellte Methode wird anhand eines Beispiels erläutert.

Im Kapitel sechs werden die wesentlichen Inhalte der vorliegenden Arbeit in kompakter Form zusammengefasst. Ferner wird ein Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf gegeben.

Im Anhang werden die Werkzeuge zur Unterstützung der Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung aufgelistet.

2 Entwicklung mechatronischer Systeme

Der Handlungs- und Untersuchungsbereich dieser Arbeit ist die Entwicklung mechatronischer Systeme. Dieses Kapitel gibt eine Einführung in den Untersuchungsbereich und in die in Kapitel 1.1 erwähnte Problematik.

Zunächst wird in Kapitel 2.1 der Begriff Mechatronik definiert und die Bedeutung, Struktur und Funktion mechatronischer Systeme erläutert. In Kapitel 2.2 wird auf theoretische Ansätze zum Vorgehen in der Entwicklung mechatronischer Systeme eingegangen. Es wird zwischen domänenspezifischen und domänenunabhängigen Entwicklungsmethodiken unterschieden. In Kapitel 2.3 wird das Entwicklungsvorgehen in der Praxis beschrieben und die Problemfelder der Entwicklungsarbeit in der Praxis beleuchtet.

2.1 Mechatronische Systeme

Definition und Charakterisierung mechatronischer Systeme

Der Begriff Mechatronik ist ein Kunstwort, das sich aus Mechanik und Elektronik zusammensetzt. Eine einheitliche, allgemein akzeptierte Definition des Begriffs Mechatronik ist bis heute nicht vorhanden. Die vorhandenen Definitionen unterscheiden sich aufgrund der bestehenden Anwendungsgebiete und Themenschwerpunkte, die sich mit den Technologien weiterentwickeln. Allerdings ist erkennbar, dass die bestehenden Definitionen der Mechatronik ein allgemeines Grundverständnis aufweisen. [GEK01, S. 14][VDI03, S. 6] Nach GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER [GEK01] ist Mechatronik durch Folgendes charakterisiert:

„.... Der Begriff Mechatronik umschreibt das enge Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik, Software und ggf. auch von neuen Werkstoffen. Ziel der Mechatronik ist es, das Verhalten eines technischen Systems zu verbessern, indem mit Hilfe von Sensoren Informationen über die Umgebung, aber auch über das System selbst, erfasst werden. Diese Informationen werden in Prozessoren verarbeitet, die im jeweiligen Kontext optimale Reaktionen mit Hilfe von Aktoren auslösen. Durch den Einbezug der modernen Informationstechnik in die Produkte selbst können anpassungsfähige technische Systeme entstehen. Diese Systeme sind in der Lage, auf Veränderungen ihrer Umgebung zu reagieren, kritische Betriebszustände zu erkennen und Abläufe,

die nur schwer steuerbar sind, durch Einsatz der Regelungs-technik zu optimieren.“ [GEK01, S. 14]

Damit werden neue Prinziplösungen im Maschinenbau und in artverwandten Branchen möglich, die das Kosten-Nutzen-Verhältnis gegenüber gegenwärtigen Produkten verbessern, aber auch neue heute noch nicht bekannte Produkte stimulieren. In Bild 2-1 sind die Ingenieursdisziplinen, die hauptsächlich an der Entwicklung mechatronischer Systemen beteiligt sind, abgebildet.

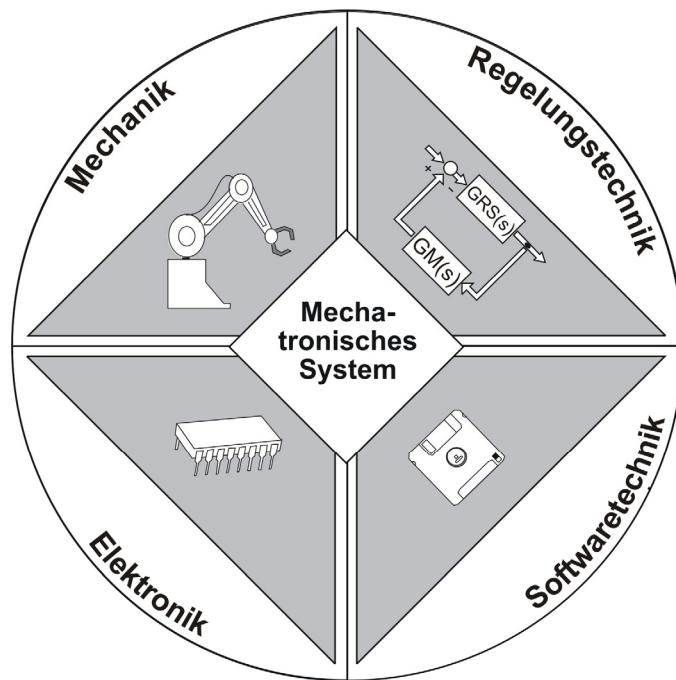


Bild 2-1: Darstellung der hauptsächlich an der Entwicklung komplexer technischer Systeme beteiligten Fachdisziplinen [GEK01, S. 33]

Grundsätzliche Struktur mechatronischer Systeme

In Bild 2-2 ist die grundsätzliche Struktur eines mechatronischen Systems abgebildet. Mechatronische Systeme bestehen prinzipiell aus einem mechanischen Grundsystem, Sensoren, Aktoren und einer Informationsverarbeitung [GEK01, S. 28f]. Die Sensoren erfassen Bewegungs- oder Zustandsgrößen des Grundsystems und leiten sie weiter an eine Informationsverarbeitung, wo die notwendigen Einwirkungen bestimmt werden. Durch Aktorik werden diese Einwirkungen auf das Grundsystem umgesetzt. Durch die Pfeile in Bild 2-2 sind die Beziehungen zwischen den Komponenten mittels Flüssen dargestellt. Grundsätzlich werden drei Arten von Flüssen unterschieden [PB97, S. 40f]:

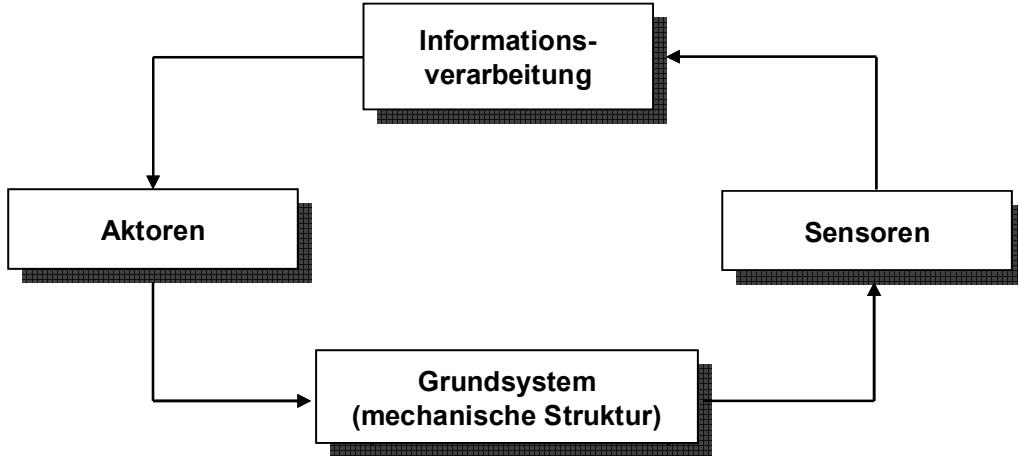


Bild 2-2: Grundsätzliche Struktur eines mechatronischen Systems [GEK01, S. 28]

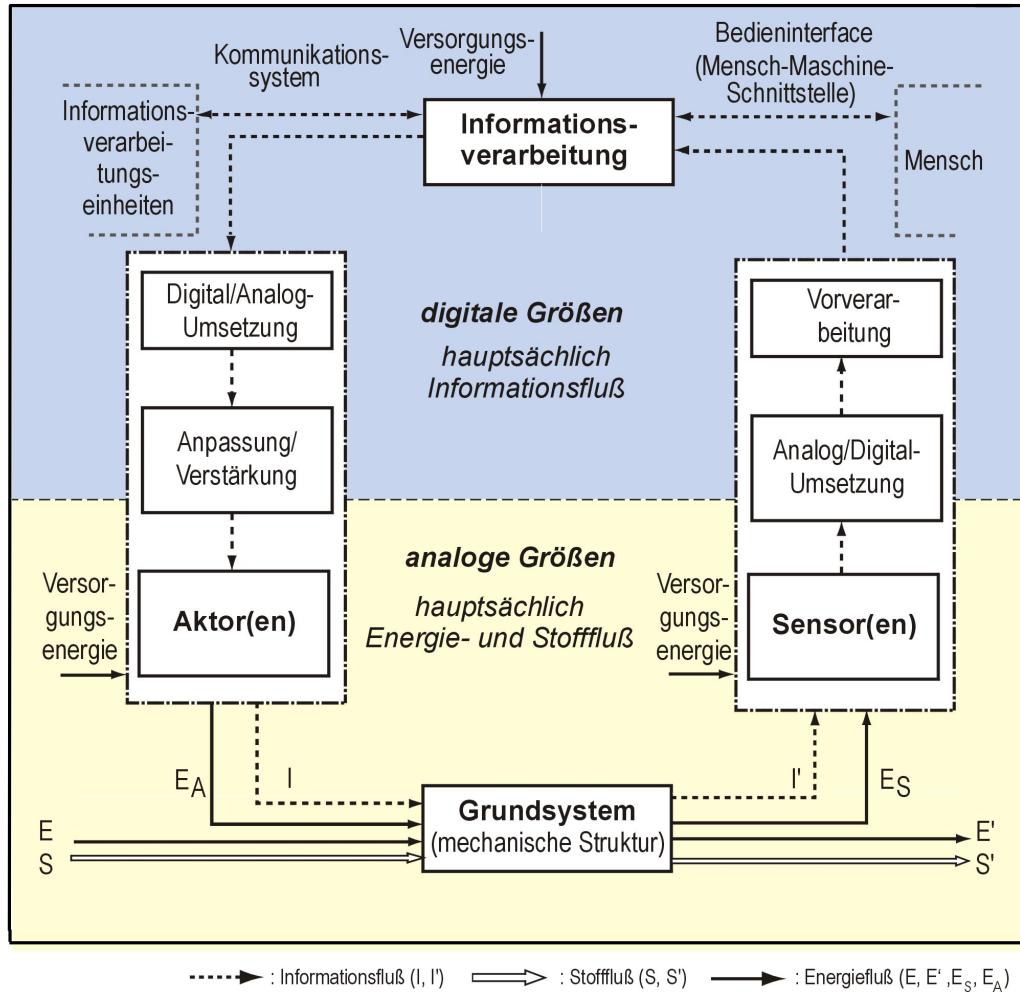
Stoffflüsse: Zum Beispiel feste Körper, Prüfgegenstände, Behandlungsobjekte oder Flüssigkeiten sind Stoffe, die zwischen Einheiten mechatronischer Systeme fließen können.

Energieflüsse: Unter Energie ist jede Art der Energieform zu verstehen, wie zum Beispiel mechanische, thermische oder elektrische Energie als auch Größen wie Kraft oder Strom.

Signal- bzw. Informationsflüsse: Die Informationen, die zwischen den Komponenten mechatronischer Systeme ausgetauscht werden, sind zum Beispiel Messgrößen, Steuerimpulse oder Daten.

In Bild 2-3 sind der Prinzipielle Aufbau und die Anordnung der Komponenten mechatronischer Systeme in detaillierter Form dargestellt. Die Komponenten sind über alle drei Arten von Flüssen verkettet. In dem Aufbau sind grundsätzlich zwei Teile zu unterscheiden: der informationsverarbeitende Teil (obere Hälfte) und der energieverarbeitende Teil (untere Hälfte). Die Schnittstellen zwischen beiden Teilen wandeln die digitale Daten in analoge und umgekehrt. Die Bereiche Sensorik als auch Aktorik sind mit weiteren Funktionseinheiten integriert. Durch die Integration von Analog/Digital-Umsetzern und Mikroprozessoren entstehen „intelligente“ Sensoren. Durch die Integration von Digital/Analog-Umsetzern und Anpassungs- und Verstärkerschaltungen entstehen „intelligente“ Aktoren. Die „intelligenten“ Sensoren messen hierbei analoge physikalische Größen, digitalisieren die gemessenen Werte und übertragen die Signale an die Informationsverarbeitung. Die „intelligenten“ Aktoren werden direkt durch die digitalen Signale der Informationsverarbeitung angesteuert. Die Signale werden in analoge Größen umgesetzt und verstärkt. Durch sie werden dann die Kräfte aufgebracht. Die Informationsverarbeitungseinheiten erzeugen durch die Verarbeitung der Sensorinformationen die Steuerinformationen für die Aktoren, um die vorgegebenen Ziele zu erreichen. Die Verarbei-

tungseinheiten sind häufig untereinander über ein Kommunikationssystem verknüpft oder kommunizieren mit dem Benutzer über ein oder mehrere Bedieninterfaces. [GEK01, S. 31f][Köc04, S. 8f]



Weiterhin sind mechatronische Systeme durch eine hohe Komplexität charakterisiert. In Bild 2-4 ist die Strukturierung mechatronischer Systeme nach LÜCKEL dargestellt. Diese Strukturierung ist geeignet, um die hohe Komplexität mechatronischer Systeme zu beherrschen:

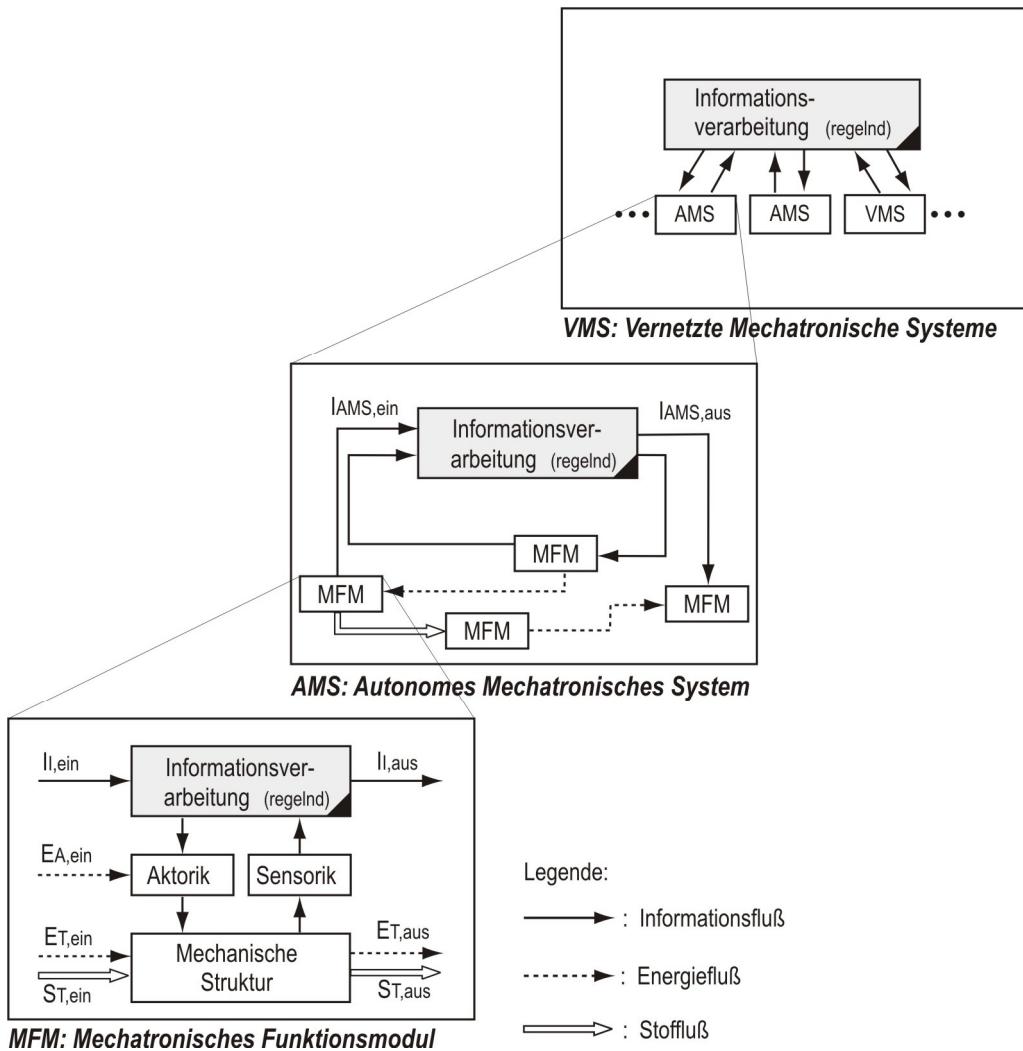


Bild 2-4: Strukturierung von mechatronischen Systemen [LHL01]

„Die Basis bilden sog. Mechatronische Funktionsmodule (MFM), die aus einer Tragstruktur, Sensoren, Aktoren und einer lokalen Informationsverarbeitung bestehen. Autonome Mechatronische Systeme (AMS) werden aus informations-technisch und/oder mechanisch gekoppelten MFM aufgebaut. Sie beinhalten zugeordnete Sensoren und eine zugehörige Informationsverarbeitung. In dieser Informationsverarbeitung werden übergeordnete Aufgaben wie beispielsweise Überwachung mit Fehlerdiagnose und Instandhaltungsentscheidungen realisiert sowie Vorgaben für die lokale Informationsverarbeitung der MFM generiert. AMS bilden sog. Vernetzte Mechatronische Systeme (VMS). VMS entstehen allein durch die Kopplung der beteiligten AMS via Informationsverarbeitung. Analog zu AMS werden in der Informationsverarbei-

tung von VMS übergeordnete Aufgaben realisiert.“ [LHL01, S. 2ff]

Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die hohe Komplexität mechatronischer Systeme sich in der hohen Komplexität der Entwicklungsarbeit wider spiegelt (vgl. Kapitel 2.3.1).

2.2 Entwicklungsverfahren

In Bild 2-5 ist das 3-Zyklen-Modell dargestellt, das die integrative Planung und Entwicklung von mechatronischen Systemen von der Idee bis zum erfolgreichen Markteintritt beschreibt.

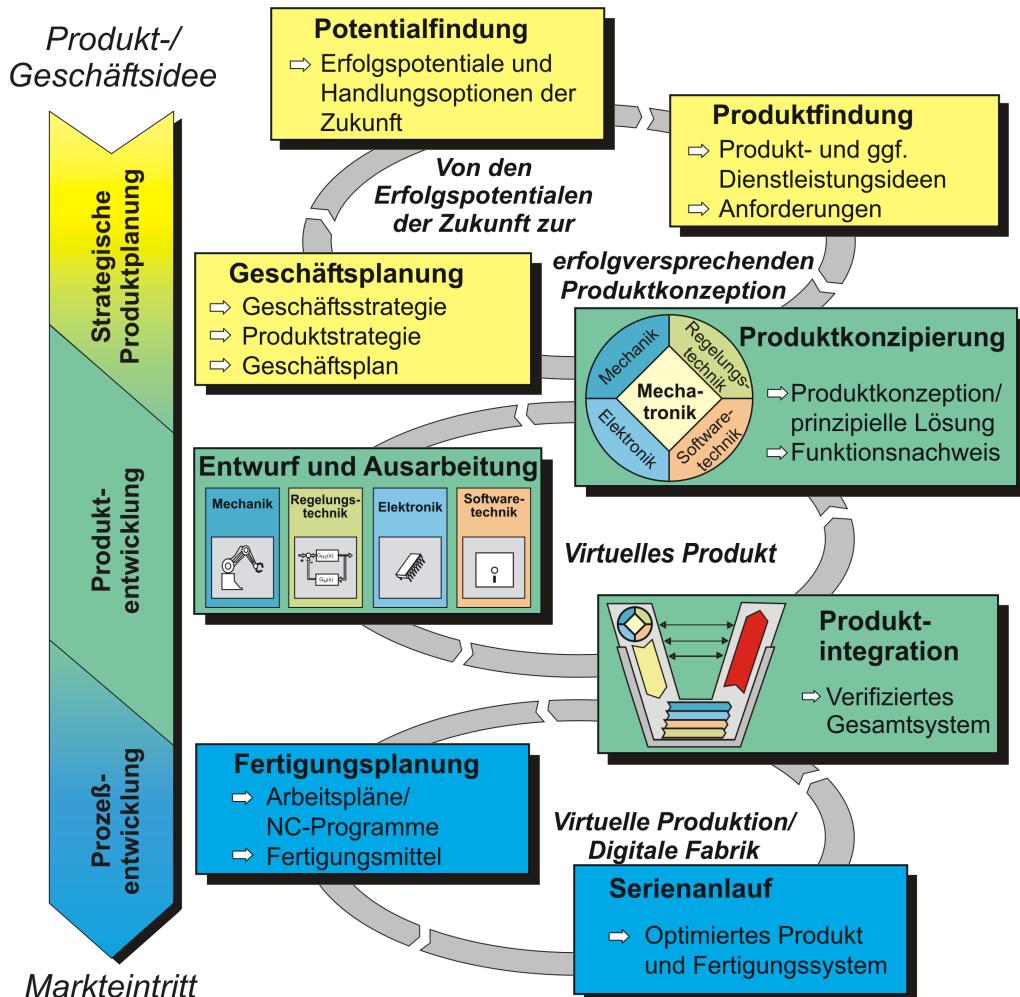


Bild 2-5: Der Produktentstehungsprozess als Folge von Zyklen [GB04, S. 65]

Der Produktentstehungsprozess umfasst die Funktionsbereiche Produktplanung/Produktmarketing, Entwicklung/Konstruktion, und Fertigungspla-

nung/Fertigungsmittelbau. Dieser Prozess kann als Phasenmodell gesehen werden, was der gängigen Lehre entspricht [VDI93][VDI97][PB97]. Dieses Modell stellt den prinzipiellen Ablauf dar, allerdings bedeutet es nicht unbedingt, dass eine Phase abgeschlossen werden muss, bevor die nächste begonnen wird, oder dass nicht iterativ vorgegangen wird. Der Produktentstehungsprozess besteht aus mehreren Zyklen, wie in Bild 2-5 dargestellt ist. Es ergeben sich folgende Zyklen [GB04, S. 64f]:

Erster Zyklus: Von den Erfolgspotentialen der Zukunft zur Erfolg versprechenden Produktkonzeption

Durch diesen Zyklus wird das Vorgehen vom Finden der Erfolgspotenziale der Zukunft bis zur erfolgversprechenden Produktkonzeption (prinzipiellen Lösung) charakterisiert. Er besteht aus den Aufgabenbereichen Potenzialfindung, Produktfindung und Geschäftsplanung. Im Sinne eines fließenden Übergangs schließt dieser erste Zyklus die Produktkonzipierung ein, auch wenn dieser Aufgabenbereich der eigentlichen Produktentwicklung zuzuordnen ist.

Zweiter Zyklus: Integrative Produktentwicklung/Virtuelles Produkt

Dieser Zyklus umfasst die Produktkonzipierung, den domänenspezifischen Entwurf und die entsprechende Ausarbeitung sowie die Integration der Ergebnisse der einzelnen Domänen zu einer Gesamtlösung. Da in diesem Zusammenhang die Bildung und Analyse von Computermodellen eine wichtige Rolle spielt, hat sich der Begriff Virtuelles Produkt bzw. Virtual Prototyping verbreitet [GB04, S. 65]. Die entsprechende Systematik ist in der neuen VDI-Richtlinie 2206 „Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme“ [VDI04] beschrieben (vgl. Seite 15).

Dritter Zyklus: Prozessentwicklung/Digitale Fabrik

Dieser Zyklus entspricht der Planung des Herstellprozesses. Er erstreckt sich ausgehend vom Aufgabenbereich Entwurf und Ausarbeitung über die Fertigungsplanung und den Serienanlauf. Aufgabenbereiche der Fertigungsplanung/Arbeitsplanung sind die Arbeitsablauf-, Arbeitsstätten-, Arbeitsmittel-, Arbeitszeit-, Bedarfs-, Arbeitsfristen- und Arbeitskostenplanung [GB04, S. 65]. Im Rahmen des Produktentstehungsprozesses sind die drei erstgenannten Bereiche sowie die Gestaltung der innerbetrieblichen Logistik (Produktionslogistik) von besonderem Interesse [GB04, S. 3]. Im Serienanlauf erfolgt eine Optimierung des Produktes und Fertigungssystems [GEK01, S. 46].

Ein erfolgreicher Markteintritt bedeutet, dass das neue Produkt den Kundenerwartungen entspricht und den geplanten Deckungsbeitrag erzielt. Um das sicher zu stellen, ist integratives Denken und Handeln aller Beteiligten in dem vorgestellten Zyklenmodell erforderlich. [GEK01, S. 46]

Die erläuterten Aufgabenbereiche werden prinzipiell von oben nach unten abgearbeitet. Nach GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER [GEK01] ist zu unterstreichen:

„.... dass, der Produktentwicklungsprozess integrativ zu bearbeiten ist. Fachleute aus den Funktionsbereichen Produktplanung, Entwicklung und Fertigungsplanung, aber auch aus verschiedenen Fachdisziplinen wie Maschinenbau und Informatik müssen eng kooperieren, um ein erfolgreiches Produkt zu kreieren.“ [GEK01, S. 46]

In den folgenden Ausführungen wird detailliert auf die eigentliche Produktentwicklung eingegangen. Die Produktentwicklung umfasst wie bereits erwähnt die Aufgabenbereiche Produktkonzipierung sowie Entwurf und Ausarbeitung. Unter Produktkonzipierung ist die Festlegung einer prinzipiellen Lösung zu verstehen. Bei der Entwicklung mechatronischer Systeme muss das Produktkonzept neben den reinen maschinenbaulichen Belangen auch die elektronischen, softwaretechnischen und regelungstechnischen Wirkungsweisen berücksichtigen. [GEK01, S. 216]

Das Entwerfen und Ausarbeiten sind stark durch Parallelität der Arbeit von Fachleuten aus den involvierten Disziplinen charakterisiert. Diese beteiligten Fachleute erarbeiten die Teillösungen aus ihrer spezifischen Sicht für das mechatronische Gesamtsystem. Während das Entwerfen und Ausarbeiten weitgehend domänen spezifisch geschieht, muss die Erarbeitung des Produktkonzeptes gemeinsam mit allen Beteiligten erfolgen, um ein gutes Ergebnis zu erzielen. Es ist besonders notwendig, dass die spezifischen Begriffe als auch die Vorgehensweisen sowie die vorhandenen Möglichkeiten der beteiligten Disziplinen allen involvierten Entwicklern bekannt sind. [GEK01, S. 216f]

Es sind verschiedene Ansätze für Vorgehensweisen in den einzelnen Ingenieursdisziplinen entwickelt worden. Für jede Ingenieursdisziplin sind mehrere Entwicklungsmethodiken¹ vorhanden. Ein Beispiel für eine Entwicklungsmethodik in der Ingenieurdisziplin Maschinenbau ist das Vorgehensmodell nach Pahl/Beitz [PB97]. In der Softwaretechnik sind unter anderem das sequenzielle Phasenmodell [Bei95] und das V-Modell nach [BD93] vorhanden. Auf Basis der domänen spezifischen Entwicklungsmethodiken wurden domänenübergreifende Spezifikationsmethoden entwickelt, die die integrative Spezifikation

¹ Entwicklungsmethodiken: An dieser Stelle wird nicht tiefer auf die einzelnen Entwicklungsmethodiken eingegangen. Eine detaillierte Beschreibung der Begriffswelten und Vorgehensmodelle der Fachdisziplinen Mechanik, Elektronik, Mikroelektronik, Softwaretechnik und Regelungstechnik findet sich in GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER [GEK01]. Eine ausführliche Charakterisierung und Einordnung der domänen spezifischen als auch domänenübergreifenden Entwicklungsmethodiken befindet sich in KÖCKERLING [Köc04].

von Produktkonzeptionen mechatronischer Systeme erlauben und dadurch als Kommunikations- und Kooperationsbasis der beteiligten Fachleute dienen. [GEK01, S. 217]

Auch für die Entwicklung mechatronischer Produkte gibt es erste Ansätze für systematische Vorgehensmodelle. Die VDI-Richtlinie 2206 „Entwicklungsmechatronischer Systeme“ [VDI04], die unter Maßgeblichen Mitarbeit und Moderation des Heinz Nixdorf Instituts entstanden ist, dient als übergeordnete Leitlinie für die Entwicklung mechatronischer Systeme. Das Vorgehensmodell der Entwicklung mechatronischer Systeme ist flexibel und stützt sich im Wesentlichen auf drei Elemente [VDI04, S. 19f]:

- **Allgemeiner Problemlösungszyklus auf einer Mikroebene**, der in Anlehnung an die Vorgehensschritte der Systemtechnik die Strukturierung des Vorgehens im Entwicklungsprozess beschreibt.
- **Das V-Modell auf der Makroebene** angelehnt an das V-Modell der Softwareentwicklung beschreibt die logische Abfolge wesentlicher Teilschritte bei der Entwicklung mechatronischer Systeme.
- **Vordefinierte Prozessbausteine** zur Bearbeitung wiederkehrender Arbeitsschritte bei der Entwicklung mechatronischer Systeme. In dieser Richtlinie werden die Prozessbausteine für Systementwurf, Modellbildung, domänenspezifischen Entwurf, Systemintegration und Eigenschaftsabsicherung beschrieben.

2.3 Problembeschreibung

2.3.1 Besonderheiten der Entwicklung mechatronischer Systeme

Die Entwicklung mechatronischer Systeme ist durch mehrere Besonderheiten gekennzeichnet. Diese ergeben sich vor allem durch deren Interdisziplinarität und Komplexität. Wie bereits erwähnt sind an der Entwicklung mechatronischer Systeme mehrere Ingenieursdisziplinen, hauptsächlich Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beteiligt. Die Chance und damit auch die Herausforderung bei der Entwicklung eines mechatronischen Systems sind, gleichberechtigt das Potential der domänenübergreifenden Zusammenarbeit zu nutzen und zu einem Gesamtoptimum der Produktentwicklung zu führen. [VDI04, S. 16f]

Weiterhin bringt die Mechatronik einen großen Lösungsraum durch die Heterogenität und durch mehr in Frage kommende physikalische Prinzipien mit.

Dadurch werden mechatronische Produkte aber auch komplexer und die Bedeutung, diese größere Komplexität zu beherrschen, steigt:

„Diese Komplexität mechatronischer Produkte führt zu einer erweiterten Systembetrachtung: die Spezifikation von Funktionen kann nicht wie bei der klassischen Systemtechnik isoliert erfolgen. Bereits bei der Funktionsbeschreibung müssen physikalische, geometrische und technologische Aspekte beachtet werden.“ [VDI04, S. 17]

Durch die zunehmende Integration von Wirkprinzipien und Lösungselementen verschiedener Ingenieurdisziplinen entstehen Wechselwirkungen, die so früh wie möglich berücksichtigt werden müssen.

„Das Vorgehen, getrennt entwickelte und optimierte Baugruppen zu einem Gesamtsystem zusammenzufügen (bottom-up-design), ist nicht mehr ausreichend. Es sind iterative Vorgehensschritte nötig, um zunächst Kenntnisse der Grobstruktur zu erlangen und dann durch schrittweise Verfeinerung die Strukturelemente genauer zu spezifizieren (top-down-design).“ [VDI04, S. 17]

Diese Besonderheiten mechatronischer Produkte bringen einerseits ein hohes Nutzpotenzial mit sich, das sich hauptsächlich aus den Innovationspotenzialen der Technologien und durch funktionale und räumliche Integration der Technologien ergibt. Anderseits führen die oben genannten Besonderheiten zu neuen Herausforderungen an die Unternehmen. Diese Herausforderungen werden besonders in der Organisation des Unternehmens und der Produktentwicklung, aber auch in der Qualifikation der Mitarbeiter und in der Schaffung geeigneter Entwicklungsumgebungen² gestellt. [VDI04, S. 12ff][GL00, S. 52]

„Im Bereich der Unternehmensorganisation gilt es, viele unterschiedliche Ingenieursdisziplinen zu koordinieren. Ziel der Mitarbeiterqualifikation ist es nicht nur, Spezialisten in einer der Disziplinen auszubilden, sondern ebenfalls die Wissensaneignung in den anderen Disziplinen zu eröffnen.“ [VDI04, S. 16]

² Entwicklungsumgebung: Eine Entwicklungsumgebung umfasst Vorgehenspläne, die notwendigen CAE-Werkzeuge zur Modellbildung, Mechanismen zur Integration der Modelle und die Methoden, mit denen die Entwicklungsaufgaben gelöst werden können. Die Entwicklungsumgebung ermöglicht eine durchgängige rechnerunterstützte Produkt- und Prozessentwicklung. [GL00][GLR+00]

2.3.2 Entwicklungsvorgehen in der Praxis

Immer mehr Unternehmen beschäftigen sich mit mechatronischen Systemen. Die Ergebnisse renommierter Studien, unter anderen „Best-Practice in der Produktentwicklung – Design-to-Competitiveness“ [KB03], weisen nach, wie schwer es für Unternehmen ist, die eingegangenen Herausforderungen zu bewältigen. Des Weiteren berichten die Studien, dass die Unternehmen ihre gesetzten Ziele nicht erreichen [KB03, S. 4][BB04, S. 4].

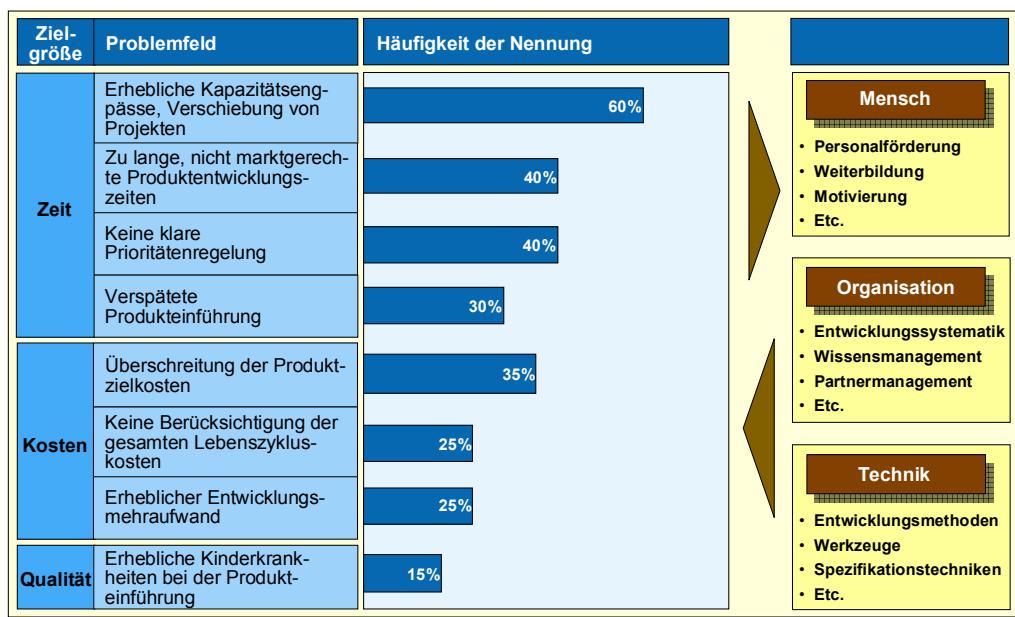


Bild 2-6: Problemfelder der Produktentwicklung [KB03, S. 5]

Die in Bild 2-6 dargestellten Problemfelder und deren Nennungshäufigkeit sind Aussagen aus Untersuchungen bei 50 Unternehmen, die in der Studie „Best-Practice in der Produktentwicklung“ gewonnen wurden. Zum Beispiel wurde bei nahezu der Hälfte aller Produktentwicklungen das geplante Budget wesentlich überschritten, wie in Bild 2-7 dargestellt. 40% der untersuchten Unternehmen benötigen zu lange und nicht marktgerechte Produktentwicklungszeiten. Eine verspätete Produkteinführung mit den üblichen Schwierigkeiten ist bei 30% aller untersuchten Unternehmen der Fall. Sehr häufig kommt es zur fortlaufenden Verschiebung von Projekten aufgrund erheblicher Kapazitätsengpässe. Die Qualität wird in den meisten Unternehmen als oberste Priorität angesehen und kann häufig nur durch Projektverschiebungen und nicht geplante Mehrkosten sichergestellt werden. Des Weiteren müssen bis zu 35% aller Entwürfe als nicht fertigungsgerecht an die Konstruktion zurückverwiesen werden. Es werden Teile entworfen, die mit den vorhandenen Maschinen nicht oder nur schwer herzustellen sind. [ALS04, S. 1][BB04, S. 3][KB03, S. 4ff]

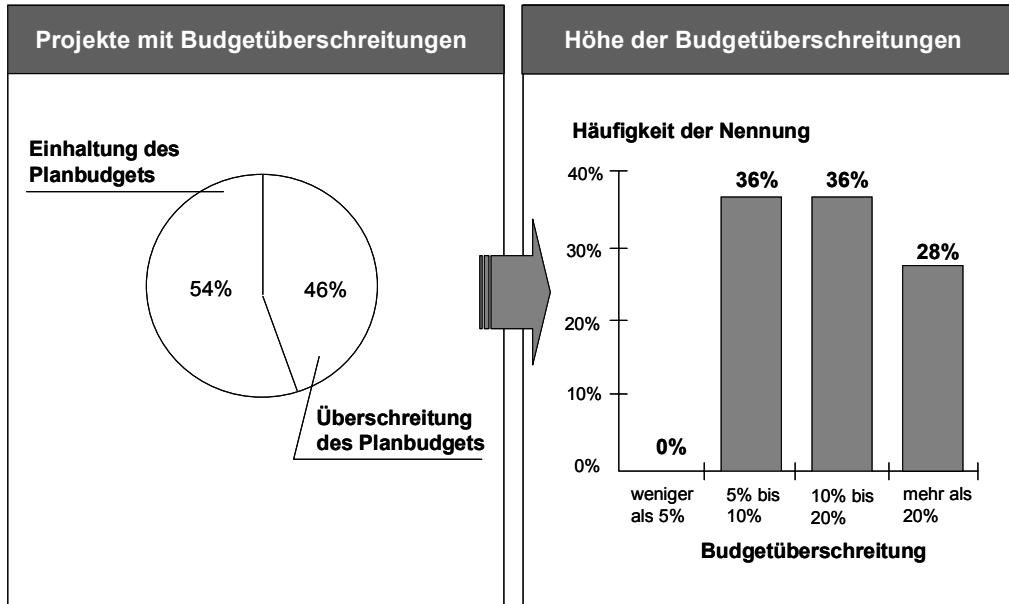


Bild 2-7: Bei nahezu der Hälfte aller Produktentwicklung das geplante Budget wesentlich überschritten [KB03, S. 6]

Die Ursachen der festgestellten Problematik – das Nichteinhalten von Zielen – können häufig durch folgende typische Praktiken³ charakterisiert werden:

- **Die Entwicklungsarbeit erfolgt unsystematisch:** Das Vorgehen bei der Entwicklungsarbeit folgt in der Regel keiner definierten Systematik. Die Entwickler sind häufig auf sich selbst gestellt und auf die eigenen Erfahrungen angewiesen. Dies kann viele Komplikationen bringen, besonders beim Einsatz neuer Entwickler.
- **Die Entwicklungsmethodiken sind in der Praxis nicht akzeptiert:** Die Entwicklungsmethodiken wurden entwickelt, um die Entwicklungsarbeit zu vereinfachen und standardisieren. Sie werden jedoch besonders in der Praxis in der Entwicklungsarbeit in der Mechanik und Mechatronik nur schwer akzeptiert.
- **Das Entwicklungsgeschehen ist oftmals nicht transparent:** Das führt dazu, dass Arbeit mehrfach durchgeführt wird. Andererseits es führt dazu, dass die Eingriffsmöglichkeiten für die Effektivitäts- und Effizienzsteigerung nicht erkannt werden.
- **Uneffizienter Einsatz von Entwicklungsmethoden und Werkzeuge:** Der Grad der Einführung der verschiedenen Entwicklungsmethoden

³ Typische Praktiken: Weitere Praktiken, die die ineffektive bzw. ineffiziente Entwicklungsarbeit charakterisieren, sind in Detail in der Entwicklungsstufen-Katalog gelistet, der sich in Anhang befindet. Die Struktur und Funktion des Entwicklungsstufen-Kataloges ist in der Kapitel 5.2 erläutert.

und Werkzeuge schwankt sehr stark, ist teilweise sogar erstaunlich niedrig. Methoden und Werkzeuge sind häufig nicht bekannt.

- **Fehlender Zugriff auf Information:** Diese Tatsache äußert sich bei der Entwicklungsarbeit häufig durch die unausreichende Dokumentation und fehlendem Zugriff auf Wissensträger bzw. Entscheider. Das führt zu einer schlechter Koordination und Kommunikation in der Entwicklung als auch zwischen Entwicklung und Vertrieb, Arbeitsplanung und Fertigung.
- **Planungsprobleme bzw. unsystematische Planung:** In der Praxis kommt es häufig vor, dass die Planung eines Entwicklungsprojektes unvollständig ist. Oftmals werden die Entwicklungskosten und –termine überschritten.
- **Mangelnde Qualifikation der Entwickler:** Die technische Evolution bringt ständig neue Techniken und Technologien mit. Die Produkte werden komplexer und dadurch auch deren Entwicklung, besonders durch den Einsatz von neuen Entwicklungsmethoden und –werkzeugen. Um diese Methoden und Werkzeuge einsetzen zu können, müssen die Entwickler geschult werden. Häufig legen die Unternehmen keinen besonderen Wert auf die Weiterbildung der Entwickler.

Für das Unternehmen entsteht ein großer Aufwand an Kosten, Zeit und Ressourcen. Als Konsequenz daraus erreicht das Unternehmen nicht die vorgegebenen Umsatz-, Ergebnis-, Termin-, Kosten- und Qualitätsziele [Wle01, S. 2f]. Dadurch zeichnet sich ein erheblicher Handlungsbedarf ab.

Um kurz zusammenzufassen, werden die vorhandenen Hebel in der Produktentwicklung zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen nur unzureichend genutzt. Damit ist die Problematik festgelegt. Im folgenden Kapitel 3 wird diese Problematik eingehend analysiert.

3 Aspekte der Leistungsbewertung und –steigerung der Mechatronikentwicklung

Ziel dieses Kapitels ist es, die in Kapitel 2 abgeleitete Problematik näher zu beschreiben, zu analysieren und vor dem Hintergrund der bestehenden Probleme die Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung zu erarbeiten. Dazu werden die Leistung der Entwicklung mechatronischer Systeme und die Aspekte, die die Leistung der Entwicklungsarbeit beeinflussen, behandelt.

3.1 Handlungsfelder der Entwicklung mechatronischer Systeme

In Kapitel 2.3 wurde die Problematik festgestellt, dass Unternehmen sehr häufig ihre Ziele nicht erreichen. Die in Bild 2-6 gezeigten charakteristischen Probleme können in drei Problemfelder zusammengefasst werden, die sich auf die drei wesentlichen Zielgrößen⁴ der Produktentwicklung beziehen: Qualität, Kosten und Zeit [KB03, S. 5].

Der Grund für das Nichteinreichen der Unternehmens- bzw. Entwicklungszielen liegt in den Handlungselementen⁵ aus den Handlungsfeldern der Entwicklungsarbeit Mensch, Organisation und Technik. In der Literatur werden die Handlungselemente, die die Produktentwicklung beeinflussen, auf verschiedene Art und Weisen kategorisiert. Für jede Art der im Folgenden vorgestellten Kategorisierungen gilt, dass die Handlungselementen noch eine Stufe detaillierter behandelt werden können. LINDEMANN, BIRKHOFER [LB98, S. 291] schlagen die Kategorien Gruppenvoraussetzungen, individuelle Voraussetzungen des Konstrukteurs und Rahmenbedingungen bezüglich der Arbeitsorganisation vor, wie in Bild 3-1 dargestellt ist. Diese Kategorisierung enthält keine Elemente, die das Handlungsfeld Technik charakterisieren.

⁴ Zielgrößen der Produktentwicklung: Die Zielgrößen der Produktentwicklung Qualität, Kosten und Zeit bestimmen den Erfolg der Produktentwicklung [WC94, S. 74f]. „Steigerung der Qualität“, „Senkung der Kosten“ und „Verkürzung der Zeiten“ werden in der Literatur als Primärziele der Leistungssteigerung der Produktentwicklung bezeichnet [KB03, S. 5][HS95, S. 28].

⁵ Handlungselemente: In der Literatur werden häufig synonyme Begriffe wie Einflussfaktor oder Einflusselement anstatt Handlungselement angewendet [GEK01][LB98]. Im allgemein handelt es sich um Elemente, die den größten Einfluss auf die Leistung der Produktentwicklung haben.

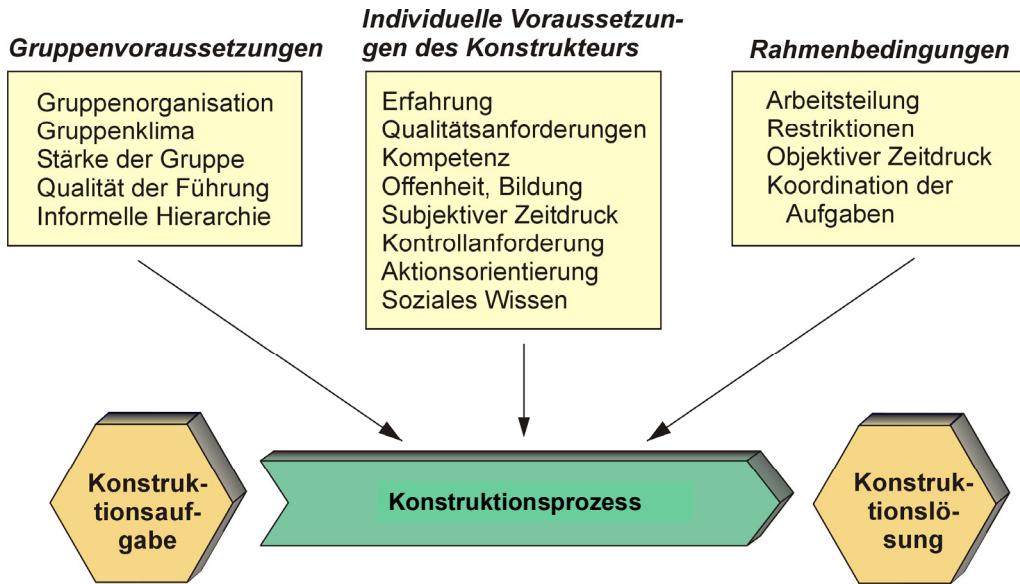


Bild 3-1: Drei Kategorien von Handlungselementen, die auf den Verlauf des Konstruktionsprozesses einwirken [LB98]

Ein weiteres Beispiel für die Kategorisierung der Handlungselemente, die auf die Produktentwicklung einwirken, ist in Bild 3-2 dargestellt [BK03, S. 16]. Diese Kategorisierung besteht aus der Strategie, den Prozessen, Methoden und der Organisation sowie der Kultur. Diese Kategorisierung ist detaillierter, umfasst aber ebenfalls nicht alle Aspekte der Produktentwicklung. Auf Grund der eigenen Untersuchung am Lehrstuhl in Vorfeld dieser Arbeit wurden diese Arten der Kategorisierung als unzureichend festgestellt, um alle wesentlichen Aspekte der Produktentwicklung zu betrachten. Als Ergebnis der Untersuchung⁶ der Handlungselemente der Produktentwicklung wurden diese den drei Handlungsfeldern Mensch, Organisation und Technik zugeordnet. In den weiteren Ausführungen dieser Arbeit wird die Produktentwicklung aus der Sicht dieser drei Handlungsfelder betrachtet, wie in Bild 3-3 dargestellt ist.

Jedes dieser Handlungsfeldern umfasst Handlungselemente, die die Effizienz der Arbeit und damit auch die Zielerreichung der Produktentwicklung erheblich beeinflussen. Im Folgenden werden die drei Handlungsfelder charakterisiert.

⁶ Untersuchung der Handlungselemente der Produktentwicklung: Diese Untersuchung ist in Kapitel 5.2 beschrieben.

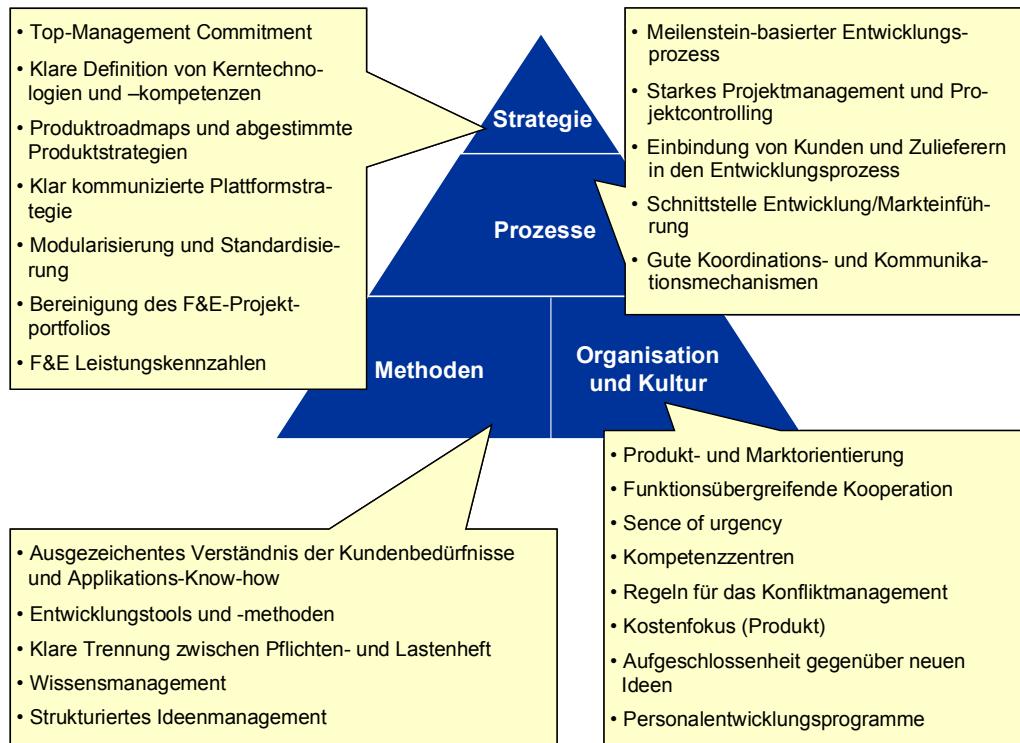


Bild 3-2: Die best Practice in der Produktentwicklung ist durch eine Vielzahl von Einflüssen gekennzeichnet [KB03, S. 11]

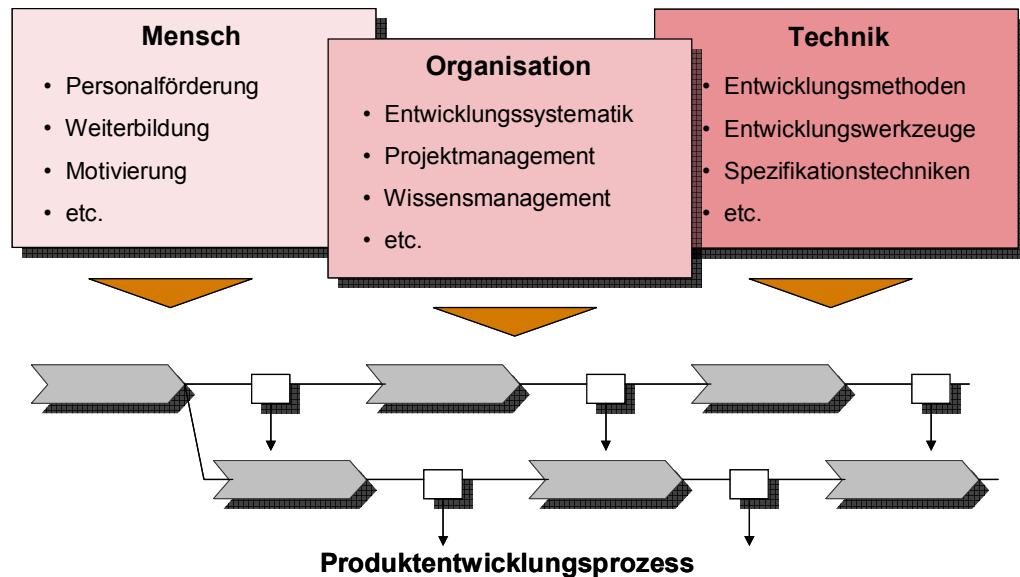


Bild 3-3: Darstellung der drei Handlungsfelder, die wesentlich die Leistung der Produktentwicklung beeinflussen

Mensch

Dieses Handlungsfeld umfasst alle Elemente der Produktentwicklung, die direkt auf die Entwickler bezogen sind. Zu solchen Handlungselementen gehören zum Beispiel der Einsatz der Entwickler entsprechend ihrer Fähigkeiten, Personalförderungsmaßnahmen oder Weiterbildungsmaßnahmen.

Organisation

Dieses Handlungsfeld umfasst alle Handlungselemente der Produktentwicklung, die direkt auf die Organisation der Produktentwicklung bezogen sind. Hierzu gehören beispielsweise Handlungselemente wie die Aufbauorganisation, Entwicklungssystematiken, die kontinuierliche Verbesserung des Entwicklungsprozesses und Projektmanagement.

Technik

Dieses Handlungsfeld umfasst die Handlungselemente, die sich auf den Einsatz von Technik in der Produktentwicklung beziehen. Zu diesen Handlungselementen gehören zum Beispiel der Einsatz von Entwicklungsmethoden, Entwicklungswerkzeugen und von Spezifikationstechniken.

Die Grenzen zwischen den Handlungsfeldern und den einzelnen Handlungselementen sind auf Grund der Zusammenhänge und der starken Abhängigkeiten nicht starr festgelegt, sondern fließend. Die Arbeit in der Produktentwicklung bringt den gewünschten Erfolg mit sich, wenn sie ein umfassendes Konzept verfolgt, das den Einsatz von Technik, die Gestaltung der Organisation und auch die Qualifikation der Mitarbeiter gleichzeitig koordiniert und optimiert.

3.2 Effektivität und Effizienz der Entwicklung mechatronischer Systeme

Unternehmen, die ihre gesteckten Entwicklungsziele nicht erreichen, weisen in der Durchführung ihrer Entwicklungsarbeit in den meisten Fällen eines oder mehrere der in Kapitel 2.3.2 genannten Defizite auf. Diese Defizite können zu einer ineffektiven und ineffizienten Entwicklungsarbeit führen. Konsequenz daraus ist eine nachteilige Position des Unternehmens im Wettbewerb.

Die Leistung der Entwicklungsarbeit wird anhand ihrer Effektivität und Effizienz beurteilt. Beide Begriffe wurden lange Zeit synonym verwendet. Sie stammen von der lateinischen Wurzel „efficere⁷“ ab. Die Abgrenzung der beiden Begriffen wird bis heute intensiv diskutiert. Nach DRUCKER [Dru74] ist die Unterscheidung zwischen Effektivität und Effizienz folgende:

„Efficiency is concerned with doing things right. Effectiveness is doing the right things.⁸“ [Dru74, S. 45]

Meier [Mei83] unterscheidet die Begriffe Effektivität und Effizienz folgendermaßen:

„Effektivität ist der Erfolgsmaßstab dafür, wie gut die Unternehmung die Interessen und Forderungen ihrer relevanten Kunden und Machthaber über Ressourcen besser zu befriedigen vermag als irgendeine andere Unternehmung und darüber, wie erfolgreich sie sich an intern und extern induzierte Veränderungen anzupassen versteht. Effizienz ist der Erfolgsmaßstab dafür, wie gut die Unternehmung im Vergleich zu ihrer Konkurrenz in der Lage ist, die ihr zur Verfügung stehenden Ressourcen besser in Produkte und Leistungen zu verwandeln.“ [Mei83, S. 121]

Demnach meint Effektivität die Eignung von Maßnahmen, um die angestrebten Ziele zu erreichen. Synonym für den Begriff Effektivität werden in der Literatur auch die Begriffe Wirksamkeit oder nutzbare Leistung angewendet. Die Effektivität bezeichnet den Zielerreichungsgrad. Effizienz dagegen ist ein Maß für einen Wirkungsgrad und zeichnet die Wirtschaftlichkeit der Zielerreichung aus. Als ein Synonym zu Effizienz wird in der Literatur häufig der Begriff Leistungswirksamkeit angewendet. [Fes80, S. 60][Haf86, S. 45][Wle01, S. 32]

Zusammenfassend werden die Begriffe Effektivität und Effizienz auf die Unternehmensziele bezogen [Fes80, S. 65][Wle01, S. 46]. Die Steigerung der Effektivität zielt darauf, die Unternehmensprozesse strategiekonform auszurichten. Hierzu sind beispielsweise folgende Aktivitäten durchzuführen [Thi99, S. 13f]:

- Strategiekonforme Prozesse gestalten

⁷ Efficere: Nach [SPS79] wird efficere folgendermaßen übersetzt:

I. 1. heraus-, hervorbringen; 2. schaffen, bereiten, bauen, bilden; 3. (zu etwas) machen; 4. herstellen, aufbringen, aufstellen.

II. 1. zustande bringen, durchsetzen, vollenden, durchführen, bewirken; 2. darstellen, erweisen; 3. (ursächlich) bewirken.

⁸ Übersetzung: „Effizienz zielt darauf, die Dinge in der richtigen Art und Weise zu tun. Effektivität bedeutet, die richtigen Dinge zu tun.“

- Abläufe auf Ziele und Kunden ausrichten
- Aktivitäten auf den Ausbau der strategischen Erfolgspositionen (SEP) fokussieren

Die Steigerung der Effizienz ist gleichbedeutend mit der Rationalisierung der Prozesse zu verstehen. Nach THIELEMANN [Thi99] können folgende Aktivitäten der Effizienzsteigerung in der Produktentwicklung dienen [Thi99, S. 14]:

- Entwicklungszeiten reduzieren
- Bürokratie eliminieren
- Doppelarbeit vermeiden
- Abläufe standardisieren
- Prozesse automatisieren

Nach MEIER [Mei83] besteht zwischen der Effektivität und Effizienz eine indirekte Beziehung:

„.... besteht zwischen Effektivität und Effizienz eine Abhängigkeitsbeziehung. Eine effiziente aber nicht effektive Ressourcenallokation ist möglich und umgekehrt. Rationalisierungsmaßnahmen, die auf eine Verbesserung der Effizienz ausgerichtet sind, haben deshalb indirekten Einfluss auf die Effektivität der Unternehmung. Es ist deshalb vorher zu prüfen, ob Ertragsschwächen der Unternehmung auf mangelnde Effektivität oder aber ungenügende Effizienz zurückzuführen sind. Rationalisierungsmaßnahmen zur Steigerung der Produktivität sind nur dann das geeignete Mittel, wenn die Unternehmung effektiv, aber nicht effizient ist.“ [Mei83, S. 121]

GRIMM [Gri83] bezeichnet Effektivität und Effizienz als „zwei verschiedene Ebenen einer Sache“ [Gri83, S. 7]. Effektivität bezieht sich dabei vorwiegend auf die Außenwirkungen von Strategien und Maßnahmen. Dagegen bezieht sich die Effizienz auf die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens in Bezug auf die Innenwirkungen der Strategien und Maßnahmen [Gri83, S. 8].

Um eine Leistungssteigerung der Entwicklung mechatronischer Systeme zu erreichen, müssen Unternehmen sich mit ihrer Effektivität und ihrer Effizienz auseinandersetzen. Die Steigerung der Effektivität als auch der Effizienz wird zu einer höheren Leistung der Produktentwicklung führen. In der Regel gilt, dass das Erreichen der angestrebten Unternehmensziele sichergestellt ist, wenn die Arbeit in der Produktentwicklung effektiv und effizient ist – oder eben durch eine hohe Leistung gekennzeichnet ist. Im Vordergrund der vorliegenden Arbeit steht die Effizienz der Entwicklung, die Effektivität ist in erster Linie

durch die Strategische Produktplanung zu gewährleisten [GEK01, S. 44]: darauf wird im Rahmen dieser Arbeit nur am Rande eingegangen.

3.3 Allgemeiner Problemlösungszyklus als Rahmen einer Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung

Wenn ein Unternehmen eine vorteilhafte Position im Wettbewerb erreichen bzw. sicherstellen will, muss die Entwicklungsarbeit effizient sein. Um die Effizienz der Produktentwicklung zu steigern, müssen zunächst die herrschenden Defizite erkannt werden. Dazu ist es erforderlich, eine Leistungsbewertung durchzuführen. Anhand der festgestellten Defizite wird eine Konzeption zur Leistungssteigerung entwickelt. Weiterhin ist es erforderlich, dass die Konzeption zur Leistungssteigerung konform mit den Unternehmens- und Entwicklungszielen ist. Die Konzeption zur Leistungssteigerung muss damit in den Prozess der strategischen Führung des Unternehmens eingebettet sein.

Um eine erfolgreichen Leistungsbewertung und Leistungssteigerung durchführen zu können bzw. zu erreichen, muss die Methode in einen geeigneten Rahmen eingebettet sein. Als geeigneter Rahmen für die Leistungsbewertung und Leistungssteigerung wird der Allgemeine Problemlösungszyklus angewendet. Der Problemlösungszyklus stammt aus dem Systems Engineering, wo er als Grundlage zur Strukturierung des Vorgehens bei der Problemlösung dient [HNB+94, S. 81]. Durch seine hohe Anpassungsmöglichkeit kann er in andere Ingenieurdisziplinen übertragen werden. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung mechatronischer Systeme, in der der Problemlösungszyklus den „*Produktentwickler bei der Bearbeitung vorhersehbarer und damit planbarer Teilaufgaben, aber auch bei der Lösung plötzlich auftretender, unvorhersehbarer Probleme...*“ [VDI04, S. 19] unterstützt.

Der Problemlösungszyklus, wie in Bild 3-4 dargestellt, kann als Rahmen für die Entwicklung einer Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung angewendet werden und lässt sich analog auf eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung übertragen [GF99, S. 160][HNB+94, S. 81ff][VDI04, 20]:

- **Situationsanalyse bzw. Zielübernahme:** Der Ausgangspunkt des Handelns kann entweder aus der Analyse der gegenwärtigen Situation der Produktentwicklung (Ist-Zustand) oder aus der Übernahme des gewünschten Zustandes (Soll-Zustand) der Produktentwicklung bestehen. Wenn der Ausgangspunkt des Handelns die Analyse der gegenwärtige Situation der Produktentwicklung ist, wird diese entweder als interne Unternehmensanalyse oder als externe Markt- und Wettbewerbsanalyse

durchgeführt. Als Ergebnis werden die Stärken und Schwächen der Produktentwicklung geliefert. Daraus werden die zu erreichenden Ziele formuliert (Ist-Zustandsorientiertes Vorgehen). In dem anderen Fall – der Ausgangspunkt ist die Zielübernahme – steht das Idealkonzept (Szenarien oder Soll-Profile bzw. Best Practices) im Vordergrund, woran sich die Analyse der gegenwärtigen Situation der Produktentwicklung anschließt (Soll-Zustandsorientiertes Vorgehen).

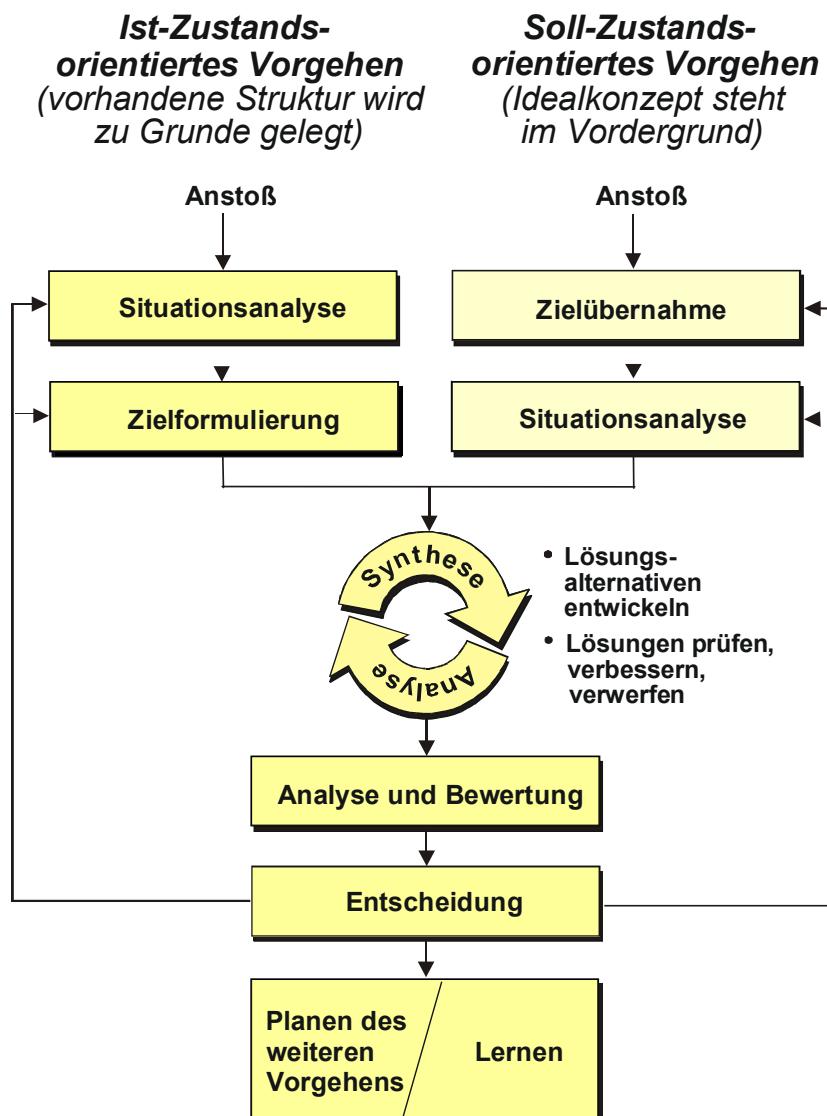


Bild 3-4: Der Problemlösungszyklus nach [HNB+94, S. 98]

- **Synthese und Analyse:** Aufbauend auf der Situationsanalyse und Zielformulierung findet die Suche nach möglichen Lösungen für die Konzeption zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung statt. Dieser Prozess kann sich in der Praxis als ein permanentes Wechselspiel von

Synthese- und Analyseschritten darstellen. Ziel ist es alternative Handlungsoptionen zu erarbeiten. Dabei können zusätzliche Aspekte des Handlungsgegenstandes erkannt werden, die einen Rücksprung zu Situationsanalyse bzw. Zielformulierung zur Folge haben.

- **Analyse und Bewertung:** Die bestehenden Handlungsoptionen werden im Anschluss einer detaillierten Evaluation unterzogen. Die Bewertung der Lösungsvarianten erfolgt dabei anhand der Grundlage der im Rahmen von Zielformulierung und Lösungssuche definierten Bewertungskriterien. Das Ergebnis der Bewertung sollte eine Empfehlung für eine oder mehrere Lösungsalternativen liefern.
- **Entscheidung:** An dieser Stelle muss eine Entscheidung getroffen werden, ob der bisherige Verlauf der Problemlösung befriedigend sei. Falls nicht, muss zu Situationsanalyse und Zielformulierung zurückgekehrt werden. Wenn die Ergebnisse des Verlaufs der Problemlösung befriedigend sind, erfolgt eine Entscheidung für eine oder mehrere Handlungsalternativen für die Konzeption zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung, die zur Grundlage der weiteren Planung gemacht werden sollen.
- **Planen des weiteren Vorgehens:** Im Allgemeinen Problemlösungszyklus wird „*die Planung des weiteren Vorgehens in vielen Fällen fließend in weitere Problemlösungszyklen einmünden und auf diese Weise zu einem effizienten, situationsangepassten Prozessverlauf führen*“ [VDI04, S. 21]. Weiterhin sollte den gesamten Verlauf der Problemlösung in Bezug auf die Leistungssteigerung der Produktentwicklung berücksichtigt werden. Sich daraus ergebende Erkenntnisse können für kommende Aufgaben gespeichert werden, um eine zukünftige Verbesserung des Handelns systematisch zu erzielen. In Bezug der Leistungssteigerung der Produktentwicklung wird an dieser Stelle die Umsetzung der Konzeption zur Leistungssteigerung sorgfältig geplant. Weiterhin werden die in der Konzeption zur Leistungssteigerung enthaltenen Maßnahmen konsequent umgesetzt.

3.4 Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Methode entsprechend der Problemanalyse und betrachteten Aspekten festgelegt und erläutert. Zunächst werden allgemeingültige Anforderungen an die Methode genannt. Weiterhin werden die Funktionsbereiche der Methode – die Leistungsbewertung und die

Leistungssteigerung – bezüglich der Anforderungen behandelt. Anschließend werden Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit der Methode gesetzt.

3.4.1 Allgemeine Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

Aus den Erörterungen der vorherigen Kapiteln ergeben sich folgende allgemeine Anforderungen an die Methode:

- **Komplexitätsverminderung:** Es ist essentiell, dass die Methode die hohe Komplexität der Betrachtung von Produktentwicklung verringert und handhabbar macht.
- **Einfache und schnelle Applikation:** Die Methode muss einfach und schnell applizierbar sein. Sie muss für die Anwender der Methode leicht erlernbar sein und auch ohne frühere Erfahrung mit der Methode zu guten und richtigen Ergebnissen führen. Die einfache und schnelle Anwendung der Methode sollte durch ein entsprechendes Software-Werkzeug unterstützt werden.
- **Nachvollziehbarkeit:** Die Ergebnisse und alle Entscheidungen bei der Leistungsbewertung und Leistungssteigerung müssen jederzeit gut nachvollziehbar sein. Damit sind die Ergebnisse und alle Entscheidungen für alle Projektbeteiligte und nicht beteiligte Personen zu begründen.
- **Bezug auf den situativen Ansatz⁹:** Die Methode muss auf die konkreten Rahmenbedingungen des Unternehmens und auf die Situation der Produktentwicklung anpassbar sein. Deswegen muss die Methode einen gewissen Spielraum für eine unternehmensindividuelle Anwendung schaffen und an die Umgebung des Unternehmens anzupassen sein. Das

⁹ Situativer Ansatz: Der Situative Ansatz wird in der Literatur als auch „Kontingenz-Ansatz“ oder „Bedingtheorie“ bezeichnet. HELLRIEGEL, SLOCUM [HS78, S. 16] formulieren folgende Aussagen über den Situativen Ansatz: „The contingency approach means that there is no one best way of managing all situations. It also means that managers are not free to manage in any way that might fit their personal biases. Given certain combinations of contingencies ... one can specify general approaches and practices to management that are likely to be more effective than others. In other words, the contingency approach identifies various types of if-then relationships and makes general recommendations for managerial practice, depending on the situation.“ Demnach besagt die Grundaussage des Situativen Ansatzes, dass es keine generell gültige, optimale Handlungsalternative, sondern mehrere situationsbezogen angemessene Handlungsalternativen gibt. Die Konzeption zur Leistungssteigerung hängt von der jeweiligen Situation des Unternehmens ab.

wird durch den Bezug der Methode auf den situativen Ansatz gewährleistet. [Hin97, S. 109][Sil92, S. 88]

- **Durchgängigkeit der Anwendung:** Die Methode muss eine durchgängige Vorgehensweise haben. Dadurch werden die Ergebnisse sukzessive aufeinander aufgebaut und weiter verarbeitet.
- **Geringer Koordinationsaufwand:** Die Durchführung der Methode muss leicht und mit geringem Aufwand koordinierbar sein.

3.4.2 Anforderungen an die Leistungsbewertung

In den vorigen Kapiteln wurde nachgewiesen, dass die Leistungsbewertung die Basis für die Steigerung der Effizienz bei der Entwicklung mechatronischer Systeme bildet. Die Kenntnis über Effizienzdefizite bei der Entwicklungsarbeit sind die essentiellen Bedingungen zur Realisierung einer Leistungssteigerung der Entwicklungsarbeit. Es werden folgende Anforderungen an die Leistungsbewertung gestellt:

- **Mechanismen zur Datenerhebung:** „*Eine ganzheitliche Optimierung der Produktentwicklung bedingt, dass alle Probleme gefunden werden müssen, bevor sie gelöst werden können.*“ [Sch97, S. 249] Die Methode muss dabei unterstützen, diejenigen Informationen zu erfassen, die erforderlich sind, um einen eindeutigen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens aus der Sicht der drei Handlungsfelder Mensch, Organisation und Technik zu gewinnen.
- **Mechanismen zur Datenauswertung:** „*Ein Geschäftsprozess, der nicht gemessen werden kann, kann auch nicht verbessert werden.*“ [DRL95] Deswegen muss die Methode dabei unterstützen, die erhobenen Informationen entsprechend zu analysieren und auszuwerten. Aus dieser Auswertung muss die Ist-Situation eindeutig hervorgehen.

3.4.3 Anforderungen an die Leistungssteigerung

Aus den Ausführungen in den vorherigen Kapiteln kann folgende Erkenntnis gezogen werden: Um eine erfolgreiche Leistungssteigerung zu erreichen, müssen Handlungsempfehlungen für eine Leistungssteigerung entwickelt werden, die mit Zielen des Unternehmens konform sind. Folgende Anforderungen werden an die Leistungssteigerung gelegt:

- **Identifizieren des Handlungsbedarfs:** Es muss ein Leitbild für den gewünschten Zustand erstellt und der Ist-Situation der Produktentwick-

lung gegenüber gestellt werden, um den Handlungsbedarf ableiten zu können.

- **Konformität mit Unternehmenszielen:** Die Konzeption der Strategie zur Leistungssteigerung muss konform zu der Unternehmensstrategie und den -zielen erstellt werden. Die Ziele müssen gewichtet werden können, um Präferenzen und Schwerpunkte der Leistungssteigerung zu erkennen.
- **Konzeption zur Leistungssteigerung:** Als Ergebnis der Methode muss eine Konzeption zur Leistungssteigerung bereit stehen. Die Konzeption zur Leistungssteigerung muss ein günstiges Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen.
- **Kontinuierliche Leistungssteigerung:** Die Methode muss Unterstützung für eine kontinuierliche Leistungssteigerung der Produktentwicklung bieten. Die Konzeption zur Leistungssteigerung soll sowohl kurzfristig als auch langfristig ausrichtet werden können, je nach den Anforderungen des Unternehmens.

3.4.4 Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit einer Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung

Bei Erfüllung aller oben genannten Anforderungen muss jedoch die Wirtschaftlichkeit der Methode nicht gegeben sein. Daher werden folgenden Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit der Methode gestellt:

- **Effektivität und Effizienz der Methode:** Die Methode muss ihre Aufgaben zielgerichtet und ergebnisorientiert erfüllen mit einem niedrigen Aufwand an Zeit, Kosten und Ressourcen.

4 Analyse des Standes der Technik

In dem vorherigen Kapiteln sind die Probleme der Entwicklung mechatronischer Systeme beschrieben und analysiert worden. In der Praxis können diese Probleme durch den Einsatz von Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung behandelt und gelöst werden. Es handelt sich um Methoden des Total Quality Management (TQM). Die deutsche Fassung der DIN EN ISO 8402 (Stand 1995) übersetzt TQM als „Umfassendes Qualitätsmanagement“ und definiert es wie folgt: „... *auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder basierende Managementmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenstellung der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt.*“ [DIN8402]

Die Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung unterscheiden sich voneinander durch ihre Verbesserungsschwerpunkte, Anwendungsbereiche und Rahmenkonzepte [MKB04, S. 19]. Trotz der Unterschiede sind die Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung sehr eng miteinander verbunden. Je nach dem gewählten Betrachtungsansatz wird in der Literatur einmal das Total Quality Management als Element dieser Methoden gesehen oder diese Methoden werden zum Instrument des Total Quality Management [Str97, S. 50].

Alle Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung haben die gleichen Wurzeln in ersten Qualitätsmanagementansätzen. Im Bild 4-1 ist die Entwicklung der Bewertungs- und Leistungssteigerungssysteme dargestellt. Die Entwicklung dieser Methoden kann als Weiterentwicklung der Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungssysteme abhängig voneinander verstanden werden. Anhand der Erfahrungen aus der Praxis werden diese Methoden weiterentwickelt und auf einen bestimmten Bereich optimiert bzw. implementiert. Die Methode Capability Maturity Model (CMM) basiert zum Beispiel auf Ansätzen der Qualitätsmanagementtheorie von Deming, Crosby und Juran, die auf die Softwareentwicklung übertragen werden [Tha93, S. 46]. Aus den Erfahrungen mit CMM haben weitere Entwicklungen und Optimierungen stattgefunden. Einerseits wurde in dem gleichen Institut ein direkter Nachfolger des CMM entwickelt: CMMI. Anderseits wurde diese Methode in einem Projekt, das von einigen europäischen Organisationen im Auftrag der EU entwickelt wurde, auf europäische Rahmenbedingungen zugeschnitten. Die dadurch entstandene Methode Bootstrap basiert auf ISO 9000-3 Normen für die Softwareentwicklung und auf CMM. Sie hat sich in der Praxis jedoch nicht gut etabliert und ist in Europa weniger verbreitet als das CMM. Weitere Entwicklungen dieses Vorhabens sind in dem Projekt Software Process Improvement and Capabi-

lity dEtermination (SPICE) gemacht. Das Ziel dieses Projekts ist, einen einheitlichen Rahmen für die Modelle CMM bzw. CMMI, Bootstrap und ISO 9000-3 zu geben [AFT02, S. 33ff]. Das Resultat des Projekts SPICE ist die ISO-Norm 15504. [Boo04-ol][SPI04-ol][Kne03, S. 4][Rou95, S. 57ff][Gar97, S. 48]

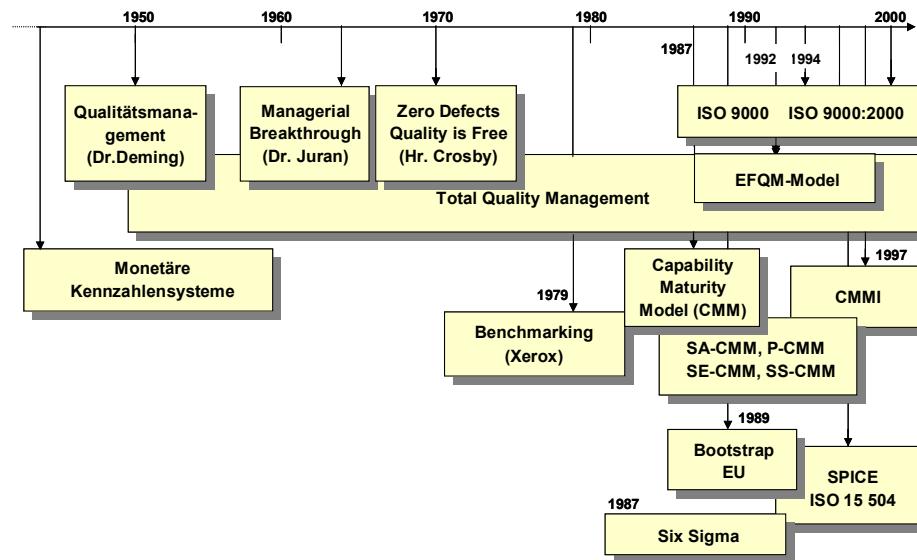


Bild 4-1: Entwicklung der Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung

Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Leistungsbewertung. Diese gliedern sich grundsätzlich anhand der bewertenden Größen in qualitative und quantitative Bewertungsverfahren [ST97, S. 27]. Im Rahmen dieser Arbeit wird in diesem Kapitel der Stand der Technik hinsichtlich bereits existierender Methoden zur Leistungsbewertung betrachtet und analysiert. Diese sind einerseits auf die Produktentwicklung direkt anwendbar und andererseits bieten sie nach entsprechender Bewertung der gegenwärtigen Situation Handlungsoptionen bzw. Handlungsmaßnahmen. Es handelt sich um komplexe Methoden, bzw. mehrdimensionale Bewertungssysteme, da bei diesen quantitative als auch qualitative Bewertungen verknüpft sind [ST97, S. 27f].

Die ausgewählten Methoden, die im Folgenden erläutert werden, unterscheiden sich anhand des Anwendungsbereichs in:

Domänen spezifische Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung: Diese Methoden beziehen sich konkret auf eine der Ingenieursdisziplinen und sind deswegen sehr detailliert. Dadurch werden die vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen direkt anwendbar. Aus dieser Klassifizierungsgruppe werden in dieser Arbeit folgende Methoden analysiert:

- Capability Maturity Model (CMM)

- Capability Maturity Model Integration (CMMI)

Domänenunabhängige Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung: Diese Methoden sind viel allgemeiner formuliert. Dadurch werden einerseits alle Branchen und Ingenieursdisziplinen abgedeckt. Andererseits sind die Methoden weniger konkret und die dadurch angebotenen Verbesserungsmaßnahmen weniger direkt anwendbar. In diesem Kapitel werden die folgenden ausgewählten domänenunabhängigen Methoden vorgestellt und analysiert:

- Benchmarking
- European Foundation for Quality Management-Excellence Model (EFQM-Model)
- Qualitätsnormen nach ISO 9000ff.
- Six Sigma

Der Schwerpunkt der Analyse liegt auf den Methoden CMM und CMMI. Es handelt sich um sehr komplexe Methoden, die sich in der Praxis der Softwareentwicklung etabliert haben. Die erste Motivation dieser Arbeit war es, diese Methoden hinsichtlich deren Übertragbarkeit auf die Entwicklung mechatronischer Systeme zu untersuchen. Es hat sich herausgestellt, dass eine Ausdehnung dieser Methoden auf die Mechatronik die Komplexität weiter steigern und somit zu erheblichen Akzeptanzproblemen im mittelständisch strukturierten Maschinenbau führen würde.

Des Weiteren werden in diesem Kapitel die Normen ISO 9000ff. diskutiert, die allerdings keine Bewertungsmethoden im eigentlichen Sinne sind. Sie definieren aber den Standardprozess bezüglich der Qualität und zeigen Schlüsselpunkte auf. Diese müssen behandelt werden, um eine effektive und effiziente Entwicklungsarbeit leisten zu können. Diese Normen sind ein besonderer Fall hinsichtlich ihrer Anwendungsbereiche. Die ISO 9000ff., die domänenunabhängig anwendbar ist, wurde weiterentwickelt und für verschiedene Ingenieursdisziplinen konkretisiert, wie zum Beispiel in der ISO 9000-3, die domänenpezifisch für die Softwareentwicklung anwendbar ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der an dieser Stelle zu erwähnen ist, ist die Tatsache, dass in der Praxis besonders bei Großunternehmen unternehmenseigene Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung angewendet werden. Diese Methoden sind in der Regel aus langjährigen Erfahrungen und Untersuchungen des Unternehmens als eine Kombination verschiedener bekannter, ggf. auch oben genannter Methoden entstanden. Gerade diese Kombination bringt laut der Berichte mehrerer Unternehmen die gewünschten Erfolge. Zum Beispiel wendet das Unternehmen TRW Systems, Inc., ein globaler Marktführer für integrierte Lösungen für Kommunikationssysteme, eine integrierte Me-

thode zur Prozessverbesserung an, die CMMI, Six Sigma und ISO 9001 kombiniert. Diese Kombination hat sich durch die Jahre als sehr erfolgreich erwiesen, wurde bei der Leistungsbewertung etabliert und so zum standardisierten Verfahren im Unternehmen [SM02-ol, S. 2ff]. Diese unternehmenseigenen Methoden werden in den folgenden Ausführungen nicht weiter behandelt, weil die genaueren Beschreibungen der Methoden vertraulich sind und nicht publiziert werden.

In Kapitel 4.1 werden die herkömmlichen domänenspezifischen Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung erläutert und anschließend anhand der in Kapitel 3 gestellten Anforderungen eingeordnet und bewertet. In Kapitel 4.2 werden die herkömmlichen domänenunabhängigen Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung erläutert und ihrem Beitrag zur Realisierung der in der Kapitel 3 gestellten Anforderungen entsprechend eingeordnet und bewertet. Anschließend wird in Kapitel 4.3 der Handlungsbedarf aus den Untersuchungen des Standes der Technik abgeleitet.

4.1 Domänenspezifische Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung

4.1.1 Capability Maturity Model (CMM)

Das Capability Maturity Model (CMM) ist ein komplexes Modell mit unterstützenden Methoden und Werkzeugen zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Softwareentwicklung. CMM basiert auf der Hypothese, dass Arbeitsergebnisse am besten durch Verbesserung und Stabilisierung der Arbeitsprozesse verbessert werden können:

„Erhöhung der Produktivität, Lenkung der Entwicklungskosten und Verkürzung der Projektlaufzeiten können durch Vereinheitlichung, Standardisierung, Reglementierung und Disziplinierung der Methoden, Verfahren und Vorgehensweisen sowie durch angemessene Dokumentation und quantitative Kontrolle erreicht werden.“ [MS99, S. 32]

Das CMM wurde als Werkzeug zur Beurteilung von Softwarelieferanten für das amerikanische Verteidigungsministerium entwickelt. Die Entwicklungsarbeit am CMM hat im Jahre 1986 am Software Engineering Institute (SEI) der Carnegie-Mellon University in Pittsburgh begonnen. Der Auslöser dafür waren Probleme bei der Lieferung unvollständiger oder unbrauchbarer hochkomplexer Software besonders für SDI-Projekte (Strategic Defense Initiative) des amerikanischen Verteidigungsministeriums.

Eine Projektgruppe am SEI begann unter Leitung von Watts Humphrey die Arbeitsprozesse und Vorgehensweisen zusammenzutragen, um erfolgreiche von nicht erfolgreichen zu unterscheiden. Für die Strukturierung von unterschiedlichen Niveaus der identifizierten Best Practices wurde eine Gliederung in fünf Stufen nach Phil Crosby eingeführt. [Kne03, S. 45][Tha93, S. 45]

Das Modell wurde in den folgenden Jahren weiterentwickelt und 1991 als CMM 1.0 veröffentlicht. Anhand der Erfahrungen aus dessen Einsatz entstand die Version 1.1 (1993). Diese Version wurde lange Zeit erfolgreich eingesetzt. Als Weiterentwicklung von CMM 1.1 entstand die Version 2.0 (1997), die allerdings auf Veranlassung des amerikanischen Verteidigungsministeriums zurückgezogen wurde. [Kne03, S. 7f][Pau95, S. 3ff]

Die Leistungsbewertung basiert auf Befragungen von Führungskräften und Projektteams. Darauf aufbauend werden Aussagen über den Stand der Produktentwicklung getroffen und Verbesserungsmaßnahmen zur Erhöhung der Prozessreife vorgeschlagen. Die Reife ist durch CMM definiert „...als Ausmaß, in dem der Softwareprozess definiert, beschrieben, geplant, gesteuert und kontrolliert wird“ [Mel02, S. 6]. Es sind unterschiedliche Reifegrade (Maturity Levels) definiert, die die Entwicklungsprozesse auf qualitativ unterschiedlichem Niveau beschreiben. Das bietet einen Vergleichsmaßstab für Softwareentwicklungsprozesse, wodurch deren Stärken und Schwächen bestimmt werden können. So lassen sich die Verbesserungsmaßnahmen ableiten, um eine höhere Reifestufe zu erreichen [Tha93, S. 24ff]. Die fünf Reifegrade können in Form einer Pyramide erläutert werden. Jede Reifegradstufe ruht auf der darunter liegenden. Daraus folgt, dass das Überspringen einer Ebene auf dem Weg nach oben nicht möglich ist. [KCF+96, S. 21f][Kne03, S. 2][Tha93, S. 47]

Die fünf Reifegrade sind im Einzelnen [Mel02, S. 10][PCC+93][Tha93, S. 48f]:

- **Reifegrad 1, Initial (Initial):** Der Entwicklungsprozess wird als chaotisch bezeichnet. Projekte sind ad hoc strukturiert. Es sind keine Vorgaben oder Hilfsmittel zur Planung und Steuerung der Projekte vorhanden. Die Liefertermine, Kosten, Funktionalität und Qualität sind kaum vorhersagbar. Der Erfolg bzw. Misserfolg der Entwicklungsprojekte ist in der ersten Linie von der Motivation und Qualifikation der Mitarbeiter abhängig.
- **Reifegrad 2, Wiederholbar (Repeatable):** Auf dieser Stufe werden notwendige Maßnahmen ergriffen, um Erfolge bei der Softwareentwicklung nicht nur bei einem Projekt zu erzielen, sondern dies zu einem Dauerzustand zu machen. Dafür werden grundliegende Projektmanagementaufgaben wie Planung, Kontrolle, Steuerung von Zeit, Kosten, Funktionalität und Qualität eingeführt und etabliert. Planung basiert auf

Erfahrungen mit ähnlichen Projekten. Dadurch wird der Softwareentwicklungsprozess stabil.

- **Reifegrad 3, Definiert (Defined):** Auf dieser Stufe ist der Softwareentwicklungsprozess unternehmensweit eingeführt, dokumentiert und standardisiert. Dieser Entwicklungsprozess umfasst Managementaufgaben und Software Engineering Aktivitäten. Eine Organisation auf dieser Stufe weiß, welche Prozesse ablaufen, sieht aber nicht wie gut sie durchgeführt werden. Obwohl der definierte Prozess eine solide Basis für weitere Verbesserungen bildet, befinden sich auf dieser Ebene immer noch nur qualitative Aussagen.
- **Reifegrad 4, Gemanagt (Managed):** Auf dieser Stufe werden quantitative Ziele für Prozesse und Produkte gesetzt und überwacht. Dazu werden Prüfmessungen vorgenommen und Metriken erstellt, um den Entwicklungsprozess quantitativ beurteilen zu können. Auf die Messungsergebnisse wird gezielt eingegriffen, um den Prozess im Sinne der wirtschaftlichen Ergebnisse zu verbessern. Der Einfluss der verwendeten Maßnahmen auf Produktqualität und Prozessproduktivität ist verstanden. Die Ziele werden genau erreicht. Abweichungen von den Zielen können aus den Daten heraus erklärt werden.
- **Reifegrad 5, Optimierend (Optimizing):** Auf dieser Stufe ist das gesamte Unternehmen auf kontinuierliche Prozessverbesserung eingestellt. Es sind alle Daten vorhanden, um Schwächen zu identifizieren und die Verbesserungen einzusetzen. Sowohl die Verbesserungen als auch Innovationen werden unternehmensweit auf Basis von quantitativen Kosten/Nutzen-Analysen eingesetzt. Dadurch sind die Entscheidungen des Managements durch Zahlen und Statistiken abgestützt.

Die Struktur des CMM ist in Bild 4-2 dargestellt. Zu jedem Reifegrad gibt es eine Anzahl von Schlüsselprozessgebieten (Key Process Areas), in denen der Prozess eine gute Qualität erreichen muss, um in den jeweiligen Reifegrad eingruppiert zu werden. Alle Schlüsselprozessgebiete sind den Reifegraden zugeordnet, wie in Tabelle 4-1 aufgelistet. Die Qualität, die zu erreichen ist, wird durch Schlüsselpraktiken (Key Practices) beschrieben. Die Schlüsselpraktiken sind Schlüsselprozessgebieten zugeordnet. Die relevanten Aspekte (Common Features) beschreiben das Ausmaß der Realisierung der für das Schlüsselprozessgebiet erforderlichen Praktiken und Aktivitäten. [IPB01, S. 23ff][Mel02, S. 12][Tha93, S. 169ff][PCC+03] Es gibt folgende relevante Aspekte [Mel02, S. 11]:

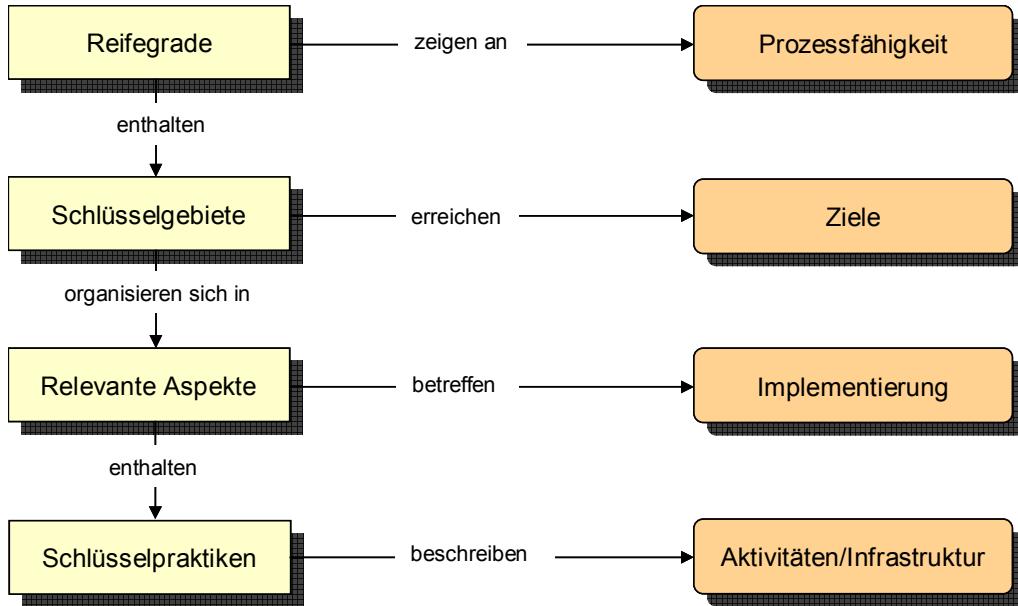


Bild 4-2: Struktur des Capability Maturity Model (CMM) in Anlehnung an [Mel02, S. 12]

- **Selbstverpflichtung (Commitment to Perform):** Es soll die Entschlossenheit der Leitung, die Aufgabenbereiche zu implementieren, sichergestellt werden.
- **Fähigkeit (Ability to Perform):** Es sollen die Voraussetzungen zur Bewältigung der relevanten Aufgabenbereiche geschaffen und vorhanden sein. Dazu gehören die Bereitstellung von Ressourcen, die Schaffung von Organisationsstrukturen und die Ausbildung der Mitarbeiter.
- **Aktivitäten (Activities Performed):** Es sollen die notwendigen Aktivitäten für die Implementierung der Maßnahmen durchgeführt werden. Wie zum Beispiel Planung, Ausführung, Überwachung, Korrektur.
- **Messung und Analyse (Measurement and Analysis):** Die Messungen und Analysen, die zur quantitativen Überwachung des Status der Maßnahmen notwendig sind, sollen durchgeführt werden.
- **Überprüfung der Implementierung (Verifying Implementation):** Es werden Überprüfungen durchgeführt, um sicherzustellen, ob der tatsächliche Prozessverlauf mit dem vorgesehenen übereinstimmt.

Tabelle 4-1: Einordnung der Schlüsselprozessgebiete des CMM in entsprechende Reifegrade [Mel02, S. 11][Tha93]

	Reifegrad	Schlüsselprozessgebiet	Kürzel
5	Optimierend	Fehlerverhinderung (Defect Prevention) Einführung neuer Technologien (Technologie Innovation) Änderungsmanagement (Process Change Management)	DP CAR PCM
4	Gemanagt	Messung und Analyse im Prozess (Process Measurement and Analysis) Qualitätsmanagement (Quality Management)	PMA QM
3	Definiert	Organisationsweiter Prozessfokus (Organisation Process Focus) Organisationsweite Prozessdefinition (Organisation Process Definition) Schulungsmaßnahmen (Training Program) Integriertes Software-Management Technisches Produktmanagement (Software Product Engineering) Koordination der beteiligten Gruppen (Intergroup Coordination) Peer Reviews	OPF OPD TP ISM SPE IC PR
2	Wiederholbar	Anforderungsmanagement (Requirements Management) Projektplanung (Software Project Planning) Überwachung und Verfolgung des Projektes (Project Tracking and Oversight) Software-Unterauftragnehmer Management (Software Subcontract Management) Software Qualitätssicherung (Software Quality Assurance) Konfigurationsmanagement (Software Configuration Management)	REQM SPP PTO SSM SQA SCM
1	Initial		

Um den Ist-Zustand des Softwareentwicklungsprozesses festzustellen und damit die Reifegrade zu bestimmen, wird ein Assessment durchgeführt. Eine solche Methode wurde bei SEI entwickelt: Capability Maturity Model-Based Appraisal for Internal Process Improvement (CBA IPI). Als Hilfsmittel werden

strukturierte Interviews mit wichtigen Managern und Mitarbeiter in einem Unternehmen durchgeführt, dabei wird ein Fragebogen mit ca. 125 mit ja oder nein zu beantwortenden Fragen eingesetzt. Das Assessment ist in drei Phasen aufgeteilt [Tha93, S. 171]:

- Vorbereitung
- Durchführung
- Empfehlungen aussprechen

Die Phasen des Assessment sind im Detail in [Tha93, S. 171ff] beschrieben.

Einordnung und Bewertung

Ausgehend von CMM für die Softwareentwicklung wurden zwischenzeitlich mehrere weitere CMMs für die verschiedensten Anwendungsfälle entwickelt, zum Beispiel CMM-System Engineering, CMM-People, CMM-Software Acquisition. Der Aufbau und die Grundlagen aller CMMs als auch der theoretische Ansatz sind vergleichbar geblieben. Es wurde jedoch eine Weiterentwicklung der Anpassungen der Modelle vorgenommen. Es hat sich gezeigt, dass die Modelle und deren unterschiedliche Strukturen kaum zusammenpassten und nur sehr schwierig zusammen einsetzbar waren. Aus diesem Grund wurde die CMM Version 2.0 zurückgezogen und ein neues Projekt, Capability Maturity Model Integration (CMMI), gestartet, um die unterschiedlichen Modelle zu integrieren. Für das CMM war eine Auslaufzeit bis Ende des Jahres 2003 geplant. Danach sollte CMM und deren Einsatz nicht mehr direkt vom SEI unterstützt werden. Diverse Verzögerungen führten dazu, dass diese Zeitplanung nicht eingehalten werden konnte.

Aus den oben genannten Gründen ist die Einordnung und Bewertung des CMM auf CMMI übertragbar. Die Einordnung und Bewertung dieser Methode ist im Detail Kapitel 4.1.2 zu entnehmen.

4.1.2 Capability Maturity Model Integration (CMMI)

Das CMMI ist der Nachfolger des CMM. Dieses Modell wurde ebenfalls am Software Engineering Institute (SEI) der Carnegie-Mellon Universität in Pittsburgh im Auftrag des Amerikanischen Verteidigungsministeriums entwickelt. Die Arbeit an der Entwicklung von CMMI startete im Jahre 1997. Das Ziel war [Kne03, S. 8]:

- Einen einheitlichen Rahmen für die verschiedenen CMMs zu erstellen und die Modelle zu integrieren, um deren gemeinsame Anwendbarkeit zu realisieren.

- Konsistenz und Kompatibilität mit weiteren Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Produktentwicklung zu fördern, wie zum Beispiel ISO 15 504.
- Geringe Aufwände für den Umstieg von den vorherigen CMMs auf CMMI.

Die Grundlage für die Entwicklung von CMMI waren die Modelle [Kne03, S. 8]:

- CMM für Software Engineering
- CMM für Systementwicklung
- CMM für Integrierte Produktentwicklung

Im Jahre 2000 wurde CMMI, Pilot-Version 1.0 herausgegeben. Diese Version enthielt die Software- und Systementwicklung. Wenig später wurde diese Version mit dem Bereich integrierte Entwicklung von Produkten und Prozessen vervollständigt. Im Januar 2002 wurde die auf Grund von Erfahrungen weiterentwickelte Version CMMI 1.1 herausgegeben. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf diese Version.

Varianten des CMMI

Wie bereits erwähnt sind in das CMMI mehrere Vorgängermodelle integriert. Die Integration dieser Modelle wurde durch zwei voneinander unabhängige Konzepte umgesetzt [Kne03, S. 11f]:

- Einerseits sind zwei Darstellungsformen des CMMI definiert, nämlich eine stufenförmige Darstellung und eine kontinuierliche Darstellung.
- Anderseits gibt es verschiedene Anwendungsbereiche, auf die sich das CMMI beziehen kann, wie zum Beispiel Software- und Systementwicklung (CMMI-SE/SW), integrierte Prozess- und Produktentwicklung (CMMI-IPPD) oder Kauf von Software (CMMI-SS, Supplier Sourcing)¹⁰.

Im CMMI sind für jedes Anwendungsbereich zwei Varianten (stufenförmig und kontinuierlich) vorhanden, die die gleichen Inhalte unterschiedlich strukturieren. Die verschiedenen Anwendungsbereiche haben unterschiedliche Inhalte, die sich dort überschneiden, wo gleiche Aufgaben in verschiedenen Anwendungsbereichen auftreten. KNEUPER beschreibt diese Charakteristik als:

¹⁰ CMMI-IPPD und CMMI-SS: Diese Versionen sind nicht einzeln veröffentlicht worden, sondern Bestandteile von CMMI-SE/SW/IPPD bzw. CMMI-SE/SW/IPPD/SS.

„Das ist ein Fortschritt gegenüber den Vorgängermodellen, wo auch bei gleicher Aufgabe die Beschreibung und die Inhalte teilweise unterschiedlich waren. Typisches Beispiel sind die Themengebiete im Projektmanagement, zum Beispiel ist Projektplanung im CMMI, im Gegensatz zu den Vorgängermodellen, für alle Anwendungsgebiete gleich beschrieben und unterscheidet sich nur dort, wo das inhaltlich notwendig ist.“ [Kne03, S. 11]

Struktur der Prozessgebiete

Die Prozessgebiete (Process Areas, PA) sind wichtige Strukturelemente des CMMI. Ein Prozessgebiet ist: „jeweils eine Zusammenfassung aller Anforderungen zu einem Thema, zum Beispiel zu Projektplanung, organisationsweitem Training oder Ursachenanalyse und Problemlösung.“ [Kne03, S. 12] Jedes Prozessgebiet enthält eine Reihe von Zielen, die dabei erreicht werden sollen:

- Spezifische Ziele gelten für das jeweilige Prozessgebiet.
- Generische Ziele beschreiben die Institutionalisierung des Prozessgebietes, also all das, was zu tun ist, damit die spezifischen Ziele dauerhaft und effizient umgesetzt werden. Diese Ziele sind unabhängig von verschiedenen Prozessgebieten. Die generischen Ziele zeigen die unterschiedliche Intensität an, mit denen das jeweilige Prozessgebiet institutionalisiert wird. Damit gibt es in der stufenförmigen Darstellung zwei verschiedene Ziele, eines für Prozessgebiete der Stufe 2 und eines für alle Prozessgebiete der Stufen 3 bis 5. In der kontinuierlichen Darstellung ist jedem Fähigkeitsgrad (Capability Level) je ein generisches Ziel zugeordnet. [CMM02-ol] [Kne03, S. 12]

Jedem Ziel werden mehrere Praktiken zugeordnet, durch deren Durchführungen das Ziel erreicht werden soll. Den spezifischen Zielen werden spezifische Praktiken zugeordnet, die zu jeweils einem Prozessgebiet gehören. Den generischen Zielen werden generische Praktiken zugeordnet.

Die Prozessgebiete sind in den beiden Versionen des CMMI unterschiedlich eingeordnet. In der stufenförmigen Darstellung sind die Prozessgebiete den Reifegraden zugeordnet, wie in Tabelle 4-2 gelistet. In der kontinuierlichen Darstellung werden die Prozessgebiete in Kategorien eingeordnet, wie in Tabelle 4-3 gelistet.

Tabelle 4-2: Prozessgebiete des CMMI-SE/SW in der stufenförmigen Darstellung [Kne03, S. 16f]

Reifegrad	Prozessgebiete	Kürzel	
5	Optimierend	Organisationsweite Innovation und Verbreitung (Organisational Innovation and Deployment) Ursachenanalyse und Problemlösung (Causal Analysis and Resolution)	OID CAR
4	Quantitativ gemanagt	Leistung der organisationsweiten Prozesse (Organizational Process Performance) Quantitatives Projektmanagement (Quantitative Project Management)	OPP QPM
3	Definiert	Anforderungsentwicklung (Requirements Development) Technische Umsetzung (Technical Solution) Produktintegration (Product Integration) Verifikation (Verification) Validation (Validation) Organisationsweiter Prozessfokus (Organizational Process Focus) Organisationsweite Prozessdefinition (Organizational Process Definition) Organisationsweites Training (Organizational Training) Integriertes Projektmanagement (Integrated Project Management) Risikomanagement (Risk Management) Entscheidungsanalyse und -findung (Decision Analysis and Resolution)	RD TS PI VER VAL OPF OPD OT IPM RSKM DAR
2	Gemanagt	Anforderungsmanagement (Requirements Management) Projektplanung (Project Planning) Projektverfolgung und -steuerung (Project Monitoring and Control)	REQM PP PMC

Reifegrad	Prozessgebiete	Kürzel
2	Gemanagt Management von Lieferantenvereinbarungen (Supplier Agreement Management) Messung und Analyse (Measurement and Analysis) Qualitätssicherung von Prozessen und Produkten (Process and Product Quality Assurance) Konfigurationsmanagement (Configuration Management)	SAM MA PPQA CM
1	Initial	

Tabelle 4-3: Prozessgebiete des CMMI-SE/SW in der kontinuierlichen Darstellung

Kategorie	Prozessgebiete	Kürzel
Prozessmanagement	Organisationsweiter Prozessfokus Organisationsweite Prozessdefinition Organisationsweites Training Leistung der organisationsweiten Prozesse Organisationsweite Innovation und Verbreitung	OPF OPD OT OPP OID
Projektmanagement	Projektplanung Projektverfolgung und -steuerung Management von Lieferantenvereinbarungen Integriertes Projektmanagement Risikomanagement Quantitatives Projektmanagement	PP PMC SAM IPM RSKM QPM
Ingenieurdisziplinen	Anforderungsmanagement Anforderungsentwicklung Technische Umsetzung Produktintegration Verifikation Validation	REQM RD TS PI VER VAL

Kategorie	Prozessgebiete	Kürzel
Unterstützung	Konfigurationsmanagement	CM
	Qualitätssicherung von Prozessen und Produkten	PPQA
	Messung und Analyse	MA
	Entscheidungsanalyse und -findung	DAR
	Ursachenanalyse und Problemlösung	CAR

Struktur des CMMI

Beide Varianten des CMMI haben unterschiedliche Strukturen. Das Prinzip ist aber gleich. CMMI enthält geforderte und erwartete Bestandteile, die die Forderungen des CMMI an eine Organisation repräsentieren. Geforderte Modellbestandteile sind die Ziele der Prozessgebiete. Wenn ein Ziel nicht erreicht wird, dann sind die Anforderungen an das gesamte Prozessgebiet nicht erfüllt und damit ist die entsprechende Stufe nicht erreicht. [Kne03, S. 13][CMM02-ol, S. 12]

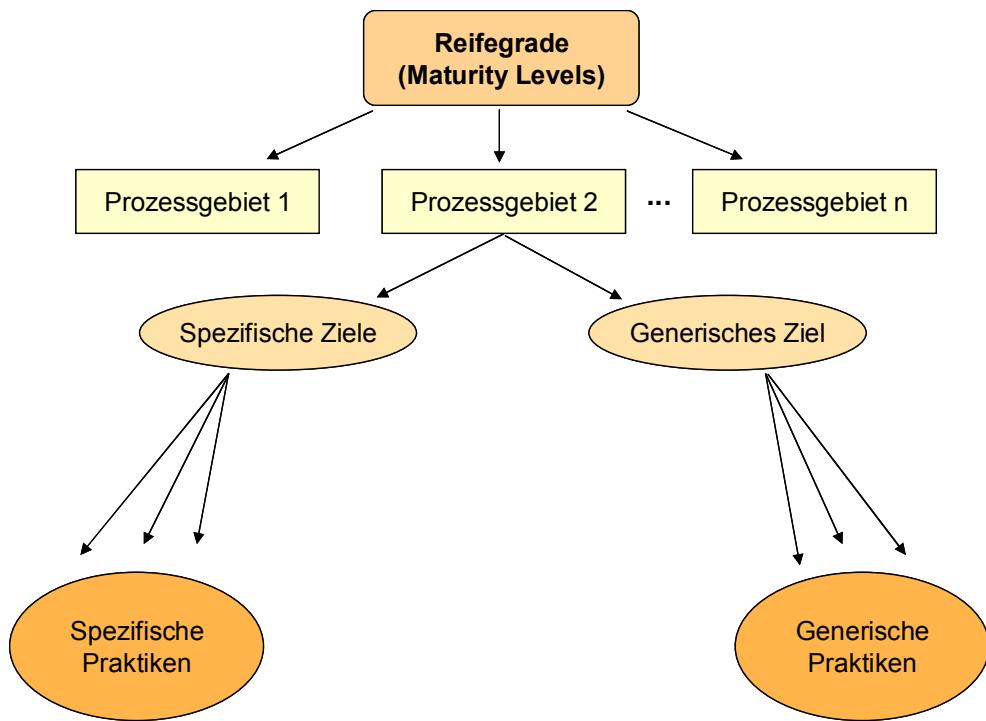


Bild 4-3: Struktur des CMMI mit stufenförmiger Darstellung in Anlehnung an [CMM02-ol]

Die Praktiken repräsentieren erwartete Modellbestandteile, die jeweils einem Ziel zugeordnet sind. Die Praktiken beschreiben den Weg, wie das Ziel erreicht wird. In Bild 4-3 ist die Struktur der CMMI mit stufenförmiger Darstellung abgebildet: Jeder Reifegrad umfasst ein oder mehrere Prozessgebiete. Eine Ausnahme bildet Reifegrad 1, der keine Anforderungen und damit auch keine Prozessgebiete umfasst. Jedes Prozessgebiet enthält ein oder mehrere spezifische Ziele, die selbst durch jeweils ein oder mehrere spezifische Praktiken umgesetzt werden. Jedes Prozessgebiet enthält ein generisches Ziel, das selbst einer oder mehreren generischen Praktiken zugeordnet ist. [CMM02-ol][Kne03, S. 18] In Bild 4-4 ist die Struktur der CMMI mit kontinuierlicher Darstellung dargestellt.

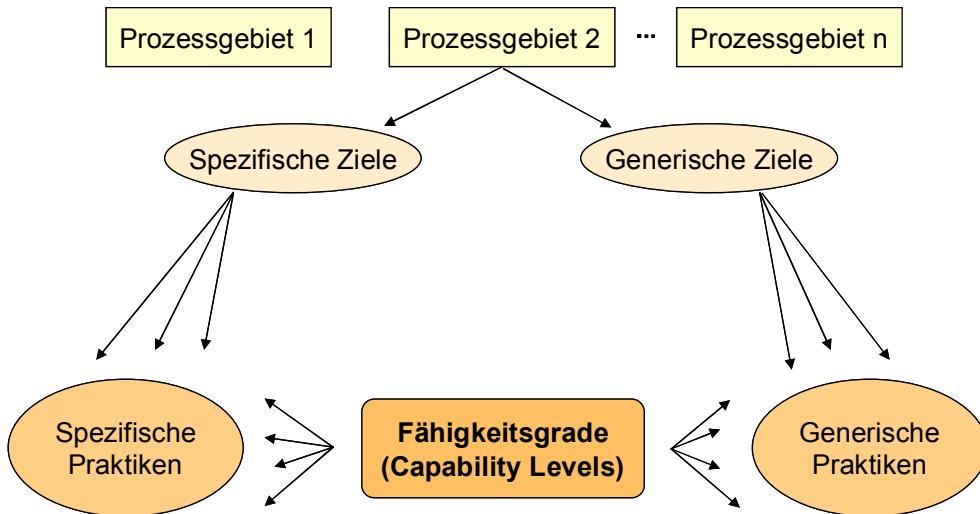


Bild 4-4: Struktur des CMMI mit kontinuierlicher Darstellung in Anlehnung an [CMM02-ol]

Die kontinuierliche Darstellung des CMMI enthält fünf generische Ziele (Generic Goals, GG), die für die Stufen der Institutionalisierung eines Prozessgebietes stehen. In diesem Fall ist auch die Stufe 0 vorhanden, wenn keines der generischen Ziele erfüllt ist. Es handelt sich um folgende generischen Ziele [CMM02-ol, S. 33][Kne03, S. 21]:

- GG1: Spezifische Ziele erreichen
- GG2: Einen gemanagten Prozess institutionalisieren
- GG3: Einen definierten Prozess institutionalisieren
- GG4: Einen quantitativ gemanagten Prozess institutionalisieren
- GG5: Einen optimierenden Prozess institutionalisieren

Jedes generische Ziel ist einem Fähigkeitsgrad (Capability Level) zugeordnet (Bild 4-4). Der Fähigkeitsgrad bezieht sich jeweils auf ein Prozessgebiet. Dadurch ist eine feinere Beschreibung möglich. Fähigkeitsgrad n ist für ein Prozessgebiet erreicht, wenn das generische Ziel GG n erfüllt ist. Wenn kein generisches Ziel erreicht ist, hat die Organisation auf diesem Prozessgebiet den Fähigkeitsgrad 0. [CMM02-ol, S. 35][Kne03, S. 21]

Stufenförmige Darstellung des CMMI

Die stufenförmige Darstellung des CMMI enthält fünf Reifegrade (Maturity Levels), wie in Bild 4-5 dargestellt [CMM02-ol]:

- Reifegrad 1: initial (initial)
- Reifegrad 2: gemanagt (managed)
- Reifegrad 3: definiert (defined)
- Reifegrad 4: quantitativ gemanagt (quantitatively managed)
- Reifegrad 5: optimierend (optimizing)

Jeder Reifegrad, außer der Reifegrad 1, hat eine Reihe von Prozessgebieten mit konkreten Anforderungen, deren Erfüllung wichtige Aspekte des Softwareentwicklungsprozesses unterstützt. Im Folgenden werden die einzelnen Reifegrade erläutert [CMM02-ol][Kne03, S. 15]:

Reifegrad 1 – initial: Auf dieser Stufe sind die Prozesse als ad hoc oder chaotisch charakterisiert. Die Prozesse sind wenig oder nicht definiert. Der Erfolg eines Projektes ist in erster Linie abhängig vom Einsatz und der Kompetenz einzelner Mitarbeiter. Auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass wichtige Mitarbeiter nur sehr selten völlig ausfallen, kommt es aber vor, dass sie im Urlaub oder krank sind. Es kommt dann häufig vor, dass Informationen nicht auffindbar sind. Dem Reifegrad 1 sind keine Anforderungen und dem zufolge keine Prozessgebiete zugeordnet. Die typischen Probleme, die diesen Reifegrad charakterisieren, sind [Kne03, S. 15]:

- ungenügende Steuerung der Projekte mit Soll-Ist-Vergleich,
- unklare und wechselnde Anforderungen,
- unvollständige oder unrealistische Planung, insbesondere der Aufwände,
- unklare Vorgehensweise und damit starke Abhängigkeit von einzelnen Mitarbeitern.

Reifegrad 2 – gemanagt: In dieser Stufe wird gefordert, die wesentlichen Managementprozesse zu etablieren, um Kosten, Zeitplan und Funktionalität von

Projekten zu planen und zu steuern. Reifegrad 2 enthält eine detaillierte Beschreibung dessen, was Projektmanagement ausmacht.

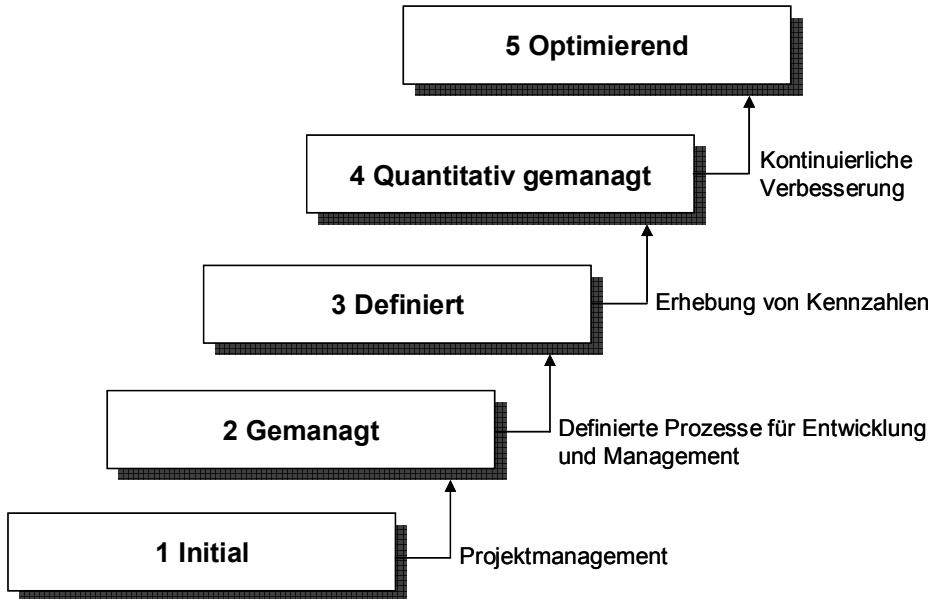


Bild 4-5: Reifegrade der stufenförmigen Darstellung des CMMI [Kne03, S. 14]

Reifegrad 3 – definiert: Auf dieser Stufe wird der Schwerpunkt der Arbeit von den einzelnen Projekten auf die Organisation und von den Management-Aktivitäten zu den Entwicklungs-Aktivitäten verlagert. Die Anforderungen dieser Stufe sind auf die Vereinheitlichung der Prozesse für die gesamte Organisation gerichtet.

Reifegrad 4 – quantitativ gemanagt: Auf dieser Stufe werden intensiv Metriken und Kennzahlen eingeführt und benutzt, um den Prozess der Softwareentwicklung und die Produkte quantitativ beurteilen zu können. Die Ergebnisse der Messungen werden dann gezielt eingesetzt, um eine bessere Entscheidungsgrundlage für Verbesserungsaktivitäten zur Verfügung zu stellen.

Reifegrad 5 – optimierend: Dies ist die höchste Stufe im Modell, die sich auf kontinuierliche Verbesserung mit systematischer Auswahl und Einführung von Verbesserungsmaßnahmen bezieht, um eine Optimierung des Prozesses und der damit verbundenen Produkte zu bewirken.

Die Prozessgebiete der Reifegrade sind in Tabelle 4-2 aufgelistet. Obwohl den beiden höchsten Reifegraden 4 und 5 jeweils nur zwei Prozessgebiete zugeordnet werden, müssen alle Prozessgebiete und deren Praktiken auf den vorherigen Stufen weiter eingehalten werden. Allein dies wird einen Großteil der Kapazitäten der Organisation beanspruchen.

Kontinuierliche Darstellung des CMMI

In der kontinuierlichen Darstellung sind die Anforderungen des CMMI an die Softwareentwicklung und damit die Prozessgebiete in vier Kategorien gegliedert. Die kontinuierliche Darstellung des CMMI beinhaltet die gleichen Prozessgebiete wie die stufenförmige Darstellung. Diese Prozessgebiete sind in folgende Kategorien aufgeteilt [CMM02-ol, S. 93][Kne03, S. 20]:

- **Prozessmanagement:** umfasst alle Prozessgebiete, die sich mit dem Management der für die gesamte Organisation gültigen Prozesse (organisationseitigen Prozesse) befassen.
- **Projektmanagement:** beinhaltet die Prozessgebiete, die sich mit dem Management des einzelnen Projektes befassen.
- **Ingenieurdisziplinen:** beinhaltet die Prozessgebiete, die die technischen Entwicklungsthemen darstellen und neben einem einfachen Lebenszyklusmodell noch die Verifikation und Validation der Ergebnisse umfassen.
- **Unterstützung:** beinhaltet die Prozessgebiete, die die Arbeit in anderen Prozessgebieten unterstützen.

In der Tabelle 4-3 sind die Prozessgebiete und ihre Zuordnung zu diesen Kategorien aufgelistet.

Der Stand jedes Prozessgebietes wird einzeln ausgewertet und dem entsprechenden Fähigkeitsgrad zugeordnet. Es sind folgende Fähigkeitsgrade definiert [CMM02-ol, S. 34][Kne03, S. 22]:

- Fähigkeitsgrad 0: unvollständig (incomplete)
- Fähigkeitsgrad 1: durchgeführt (performed)
- Fähigkeitsgrad 2: gemanagt (managed)
- Fähigkeitsgrad 3: definiert (defined)
- Fähigkeitsgrad 4: quantitativ gemanagt (quantitatively managed)
- Fähigkeitsgrad 5: optimierend (optimizing)

In Bild 4-6 ist ein Beispielprofil der Fähigkeitsgrade einer Organisation dargestellt. Auf der Abszisse sind die Fähigkeitsgrade von 0 bis 5 aufgetragen und auf der Ordinate sind die Prozessgebiete dargestellt.

Welche der beiden Varianten (stufenförmige oder kontinuierliche) geeigneter für den Anwender ist, kann anhand der Vor- und Nachteile beider Varianten entschieden werden. Zur Auswahl der Darstellung gibt es eine Reihe von Empfehlungen in CMMI Version 1.1, Kapitel 1 [CMM02-ol, S. 2ff].

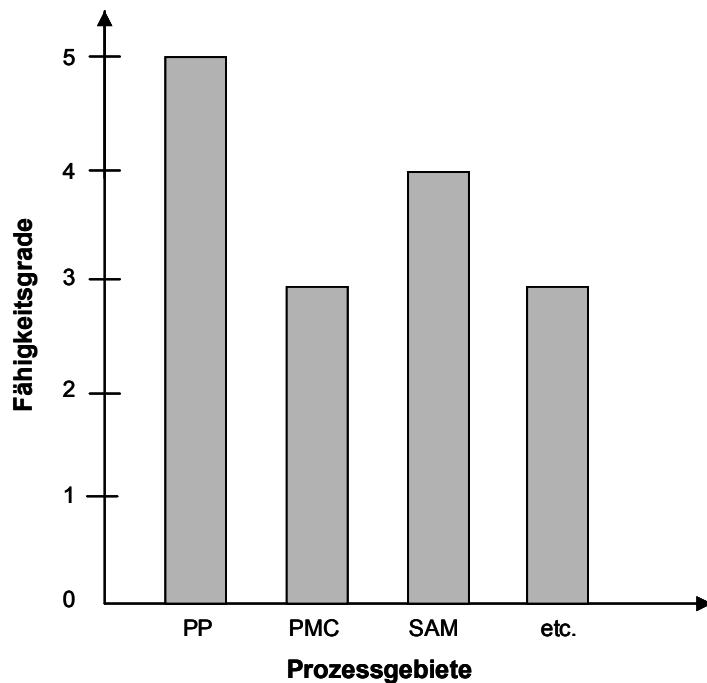


Bild 4-6: Beispielprofil der Fähigkeitsgrade einer Organisation in Anlehnung an [CMM02-ol]

Einführung des CMMI

Zur Einführung von CMM wurde vom SEI die Methode IDEAL entwickelt. Diese Methode ist völlig analog auch für CMMI anwendbar. Die Methode IDEAL basiert auf einem fünfstufigen Modell, dessen Wurzel in dem Deming-Zyklus (Prozessverbesserungszyklus, PDCA-Zyklus) liegt [Kne03, S. 76]:

- **I – Initiating:** Grundlagen für eine erfolgreiche Prozessverbesserung legen. Dabei werden konkrete Ziele genannt.
- **D – Diagnosing:** Den gegenwärtigen Stand im Vergleich zum Zielzustand feststellen. An dieser Stelle werden Begutachtungen (Assessments) mit Hilfe von Fragebögen durchgeführt.
- **E – Establishing:** Die Verbesserungsmaßnahmen werden geplant und vorbereitet.
- **A – Acting:** Die geplanten Verbesserungsmaßnahmen werden umgesetzt. Es werden Metriken eingesetzt, mit deren Hilfe die Umsetzung der Maßnahmen und ihr Erfolg überwacht werden.
- **L – Learning:** Lernen aus den Erfahrungen. Die Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen wird dokumentiert.

CMMI - Begutachtungen

Die Begutachtungen dienen zur Ermittlung der Stufe eines Unternehmens im Reifegradmodell. Davon ausgehend kann die Softwareentwicklung weiter verbessert werden. Von dem SEI wurde die Methode The Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI)¹¹ entwickelt, um Begutachtungen durchzuführen. SCAMPI ist ein Nachfolger der CBA-IPI-Methode (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement)¹² für CMM.

Einordnung und Bewertung

Die CMMI Methode ist eine sehr komplexe Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Softwareentwicklung. Diese Methode ist verwandt mit weiteren Qualitätsmanagementmodellen wie ISO 9000ff., Bootstrap, SPI-CE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) und EFQM (European Foundation for Quality Management). Es können mehrere Parallelitäten und Kompatibilitäten festgestellt werden, besonders mit ISO 15504 (SPI-CE) und Bootstrap. [HRG00, S. 45ff][SM98, S. 227ff]

Die Leistungsbewertung erfolgt mit CMMI systematisch und ist sehr detailliert. Die Vollständigkeit des CMMI ist ein häufiger Kritikpunkt, weil das CMMI nur die Softwareprozesse betrachtet. Weitere ebenfalls wichtige Themen werden ignoriert, wie zum Beispiel [Kne03, S. 93]:

- Kundendienst und Unterstützung,
- Mitarbeiterauswahl und –gewinnung,
- Motivation und Zusammenarbeit der Mitarbeiter.

Die Handlungsoptionen für die Leistungssteigerung werden ausgehend von dem gegenwärtigen Stand der Softwareprozesse empfohlen. Das heißt, die Praktiken aus der nächst höheren Stufe sind die geeigneten, um eine Leistungssteigerung der Prozesse zu erreichen. Es wurden mehrere Studien zum Nutzen von CMMI bzw. CMM durchgeführt [HZG+97]. Die Experten berichten aus Erfahrungen in der Praxis, dass die Einteilung von Stufen beim Reifegradmodell bzw. beim Fähigkeitenmodell nicht auf die Realität bezogen ist. Beispielsweise wird der Schritt von Stufe 1 auf Stufe 2 als zu groß erachtet. [LY01, S. 67f][Kau98, S. 209ff][Kne03, S. 92]

¹¹ SCAMPI: Eine detaillierte Beschreibung der SCAMPI-Methode findet sich in [SCA01-ol][SEI04-ol]

¹² CBA-IPI-Methode: Eine detaillierte Beschreibung der CBA-IPI-Methode findet sich in [SEI04-ol]

Außerdem stellen viele Experten die Anwendung von CMMI vor allem in Bezug auf eine zu geringe Flexibilität in Frage. CMMI kann nur in mittelgroßen Projektorganisationen eingesetzt werden, es ist für kleine und sehr große Projekte ungeeignet. Für sehr kleine Entwicklungsorganisationen beschreibt KNEUPER [Kne03]:

„CMMI erfordert einen gewissen fixen Aufwand für Infrastrukturaufgaben wie Kompetenzaufbau, Ausarbeitung von Strategien, Prozessen und Schulungen etc. der zwar zu Einsparungen in den einzelnen Projekten führt, wenn es aber nur wenige und kleine Projekte gibt, dann können diese Einsparungen die Kosten möglicherweise nicht aufwiegen.“ [Kne03, S. 95]

Die hohe Komplexität, der Detaillierungsgrad der CMMI-Modelle und die oben genannten Gründe reduzieren die Wirtschaftlichkeit der Methode. Das Verhältnis des Aufwands zu dem Nutzen von CMMI ist häufig beim Schritt von Stufe 1 auf Stufe 2 besonders ungünstig. Erst beim Übergang zu den nächsthöheren Stufen verbessert sich das Aufwand/Nutzen-Verhältnis.

4.2 Domänenunabhängige Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung

4.2.1 Benchmarking

Benchmarking ist eine Managementmethode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung, welche unabhängig von der Ingenieursdisziplin in der Produktentwicklung eingesetzt wird. Der Begriff „Benchmark“ stammt aus dem Englischen und wird als „*mark to indicate a point of known height, used as a reference in measuring other heights for a survey ...*“ definiert [Hor87, S. 76]. Ein Benchmark ist somit ein topographischer Fixpunkt, der als Referenz für die Landvermessung dient. Benchmarking wurde im Sinne des Messens und Vergleichens objektiver Bezugspunkte auf verschiedene technisch-naturwissenschaftliche Bereiche, zum Beispiel die Informatik oder Finanzwirtschaft, übertragen.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind erstmalig gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts im Unternehmensführungskonzept von Frederick Taylor methodische Parallelen zum Benchmarking erkennbar [Hei99, S. 4]. Die Einführung des Benchmarking in die Betriebswirtschaftslehre als Methode wurde jedoch erst Ende der 70er Jahre vollzogen. Eine Gruppe von Managern der Rank Xerox Corporation um D.T. Kearns und R.C. Camp haben das Konzept des

Benchmarking in Rahmen ihres „Leadership through Quality“ Programms entwickelt [Wat93, S. 23].

Die Weiterentwicklung des Benchmarking und die häufige Vermischung mit anderen Managementtheorien führten zu einer „kontinuierlich fortschreitenden Verwässerung“ des Begriffs und unterschiedlichen Definitionen je nach Ziel und Anwendung. Allen ist aber der gleiche theoretische Ansatz gemein: die Identifikation von und die Orientierung an Bestlösungen [ST97, S. 12]. Eine der ersten Definitionen des Benchmarking aus betriebswirtschaftlicher Sicht stammt von DAVID T. KEARNS (Rank Xerox Corporation):

„Benchmarking is the continuous process of measuring products, services and practices against the toughest competitors or those companies recognized as industry leaders.“
[Hei99, S. 9]

Definition des Benchmarking¹³ nach SABISCH, TINTELNOT:

„Benchmarking ist der ständige Prozess des Strebens eines Unternehmens nach Verbesserung seiner Leistungen und nach Wettbewerbsvorteilen durch Orientierung an den jeweiligen Bestleistungen in der Branche oder an anderen Referenzleistungen.“ [ST97, S. 12]

Arten des Benchmarking

In der wirtschaftlichen Literatur existieren mehrere Varianten des Benchmarking. Klassischerweise werden folgende zwei Arten unterschieden [Hei99, S. 13ff][Str97, S. 55ff]:

- **Internes Benchmarking:** Im Rahmen eines strukturierten Vergleichs zwischen ähnlichen Produkten, Prozessen, Dienstleistungen etc. an unterschiedlichen Standorten oder in verschiedenen Arbeitsgruppen einer Organisation werden detaillierte Analysen von Funktionen und Prozessen durchgeführt. Das Ziel des internen Benchmarking ist „*Informationen über das erreichte Leistungspotenzial zu gewinnen und so im Vergleich mit den Analyseergebnissen aus anderen Abteilungen, die erfolgreichsten Geschäftspraktiken (Best Practices) zu identifizieren und schließlich organisationsweit zu implementieren.*“ [Hei99, S. 13] Ein sehr wesentlicher Vorteil des internen Benchmarking liegt in dem offenen Zugang zu Informationen und Daten.

¹³ Benchmarking: Weitere Definitionen des Benchmarking und Erläuterungen zu deren Unterschieden sind zu finden in: [Hei97][ST97][Str97][Wat93]

- **Externes Benchmarking:** Bei dieser Art des Benchmarking wird das eigene Unternehmenssystem verlassen, und die Verbesserungspotenziale werden entweder bei Konkurrenten oder bei Unternehmen außerhalb der eigenen Branche gesucht. Konkurrenzorientiertes Benchmarking analysiert Produkte, Prozessen, Methoden etc. der Konkurrenz und zeigt die sich ergebenden Leistungsdefizite auf. Darüber hinaus wird eine Lösung angeboten, wie diese Leistungsdefizite bzw. –unterschiede abgebaut werden sollen. Beim branchenbezogenen Benchmarking werden im Rahmen der Branchenbetrachtung Best-Practice-Lösungen des Faches aufgespürt und auf das eigene Unternehmen übertragen. Branchenübergreifendes (generic) Benchmarking sucht Best-Practice-Lösungen außerhalb der eigenen Wettbewerbs- und Branchengrenzen. Somit besteht die Möglichkeit, neue Ideen und Lösungen zu finden, welche für die eigene Branche untypisch und innovativ sind. Von allen Arten des Benchmarking beinhaltet dieses Vorgehen das größte Innovationspotential.

Anhand der Zielsetzung der zu erstellenden Benchmarking-Studie und weiterer unternehmens- bzw. branchenspezifischer Randbedingungen entscheidet das Unternehmen, welches Vorgehen es wählt. In der Praxis wird häufig als erstes ein internes Benchmarking durchgeführt, um eine Leistungsvergleichsbasis für eine externe Benchmarking-Studie zu erstellen. [Str97, S. 53]

Prozess des Benchmarking

Im Bild 4-7 ist der Prozess des Benchmarking als Ablaufmodell nach SABISCH, TINTELNOT [ST97, S. 29] dargestellt. Das Vorgehen besteht aus vier Prozessphasen. Der gesamte Prozess ist mit Aufgaben der Informationsbeschaffung und –verarbeitung verbunden, von denen der Erfolg des Benchmarking abhängt. Aus diesem Grund wird die Informationsbeschaffung und –verarbeitung als Basisschritt 0 in dem Prozessmodell bezeichnet. [ST97, S. 30f]

Die erste Phase des Benchmarking (Projektplanung) umfasst die Vorbereitung und Planung eines Benchmarking-Projektes, beginnend mit Problemerkenntnis und Problemanalyse. In der zweiten Phase (Bewertung) werden zunächst die Vorbereitungen der Messung und Bewertung getroffen. An dieser Stelle werden die Vergleichsobjekte und Bewertungskriterien ausgewählt. Dann folgen die Messungen der Bewertungskriterien für das Untersuchungsobjekt des eigenen Unternehmens sowie der Kriterien der für den Vergleich ausgewählten Referenzobjekte.

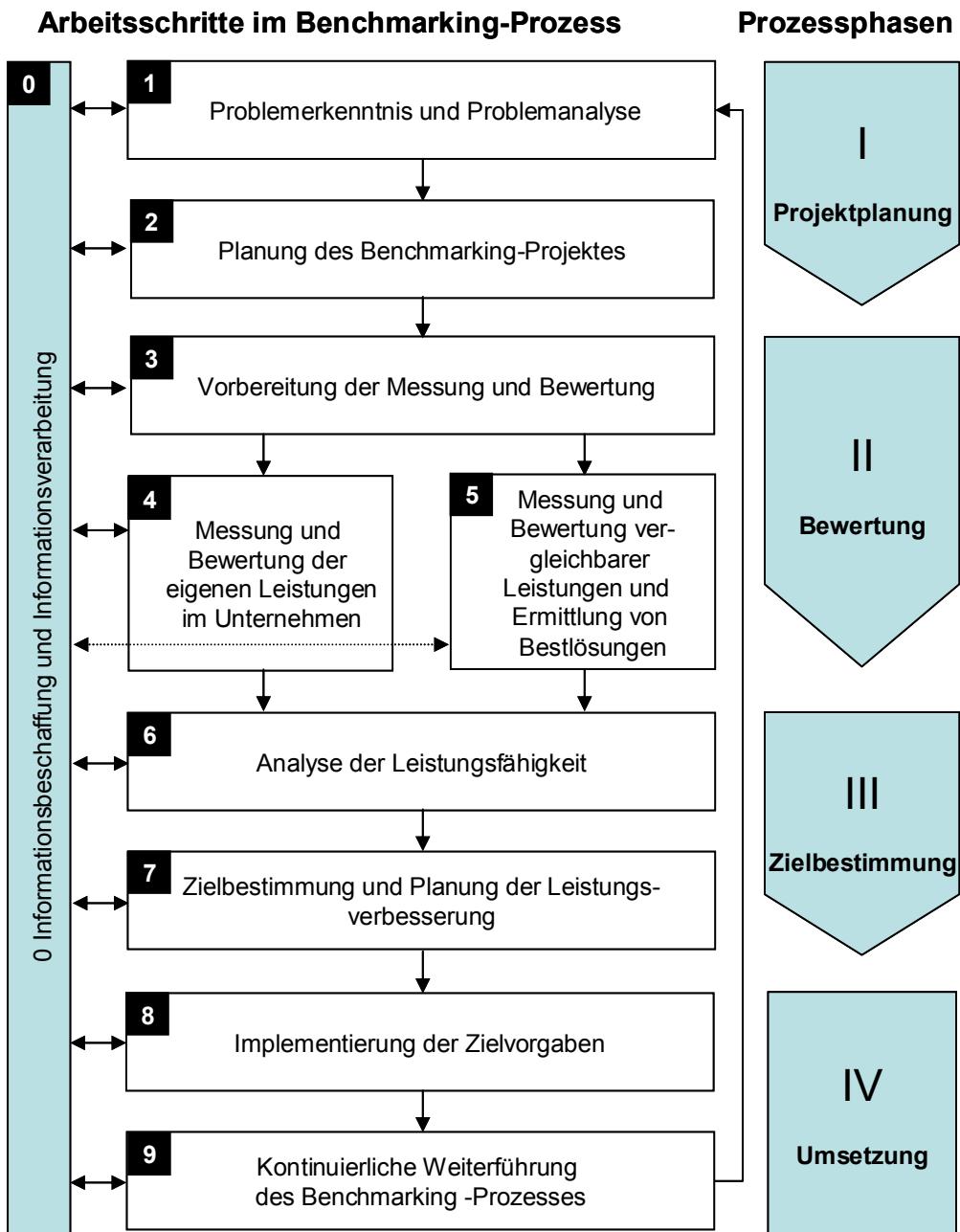


Bild 4-7: Darstellung des Benchmarking-Prozesses in Form des Ablaufmodells [ST97, S. 29]

Die dritte Phase (Zielbestimmung der Verbesserung) analysiert in einem ersten Schritt die Leistungsfähigkeit von Entwicklungsprozessen im Allgemeinen. Anhand der Ergebnisse werden die Ziele für die Leistungsverbesserung bestimmt, und das Vorgehen zur Leistungsverbesserung wird entworfen. In der letzten Phase des Benchmarking erfolgt die Umsetzung der Benchmarking-Ergebnisse durch die Implementierung der Zielvorgaben für die Leistungsverbesserung. Neben der erfolgreichen Implementierung der Zielvorgaben ist es notwendig, die Untersuchungen kontinuierlich weiterzuführen. Die Bench-

marks müssen aktualisiert und die abgeschlossenen Analysen müssen erweitert werden, um das Verbesserungspotenzial des Benchmarking optimal ausschöpfen zu können. [ST97, S. 39ff]

Ansatz von Benchmarking in Produktentwicklung

Benchmarking als Instrument zur konsequenten Orientierung des Unternehmens an den relevanten Bestlösungen ist nicht nur auf die Verbesserung vorhandener Produkte, Prozesse und Organisationsstrukturen beschränkt sondern kann auch im Rahmen der Produktentwicklung bei der Ideenfindung, um neue Problemlösungen zu bringen, eingesetzt werden. Bereits bei der Ideenfindung, Konzipierung und Planung von Neuerungen können die zu erwartenden Bestleistungen als Maßstab gesetzt werden. Damit werden mögliche Verbesserungspotentiale bei der Produktentwicklung erschlossen. [ST97, S. 45]

SABISCH, TINTELNOT zeigen spezifische Bedingungen für das Benchmarking in der Produktentwicklung auf [ST97, S. 51]:

- **Neuheit der Entwicklungsergebnisse:** Die zu bewertenden Ergebnisse zeichnen sich durch einen unterschiedlichen Neuheitsgrad aus. Je höher dieser Grad ist, desto schwerer können direkt vergleichbare Referenzen herangezogen werden.
- **Unbestimmtheit und Risikocharakter der Daten:** Aus der Neuheit der Ergebnisse resultiert die Unbestimmtheit der für das Benchmarking verwendeten Daten.
- **Dynamischer Charakter der Bewertung:** Das Benchmarking in der Produktentwicklung muss dynamischen Charakter haben, um mit den sich ändernden Entwicklungsaufgaben und Entwicklungsprozessen Schritt halten zu können.
- **Vertraulichkeit und Geheimnisschutz vieler Angaben aus der Entwicklung:** In der Produktentwicklung müssen Geheimhaltung und Vertraulichkeit besonders gewährleistet sein, wenn das Unternehmen gegenüber der Konkurrenz Wettbewerbsvorteile behalten oder ausbauen will.
- **Beschränkte Verfügbarkeit und Messbarkeit der Daten:** In dem Bereich der Produktentwicklung sind oftmals keine hinreichend genauen und eindeutig messbaren Daten verfügbar.

Einordnung und Bewertung

Benchmarking wird in der Praxis bei Unternehmen eingesetzt, die ihre Produkte und ihre Leistungsprozess systematisch verbessern wollen. Benchmarking

kann somit als Instrument zur Erringung von Wettbewerbsvorteilen betrachtet werden: In dem Verfahren werden die Leistungsdefizite identifiziert, konkrete Schlussfolgerungen zur Leistungsverbesserung werden gezogen und durch Implementierung gewonnene Erkenntnisse fließen in die Unternehmenspraxis ein [ST97, S. 13].

Benchmarking kann in der Produktentwicklung mechatronischer Produkte eingesetzt werden. Allerdings zeigen mehrere Untersuchungen, dass der Einsatz dieser Methode mehrere Komplikationen mit sich bringt: Bei der Suche und Auswahl des Benchmarking-Partners ist es schwierig, sowohl die Vergleichbarkeit und Abgrenzung der Referenzobjekte (Produkte, etc.) sicherzustellen als auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse. Ein weiteres häufig vorkommendes Problem ist der Mangel an Geheimhaltung, Vertrauen und Offenheit. Letztendlich muss auch der nicht geringe Aufwand der Partnersuche in Betracht gezogen werden. Erfahrungen aus der Praxis haben nachgewiesen, dass Benchmarking in erster Linie zur Ermittlung einer Referenzbasis dient. Anhand dieser können die ermittelten Leistungen im Vergleich zu anderen Unternehmen eingestuft werden [Wle01, S. 89]. Da Benchmarking kein Bewertungssystem in eigentlichem Sinne ist, kann es als ein Instrument des Bewertungssystems angewendet werden. Aus diesem Grund kann Benchmarking komplexe Management-Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung nicht ersetzen, stellt jedoch eine wichtige Ergänzung und Bereicherung dieser Methoden dar. Aus diesem Grund wird Benchmarking in der Praxis häufig in andere Management-Methoden integriert. Es hat eine hohe Bedeutung, vor allem in Kombination mit ISO 9000ff., TQM, etc. [ST97, S. 203]

Die Wirtschaftlichkeit des Benchmarking hängt von der durchgeführten Art des Benchmarking ab. Bei dem internen Benchmarking ist der Aufwand am niedrigsten für das Unternehmen. Die Wahrscheinlichkeit, die passende Lösung zu finden ist jedoch gering. Demgegenüber ist das branchenübergreifende Benchmarking sehr kostenintensiv. Es bietet aber die Findung und Nutzung eines sehr breiten Spektrums von Lösungsalternativen für Produkte und effiziente Gestaltungsmöglichkeiten von Produktentwicklungsprozessen.

4.2.2 European Foundation for Quality Management-Excellence Model (EFQM-Model)

In der Praxis hat sich bei der Umsetzung von TQM-Konzepten (Bild 4-8) in Unternehmen herausgestellt, dass eine inhaltliche Orientierung notwendig ist: Für Unternehmen ist es schwierig, den richtigen Ansatz im Sinne des TQM zu finden und diesen dann systematisch zu verfolgen. Aus diesem Grund wurden unterschiedliche TQM-Modelle entwickelt.

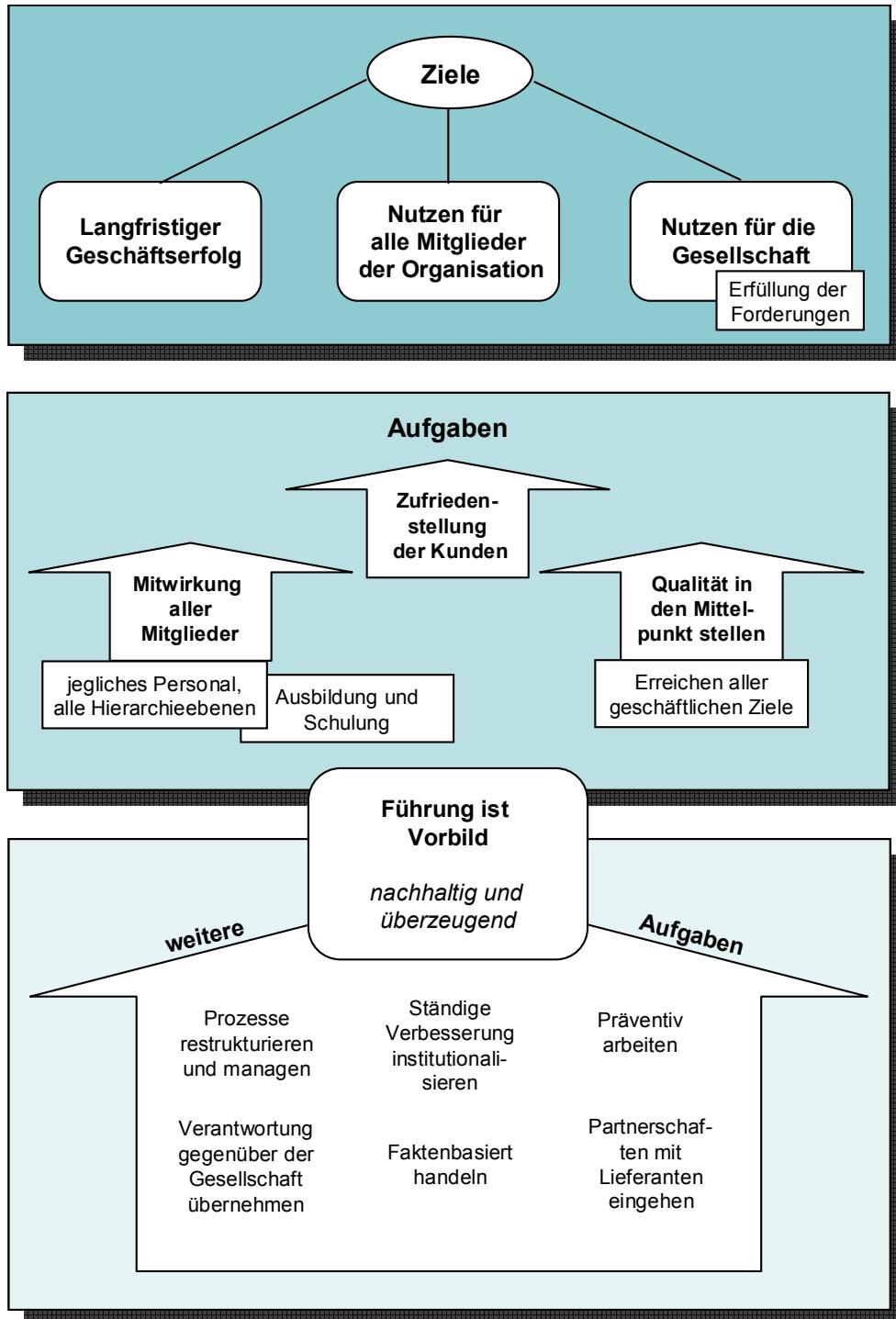


Bild 4-8: Darstellung des Zusammenwirkens der Ziele und Aufgaben im TQM [RW97, S. 5]

Zwei dieser Modelle haben sich schon seit vielen Jahren in der Praxis etabliert und bilden die Grundlage für die Bewertung von TQM-geführten Unternehmen [Per02, S. 86f][RW97, S. 4f][Wäl95, S. 41f]:

- Der Deming Application Prize: 1951 in Osaka erstmalig verliehen.

- Der Malcom Baldrige National Quality Award: 1988 in Washington D.C. erstmals verliehen.

Beide Modelle enthalten länderspezifische Merkmale, welche zu einer Erschwerung deren Akzeptanz in Europa führen. Die European Foundation for Quality Management (EFQM), eine europäische Stiftung namhafter Industrieunternehmen, hat daher in Zusammenarbeit mit der EG-Kommission und der European Organisation for Quality (EOQ) ein europäisches Referenzmodell entwickelt. In 1992 wurde auf Basis des EFQM-Model for Business Excellence erstmals der European Quality Award (EQA) verliehen. [Per02, S. 97] Diese Auszeichnung wird den Unternehmen verliehen, die nachweisen können, dass „*ihr Vorgehen zur Verwirklichung von TQM über eine Reihe von Jahren einen beträchtlichen Beitrag zu den Erwartungen von Kunden, Mitarbeitern und anderen geleistet hat.*“ [RW97, S. 6]

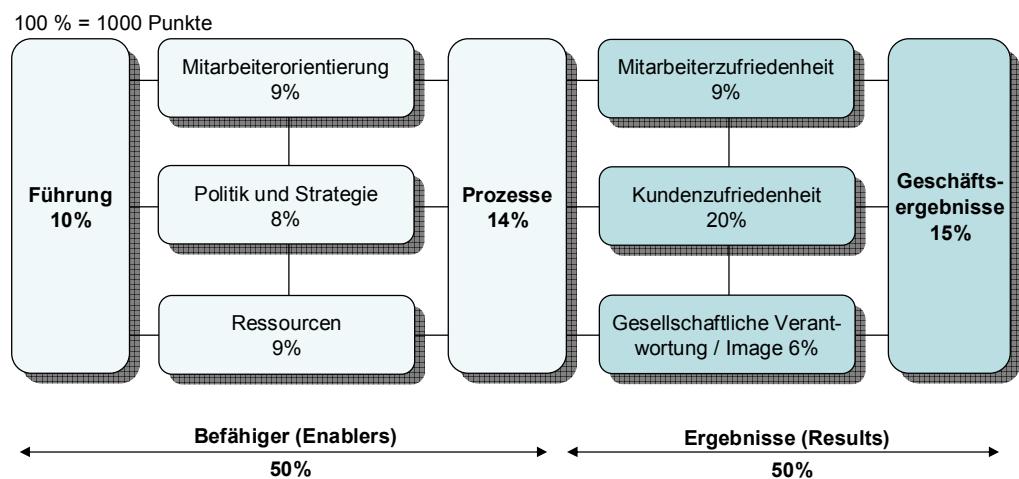


Bild 4-9: Das europäische TQM-Modell (EFQM-Excellence Model) [RW97, S. 6]

Die EFQM hat das Model for Business Excellence in Sinne kontinuierlicher Verbesserungen weiterentwickelt. Seit dem Jahr 2000 dient die endgültige Version des Modells (1999) als Grundlage für die Bewertung der Auszeichnungskategorien „Unternehmen und Unternehmensteile“, „Operationelle Einheiten“ und „Organisationen des öffentlichen Bereiches“. Das Modell wurde in EFQM Excellence Model umbenannt, um zu betonen, dass es nicht nur bei gewinnorientierten Organisationen anwendbar ist.

Das TQM-Modell des EFQM basiert auf dem Zusammenwirken von neun Kriterien, die in „Befähiger“ und „Ergebnisse“ unterteilt sind. Die „Befähiger“ beschreiben die Potentiale des Unternehmens, die dazu dienen, Qualität zu ermöglichen. In Bild 4-9 ist eine Übersicht des TQM-Models des EFQM dargestellt. Ausgangspunkt der Leistungsverbesserung ist eine nachhaltige und

überzeugende Führung der Unternehmensleitung. Die Grundidee bei der Entwicklung des EFQM-Models war:

„Die Aufgabe der Unternehmensleitung ist mittels einer geeigneten Politik und Strategie die Kernprozesse an den entsprechenden Erfordernissen auszurichten, die Mitarbeiterbereitschaft zu motivieren und die Ressourcen sinnvoll zuzuteilen.“ [Per02, S. 97]

Auf der Ergebnisseite des Modells wird der langfristige Unternehmenserfolg entscheidend von der Kundenzufriedenheit, Mitarbeiterzufriedenheit und der gesellschaftlichen Verantwortung beeinflusst [Per02, S. 98].

Die Befähigerkriterien 4 und 5 des EFQM Excellence Models

4. Partnerships and Resources (9%)

How the organisation plans and manages its external partnerships and internal resources in order to support its policy and strategy and the effective operation of its processes.

It is to show, how:

- 4a External partnerships are managed
- 4b Finances are managed
- 4c Buildings, equipment and materials are managed
- 4d Technology is managed
- 4e Information and knowledge are managed

5. Processes (14%)

How the organisation designs, manages and improves its processes in order to support its policy and strategy and fully satisfy, and generate increasing value for, its customers and other stakeholders.

It is to show, how:

- 5a Processes are systematically designed and managed
- 5b Processes are improved, as needed, using innovation in order to fully satisfy and generate increasing value for customers and other stakeholders
- 5c Products and services are designed and developed based on customer needs and expectations
- 5d Products and services are produced, delivered and serviced
- 5e Customer relationships are managed and enhanced

Bild 4-10: Die Befähigerkriterien 4 und 5 des EFQM Excellence Models von 1999 und ihre Unterpunkte [EFQ99, S. 22]

Jedes Kriterium („Befähiger“ und „Ergebnisse“) ist in mehrere Unterpunkte gegliedert, die die Modellkriterien im Detail beschreiben. Die Unterpunkte

stellen einen festen Modellbestandteil dar und sind die ersten Anhaltspunkte der Vorgehensweise zur Leistungssteigerung gemäß des EFQM-Models. Den Unterpunkten sind jeweils Ansatzpunkte zugeordnet. Im Bild 4-10 ist ein Abschnitt der Befähigerkriterien des EFQM Excellence Models dargestellt. Dabei sind die Ansatzpunkte eher als unverbindliche Auflistung von Anregungen und Vorschlägen für Verbesserungsmaßnahmen bezüglich der Leistungssteigerung zu betrachten. [EFQ99, S. 22]

Das TQM-Modell der EFQM wird als ein Unternehmensbewertungsmodell angewendet, um die Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu beurteilen. Die im Modell angegebenen Prozentzahlen beschreiben die Wertigkeit der einzelnen Kriterien. Die Prozentzahlen wurden in umfangreichen Beratungen mit Experten aus Industrie und Wissenschaft erarbeitet. Innerhalb eines Kriteriums sind die Punkte meistens gleichmäßig auf die zugehörigen Unterpunkte aufgeteilt. Diese prozentualen Werte stellen den Maßstab für die jährliche Verleihung des EQA dar. Es können maximal 1000 Punkte erreicht werden. [EFQ96][Per02, S. 100]

Die Bewerbung von Unternehmen um den Quality Award bedingt ein vorangehendes Self-Assessment in jedem Unterpunkt der neun Kriterien des Modells. Diese Selbstbewertungen werden zunächst von vier bis sechs voneinander unabhängig arbeitenden Assessoren der EFQM bewertet. Die Bewertung der Qualitätsmaßnahmen erfolgt nach der RADAR-Systematik¹⁴, was für jeden Unterpunkt des EFQM-Models zu einer Punktvergabe als Prozentsatz der maximal möglichen Punktzahl führt. Die ausgewählten Bewerber werden dann durch Gutachter der EFQM auditiert, um die hinsichtlich den EQA-konformen Kriterien geschilderten Sachverhalte in der Bewerbung zu verifizieren. Nach dem Gutachten erhält das Unternehmen das erarbeitete Punkteprofil mit einer Liste seiner Stärken und Verbesserungsmöglichkeiten sowie einen Vergleich mit den anderen Bewerbern. [Per02, S. 102ff]

Einordnung und Bewertung

Der Vergleich zwischen EFQM-Modell und ISO 9000ff. zeigt, dass das TQM-Modell ein integratives Managementkonzept ist, welches sämtliche Aktivitäten des Unternehmens erfasst. Allerdings beziehen sich die QM-Systeme, welche durch ISO 9000ff. eingeführt wurden, nur auf das Erreichen der Qualitätsziele. Damit kann das QM-System als ein Bestandteil von TQM verstanden werden.

¹⁴ RADAR-Systematik: Die Befähigerkriterien werden nach den Dimensionen „Approach“ (Betrachtungsweise), „Deployment“ (Einsatz) sowie „Assessment and Review“ (Bewertung und Nachprüfung) beurteilt, die Ergebnisse nach der Dimension „Results“ (Befund). [Per02, S. 101f]

Viele Unternehmen haben vor der Einführung von TQM ein QM-System durch ISO 9000ff. aufgebaut. [RW97, S. 13f]

Die inhaltliche Ähnlichkeit des EFQM-Models und CMM bzw. CMMI besteht im Umfang und der Tiefe mit denen der Bereich „Prozesse“ betrachtet wird. Andere Gebiete des EFQM-Models, zum Beispiel Politik und Strategie, werden in CMMI kaum behandelt.

Das EFQM-Model ist ein integratives Qualitätsmodell das sämtliche Bereiche des Unternehmens durchdringt. Insbesondere hat es auch die Unternehmensleitung mit ihrer Politik und Strategie als Untersuchungsgegenstand. Dadurch werden die Anforderungen aus Sicht der drei Handlungsfelder Mensch, Organisation und Technik an die Leistungsbewertung der Produktentwicklung erfüllt. Für die Analyse der aktuellen Unternehmenssituation wird eine umfassende Bewertungssystematik zur Verfügung gestellt, die mehrere Methoden (Benchmarking) enthält.

Das EFQM-Modell ist, ähnlich wie andere Qualitätsmodelle, branchenneutral konzipiert. „*Es ist eine offen gehaltene Grundstruktur, welche vom Anwender gemäß den eigenen Gegebenheiten und Bedürfnissen mit einem konkreten Inhalt zu füllen ist.*“ [Per02, S. 98] Die abzuleitenden Maßnahmen zur Leistungssteigerung sind daher nicht konkret anwendbar.

Der Aufwand der Quality Award -Bewerbung ist unterschiedlich hoch je nach dem ob interne oder externe Audits durchgeführt werden. Bei der Bewertung durch externe Fachberater sind die Kosten wesentlich höher als bei internen. Die Kosten sind im Vergleich zu den Kosten anderer Methoden nicht hoch. Allerdings ist bei der internen Bewertung der Aufwand für Planung und Durchführung sehr groß. Der Zeitbedarf allein für die konkrete Zusammenstellung der EQA-Bewerbungsunterlagen kann mehr als ein Jahr betragen. [Per02, S. 109]

4.2.3 Die Qualitätsnormen nach ISO 9000ff.

Die international gültige Normenreihe ISO 9000ff.¹⁵ wurde 1987 veröffentlicht. Mit der Reihe sollen die zahlreichen technischen Normen aus dem Maschinen- und Apparatebau vereinheitlicht und verallgemeinert werden [Mal96, S. 14]. Sie befasst sich nicht nur mit der technischen Qualitätsüberwachung und -sicherung, sondern auch mit ingenieurdomänen- und branchenunabhängigen Bereichen der Unternehmensführung. Die ISO 9000ff. ist ganzheitlich ausgelegt und besitzt einen hohen Abstraktionsgrad [Per02, S. 69][Wal95,

¹⁵ ISO 9000ff.: Die international gültige Normenreihe ISO 9000ff. wird je nach Land, welches die Normen adaptiert, exakter bezeichnet (Beispiel Deutschland - DIN EN ISO 9000ff.).

S. 42]. Dadurch ist der umfassende Ansatz der ISO-Systematik an unternehmenseigene Rahmenbedingungen anpassbar und in sehr unterschiedlichen Unternehmen anwendbar. Die ISO-Systematik schreibt nicht vor, wie das Qualitätssystem des Unternehmens exakt ausgestaltet sein muss. Die ISO-Normen legen lediglich fest, was im Rahmen des Qualitätsmanagementsystems zu regeln ist. Damit hat das Unternehmen die Möglichkeit ein unternehmensspezifisches Qualitätsmanagementsystem aufzubauen und gleichzeitig die Anforderungen der Norm zu erfüllen [Seg96, S. 206].

Die Normen aus der Normenreihe ISO 9000ff. unterscheiden sich durch den Umfang der abgedeckten Bereiche. Eine detaillierte Beschreibung der Struktur und des Inhaltes der „ISO 9000:1994“ ist in [DIN9000][Seg96, S. 209] dargestellt. Im Zuge der langfristig angelegten Revision 2000 wurde eine Begrenzung von Umfang und Anzahl der Normen der ISO 9000er-Reihe angestrebt. Die ISO 9000ff. besteht nach erfolgter Revision 2000 aus 4 Hauptnormen [Per02, S. 79][Pet96, S. 99]:

- Die Normengruppe ISO 9000 (Konzepte und Begriffe) beinhaltet auch die bisherige Norm „8402“ (Definition und Begriffe).
- Die ISO 9001 dient weiterhin als Grundlage für die Zertifizierung und umfasst die bisherigen Normen „9001:1994“, „9002:1994“ und „9003:1994“.
- Die Normengruppe ISO 9004 ist übernommen worden, legt jedoch mehr Wert auf die Kundenzufriedenheit.
- Die Normengruppe ISO 10011 ist als Leitfaden für Audits erhalten geblieben.

Die Veröffentlichung der revidierten Normen fand im Jahr 2000 statt. Unternehmen, die nach der alten Systematik zertifiziert worden sind, haben eine Übergangsfrist bis zum 15. Dezember 2003 erhalten, um alle erforderlichen Anpassungen vorzunehmen. Nach diesem Datum war nur noch die Zertifizierung nach ISO „9000:2000“ möglich und alle nicht konformen Zertifikate verloren ihre Gültigkeit. [KP99, S. 230][Per02, S. 80]

Um die Qualitätsfähigkeit des Unternehmens nachzuweisen und zu bewerten wird eine Zertifizierung auf Basis der Normenreihe ISO 9000ff. durch eine neutrale anerkannte Organisation durchgeführt. Zunächst werden im Rahmen eines Voraudits die Schwachstellen im eigenen Qualitätsmanagement identifiziert und gegebenenfalls beseitigt. Sofern das Qualitätsmanagementsystem immer noch mangelhaft ist, müssen zunächst die Schlüsselprozesse ermittelt, optimiert und entsprechend den Normenforderungen dokumentiert werden. Des Weiteren müssen auch ein Qualitätshandbuch verfasst, Verfahrensanweisungen geschrieben und diverse Abschlussdokumente zusammengestellt werden. Im

Erfolgsfall wird nach dem Zertifizierungsaudit ein Zertifikat für das Unternehmen mit einer Gültigkeit von drei Jahren ausgestellt. Während dieser Zeit überprüft die Zertifizierungsgesellschaft stichprobenartig alljährlich das erfolgreich auditierte Unternehmen.

Einordnung und Bewertung

ISO 9000ff. ist, zumindest in Europa, das am weitesten verbreitete und bekannteste Modell des Qualitätsmanagements. Der Ursprung von ISO 9000ff. liegt in der Fertigungsindustrie.

Dieses Modell ist allerdings im Vergleich zu CMM bzw. CMMI sehr viel allgemeiner formuliert. Dadurch werden einerseits alle Branchen abgedeckt. Andererseits ist dieses Modell weniger konkret und die dadurch angebotenen Verbesserungsmaßnahmen sind weniger direkt anwendbar. Die ISO 9000ff. wurde weiterentwickelt, um in mehreren Ingenieurdisziplinen (inkl. der Softwareentwicklung) konkreter umgesetzt werden zu können. Ein Vorteil der ISO Normreihe ist, dass es alle wesentlichen Geschäftsprozesse abdeckt, wie zum Beispiel Marketing, Vertrieb und Personalentwicklung. Allerdings sagt die ISO 9000ff. über Kunden- und Mitarbeiterorientierung, Maßnahmen zur ständigen Verbesserung und präventives Verhalten sehr wenig aus. [RW97, S. 14]

Der Unterschied zwischen TQM und ISO 9000ff. ist, dass TQM als ein sehr integratives Managementkonzept sämtliche Aktivitäten des Unternehmens erfasst. ISO 9000ff. dagegen beschreibt nur das QM-System, das sich auf das Erreichen der Qualitätsziele bezieht. Daher kann ein durch die ISO 9000ff. eingeführtes QM-System als Bestandteil von TQM betrachtet werden. Ein QM-System gemäß ISO 9000ff. stellt eine gute Basis für die Einführung eines TQM-Konzepts durch den Einsatz von TQM-Modellen wie dem EFQM-Excellence Model dar. Es ist aber keine feste Forderung, um das TQM-Konzept umsetzen zu können. [RW97, S. 13f]

Die ISO 9000ff. und CMM bzw. CMMI (und deren Weiterentwicklungen wie Bootstrap und SPICE) sind zueinander kompatibel und können kombiniert werden. Hierdurch lassen sich die Vorteile beider Vorgehensweisen gemeinsam nutzen [Kne03, S. 4].

Die Wirtschaftlichkeit der Bewertung und anschließende Korrekturen gemäß ISO 9000ff. sind individuell zu beurteilen und hängen von der Zielsetzung der Zertifizierung sowie den erreichten Resultaten ab. Im Allgemeinen gilt, dass der Zeitaufwand mit steigender Betriebsgröße abnimmt. Die Zertifizierungskosten sind aber wesentlich höher als die Kosten für die Quality Award Bewerbung des EFQM-Excellence Modells. Der Nutzen eines ISO-zertifizierten Qualitätsmanagementsystems besteht vor allem in der Fehlervermeidung und in der Standardisierung und Dokumentierung der internen Prozesse und Ver-

fahren. Mögliche negative Auswirkung kann ein überbetriebener Formalismus sein. [Per02, S. 78][Seg96, S. 207]

4.2.4 Six Sigma

Six Sigma, eine weitere Methode des Qualitätsmanagements, wird bereits erfolgreich in vielen produzierenden Unternehmen und Dienstleistungsunternehmen weltweit angewendet. Das Ziel von Six Sigma liegt in erster Linie in der Reduktion der Variation¹⁶ des Ablaufs bzw. der Ergebnisse der Geschäftsprozesse auf alle Unternehmensebenen und somit in der Optimierung von Geschäftsprozessen. Hierdurch wird innerhalb eines Unternehmens die Qualität verbessert und die Rentabilität gesteigert. MAGNUSSON, KROSLID, BERGMAN [MKB04] definieren Variation folgendermaßen:

„Variation ist ein grundlegendes Phänomen und Teil aller Systeme im Leben. In Unternehmen gibt es auf allen Ebenen Systeme, z.B. Abteilungen, Infrastruktur (IT-Systeme, Personalmanagementsysteme, Kundensysteme, etc.), Prozesse, Projekte oder Produkte. Es ist eine unumstößliche Tatsache, dass die in einem System enthaltene Variation es immer wieder unmöglich macht, den Zielwert für ein bedeutendes Merkmal des Ergebnisses zu erreichen. Die Merkmale des Ergebnisses eines Systems schwanken, weil Variationen in allen Einsatzfaktoren (Verkaufsmengen, Kundenzufriedenheit, Debitorenkonten, Materialkosten, Mitarbeiterzufriedenheit etc.) enthalten sind und diese sich als Bestandteil des Prozesses auf sein Gesamtergebnis auswirken.“ [MKB04, S. 3]

Die durch die Variationen verursachten Abweichungen der Einsatzfaktoren, wie zum Beispiel der Budgets oder Lieferzeiten, führen zu Unzufriedenheit von Kunden, geringeren Gewinnspannen und Verzögerungen bei der Produktentwicklung, wodurch wiederum Zusatzkosten für Unternehmen verursacht werden [MKB04, S. 4][Wip03, S. 3].

Motorola, Pionier von Six Sigma, führte 1987 die Methode als eine strategische Initiative ein, um den enormen Qualitätsvorsprung zu minimieren, den die japanische zur amerikanischen Elektroindustrie hatte. Die Lösung des Qualitätsproblems war die Reduktion der Variationen in den Produktionsprozessen

¹⁶ Variation: Die Variation (vgl. Varianz) ist in der Statistik ein Streuungsmaß, d.h. ein Maß für die Abweichung einer Zufallsvariable X von ihrem Erwartungswert E (X). Ihr Nachteil ist, dass sie eine andere Einheit als die Daten besitzt. Es wird daher oft auch die Standardabweichung verwendet, die als Quadratwurzel aus der Variation definiert ist (in Anlehnung an Online-Lexikon, 2004).

auf ein minimales Niveau. Bis Mitte der 90er Jahre war Six Sigma allerdings relativ unbekannt. Erst als General Electrics 1996 seine Six Sigma-Initiative startete, sorgte der Einsatz der Methode in der Wirtschaftspresse für Schlagzeilen und führte zu einer exponentiellen Steigerung der Anwendung von Six Sigma in der Industrie. Das Konzept hat sich ausgehend von der Elektroindustrie zu einem allgemeinen Ansatz entwickelt, der in vielen anderen Branchen genutzt wird, zum Beispiel in der Fahrzeug-, der Luftfahrt-, der chemischen, elektronischen und metallverarbeitenden Industrie. [MKB04, S. 9]

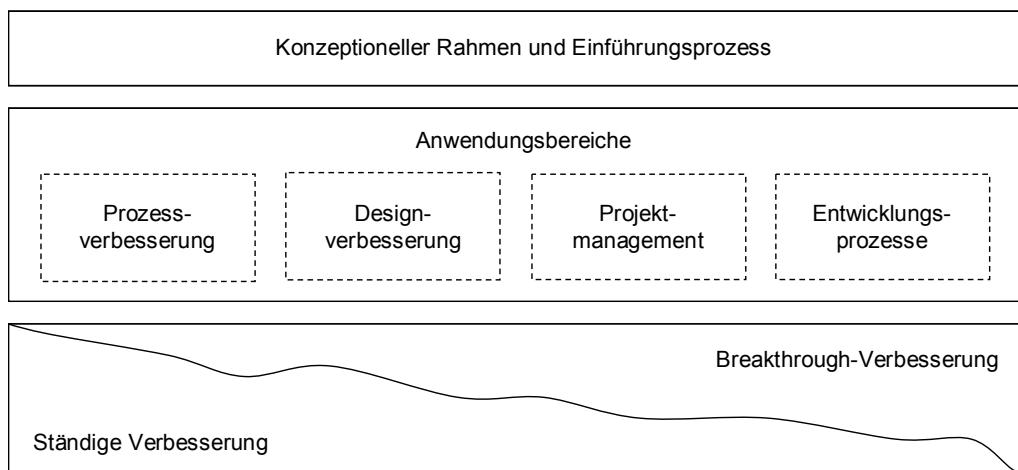


Bild 4-11: Das Six Sigma-Breakthrough-Model zeigt wie die Breakthrough-Verbesserungen entstehen [MKB04, S. 8]

Der griechische Buchstabe Sigma ist ein Symbol für die Maßzahl der Prozessvariation. Kern der Methode ist die Reduktion der Prozessvariation auf ein Minimum: Ein ideal ablaufender Prozess besitzt eine geringe Variation (Fehlerwahrscheinlichkeit¹⁷ von 3,4 Fehlern auf einer Million Möglichkeiten) und eine von der Methode definierte Prozessvariation von 6 Sigma. Eine Variation von 6 Sigma ist in den meisten Branchen jedoch unerreichbar, so dass als Hauptziel oft nur eine Reduzierung der Fehlerquote um 50% pro Jahr angestrebt wird [Wip03, S. 3]. Im allgemein ist die Prozessvariation in einem durchschnittlichen Unternehmen 3,4 bis 4 Sigma [MKB04, S. 6][Wip03, S. 3]. Die Reduzierung der Variation resultiert in einer Erhöhung der Nettogewinnspanne und des Gesamtumsatzes, indem Verbesserungspotential bei variablen und fixen Kosten, Umlaufvermögen und Anlagevermögen aufgedeckt und realisiert wird. [MKB04, S. 11][Wip03, S. 3]

¹⁷ Fehlerwahrscheinlichkeit: Die Maßeinheit zur Messung von Prozessleistung ist Fehler pro Millionen Möglichkeiten (FpMM) oder Sigma.

Im Bild 4-11 ist das Six Sigma-Breakthrough-Model dargestellt. Das Modell beschreibt wie Breakthrough-Verbesserungen entstehen, wenn die Methode Six Sigma in den Anwendungsbereichen Prozessverbesserung, Designverbesserung, Projektmanagement und Entwicklungsprozesse eingesetzt wird. Der konzeptionelle Rahmen und der Einführungsprozess sind unterstützende Elemente, die auf allen Organisationsebenen vollständig wahrgenommen und umgesetzt werden müssen, um mit Six Sigma erfolgreich zu sein. Breakthrough-Verbesserungen werden erzielt, wenn Six Sigma in allen Hauptbereichen eines Unternehmens angewendet wird. Am Anfang einer Six Sigma-Initiative werden zunächst ständige Verbesserungen durch Prozessverbesserungen in bestimmten Bereichen durchgeführt. Stabilisiert sich die Initiative im Laufe der Zeit, erfolgt eine Ausweitung des Anwendungsbereichs und eine Ausrichtung auf die Breakthrough-Verbesserungen. [MKB04, S. 8ff]

Der konzeptionelle Rahmen

Um Six Sigma erfolgreich in Unternehmen implementieren zu können, ist ein konzeptioneller Rahmen erforderlich. Wie in dem Bild 4-12 dargestellt, umfasst der konzeptionelle Rahmen von Six Sigma die folgenden vier Hauptelemente [MKB04, S. 19ff][Wip03, S. 4ff]:

- **Commitment der Unternehmensleitung:** Die Einführung von Six Sigma ist eine strategische Entscheidung der Unternehmensleitung. Das Commitment der Unternehmensleitung ist für Six Sigma eine der wichtigsten Erfolgsfaktoren. Die Unternehmensleitung muss selbst vom Erfolg des Six Sigma Konzeptes überzeugt sein und dieses an seine Mitarbeiter kommunizieren.

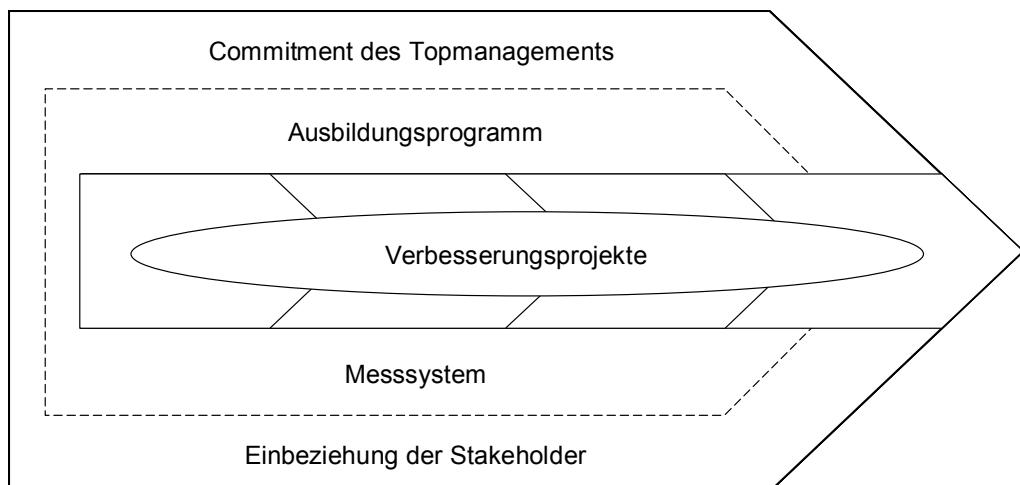


Bild 4-12: Das Six Sigma-Rahmenkonzept mit seinen vier Hauptelementen und den Verbesserungsprojekten [MKB04, S. 19]

- **Einbeziehung der Stakeholder:** Vor allem die Stakeholder des Unternehmens sind für die erfolgreiche Implementierung von Six Sigma in dem Unternehmen sehr bedeutend, weil diese das Konzept tragen bzw. umsetzen müssen. Unter Stakeholdern werden „...*Anspruchs- bzw. Interessensgruppen inner- und außerhalb des Unternehmens* ...“ [GEK01, S. 200] verstanden: Kunden, Mitarbeiter, Eigentümer und Lieferanten. Ihnen müssen die Mittel und das Ziel von Six Sigma klar kommuniziert werden.
- **Ausbildungsprogramm:** Um Six Sigma erfolgreich implementieren zu können, muss umfassendes Wissen hinsichtlich Kundenorientierung, Prozessleistungen, Verbesserungsmethodik, Verbesserungswerkzeugen, Projektmanagement, Veränderungsmanagement etc., im Unternehmen vorhanden sein. Dieses Wissen muss auf einzelne Hierarchieebenen verteilt über die ganze Organisation verbreitet und zu Allgemeinwissen im Unternehmen werden. Dazu werden standardisierte Ausbildungskurse angeboten, die den Mitarbeitern das benötigte Wissen vermitteln.
- **Messsystem:** Jedes Six Sigma-Programm sollte ein Messsystem enthalten, das die Leistungen der qualitätskritischen Merkmale des Unternehmens, unterschieden in kunden-, prozess- und vorgabenrelevant, aufnimmt. Das Messsystem dient auch zur Identifizierung neuer Verbesserungsprojekte, indem die Leistungswerte verschiedener qualitätskritischer Merkmale verglichen werden. Die Datenerhebung und deren Auswertung erfolgt in regelmäßigen Abständen, um die Fortschritte systematisch kontrollieren zu können.

Den Kern des Rahmenkonzepts bilden die unterschiedlichen Verbesserungsprojekte (Bild 4-12). Sie sind der Hauptbestandteil von Six Sigma. Abhängig vom Anwendungsgebiet und der Zielsetzung können die Projekte verschieden ausgeprägt werden, da sie verschiedene Verbesserungsmethodiken, Verbesserungswerkzeuge oder Denkmodelle unterstützen. Aus diesen Six Sigma eigenen Methoden, Werkzeugen und Denkmodellen hat sich vor allem die sogenannte 7x7-Toolbox bewährt, die aus sieben Gruppen von Verbesserungswerkzeugen besteht, wovon jede Gruppe sieben Einzelwerkzeuge beinhaltet. Diese können sowohl im Rahmen der ständigen Verbesserung als auch im Rahmen von Breakthrough-Verbesserungen eingesetzt werden. Die Six Sigma Toolbox¹⁸ beinhaltet folgende Werkzeuggruppen [MKB04, S. 58]: 7 Management-Werkzeuge, 7 Quality-Control-Werkzeuge, 7 Kunden-Werkzeuge,

¹⁸ Six Sigma Toolbox: Im Rahmen dieser Arbeit werden nicht im Detail die Verbesserungsmethoden und –werkzeuge der Methodensammlung Six Sigma behandelt. Eine entsprechende Beschreibung und Erläuterung dieser Elemente ist in [KBM+03][MKB04] zu finden.

7 Schlankheits-Werkzeuge, 7 Projekt-Werkzeuge, 7 Statistik-Werkzeuge und 7 Design-Werkzeuge.

Einführung, Umsetzung und Anwendung von Six Sigma

Es gibt drei Hauptansätze der Umsetzung von Six Sigma, die sich durch ihre Intensität unterscheiden [MKB04, S. 55][Wip03, S. 6]:

- **Six Sigma als unternehmensweite Strategie:** Dieser Ansatz ist der intensivste. Die Umsetzung erfolgt als Top-Down-Prozess. Die Unternehmensleitung entscheidet über die Einführung von Six Sigma und sorgt für die Weitergabe in die nächsten Unternehmensebenen. Diese Art der Einführung ist als Prozess zu betrachten, der oft mehrere Jahre dauert.
- **Six Sigma als Verbesserungsprogramm in Teilen des Unternehmens:** Dieser Ansatz ist weniger umfangreich und in der Regel wird dieser Ansatz am häufigsten angewendet. Die Entscheidungen über den Einsatz von Six Sigma werden in den entsprechenden Bereichen getroffen. Da die Umsetzung weniger umfangreich ist, sind schon nach einem Jahr Ergebnisse und erste Erfolge erkennbar.
- **Six Sigma als Toolbox zur Integration in bereits bestehende Verbesserungskonzepte:** Dieser Ansatz ist minimalistisch, weil hier nicht Six Sigma als Verbesserungskonzept angewendet wird, sondern lediglich einzelne Verbesserungsmethoden oder Werkzeuge genutzt werden.

Die Einführung von Six Sigma erfolgt in Form der drei vorgestellten Hauptansätze hierarchisch: zum Beispiel ist für die Anwendung von Six Sigma in einzelnen Unternehmensbereichen die Integration in bereits bestehende Verbesserungskonzepte notwendig. Die Einführung von Six Sigma als unternehmensweite Strategie erfordert ebenfalls die Anwendung in einzelnen Unternehmensbereichen als Verbesserungsprogramme und auch die Integration als Toolbox in bereits bestehende Verbesserungskonzepte. [MKB04, S. 55]

Einordnung und Bewertung

Mit der Einführung von Six Sigma werden die Geschäftsprozesse des Unternehmens gemessen, bewertet und kontinuierlich verbessert. Dadurch ist es für das Unternehmen möglich, das Geschäftsergebnis und die Rentabilität zu steigern. Aufgrund der Anwendungsbereiche Prozessverbesserung, Designverbesserung, Projektmanagement und Entwicklungsprozesse kann diese Methode auf die Ingenieursdisziplin Mechatronik angewendet werden. Die drei grundlegenden Umsetzungsarten von Six Sigma beinhalten im Allgemeinen alle drei Handlungsfelder der Produktentwicklung: Mensch, Organisation und Technik.

Die Entscheidung und besonders die Überzeugung vom Erfolg von Six Sigma muss in einem Top-Down-Prozess innerhalb des gesamten Unternehmens kommuniziert werden, um das neue Qualitätsbewusstsein in die gesamte Firma hineinzutragen. Wenn diese Voraussetzungen nicht gegeben sind, ist die Six Sigma Initiative schon bevor sie anfängt zum Scheitern verurteilt. Erst nach einer zielgerichteten Umstrukturierung des Unternehmens, Einbezug von Lieferanten und Kunden, Verteilung von Rollen und Zuständigkeiten und Schulung der Mitarbeiter kann schließlich die konkrete Umsetzung von Projekten zum Erreichen der Variation in Höhe von 6 Sigma bei Prozessen, Design, Projektmanagement und Entwicklungsprozessen erfolgen. [MKB04, S. 11][Wip03, S. 14]

Die Einführung, Umsetzung und Anwendung von Six Sigma in einem Unternehmen ist sehr kostenintensiv und erfordert grundlegende Umstrukturierungen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass derartige Projekte besonders bei geringem Management-Engagement häufig nicht das gewünschte Ergebnis bringen oder gar scheitern. Daher ist es notwendig bereits im Vorfeld eine intensive Abwägung der Kosten und des Nutzens von Six Sigma durchzuführen. [Wip03, S. 14]

4.3 Handlungsbedarf

Der Vergleich der in Kapitel 3 erarbeiteten Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung gegenüber dem Stand der Technik liefert folgende Ergebnisse:

Anforderung: Leistungsbewertung der Mechatronikentwicklung

Die behandelten Methoden, die domänen spezifisch oder domänenunabhängig anwendbar sind, erfüllen die Anforderungen an eine Leistungsbewertung der Mechatronikentwicklung nur teilweise. Sie bewerten die Produktentwicklung entweder sehr allgemein oder nur fokussiert auf einen bestimmten Bereich. Eine ganzheitliche Leistungsbewertung der Entwicklung mechatronischer Systeme in den drei wesentlichen Handlungsfeldern Mensch, Organisation und Technik bietet keine der analysierten Methoden.

Anforderung: Identifizierung des Handlungsbedarfs

Die untersuchten ingenieurspezifischen Methoden identifizieren den Handlungsbedarf in dem behandelten Bereich teilweise gut und teilweise im Detail. Allerdings mangelt es an der Durchführung von Analysen in dem Bereich Mensch. Die domänenunabhängigen Methoden betrachten das Untersuchungsfeld entweder sehr allgemein (EFQM-Modell, ISO 9000ff.) oder zu detailliert mit einer zu geringen Untersuchungsbandbreite (Benchmarking). Der Mangel

überträgt sich auf den zu identifizierenden Handlungsbedarf, welcher entweder zu allgemein betrachtet und somit schwer erfassbar wird oder der Fokus wird zu gering gewählt und hierdurch kann der Handlungsbedarf nicht effektiv und effizient identifiziert werden.

Anforderung: Konzeption zur Leistungssteigerung

Die vorgestellten Methoden erfüllen diese Anforderung jeweils nur im Rahmens des Untersuchungsbereichs der jeweiligen Methode entsprechend gut. Zusammenfassend bietet allerdings keine der Methoden eine ganzheitliche Konzeption zur Leistungssteigerung durch Betrachtung aller drei wesentlichen Handlungsfelder der Produktentwicklung Mensch, Organisation, und Technik. Die erarbeiteten Konzeptionen der Methoden können lediglich als Teillösungen betrachtet werden.

Anforderung: Konformität mit Unternehmenszielen

Diese Schlüsselanforderung an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung wird durch die betrachteten Methoden nicht ausreichend erfüllt. Bei keiner der Methoden werden die individuellen Entwicklungs- bzw. Unternehmensziele explizit betrachtet und daraus Handlungen abgeleitet. Besonders die domänenpezifischen Methoden stellen ein starres und unflexibles Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungssystem dar.

Anforderung: Kontinuierliche Leistungssteigerung

Insbesondere die domänenpezifischen Methoden zeichnen sich durch eine „kontinuierliche Leistungssteigerung-Philosophie“ aus. Deren Ansätze sind so ausgerichtet, dass ein Unternehmen ermitteln kann, wo es sich befindet und wie es kontinuierlich und stufenweise seine Leistung verbessern kann. Methoden, die domänenunabhängig anwendbar sind, besonders ISO 9000ff. und Benchmarking, werden als Teillösungen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses betrachtet. Anders ist es bei dem EFQM-Excellence Model und Six Sigma, welche ebenfalls einen Ansatz der kontinuierlichen Leistungssteigerung repräsentieren.

Anforderung: Effektivität und Effizienz der Methode

Unter Effektivität und Effizienz der Methode wird die Wirtschaftlichkeit der Anwendung der analysierten Methoden hinsichtlich des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses verstanden. Die analysierten domänenpezifischen Methoden bieten oftmals nicht geeignete Aufwand-Nutzen-Verhältnisse für das Unternehmen mit sich. Die Durchführung der Methoden ist sehr kostenintensiv und der zu erwartende Nutzen kann nicht sichergestellt werden. Die Wirtschaftlichkeit der domänenunabhängigen Methoden ist vom Anwendungsfall abhängig und kann nicht verallgemeinert werden. Langjährige Erfahrungen zeigen, dass

die Methoden ISO 9000ff., EFQM-Excellence Model und Six Sigma sehr kostenintensiv und zeitaufwändig sind. Häufig kommt es sogar vor, dass der gewünschte Nutzen mit den Methoden nicht erreicht wird.

Die Tabelle 4-4 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse der Bewertung des Erfüllungsgrades der betrachteten Methoden hinsichtlich der in Kapitel 3 erarbeiteten Anforderungen.

Fazit: Die Einordnung und Bewertung der in diesem Kapitel beschriebenen Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung zeigt, dass keine der Methoden die zuvor erarbeiteten Anforderungen an eine Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung vollständig erfüllt.

Vor dem Hintergrund dieser zusammenfassenden Bewertung lässt sich folgender Handlungsbedarf ableiten:

- Für die Mechatronikentwicklung gibt es noch keine etablierte Bewertungsmethode, um deren Leistung festzustellen und eine Vorgehensweise für Verbesserungen bereitzustellen, damit das Unternehmen seine Kosten-, Leistungs- und Zeitziel erreichen kann. Doch gerade in der Mechatronikentwicklung ist eine Bewertungsmethode nötig, weil, wie in den Kapiteln 2 und 3 dargelegt, das Vorgehen bei der Entwicklung mechatronischer Systeme oftmals chaotisch und untransparent verläuft. Die Notwendigkeit für Verbesserungen ist offensichtlich und bietet großes Verbesserungspotenzial bzgl. Kosten- und Zeiteinsparungen sowie höherer Effizienz bei der Entwicklung.
- Die Leistungsbewertung muss systematisch erfolgen und die Produktentwicklung mechatronischer Systeme ganzheitlich auf den drei Handlungsfeldern Mensch, Organisation und Technik betrachten.
- Der notwendige Handlungsbedarf für Verbesserungsmaßnahmen muss durch den Vergleich des gegenwärtigen Zustandes mit einem für das Unternehmen idealen Zustand der Produktentwicklung identifiziert werden.
- Bei der Entwicklung der Konzeption zur Leistungssteigerung müssen die Unternehmens- bzw. Entwicklungsziele betrachtet werden.
- Die Methode muss das Aufwand-Nutzen-Verhältnis der Konzeption zur Leistungssteigerung auswerten können.
- Die Methode muss eine kontinuierliche Leistungssteigerung der Produktentwicklung mechatronischer Systeme bieten.

- Die einzelnen Schritte der Methode müssen zielgerichtet und ergebnisorientiert mit einem niedrigen Aufwand an Zeit, Kosten und Ressourcen erfüllt werden.

Tabelle 4-4: Zusammenfassende Bewertung des Erfüllungsgrades der Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung hinsichtlich der Anforderungen

Bewertung des Erfüllungsgrades der betrachteten Methoden hinsichtlich der Anforderungen		Anforderungen					
		Leistungsbewertung der Mechatronikentwicklung	Identifizierung des Handlungsbedarfs	Konzeption zur Leistungssteigerung	Konformität mit den Unternehmenszielen	Kontinuierliche Leistungssteigerung	Effektivität und Effizienz der Methode (Wirtschaftlichkeit)
Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung							
Domänenspezifische Methoden							
Capability Maturity Model		−	+	○	○	+	○
Capability Maturity Model Integration		○	+	+	○	+	○
Domänenunabhängige Methoden							
Benchmarking		+	+	○	+	○	+
European Foundation for Quality Management - Excellence Model		○	○	○	○	○	○
Qualitätsnormen nach ISO 9000ff.		−	○	○	−	−	○
Six Sigma		○	+	+	○	+	○
Legende							
Erfüllungsgrad ist:		+	+	sehr gut	+	gut	
		○		befriedigend	−	mangelhaft	
		−	−	ungenügend			

5 **Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung**

Die in diesem Kapitel beschriebene Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung verfolgt einen situativen Ansatz. Es werden damit keine allgemeingültigen Bewertungsraster entwickelt. Die Methode beschränkt sich auf eine Vorgehensweise, die unternehmensindividuell einzusetzen ist. Die hier dargestellten Beispiele dienen lediglich zur Erläuterung der Anwendung der Methode.

Dieses Kapitel ist folgendermaßen gegliedert: in Kapitel 5.1 wird das Vorgehensmodell vorgestellt, in den Kapiteln 5.2 bis 5.4 werden die einzelnen Phasen und deren Arbeitsschritte im Detail beschrieben.

5.1 **Vorgehensweise zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung**

Im Folgenden wird eine Methode vorgestellt, die die Leistungsfähigkeit der Entwicklungsarbeit im Rahmen dreier Handlungsfelder fundiert erfasst, bewertet und einen Weg von der schrittweisen Leistungssteigerung bis zu einem Idealzustand für das betrachtete Unternehmen aufzeigt.

Die prinzipielle Konzeption der Methode basiert auf drei Etappen, die in Bild 5-1 dargestellt sind. Auf die Vorbereitungsetappe wird grundsätzlich nur kurz eingegangen, weil sie lediglich zur Beschaffung der Rahmenbedingungen dient, um die Leistungsbewertung und schrittweise Leistungssteigerung effektiv und effizient durchführen zu können. Die Kernwertschöpfung liegt in den Etappen der Leistungsbewertung und Leistungssteigerung. Als Unterstützung dieser Methode wurden mehrere Werkzeuge entwickelt. Diese unterstützenden Werkzeuge werden an den entsprechenden Stellen dargestellt und erläutert.

Vorbereitungsetappe: In der Vorbereitungsetappe wird das Bewertungsteam zusammengesetzt. Die Methode kann entweder unternehmens-intern oder mit Unterstützung von Unternehmensberatungs-Experten durchgeführt werden. In den nachfolgenden Ausführungen wird nicht unterschieden, ob die Methode intern oder mit externer Unterstützung durchgeführt wird. Allerdings sollten die Teammitglieder sowohl fachliches Wissen und Erfahrungen hinsichtlich des Bewertungsgegenstandes als auch Kenntnisse der Ist-Situation der Arbeit in der Entwicklungsabteilung besitzen.

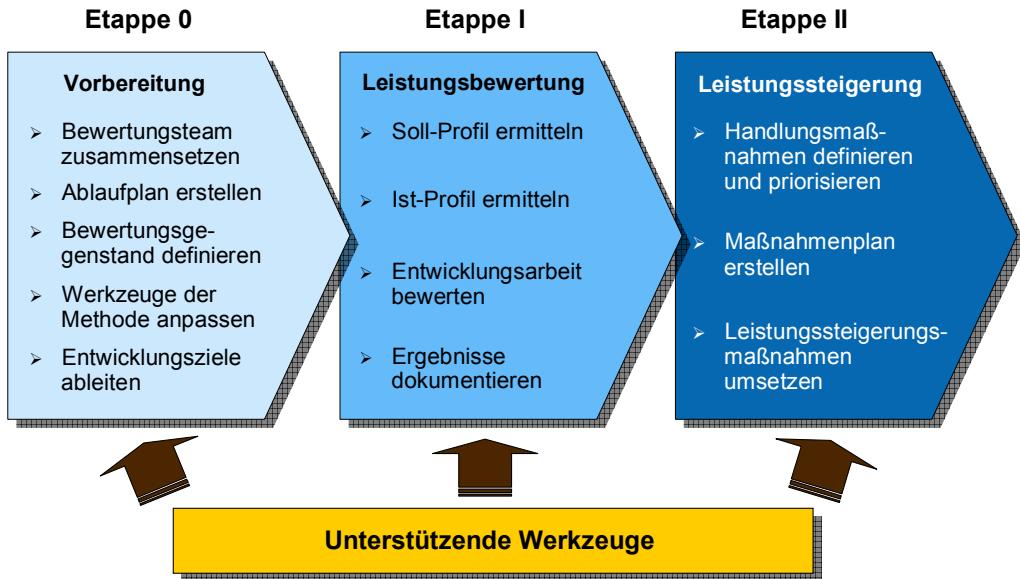


Bild 5-1: Prinzipielle Konzeption der Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

Des Weiteren wird ein Ablaufplan der Durchführung der Methode erstellt. Die Aufgaben und Zuständigkeiten werden an die Mitglieder des Bewertungsteams verteilt. Der Bewertungsgegenstand wird definiert. Dabei ist zu entscheiden, ob die Methode projektspezifisch angewendet wird oder das gesamte Entwicklungsgeschehen als Einheit untersucht und bewertet wird. In dem Fall, dass die Bewertung auf ein Entwicklungsprojekt bezogen wird, muss ein passendes ausgewählt werden. Als mögliche Auswahlkriterien sind Größe, Komplexität des Produktes, beteiligte Ingenieursdisziplinen usw. zu betrachten. In den folgenden Ausführungen wird nicht unterschieden, ob die Methode auf ein einzelnes Projekt oder die Entwicklungseinheit im Unternehmen angewendet wird.

Die unterstützenden Werkzeuge, wie Entwicklungsstufen-Katalog oder Datenerhebungs-Bogen, sind in der Vorbereitungsetappe zu überprüfen und falls notwendig, den Umständen und Bedingungen des betrachteten Unternehmens beziehungsweise der Entwicklungsabteilung anzupassen. Außerdem werden an dieser Stelle die Ziele für die Entwicklungsvorhaben aus den Unternehmenszielen abgeleitet und ein Katalog von Zielen, der in den folgenden Etappen Anwendung findet, erstellt.

Leistungsbewertung- und Leistungssteigerungsetappen: Das in Bild 5-2 abgebildete Phasen-/Meilensteindiagramm stellt die Vorgehensweise in drei zentralen Phasen, die den Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsetappen zugeordnet sind, dar.

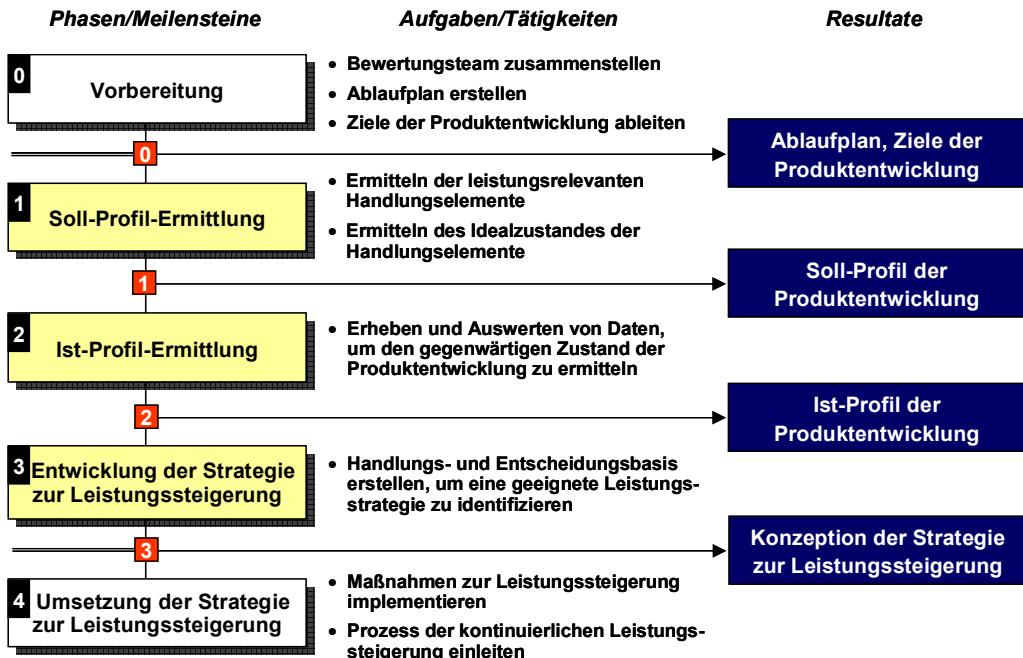


Bild 5-2: Vorgehensweise zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

In der ersten Phase, der Soll-Profil-Ermittlung, werden zunächst die Handlungselemente der Produktentwicklung analysiert. Ziel ist es, aus der Menge der Handlungselemente diejenigen zu identifizieren, die hoch relevant für die Effizienz der Leistung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens sind. Ferner werden die Entwicklungsstufen der Handlungselemente analysiert, mit dem Ziel, die Entwicklungsstufen zu priorisieren. Dies geschieht jeweils im Rahmen eines Handlungselementes und zwar hinsichtlich des Beitrags zu den Zielen der Entwicklungsvorhaben des betrachteten Unternehmens. Als Ergebnis der ersten Phase wird ein Soll-Profil erstellt.

In der zweiten Phase, der Ist-Profil-Ermittlung, werden Daten zur Leistungsbewertung in Workshops erhoben und analysiert. Als Ergebnis der Auswertung wird für jedes Handlungselement die dem Ist-Zustand der betrachteten Produktentwicklung entsprechende Entwicklungsstufe identifiziert.

In der dritten Phase, der Entwicklung der Strategie zur Leistungssteigerung, wird zunächst der Ist-Zustand der Produktentwicklung dem gewünschten Soll-Zustand gegenüber gestellt und analysiert. Es wird eine Handlungsbasis entwickelt, um den so identifizierten Handlungsbedarf abzudecken. Anhand der Untersuchung der Handlungsbasis wird eine Strategie zur Leistungssteigerung erarbeitet.

An die dritte Phase schließt sich eine weitere Phase, die Umsetzung der Strategie zur Leistungssteigerung, an, die nicht zu den Kernphasen zu zählen ist. In

dieser Phase werden die leistungssteigernden Maßnahmen umgesetzt und ein Prozess der Leistungssteigerung initiiert.

In Bild 5-3 sind die unterstützenden Werkzeuge den einzelnen Arbeitsschritten zugeordnet. Die Werkzeuge werden an den entsprechenden Einsatzstellen erläutert.

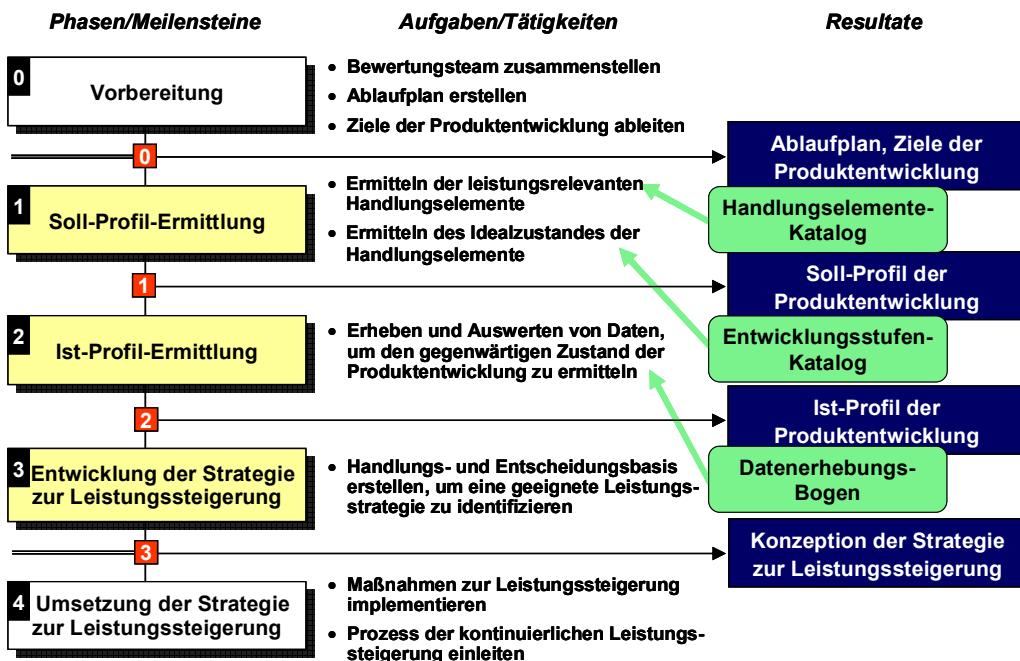


Bild 5-3: Zuordnung der Werkzeuge zu einzelnen Arbeitsschritten der Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

5.2 Soll-Profil-Ermittlung

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben wurde, ist eine Produktentwicklung als hoch effizient anzusehen, wenn die angestrebten Ziele der Produktentwicklung erfüllt werden. Die allgemeingültigen Zielgrößen der Produktentwicklung sind Zeit, Kosten und Qualität. Anhand der Höhe der Zielerreichung in diesen drei Dimensionen, können verschiedene Problemfelder der Produktentwicklung, die durch mehrere Symptome visualisiert werden, abgeleitet werden. Die Ursachen dieser Symptome finden sich in den drei Handlungsfeldern der Entwicklungsarbeit: Mensch, Organisation und Technik. Diese beeinflussen erheblich die Effizienz der Entwicklungsarbeit und damit auch die Zielerreichung der Produktentwicklung. (vgl. Kapitel 3)

Jedem Handlungsfeld sind entsprechende Handlungselemente zugeordnet, durch die die Höhe der Effizienz der Leistung der Produktentwicklung erfasst

und bewertet werden kann. Die Erfassung und Bewertung wird für jedes Handlungselement separat vorgenommen.

Die erste Phase besteht aus vier Arbeitsschritten, wie in Bild 5-4 dargestellt ist. Zunächst werden die Handlungselemente identifiziert, die den größten Einfluss auf die Effizienz der Leistung der betrachteten Produktentwicklung haben. Dafür werden die Handlungselemente hinsichtlich zweier Aspekte untersucht. Der erste Aspekt ist die Vernetzung der Handlungselemente, die eine Rolle bei der Betrachtung spielt, wie stark die Veränderung eines Handlungselementes die anderen Handlungselemente beeinflusst. Diese Kenntnis ist sehr wichtig, um in den nächsten Phasen die empfohlene Leistungssteigerung so zu gestalten, dass die Stärke der Vernetzung bei der Erstellung der Strategie zur Leistungssteigerung vorteilhaft benutzt wird. Der zweite Aspekt, der zu berücksichtigen ist, ist der Zielbeitrag der Handlungselemente. Anhand dieser beiden Aspekte ausgewählte Handlungselemente werden mit dem Ziel weiter behandelt, aus dessen Entwicklungsstufen die zu identifizieren, die den idealen Zustand des Handlungselementes im Rahmen der betrachteten Produktentwicklung und im Einklang mit den Zielen des Entwicklungsvorhabens darstellen kann. Das Ergebnis der ersten Phase ist das ermittelte Soll-Profil der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens.

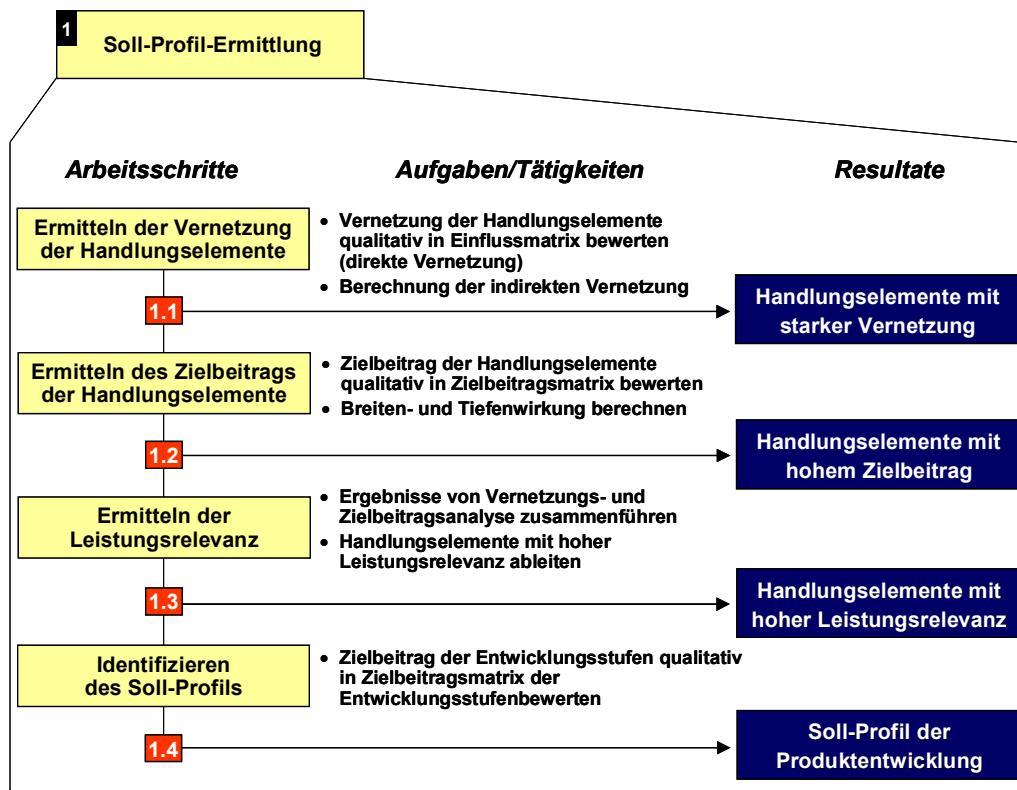


Bild 5-4: Teilvorgehensmodell zur Soll-Profil-Ermittlung

Bei der Durchführung der Arbeitsschritte wird auf zwei der methodeneigene Werkzeuge zurückgegriffen: Handlungselemente- und Entwicklungsstufen-Katalog. Beide Werkzeuge wurden zur Unterstützung der Anwendung der Methode erstellt. Diese Kataloge sind nicht für jedes Bewertungsprojekt neu zu entwickeln, sondern wieder zu verwenden und gegebenenfalls in der oben erwähnten Vorbereitungsetappe zu ergänzen und hinsichtlich spezieller Untersuchungsziele bzw. unternehmensindividueller Rahmenbedingungen zu optimieren. In den folgenden Ausführungen werden jedoch die Erstellung und inhaltliche Struktur beider Kataloge erläutert.

Der Handlungselemente-Katalog ist entsprechend der Handlungsfelder Mensch, Organisation und Technik, gegliedert. Jedem Handlungsfeld sind die entsprechenden Handlungselemente zugeordnet und genau beschrieben. In Bild 5-5 ist ein beispielhafter Abschnitt des Handlungselemente-Kataloges¹⁹ dargestellt.

Um einen solchen Handlungselemente-Katalog zu erstellen, werden zunächst in den drei Handlungsfeldern Mensch, Organisation, Technik die Handlungselemente, die einen Einfluss auf die Effizienz der Leistung der Arbeit in der Produktentwicklung haben, systematisch ermittelt (vgl. Kapitel 3). Zur Ermittlung der Handlungselemente gibt es kein festgelegtes Verfahren. Zunächst werden Internet- und Literaturrecherchen durchgeführt. Die ermittelten Handlungselemente werden weiterhin in Workshops mit den Experten der verschiedenen Disziplinen diskutiert, um eine Verzerrung des ermittelten Bildes zu vermeiden. In dem Workshop können unterstützend folgende prinzipiellen Verfahrensweisen angewendet werden [GF99, S. 91f]:

- **Diskursive Verfahren:** Bei diesem Vorgehen werden die Handlungselemente durch einen logisch nachvollziehbaren Prozess ermittelt. Ein geeigneter diskursiver Ansatz ist die systematische Ermittlung von Handlungselementen durch zum Beispiel weitere Detaillierung und Untersuchung der Handlungsfelder der Produktentwicklung.
- **Intuitive Verfahren:** Bei diesem Vorgehen steht die Kreativität, der mentale Prozess des schöpferischen Denkens, im Vordergrund. Es existiert eine Vielzahl an Kreativitätstechniken, ein Beispiel ist das Brainstorming. Ein Überblick über Kreativitätstechniken liefert [GEK01, S. 123ff].

Die identifizierten Handlungselemente erhalten eine prägnante und leicht verständliche Kurzbeschreibung. Außerdem wird für jedes Handlungselement eine

¹⁹ Handlungselemente-Katalog: Der umfassende Handlungselemente-Katalog, der in dieser Arbeit zur beispielhaften Erläuterung der Methode angewendet worden ist, befindet sich im Anhang.

ausführliche Beschreibung verfasst, die das Handlungselement entweder stichwortartig oder in Prosa eingrenzt und beschreibt. Diese Beschreibung ist wichtig, um möglichen Missverständnissen in den nächsten Arbeitsschritten vorzubeugen.

Handlungselemente-Katalog Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung											
Stand: 27. April 2004											
Handlungsfeld „Mensch“											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr.</th><th>Handlungselement</th><th>Erläuterung</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td><td>Personalbeschaffung</td><td>Die richtigen Mitarbeiter zur richtigen Zeit am richtigen Platz können über Erfolg oder Misserfolg eines Unternehmens entscheiden. Die Personalbeschaffung befasst sich mit der Bereitstellung der für das Unternehmen erforderlichen Arbeitskräfte in qualitativer (Eignung), quantitativer (Anzahl), zeitlicher und örtlicher Hinsicht [Sto02].</td></tr> <tr> <td>2.</td><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table>			Nr.	Handlungselement	Erläuterung	1.	Personalbeschaffung	Die richtigen Mitarbeiter zur richtigen Zeit am richtigen Platz können über Erfolg oder Misserfolg eines Unternehmens entscheiden. Die Personalbeschaffung befasst sich mit der Bereitstellung der für das Unternehmen erforderlichen Arbeitskräfte in qualitativer (Eignung), quantitativer (Anzahl), zeitlicher und örtlicher Hinsicht [Sto02].	2.
Nr.	Handlungselement	Erläuterung									
1.	Personalbeschaffung	Die richtigen Mitarbeiter zur richtigen Zeit am richtigen Platz können über Erfolg oder Misserfolg eines Unternehmens entscheiden. Die Personalbeschaffung befasst sich mit der Bereitstellung der für das Unternehmen erforderlichen Arbeitskräfte in qualitativer (Eignung), quantitativer (Anzahl), zeitlicher und örtlicher Hinsicht [Sto02].									
2.									
Handlungsfeld „Organisation“											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr.</th><th>Handlungselement</th><th>Erläuterung</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8.</td><td>Aufbauorganisation</td><td>Die Aufbauorganisation befasst sich mit der Bildung organisatorischer Einheiten nach dem Zweck-Mittel-Prinzip. Mit der Zerlegung komplexer Aufgaben in Teileinheiten der Stellenbindung und Festlegung der Kommunikations- und Weisungsbeziehungen schafft die Aufbauorganisation sozusagen die statische organisatorische Infrastruktur. Die daraus entstehenden Strukturen sind Koordinationsformen, die das Ordnungsprinzip der Organisation realisieren [UFL04].</td></tr> <tr> <td>9.</td><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table>			Nr.	Handlungselement	Erläuterung	8.	Aufbauorganisation	Die Aufbauorganisation befasst sich mit der Bildung organisatorischer Einheiten nach dem Zweck-Mittel-Prinzip. Mit der Zerlegung komplexer Aufgaben in Teileinheiten der Stellenbindung und Festlegung der Kommunikations- und Weisungsbeziehungen schafft die Aufbauorganisation sozusagen die statische organisatorische Infrastruktur. Die daraus entstehenden Strukturen sind Koordinationsformen, die das Ordnungsprinzip der Organisation realisieren [UFL04].	9.
Nr.	Handlungselement	Erläuterung									
8.	Aufbauorganisation	Die Aufbauorganisation befasst sich mit der Bildung organisatorischer Einheiten nach dem Zweck-Mittel-Prinzip. Mit der Zerlegung komplexer Aufgaben in Teileinheiten der Stellenbindung und Festlegung der Kommunikations- und Weisungsbeziehungen schafft die Aufbauorganisation sozusagen die statische organisatorische Infrastruktur. Die daraus entstehenden Strukturen sind Koordinationsformen, die das Ordnungsprinzip der Organisation realisieren [UFL04].									
9.									
Handlungsfeld „Technik“											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr.</th><th>Handlungselement</th><th>Erläuterung</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22.</td><td>Werkzeugkopplung</td><td>Integrationstechnologien: Kopplung der verschiedenen CAE-Werkzeuge (Qualität der Systemschnittstellen) zur Konsistenzsicherung; Informationsverlust mangels ungeeigneter Schnittstellen [in Anlehnung an And93].</td></tr> <tr> <td>23.</td><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table>			Nr.	Handlungselement	Erläuterung	22.	Werkzeugkopplung	Integrationstechnologien: Kopplung der verschiedenen CAE-Werkzeuge (Qualität der Systemschnittstellen) zur Konsistenzsicherung; Informationsverlust mangels ungeeigneter Schnittstellen [in Anlehnung an And93].	23.
Nr.	Handlungselement	Erläuterung									
22.	Werkzeugkopplung	Integrationstechnologien: Kopplung der verschiedenen CAE-Werkzeuge (Qualität der Systemschnittstellen) zur Konsistenzsicherung; Informationsverlust mangels ungeeigneter Schnittstellen [in Anlehnung an And93].									
23.									

Bild 5-5: Beispielhafte Darstellung des prinzipiellen Aufbaus eines Handlungselemente-Kataloges

Der Handlungselemente-Katalog beinhaltet Handlungselemente, die sich in Bezug auf die Veränderbarkeit zur Erzielung einer Leistungssteigerung grundsätzlich unterscheiden: dynamische und statische Handlungselemente. Die dynamischen Handlungselemente sind diejenigen, die sich kurz- oder mittelfristig ändern können. Durch ihre Veränderung kann die Leistung der Produktentwicklung gesteigert werden. Weiterbildungsmaßnahmen und Entwicklungssystematik sind Beispiele für dynamische Handlungselemente.

Dagegen sind die statischen Handlungselemente langfristig zu betrachten. Ihre Veränderung ist in der Regel bei einer Leistungssteigerung der Produktentwicklung nicht zwingend notwendig. Statische Handlungselemente sind zum Beispiel Führungsstil und Aufbauorganisation. Die Betrachtung der statischen Handlungselemente ermöglicht ein ganzheitliches Bild der Produktentwicklung, weshalb sie ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Aufbauend auf dem Handlungselemente-Katalog wird der Entwicklungsstufen-Katalog systematisch erstellt, in dem jedes dynamische Handlungselement durch mehrere mögliche Entwicklungsstufen, die die Reifegrade und damit auch die entsprechenden Leistungsstufen des Handlungselementes darstellen, beschrieben ist. Die einzelnen Entwicklungsstufen sind durch Tätigkeiten, Charakteristiken und Maßnahmen beschrieben, die bei der Entwicklungsarbeit praktiziert werden müssen, um in die betreffende Entwicklungsstufe eingestuft zu werden. Für statische Handlungselemente werden nicht die Entwicklungsstufen erstellt, sondern mögliche alternative Ausprägungen beziehungsweise Zustände, in denen die Handlungselemente vorkommen können.

Außerdem werden für jede Entwicklungsstufe des Handlungselementes die vorläufigen Abschätzungen der Kosten, die notwendig sind, um diese Entwicklungsstufe von der vorherigen Stufe aus zu erreichen, betrachtet. Das heißt, wie hoch der finanzielle Aufwand sein wird, von der gegenwärtigen Entwicklungsstufe zu der nächsten Entwicklungsstufe zu wechseln. Diese Abschätzungen sind nur allgemein zu betrachten. In der Phase 5.4 werden die Kosten je Entwicklungsstufe genau für die konkreten Bedingungen der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens untersucht und abgeleitet.

Die Entwicklungsstufen in dem Katalog werden so formuliert und beschrieben, dass sie auch von Unbeteiligten leicht und schnell verstanden werden. Die Entwicklungsstufe des Handlungselementes erhält zunächst eine prägnante Kurzbezeichnung. Außerdem wird jede Entwicklungsstufe ausführlich aber neutral und ohne Bewertung hinsichtlich den Charakteristiken und Tätigkeiten, die durchzuführen sind, beschrieben. Auf diese Textbausteine des Entwicklungsstufen-Kataloges wird später bei der Entwicklung der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens zurückgegriffen.

Entwicklungsstufen-Katalog

Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

Stand: 27. April 2004

23 Einsatz von Entwicklungsmethoden

An die Entwicklungsaufgabe angepasster Einsatz der Entwicklungsmethoden und Entwicklungsmethodiken, günstiges Kosten-/Nutzenverhältnis bzgl. Methodeneinsatz.

23A Systematischer Einsatz von Entwicklungsmethoden

Ein systematischer Einsatz der Entwicklungsmethoden zeichnet sich in jedem Projekt durch folgende Tätigkeiten aus:

- Die einzelnen Entwicklungsschritte werden präzise in Form von einzelnen Tätigkeiten beschrieben und dokumentiert.
- Jeder Tätigkeit sind die den Anforderungen entsprechenden und geeigneten Methoden zugeordnet. Jeder Tätigkeit können mehrere Entwicklungsmethoden zugeordnet werden mit einer detaillierten Beschreibung der verschiedenen Vor- und Nachteile. Diese Zuordnung basiert auf Analysen und langjährige Erfahrung. Für jede Entwicklungsmethode sind Beschreibungen des Vorgehens vorhanden.
- Es wird bei der endgültigen Festlegung des Entwicklungsprozesses berücksichtigt, dass die auszuwählenden Entwicklungsmethoden, Entwicklungswerkzeuge und Spezifikationstechniken aufeinander abgestimmt sein müssen.
- Bei der Festlegung der Entwicklungsmethode pro Tätigkeit werden die Kosten berücksichtigt.
- Wenn keine passenden Methoden bei neuen Tätigkeiten vorhanden sind, erfolgen Recherchen und Analysen, um geeignete Methoden zu identifizieren, mit denen die Tätigkeit am effizientesten und effektivsten durchgeführt werden kann.
- Periodisches Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Entwicklungsmethoden wird durchgeführt. Falls Defizite entdeckt werden, sind Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten und zu implementieren.
- Der Auswahlprozess der geeigneten Methode sowie der Einsatz der Methode werden dokumentiert.

23B Teilweise systematischer Einsatz von Entwicklungsmethoden

Nur ein Teil der oben genannten Maßnahmen des systematischen Einsatzes von Entwicklungsmethoden wird durchgeführt:

- Die Entwicklungstätigkeiten innerhalb eines Projektes sind nur teilweise beschrieben.
- Geeignete Entwicklungsmethoden werden nicht immer systematisch den betreffenden Tätigkeiten zugeordnet. Die Kenntnisse der Mitarbeiter werden nicht systematisch dokumentiert und es entsteht ein Informationsverlust bzgl. der Leistungsfähigkeit der Entwickler.
- Bei der endgültigen Festlegung des Entwicklungsprozesses wird nicht immer berücksichtigt, ob die auszuwählenden Entwicklungsmethoden mit den auszuwählenden Entwicklungswerkzeugen und Spezifikationstechniken aufeinander abgestimmt sind.
- Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Entwicklungsmethoden wird selten und nicht bei allen Tätigkeiten durchgeführt.

Diese Art des Einsatzes kann folgende Auswirkungen haben: Entwickler ohne langjährige Erfahrungen können falsche Methoden auswählen. Dies führt zu Kostenerhöhung, Zeitverzögerung und weiteren Komplikationen.

23C Willkürlicher Einsatz von Entwicklungsmethoden

Es gibt keine Systematik zur Unterstützung bei der Auswahl der Entwicklungsmethoden. Die Auswahl von Entwicklungsmethoden für den Einsatz bei der Produktentwicklung ist eher unsystematisch und chaotisch. Der Entwickler wählt spontan nach eigenen Erfahrungen die Methoden aus.

Bild 5-6: Beispielhafte Darstellung eines Entwicklungsstufen-Kataloges

Das Bild 5-6 zeigt eine beispielhafte Darstellung des prinzipiellen Aufbaus des Entwicklungsstufen-Kataloges²⁰. Die Entwicklungsstufen der Handlungselemente werden durch Internet- und Literaturrecherchen ermittelt und anschließend in Gruppendiskussionen mit Experten aus der Produktentwicklung in Workshops optimiert. Bei der Erstellung der Entwicklungsstufen des Handlungselementes ist besonders zu beachten, dass wenigstens drei unterschiedliche Entwicklungsstufen eines Handlungselementes betrachtet werden, um eine sinnvolle und der Realität entsprechende Handlungsskala für die nächsten Arbeitsschritte auszuarbeiten. Diese Einteilung der Entwicklungsstufen des Handlungselementes lässt sich nur schwer wissenschaftlich begründen. An dieser Stelle ist es auch nicht erforderlich, da ein Methodenrahmen mit Beispielen aufgezeigt werden soll. Allerdings hat sich die beschriebene Einteilung bei Expertengesprächen in Gruppendiskussionen als zweckmäßig erwiesen. Dem Anwender der Methode steht es jedoch frei, die vorhandenen Kataloge zu ergänzen und unternehmensindividuell zu optimieren. Zur Einteilung der Entwicklungsstufen des Handlungselementes können auch feinere Maßstäbe angewendet werden, zum Beispiel eine Einteilung in 5 bzw. 6 Entwicklungsstufen wie sie im Capability Maturity Model Integration (CMMI) angewendet wird (vgl. Kapitel 4). In der Regel zeigen diese feineren Maßstäbe der Gliederung jedoch eine nicht existierende Genauigkeit an. Für die Einteilung der Entwicklungsstufen eines Handlungselementes ist die hier angewandte Drei- bis Vierteilung völlig ausreichend.

Die gelisteten Entwicklungsstufen sind nicht als zwingend anzusehen, sondern als grundsätzliche Gliederungsmöglichkeiten der Entwicklungsstufen. Der Entwicklungsstufen-Katalog wird in den folgenden Arbeitsschritten als eine Arbeitsgrundlage für die Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Produktentwicklung eingesetzt. Die Entwicklungsstufen sind durch konkrete charakteristische Maßnahmen und Tätigkeiten beschrieben. Diese Maßnahmen und Tätigkeiten stellen konkrete Kriterien zur Identifizierung von gegenwärtigen Entwicklungsstufen der Handlungselemente in der Produktentwicklung dar.

Der Handlungselemente-Katalog enthält eine große Anzahl von Handlungselementen, die nicht alle gleich relevant für die Effizienz der Leistung der betrachteten Produktentwicklung sind. Aus diesem Grund werden die Handlungselementen in den folgenden Arbeitsschritten untersucht, um diejenigen mit hoher Leistungsrelevanz zu identifizieren.

20 Entwicklungsstufen-Katalog: Der gesamte in diesem Beispiel verwendete Entwicklungsstufen-Katalog befindet sich im Anhang.

5.2.1 Ermitteln der Vernetzung der Handlungselemente

Die Produktentwicklung ist durch die drei Handlungsfelder Mensch, Organisation und Technik mit relevanten Handlungselementen beschrieben. Sie ist durch die Vernetzung dieser Handlungselemente mit zahlreichen wechselseitigen Beeinflussungen gekennzeichnet. In diesem Arbeitsschritt wird untersucht und analysiert, wie stark sich die Handlungselemente gegenseitig beeinflussen.

Ein in der Wissenschaft anerkanntes Verfahren zur Analyse der Beeinflussungen von quantitativen und qualitativen Größen in einem System ist die Interdependenzanalyse. Bei dieser Analyse werden alle Größen gleichwertig behandelt. Die Interdependenzanalyse wird in einer Einflussmatrix durchgeführt, die 1973 von J.G. Dupperin und Michel Godet entwickelt wurde. [Ves90, S. 31] [Ves91, S. 67][GFS96, S. 189][GF99, S. 93]

Die gegenseitige Beeinflussung der Handlungselemente der Produktentwicklung, und damit die Stärke deren Vernetzung, wird in drei Teilschritten ermittelt. Zunächst werden die direkten Einflüsse der Handlungselemente untereinander bewertet. Weiterhin werden die indirekten Einflüsse der Handlungselemente untersucht und anschließend die Ergebnisse in einem Systemgrid aufgezeigt.

5.2.1.1 Bewertung des direkten Einflusses

Die Bewertung des direkten Einflusses der Handlungselemente erfolgt in einer Einflussmatrix auf Basis der Interdependenzanalyse (Bild 5-7). Die Einflussmatrix ist eine quadratische Matrix, in der sowohl in den Zeilen als auch in den Spalten die Handlungselemente aus dem Handlungselemente-Katalog gelistet werden. Es werden die direkten und gerichteten Beziehungen zwischen jedem Handlungselemente-Paar bewertet. Für jedes Paar von Handlungselementen sind zwei Matrixfelder vorhanden. Der Einfluss eines Handlungselementes auf sich selbst ist irrelevant und wird deswegen nicht bewertet. Daher bleibt die Diagonale der Matrix frei. Die Bewertung ist anhand folgender Fragestellung zu vollziehen: Wenn das Handlungselement A (Zeile) verändert wird, wie stark oder wie schnell verändert sich das Handlungselement B (Spalte)? Als Bewertungsmaßstab ergibt sich der folgende [GFS96, S. 191f][GF99, S. 94]:

0 = kein oder sehr schwacher Einfluss: Die Veränderung des Handlungselementes A beeinflusst das Handlungselement B nicht oder nur sehr schwach das Handlungselement B. Das Handlungselement A hat keinen oder nur einen sehr schwachen Einfluss auf Handlungselement B.

		Handlungselement	Mensch					Organisation					Technik					
			Personalbeschaffung	Fähigkeitseinsatz der Entwickler	Personalförderungsmaßnahmen	Weiterbildungsmaßnahmen	Motivierung der Entwickler	...	Aufbauorganisation	Entwicklungssystematik	Kontinuierliche Prozessverbesserung	Qualitätsmanagement	Wissensmanagement	...	Werkzeugkopplung	Einsatz von Entwicklungsmethoden	Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	Einsatz von Spezifikationstechniken
Mensch	Handlungselement	Nr	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	22	23	24	25	Aktivsumme	
	Personalbeschaffung	1	3	2	3	2		2	0	1	1	1	1	2	2	2	33	
	Fähigkeitseinsatz der Entwickler	2	2	2	2	3		1	2	2	2	2	2	3	3	3	47	
	Personalförderungsmaßnahmen	3	2	3	3	3		1	1	2	2	2	2	2	3	3	48	
	Weiterbildungsmaßnahmen	4	3	3	3	3	3	1	2	2	2	2	2	2	3	3	52	
	Motivierung der Entwickler	5	0	1	1	1		1	1	1	1	1	0	2	2	2	25	
⋮																		
Organisation	Aufbauorganisation	8	1	2	2	2	1		2	2	2	2	0	0	0	0	36	
	Entwicklungssystematik	9	1	1	2	3	1	2		3	3	3	3	3	3	3	61	
	Kontinuierliche Prozessverbesserung	10	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	72	
	Qualitätsmanagement	11	2	2	2	2	2	2	2	2		3	3	3	3	3	57	
	Wissensmanagement	12	2	2	2	3	3	2	3	3	3		3	3	3	3	66	
⋮																		
Technik	Werkzeugkopplung	22	1	1	2	2	3	0	1	2	3	2		2	2	2	38	
	Einsatz von Entwicklungsmethoden	23	3	3	3	3	3	0	2	3	3	3	2		2	2	51	
	Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	24	3	3	3	3	3	0	2	3	3	3	3	2		2	52	
	Einsatz von Spezifikationstechniken	25	3	2	2	2	3	0	2	3	3	3	3	2	2		49	
Passivsumme		41	44	46	51	58		26	38	50	52	51	44	52	52	52		

Bild 5-7: Beispiel einer Einflussmatrix

1 = schwacher oder verzögerter Einfluss: Wenn das Handlungselement A verändert wird, wirkt sich das schwach und zeitlich verzögert auf Handlungselement B aus. Das Handlungselement A hat einen schwachen Einfluss auf Handlungselement B.

2 = mittlerer Einfluss: Wenn Handlungselement A verändert wird, beeinflusst es das Handlungselement B mit mittlerer Stärke. Das Handlungselement A hat einen mittleren Einfluss auf Handlungselement B.

3 = starker oder sehr starker Einfluss: Die leichte Veränderung des Handlungselementes A wirkt sich stark oder sehr stark auf das Handlungselement B aus. Das bedeutet, dass das Handlungselement A einen unmittelbaren Einfluss auf Handlungselement B hat.

Ein wichtiger Punkt, der bei der Bewertung in der Einflussmatrix zu berücksichtigen ist, ist, dass die Bewertung nur auf die unmittelbar direkte Beeinflussung der Handlungselemente ausgerichtet werden soll. In der Praxis kommt es häufig vor, dass auch die indirekten Einflüsse mit einbezogen werden.

Nach Abschluss der Einflussbewertung liegt eine vollständige Beschreibung der wechselseitigen Beziehungen der Handlungselemente aus drei Handlungsfeldern in der Produktentwicklung vor. Aus dieser Einflussmatrix werden folgende Kennwerte abgeleitet [GEK01, S. 90][GF99, S. 94ff]:

Aktivsumme (AS): Die Aktivsumme eines Handlungselementes ist die Zeilensumme aller Beziehungswerte. Sie zeigt die Stärke an, mit der ein Handlungselement direkt auf alle anderen Handlungselemente wirkt.

Passivsumme (PS): Die Passivsumme eines Handlungselementes ist die Spaltensumme aller Beziehungswerte. Sie zeigt an, wie stark ein Handlungselement durch alle anderen Handlungselemente beeinflusst wird.

Impulsindex (IPI): Der Impulsindex wird durch Division von Aktiv- und Passivsumme gebildet. Der Impulsindex zeigt an, wie stark ein Handlungselement alle anderen Handlungselemente beeinflusst, ohne dass das Handlungselement dadurch Veränderungen erfährt. Die Handlungselemente mit hohem Impulsindex beeinflussen stark die anderen Handlungselemente. Die Handlungselemente mit einem niedrigen Impulsindex beeinflussen die anderen Handlungselemente schwach.

Dynamik-Index (DI): Der Dynamik-Index wird durch Multiplikation von Aktiv- und Passivsumme berechnet. Der Dynamik-Index zeigt an, wie stark ein Handlungselement mit den anderen Handlungselementen der Produktentwicklung vernetzt ist. Ein Handlungselement mit hohem Dynamik-Index ist stark mit den anderen Handlungsoptionen vernetzt. Ein Handlungselement mit niedrigem Dynamik-Index ist mit allen anderen schwach vernetzt.

5.2.1.2 Bewertung des indirekten Einflusses

In der vorherigen Einflussmatrix wurden nur direkte Einflüsse der Handlungselemente berücksichtigt. Allerdings sind die Beziehungen zwischen Handlungselementen der Produktentwicklung sehr komplex (vgl. Kapitel 3) und es bestehen indirekte Beziehungen zwischen den Handlungselementen. Ein Beispiel soll diesen Sachverhalt deutlich machen: Der Führungsstil, der in der Produktentwicklung praktiziert wird, beeinflusst den Einsatz der Entwicklungsmethoden nicht direkt. Der Führungsstil hat aber einen Einfluss auf die eingesetzten Weiterbildungsmaßnahmen, die wiederum den Einsatz der Entwicklungsmethoden beeinflussen.

Um einen vollständigen Blick auf die Vernetzung der Handlungselemente der Produktentwicklung zu erhalten, sollen neben den direkten Einflüssen auch indirekte Einflüsse ermittelt werden. Die direkten Einflüsse aus der Einflussmatrix werden um die Bewertungen der indirekten Einflüsse ergänzt. Die indirek-

ten Einflüsse werden in dem hier dargestellten Beispiel mit Hilfe des Software-Tools „Szenario-Manager“ identifiziert. Es erfolgt eine mehrstufige Transformation der Einflussmatrix auf Basis eines graphentheoretischen Ansatzes. [GFS96, S. 257][Lew00, S. 88ff]

Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass es bei der indirekten Einflussanalyse vorteilhaft ist, zusätzlich die Paare der Handlungselemente zu ermitteln, die sehr häufig die Grundlage für indirekte Beziehungen sind. Es ist empfehlenswert diese direkten Beziehungen noch einmal zu überprüfen. [GFS96, S. 259]

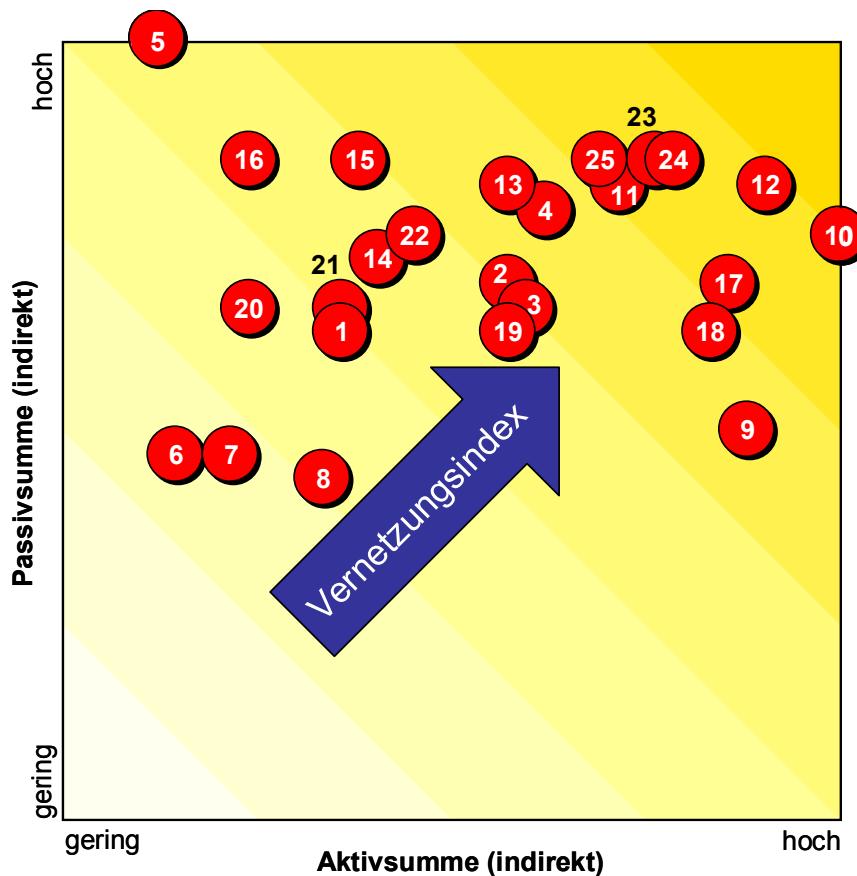


Bild 5-8: Beispielhafte Darstellung der Vernetzung von Handlungselementen im Systemgrid

5.2.1.3 Darstellung der Ergebnisse

Zur Visualisierung der Ergebnisse der direkten und indirekten Einflussanalyse eignet sich ein Systemgrid, wie es in Bild 5-8 dargestellt ist. Die Erstellung des Systemgrids erfolgt automatisch mit Hilfe des Software-Tools „Szenario-Manager“. In Bild 5-8 ist das Systemgrid der Handlungselemente nach der indirekten Einflussanalyse abgebildet. Auf der Abszisse sind die absoluten Werte

der indirekten Passivsumme der Handlungselemente und auf der Ordinate die absoluten Werte der indirekten Aktivsumme der Handlungselemente aufgetragen. Der maximale Aktiv- und Passivwert bildet auf beiden Achsen das Ende der Skala. [GF99, S. 96f]

Legende der Handlungselemente

Mensch

- ① Personalbeschaffung
- ② Fähigkeitseinsatz der Entwickler
- ③ Personalförderungsmaßnahmen
- ④ Weiterbildungsmaßnahmen
- ⑤ Motivierung der Entwickler
- ⑥ Führungsstil
- ⑦ Führungsrollen

Organisation

- ⑧ Aufbauorganisation
- ⑨ Entwicklungssystematik
- ⑩ Kontinuierliche Verbesserung des Prozesses
- ⑪ Qualitätsmanagement
- ⑫ Wissensmanagement
- ⑬ Produktinnovationsmanagement

- ⑭ Anforderungsmanagement
- ⑮ Internes Partnermanagement
- ⑯ Externes Partnermanagement
- ⑰ Projektmanagement
- ⑱ Datenmanagement
- ⑲ Technisches Risikomanagement
- ⑳ Änderungsmanagement des Produktes
- ㉑ Variantenmanagement

Technik

- ㉒ Werkzeugkopplung
- ㉓ Einsatz von Entwicklungsmethoden
- ㉔ Einsatz von Entwicklungswerkzeugen
- ㉕ Einsatz von Spezifikationstechniken

Bild 5-9: Legende der Handlungselemente zu dem Systemgrid in Bild 5-8

Aus dem Systemgrid kann die Stärke der Vernetzung der Handlungselemente abgelesen werden. Die Stärke der Vernetzung der Handlungselemente ist durch den Vernetzungsindex charakterisiert, der im Portfolio von oben rechts nach unten links sinkt [GFS95, S. 208][Wen04, S. 72]. Der Vernetzungsindex kann durch die Multiplikation von indirekter Aktiv- und Passivsumme berechnet werden, was dem Dynamik Index (DI) entspricht. Dieser Kennwert der Vernetzung der Handlungselemente zeigt auf, wie stark das Handlungselement mit anderen vernetzt ist. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Veränderung eines stark vernetzten Handlungselementes mit großer Wahrscheinlichkeit einen starken Einfluss auf andere Handlungselemente verursacht.

Der Vernetzungsindex als auch die daraus abgeleitete Rangfolge der Handlungselemente nach fallender Vernetzung werden in Kapitel 5.2.3 als eine der Kriterien für die Auswahl der Handlungselemente mit einer hohen Relevanz für die Effizienz der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens verwendet.

5.2.2 Ermitteln des Zielbeitrags der Handlungselemente zu den Entwicklungszielen

In diesem Arbeitsschritt wird der Aspekt des Beitrages der Handlungselemente zu den Entwicklungszielen untersucht. Wie bereits in Kapitel 5.3 erwähnt, beeinflussen die Handlungselemente aus den drei relevanten Handlungsfeldern stark die Effizienz der Produktentwicklung und zwar durch die Erreichung von Entwicklungszielen. Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, diejenigen Handlungselemente zu identifizieren, die am stärksten zur Erreichung der angestrebten Entwicklungsziele beitragen. Im Folgenden werden die einzelnen Wirkbeziehungen aller Handlungselemente zu den Entwicklungszielen, die in der Vorbereitungsetappe ermittelt wurden, untersucht.

Für die Untersuchung dieser Wirkbeziehungen hat sich eine Einflussmatrix als geeignet herausgestellt, die in diesem Fall als Zielbeitragsmatrix bezeichnet wird. An dieser Stelle wird an die Zielbeitragsanalyse in der Methode zur Effizienzbewertung der Entwicklung maschinenbaulicher Anlagen nach WLEKLINSKI angeknüpft [Wle01, S. 101ff].

Die Zielbeitragsmatrix, dargestellt in Bild 5-10, ist eine rechteckige Matrix. Die Handlungselemente der Produktentwicklung, geordnet nach den drei Handlungsfeldern Mensch, Organisation und Technik, werden in den Zeilköpfen eingetragen. In den Spaltenköpfen werden die Ziele der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens, eingeteilt in die drei Kategorien Leistungs-, Kosten- und Zeitziele, gelistet. Bei der praktischen Durchführung der Zielbeitragsanalyse hat sich gezeigt, dass aus Gründen einer guten Handhabbarkeit nicht mehr als fünfundzwanzig Produktentwicklungsziele für die Zielbeitragsanalyse herangezogen werden sollten. In dem hier dargestellten Beispiel werden 20 Entwicklungsziele²¹ betrachtet.

Die Bewertung in der Matrix wird anhand der Fragestellung vollzogen: Wie stark tragen die Handlungselemente aus den drei Handlungsfeldern Mensch, Organisation und Technik zu den Entwicklungszielen bei? Es wird folgender vierstufiger Bewertungsmaßstab verwendet [Wle01, S. 103]:

0 = kein Beitrag zum Entwicklungsziel: Das Handlungselement leistet keinen Beitrag zum Erreichen des jeweiligen Entwicklungsziels.

1 = schwacher oder zeitlich verzögerter Beitrag zum Entwicklungsziel: Das Handlungselement leistet einen schwachen oder zeitlich verzögerten Beitrag zum Erreichen des jeweiligen Entwicklungsziels.

²¹ Katalog von Zielen: Der hier angewendete Katalog von Zielen befindet sich im Anhang.

2 = mittlerer Beitrag zum Entwicklungsziel: Das Handlungselement leistet einen mittleren Beitrag zum Erreichen des jeweiligen Entwicklungszieles.

3 = starker oder unmittelbarer Beitrag zum Entwicklungsziel: Das Handlungselement leistet einen starken oder unmittelbaren Beitrag zum Erreichen des jeweiligen Entwicklungszieles.

		Leistungsziele						Kostenziele				Zeitziele				Breitenwirkung in [%]			Tiefenwirkung			Zielbeitragsindex		
		Entwicklungsziele	Produkt- und Prozessqualität steigern	Wettbewerbsfähige Produkte entwickeln	Konzentration auf Kernprodukte	Teilewiederverwendung steigern	Systemlösungen entwickeln	Forschungsaktivitäten steigern	...	Entwicklungs kosten senken	Änderungskosten senken	Fertigungskosten senken	Entwicklungszeiten verkürzen	Änderungszeiten verkürzen	Markteintrittszeitpunkt einhalten									
Handlungselement		Nr	1	2	3	4	5	6		15	16	17	18	19	20									
Mensch	Personalbeschaffung	1	2	2	1	1	2	2		2	1	1	1	1	1	100	1,6	1,6						
	Fähigkeitseinsatz der Entwickler	2	3	3	1	2	2	2		3	3	1	3	3	3	95	2,37	2,25						
	Personalförderungsmaßnahmen	3	3	2	1	1	1	2		2	1	1	1	1	1	100	1,7	1,7						
	Weiterbildungsmaßnahmen	4	3	3	2	2	2	3		3	3	2	3	3	3	100	2,6	2,6						
	Motivierung der Entwickler	5	2	2	1	1	1	2		2	2	1	2	2	2	100	1,9	1,9						
	:																							
Organisation	Aufbauorganisation	8	2	2	1	1	1	1		2	1	1	1	1	1	95	1,74	1,65						
	Entwicklungssystematik	9	3	2	2	1	3	2		3	3	1	3	3	3	95	2,58	2,45						
	Kontin. Prozessverbesserung	10	3	2	2	2	3	2		3	3	2	3	3	3	95	2,68	2,55						
	Qualitätsmanagement	11	3	3	2	2	3	2		3	2	2	3	3	3	95	2,63	2,5						
	Wissensmanagement	12	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	100	3	3						
	:																							
Technik	Werkzeugkopplung	22	3	3	2	2	3	1		2	2	2	1	1	1	90	1,89	1,7						
	Einsatz von Methoden	23	3	3	2	2	3	2		3	3	2	3	3	3	90	2,61	2,35						
	Einsatz von Werkzeugen	24	3	3	2	2	3	2		3	3	2	3	3	3	90	2,61	2,35						
	Einsatz von Spezifikationstechnik	25	3	3	2	2	3	2		3	3	2	3	3	3	90	2,61	2,35						

Bild 5-10: Beispiel einer Zielbeitragsmatrix

Nach dem Abschluss der Bewertung in der Zielbeitragsmatrix liegt eine vollständige Beschreibung der Beiträge der Handlungselemente zum Erreichen der Entwicklungsziele vor. Die Zielbeitragsmatrix wird anhand von drei Kennwerten, die für jedes Handlungselement berechnet werden, ausgewertet (Bild 5-10): die Breitenwirkung, die Tiefenwirkung und der Zielbeitragsindex. Diese Kennwerte haben folgende Bedeutung [Wle01, S. 103f][Wen04, S. 74f]:

Breitenwirkung: Die Breitenwirkung eines Handlungselementes zeigt an, auf wie viel Prozent der Gesamtheit aller Produktentwicklungsziele ein Handlungselement wirkt. Die Breitenwirkung wird gebildet, indem die Anzahl der Produktentwicklungsziele, die eine höhere Bewertung als „0“ (kein Beitrag)

erhielten, durch die Gesamtanzahl der Produktentwicklungsziele dividiert und mit 100 % multipliziert wird. Die Handlungselemente, die eine hohe Breitenwirkung haben, leisten einen Beitrag zu vielen Produktentwicklungszielen. Die Handlungselemente mit einer niedrigen Breitenwirkung leisten nur einen fokussierten Beitrag zu wenigen Produktentwicklungszielen.

Tiefenwirkung: Die Tiefenwirkung eines Handlungselementes zeigt an, wie stark ein Handlungselement durchschnittlich auf diejenigen Produktentwicklungsziele wirkt, die überhaupt von ihm beeinflusst werden. Die Tiefenwirkung wird berechnet, indem die Summe aller Bewertungen eines Handlungselementes durch die Anzahl der Produktentwicklungsziele mit einer höheren Bewertung als „0“ dividiert wird. Die Handlungselemente, die eine hohe Tiefenwirkung haben, leisten einen starken durchschnittlichen Beitrag zu den Produktentwicklungszielen. Die Handlungselemente, die eine niedrige Tiefenwirkung haben, liefern einen schwachen durchschnittlichen Beitrag zu den Produktentwicklungszielen.

Zielbeitragsindex: Der Zielbeitragsindex eines Handlungselementes zeigt an, wie groß insgesamt der Beitrag des Handlungselementes zu den Produktentwicklungszielen ist. Der Zielbeitragsindex wird als Produkt der Breitenwirkung und der Tiefenwirkung dividiert durch 100% berechnet. Die Handlungselemente, die sowohl eine hohe Breitenwirkung als auch eine hohe Tiefenwirkung haben, leisten einen großen Zielbeitrag. Die Handlungselemente, die eine hohe Breitenwirkung und eine niedrige Tiefenwirkung oder umgekehrt haben, leisten einen mittleren Beitrag zu den Produktentwicklungszielen. Die Handlungselemente, die sowohl eine niedrige Breitenwirkung als auch eine niedrige Tiefenwirkung haben, leisten dementsprechend einen geringen Zielbeitrag.

Die Ergebnisse der Zielbeitragsanalyse werden mit Hilfe eines Zielbeitragsportfolios dargestellt, wie es in Bild 5-11 gezeigt wird [Wle01, S. 106f][Wen04, S. 74f]. Die absoluten Werte der Breitenwirkung der Handlungselemente aus der Zielbeitragsmatrix werden auf der Abszisse eingetragen. Die absoluten Werte der Tiefenwirkung der Handlungselemente werden auf der Ordinate aufgetragen. Die Nummerierung der Handlungselemente in dem Zielbeitragsportfolio entspricht Bild 5-9, S. 89. Die Darstellung im Portfolio (Bild 5-11) zeigt, dass die Stärke des Zielbeitrags ausgehend von der linken unteren Ecke des Portfolios zur rechten oberen Ecke ansteigt. Dies ist durch unterschiedliche, diagonal verlaufende Graustufen mit entsprechender Skalierung visualisiert.

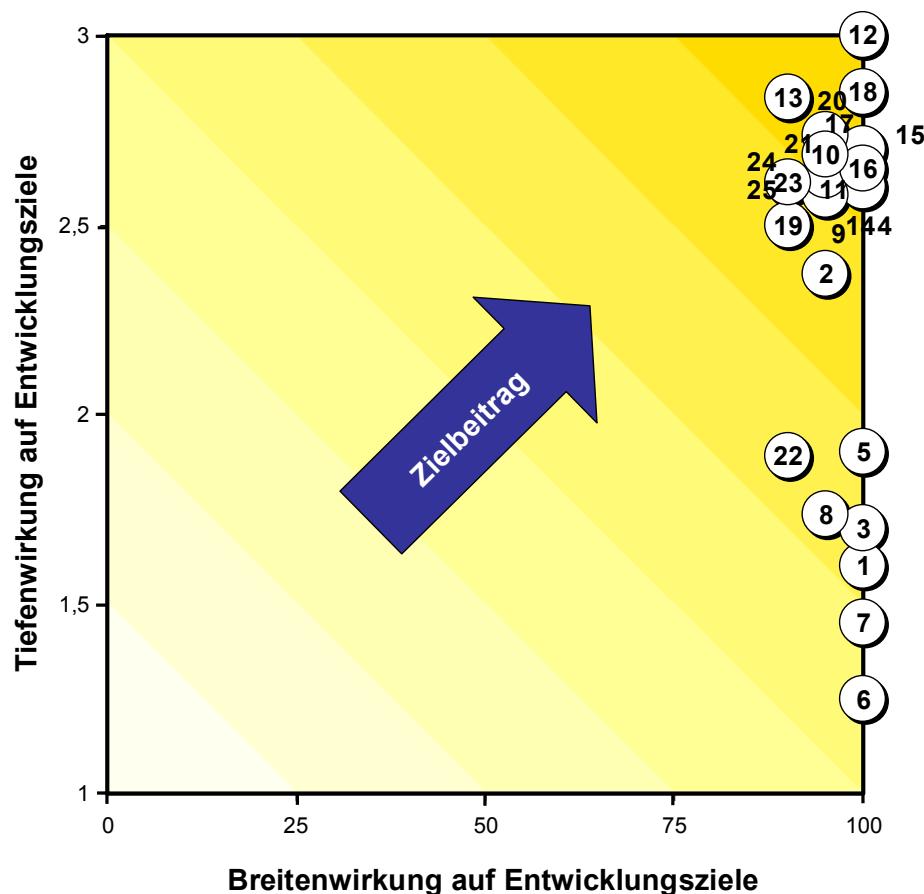


Bild 5-11: Darstellung der Zielbeiträge der Handlungselemente im Zielbeitragsportfolio (die Nummerierung der Handlungselemente entspricht Bild 5-9, S. 89)

Die Handlungselemente in dem Zielbeitragsportfolio sind sehr dicht zu einander abgebildet. Dieses Ergebnis war für das hier gezeigte Beispiel zu erwarten, weil in dem verwendeten Handlungselemente-Katalog ausschließlich solche Handlungselemente gelistet sind, die einen hohen Beitrag zu den Entwicklungszügen leisten. Es galt hier lediglich, die Stärke dieses Zielbeitrags zu ermitteln.

Die Ergebnisse dieses Arbeitsschrittes, Zielbeitragsindex und eine daraus abgeleitete Rangfolge der Handlungselemente nach fallendem Zielbeitrag, werden als eine der Kriterien für die Auswahl der Handlungselemente mit einer hohen Relevanz für die Effizienz der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens in den weiteren Arbeitsschritten verwendet.

5.2.3 Ermitteln der Leistungsrelevanz der Handlungselemente

In den beiden bisherigen Arbeitsschritten wurden alle im Handlungselementekatalog enthaltenen Handlungselemente der Produktentwicklung hinsichtlich der bestehenden Wirkzusammenhänge (Kapitel 5.2) systematisch analysiert. Der Vernetzungsindex und Zielbeitragsindex je Handlungselement und die sich daraus jeweils ergebenden Reihenfolgen sind die Eingangswerte für den hier beschriebenen Arbeitsschritt. Aus diesen Eingangswerten können folgende Aussagen getroffen werden:

- Für jedes Handlungselement kann abgeleitet werden, wie stark dessen Beeinflussung in der betrachteten Produktentwicklung ist. So kann eine Aussage getroffen werden, ob eine steuernde Veränderung eines Handlungselementes eine nachhaltige Wirkung in der betrachteten Produktentwicklung hat und wie groß diese Wirkung sein wird. An dieser Stelle sind Handlungselemente mit einer starken Vernetzung und solche mit einer niedrigen Vernetzung zu unterscheiden.
- Es kann für jedes Handlungselement eine Aussage darüber getroffen werden, wie stark die qualitative Wirkung auf die angestrebten Ziele der betrachteten Produktentwicklung ist. Damit können die Handlungselemente mit einem starken Zielbeitrag von den Handlungselementen mit einem niedrigen Zielbeitrag unterschieden werden.

Besonders wichtig für die effiziente Leistung der Entwicklungsarbeit ist, die Handlungselemente zu ermitteln, die stark mit anderen Handlungselementen der betrachteten Produktentwicklung vernetzt sind und gleichzeitig einen hohen Beitrag zu den Entwicklungszielen der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens leisten. Diese Handlungselemente haben eine hohe Relevanz für die Leistung der betrachteten Produktentwicklung.

Um die Handlungselemente mit einer hohen Leistungsrelevanz aus allen betrachteten Handlungselementen zu identifizieren, werden die oben genannten Teileinformationen über jedes Handlungselement zu einer Aussage zusammengeführt. In der Diplomarbeit von WENZELMANN [Wen04, S. 76] wurde nachgewiesen, dass ein geeignetes Verfahren dafür die Leistungsrelevanzanalyse nach WLEKLINSKI [Wle01, S. 115], die die Auswahl geeigneter leistungsrelevanter Handlungselemente unterstützt, ist.

Da nicht vorgesehen ist, dass das Gewichtungsverhältnis zwischen Vernetzungs- und Zielbeitragsindex verändert wird, wird auf eine vektorielle Berechnung verzichtet werden [Wle01, S. 116][Wen04, S. 76]. Der Leistungsrelevanzindex der Handlungselemente kann mathematisch durch Multiplikation der absoluten Werte von Vernetzungs- und Zielbeitragsindex für jedes Handlungselement berechnet werden. Aus diesem Kennwert wird eine Reihenfolge

der Handlungselemente bezüglich der Leistungsrelevanz bestimmt. Je höher die so berechnete Kennzahl ist, desto höher ist die Leistungsrelevanz des Handlungselements.

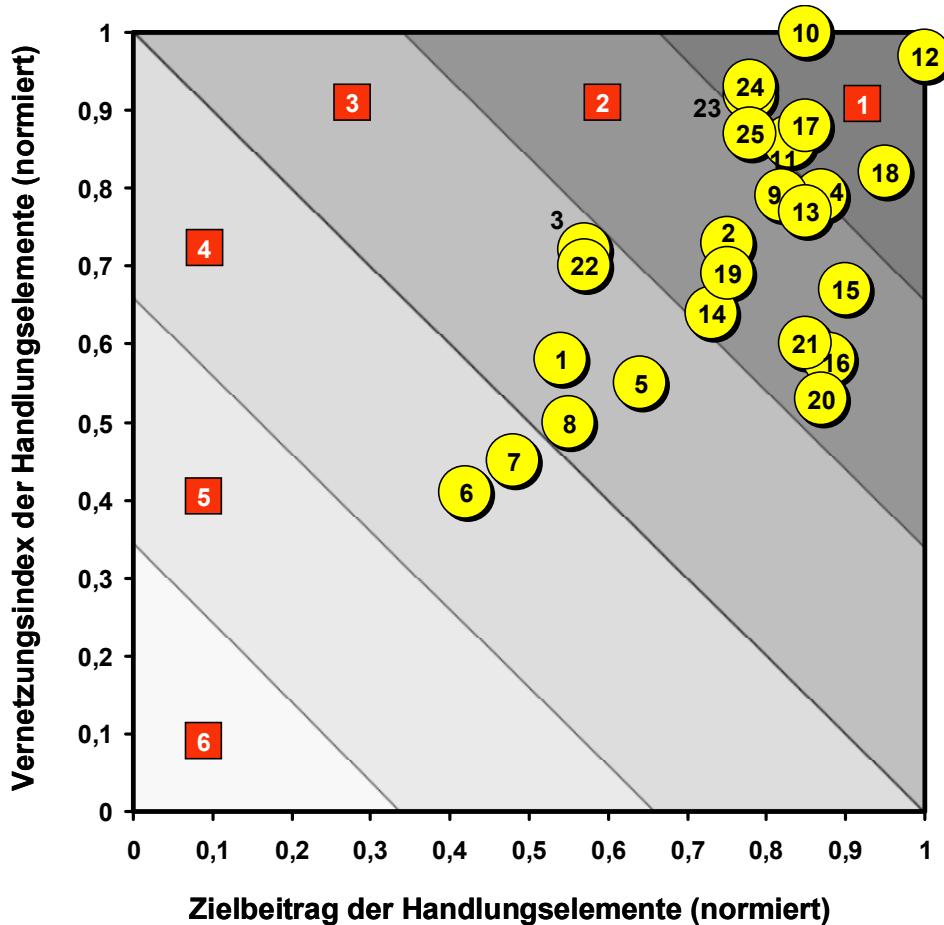


Bild 5-12: Darstellung der Leistungsrelevanz der Handlungselemente im Leistungsrelevanzportfolio (die Nummerierung der Handlungselemente entspricht Bild 5-9, S. 89)

Die Ergebnisse der Leistungsrelevanzanalyse werden in einem Leistungsrelevanzportfolio, in dem die Handlungselemente angeordnet werden, visualisiert (Bild 5-12). Auf der Abszisse wird der Zielbeitragsindex der betrachteten Handlungselemente und auf der Ordinate ihr Vernetzungsindex aufgetragen.

Bei der Erstellung des Portfolios hat es sich bewährt, wie im dargestellten Beispiel (Bild 5-12) die absoluten, normierten Werte von Zielbeitragsindex und Vernetzungsindex der Handlungselemente aufzutragen. Diese Darstellung ermöglicht eine authentische Interpretation und Visualisierung der Ergebnisse. Zur übersichtlicheren Visualisierung der Ergebnisse können Rangziffern von Vernetzungs- und Zielbeitragsindex verwendet werden. [Wle01, S. 115f] [Wen04, S. 77f]

Um die abgebildeten Handlungselemente in dem Portfolio zu interpretieren, kann das Portfolio in sechs charakteristische Bereiche aufgeteilt werden. Diese Bereiche ergeben sich aus der Berücksichtigung der gewünschten Anzahl besonders leistungsrelevanter Handlungselemente und eventuell einer Karenz. Es hat sich gezeigt, dass eine ideale Anzahl zwischen 20 und 25 Handlungselementen liegt, allerdings das Minimum stellen 15 Handlungselemente dar [GEK01, S. 91][Wle01, S. 115f]. Diese Kriterien führen zu einer guten Handhabbarkeit und einem sinnvollen Ergebnis. In dem hier dargestellten Beispiel zur Erläuterung der Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung an einem beispielhaften Ansatz ist die gewünschte Anzahl von besonders leistungsrelevanten Handlungselementen fünfzehn bei insgesamt fünfundzwanzig untersuchten Handlungselementen. Die sechs Bereiche, die in Bild 5-12 dargestellt sind, können folgendermaßen interpretiert werden (in Anlehnung an [GF99, S. 100f][Wen04, S. 77f][Wle01, S. 116f]):

- **Bereich 1 – Eindeutiges, sehr stark leistungsrelevantes Handlungselement**
- **Bereich 2 – Stark leistungsrelevantes Handlungselement**
- **Bereich 3 – Mögliches leistungsrelevantes Handlungselement**
- **Bereich 4 – Handlungselement mit großen Diskrepanzen zwischen Zielwirkung und Vernetzungsindex**
- **Bereich 5 – Handlungselement mit niedriger Leistungsrelevanz**
- **Bereich 6 – Kein leistungsrelevantes Handlungselement**

Aus dem Leistungsrelevanzportfolio können die Handlungselemente nach fallendem Leistungsrelevanzindex als besonders leistungsrelevant für die Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens eingestuft werden. Dazu wird das Leistungsrelevanzportfolio diagonal von oben rechts nach unten links gescannt [Wen04, S. 76f][Wle01, S. 115ff]. Die Handlungselemente „Wissensmanagement“ und „Kontinuierliche Verbesserung des Entwicklungsprozesses“ sind beispielsweise eindeutige Handlungselemente, „Externes Partnermanagement“ und „Technisches Risikomanagement“ liegen in dem Bereich für stark leistungsrelevante Handlungselemente und werden ebenfalls aufgenommen. Auf Grund der gewünschten Anzahl der ausgewählten Handlungselemente werden in die weitere Betrachtung insgesamt aufgenommen:

- Handlungselement 12: Wissensmanagement
- Handlungselement 10: Kontinuierliche Verbesserung des Entwicklungsprozesses
- Handlungselement 18: Datenmanagement

- Handlungselement 17: Projektmanagement
- Handlungselement 24: Einsatz von Entwicklungswerkzeugen
- Handlungselement 23: Einsatz von Entwicklungsmethoden
- Handlungselement 11: Qualitätsmanagement
- Handlungselement 4: Weiterbildungsmaßnahmen
- Handlungselement 25: Einsatz von Spezifikationstechniken
- Handlungselement 13: Produktinnovationsmanagement
- Handlungselement 9: Entwicklungssystematik
- Handlungselement 15: Internes Partnermanagement
- Handlungselement 2: Fähigkeitseinsatz der Entwickler
- Handlungselement 16: Externes Partnermanagement
- Handlungselement 19: Technisches Risikomanagement

Die Ergebnisse der Leistungsrelevanzanalyse sind einerseits die identifizierten und ausgewählten leistungsrelevantesten Handlungselemente und deren Leistungsrelevanzindex sowie andererseits eine sich daraus ergebende Reihenfolge der Handlungselemente nach fallendem Leistungsrelevanzindex.

Berechnung von Rangindizes²²

Um die unterschiedliche Stärke der Leistungsrelevanz der ausgewählten Handlungselemente bedeutender zu machen und im weiteren Vorgehen mit einzubeziehen, wird aus der ermittelten Reihenfolge der Handlungselemente aus der Leistungsrelevanzanalyse ein Rangindex berechnet. Der Wertebereich des Rangindexes liegt zwischen 1 und 2. Damit werden die Handlungselemente mit einer hohen Leistungsrelevanz stärker berücksichtigt, dabei aber nicht überbewertet. Andererseits werden die Handlungselemente mit niedriger Leistungsrelevanz nicht unterbewertet oder abgewertet. [Wen04, S. 79f]

²² Berechnung von Rangindizes: Die hier anwendete Berechnung von Rangindizes wird gemäß dem Verfahren von WENZELMANN durchgeführt, das in der Diplomarbeit „Vorgehensweise zur Ermittlung und Hierarchisierung von Reifegradklassen für die Produktentwicklung“ vorgestellt wurde [Wen04].

Für die Berechnung des Rangindex des aller ausgewählter Handlungselemente wird folgende Formel angewendet [Wen04, S. 79f]:

$$F_{R(i)} = 1 + \frac{n_{SF} - R_i}{n_{SF} - 1}$$

F_R : Reihenindex des Handlungselementes

n_{SF} : Anzahl der Handlungselemente

R_i : Rang des Handlungselementes

Gleichung 5-1: Berechnung der Rangindizes der Handlungselemente

Tabelle 5-1: Reihenindizes der ausgewählten Handlungselemente im Beispiel

Handlungselement	Reihenfolge nach Leistungsrelevanzindex	Rangindex F_R
12 Wissensmanagement	1	2
10 Kontinuierliche Prozessverbesserung	2	1,93
18 Datenmanagement	3	1,86
17 Projektmanagement	4	1,79
24 Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	5	1,71
23 Einsatz von Entwicklungsmethoden	6	1,65
11 Qualitätsmanagement	7	1,58
4 Weiterbildungsmaßnahmen	8	1,5
25 Einsatz von Spezifikationstechniken	9	1,43
13 Produktinnovationsmanagement	10	1,36
9 Entwicklungssystematik	11	1,29
15 Internes Partnermanagement	12	1,21
2 Fähigkeitseinsatz der Entwickler	13	1,14
16 Externes Partnermanagement	14	1,07
19 Technisches Risikomanagement	15	1

Die berechneten Rangindizes der ausgewählten Handlungselemente für das betrachtete Beispiel sind in der Tabelle 5-1 gelistet. Durch den Einsatz von Rangindizes der Handlungselemente im weiteren Verfahren werden die Unterschiede der Leistungsrelevanz der ausgewählten Handlungselemente stärker betont. Es kann vorkommen, dass mehrere Handlungselemente den gleichen Rangin-

dex haben, weil sie den gleichen Leistungsrelevanzindex besitzen. [Wen04, S. 79f]

5.2.4 Identifizieren des Soll-Profil der Produktentwicklung

In den vorherigen Arbeitsschritten wurden aus dem vorhandenen Handlungselemente-Katalog (Kapitel 5.2.1) alle Handlungselemente analysiert und diejenigen ausgewählt, die eine hohe Leistungsrelevanz in Bezug auf die Produktentwicklung und damit auch auf die Effizienz der Entwicklungsarbeit haben. In dem dargestellten Beispiel sind das 15 Handlungselemente (Tabelle 5-1). Im Folgenden werden nur diese ausgewählten Handlungselemente weiter betrachtet.

An dieser Stelle wird ein methodeneigenes Werkzeug, der Entwicklungsstufen-Katalog, der zur Unterstützung der Methode im Vorfeld entwickelt wurde (Kapitel 5.2.1) und nun zur Verfügung steht, eingesetzt. In diesem Arbeitsschritt werden die Entwicklungsstufen der Handlungselemente untersucht, mit dem Ziel, eine Priorisierung der Entwicklungsstufen im Rahmen eines Handlungselementes zu erstellen. Aus den Ergebnissen dieser Priorisierung der Entwicklungsstufen wird ein Soll-Profil, das einen idealen Zustand der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens repräsentiert, erstellt.

Zielbeitragsanalyse der Entwicklungsstufen der Handlungselemente

Die Zielbeitragsanalyse ist ein geeignetes Instrument, um die Entwicklungsstufen der Handlungselemente hinsichtlich der Stärke ihres Beitrags zu den Entwicklungszielen des betrachteten Unternehmens zu untersuchen [Wen04, S. 80]. Diese Untersuchung wird in einer Zielbeitragsmatrix durchgeführt, wie in Bild 5-13 abgebildet. In den Zeilenköpfen der Zielbeitragsmatrix werden die Handlungselemente mit entsprechenden Rangindizes gelistet. Zu jedem Handlungselement werden die zugehörigen Entwicklungsstufen aufgelistet. In den Spaltenköpfen werden die Entwicklungsziele des betrachteten Unternehmens, die in der Vorbereitungsetappe ermittelt wurden, gelistet. Die Bewertung erfolgt analog zur Bewertung der Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente, die in Kapitel 5.2.2 durchgeführt wurde. Die hier gestellte Frage ist: Wie stark trägt die Entwicklungsstufe des Handlungselementes (Zeile) zu dem jeweiligen Entwicklungsziel (Spalte) bei? Der angewendete Bewertungsmaßstab ist von 0 bis 3 skaliert. Dabei bedeutet „0“ keinen Beitrag und „3“ starken, unmittelbaren Beitrag.

Der Rangindex, der den Handlungselementen in der Zielbeitragsmatrix zugeordnet wurde, wird an dieser Stelle noch nicht mit einbezogen. Die Rangindi-

zes werden erst bei der Berechnung der Kennwerte aus der Zielbeitragsanalyse der Entwicklungsstufen anwendet.

Die Bewertung der Entwicklungsstufen der Handlungselemente hinsichtlich des Beitrags der Entwicklungsziele, erfolgt unternehmensindividuell und ist abhängig von mehreren Faktoren, wie zum Beispiel: Unternehmensgröße, Größe der Entwicklungsabteilung, Entwicklungsprogramm. Nach der Bewertung der Matrix liegt eine vollständige Beschreibung der Wirkung aller Entwicklungsstufen der Handlungselemente auf die Entwicklungsziele des betrachteten Unternehmens vor.

Aus dieser Matrix werden folgende Kennwerte berechnet: Zielwirkung, verstärkte Zielwirkung, Rangfolge innerhalb des Handlungselementes und skalierter Zielerfüllungsgrad [Wen04, S. 82]. Diese Kennwerte haben folgende Bedeutung [Wen04, S. 82]:

Zielwirkung: Die Zielwirkung einer Entwicklungsstufe des Handlungselementes ist die Zeilensumme aller Auswirkungen auf die Entwicklungsziele. Sie zeigt an, wie stark die Entwicklungsstufe des Handlungselementes auf die Ziele wirkt.

Verstärkte Zielwirkung: Die verstärkte Zielwirkung einer Entwicklungsstufe des Handlungselementes wird berechnet durch Multiplikation der Zielwirkung dieser Entwicklungsstufe mit dem zugehörigen Rangindex des Handlungselementes. Durch diese Multiplikation fließen die qualitativen Unterschiede der Stärke des Beitrags der Handlungselemente zu den Entwicklungszielen in die Bewertung mit ein. So wird der Vergleich der Kennwerte für die Entwicklungsstufen über alle Handlungselemente ermöglicht. In den folgenden Arbeitsschritten wird nur die verstärkte Zielwirkung verwendet.

Rangfolge innerhalb eines Handlungselementes: Aus den verstärkten Zielwirkungen der Entwicklungsstufen ergibt sich die Rangfolge der Entwicklungsstufen innerhalb eines Handlungselementes. Die Entwicklungsstufe mit der höchsten Zielwirkung hat den besten Rang.

Skalierter Zielerfüllungsgrad: Der skalierte Zielerfüllungsgrad wird gebildet, indem die ermittelte Zielwirkung einer Entwicklungsstufe durch die höchste Zielwirkung, die eine Entwicklungsstufe des Handlungselementes erreicht, dividiert wird. Die Entwicklungsstufe mit der höchsten Zielwirkung erhält eine „1“ als Zielerfüllungsgrad. Daraus ergibt sich für den skalierten Zielerfüllungsgrad eine Spanne von 0 bis 1. Dieser Kennwert kann auch prozentual ausgedrückt werden.

Zielbeitragsmatrix der Entwicklungsstufen		Entwicklungsziel	Nr	1	2	3	20	Zielwirkung	verstärkte Zielwirkung (multipliziert mit F_R)	Rangfolge innerhalb des Handlungselementes	skalierter Zielerfüllungsgrad (auf 0 - 1)
Handlungselement	F_R	Entwicklungsstufe	1	2	3	20	Zielwirkung				
Wissensmanagement	2,00	Systematisches WM	12A	3	3	3	3	53	106	1	1,00
		Teilweise systematisches WM	12B	2	2	2	1	33	66	2	0,62
		Kein WM	12C	0	0	0	0	0	0	3	0,00
Kontinuierliche Prozessverbesserung	1,93	Etablierte kontinuier. Verbesserung	10A	3	3	3	3	54	104	1	1,00
		Punktuelle Verbesserungen	10B	3	3	2	1	27	52	2	0,50
		Keine Verbesserungsmaßnahmen	10C	0	0	0	0	0	0	3	0,00
Datenmanagement	1,86	Systematisches DM	18A	3	3	3	2	49	91	1	1,00
		Teilweise systematisches DM	18B	2	2	2	1	26	48	2	0,53
		Kein DM	18C	0	0	0	0	0	0	3	0,00
Projektmanagement	1,79	Systematisches PM	17A	3	3	2	3	48	86	1	1,00
		Teilweise systematisches PM	17B	2	2	1	1	22	40	2	0,47
		Einfaches PM	17C	0	0	0	0	0	0	3	0,00
⋮		⋮									
Technisches Risikomanagement	1,00	Systematisches RM	19A	3	3	2	3	42	42	1	1,00
		Teilweise systematisches RM	19B	2	2	1	2	29	29	2	0,70
		Kein RM	19C	0	0	0	0	0	0	3	0,00

Bild 5-13: Beispiel einer Zielbeitragsmatrix der Entwicklungsstufen

Soll-Profil identifizieren

Aus den aus der Zielbeitragsanalyse der Entwicklungsstufen abgeleiteten Kennwerten kann das Soll-Profil identifiziert werden. Diejenige Entwicklungsstufe mit der höchsten Zielwirkung innerhalb eines Handlungselementes repräsentiert einen Idealzustand dieses Handlungselementes bezüglich der Effizienz der Produktentwicklung. Das Soll-Profil ist die Kombination dieser Entwicklungsstufen mit der höchsten Zielwirkung innerhalb des Handlungselementes für alle Handlungselemente. Dadurch repräsentiert das Soll-Profil einen Idealzustand der Produktentwicklung für das betrachtete Unternehmen.

Das identifizierte Soll-Profil der Produktentwicklung wird in einer Entwicklungsstufenliste des Soll-Profil dokumentiert und in einem Profildiagramm visualisiert. Die Entwicklungsstufenliste des Soll-Profil, wie in Bild 5-14 dargestellt, beinhaltet für alle Handlungselemente die Entwicklungsstufen mit der höchsten Zielwirkung.

Entwicklungsstufenliste des Soll-Profil		
Handlungselement	Entwicklungsstufe	
Wissensmanagement	12A	<i>Systematisches Wissensmanagement</i>
Kontinuierliche Verbesserung des Prozesses	10A	<i>Etablierter kontinuierlicher Verbesserungsprozess</i>
Datenmanagement	18A	<i>Systematisches Datenmanagement</i>
Projektmanagement	17A	<i>Systematisches Projektmanagement</i>
Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	24A	<i>Systematischer Einsatz von Entwicklungswerkzeugen</i>
Einsatz von Entwicklungsmethoden	23A	<i>Systematischer Einsatz von Entwicklungsmethoden</i>
Qualitätsmanagement	11A	<i>Systematisches Qualitätsmanagement</i>
:	:	:
Technisches Risikomanagement	19A	<i>Systematisches technisches Risikomanagement</i>

Bild 5-14: Beispiel einer Entwicklungsstufenliste des Soll-Profil

In Bild 5-15 ist das Soll-Profil in einem Profildiagramm durch eine dynamische Darstellung mit absoluter Skalierung gemäß WENZELMANN [Wen04, S. 91f] graphisch abgebildet. In dem Profildiagramm sind die Handlungselemente in den Zeilenköpfen, die die Ordinate darstellen, gelistet. In den Spaltenköpfen, die die Abszisse darstellen, ist eine absolute Skalierung der verstärkten Zielwirkung eingetragen. Die Entwicklungsstufen der Handlungselemente werden in den Spalten verarbeitet. [Wen04, S. 88ff]

Der Maßstab der absoluten Skalierung, ist die verstärkte Zielwirkung der Entwicklungsstufen, die in der Zielbeitragsmatrix der Entwicklungsstufen berechnet wurde. Der höchste Wert der Skalierung entspricht der maximal erreichbaren verstärkten Zielwirkung. Sie wird berechnet in dem die Anzahl der Entwicklungsziele mit der höchsten möglichen Bewertung in der Zielbeitragsmatrix (3) und dem höchsten Rangfaktor (2) multipliziert wird. Die Kästen in dem Profildiagramm repräsentieren die Entwicklungsstufen für jedes Handlungselement. Die Entwicklungsstufen mit der höchsten Zielwirkung werden durch eine Markierung gekennzeichnet, mit einer Linie verbunden und stellen das identifizierte Soll-Profil dar. [Wen04, S. 88ff]

Der besondere Vorteil der dynamischen Profildarstellung mit absoluter Skalierung liegt in der Vergleichbarkeit der Entwicklungsstufen hinsichtlich ihrer Zielwirkung, sowohl innerhalb eines Handlungselementes als auch zwischen den Handlungselementen. Aus diesem Profildiagramm ist sowohl die Stärke des Beitrages der Entwicklungsstufen zu den Entwicklungszielen innerhalb eines Handlungselementes als auch zwischen den Handlungselementen zu erkennen. Aus diesem Grund wird das Profildiagramm auch in den weiteren Ar-

beitsschritten für die Darstellung möglicher Kombinationen der Entwicklungsstufen angewendet. Allerdings zeigt die dynamische Profildarstellung mit absoluter Skalierung nicht an, ob mehrere Entwicklungsstufen im Rahmen des einen Handlungselementes im Soll-Profil enthalten sind. Kästen der Entwicklungsstufen des Handlungselementes mit identischen verstärkten Zielwirkungen werden überlagert. [Wen04, S. 91f]

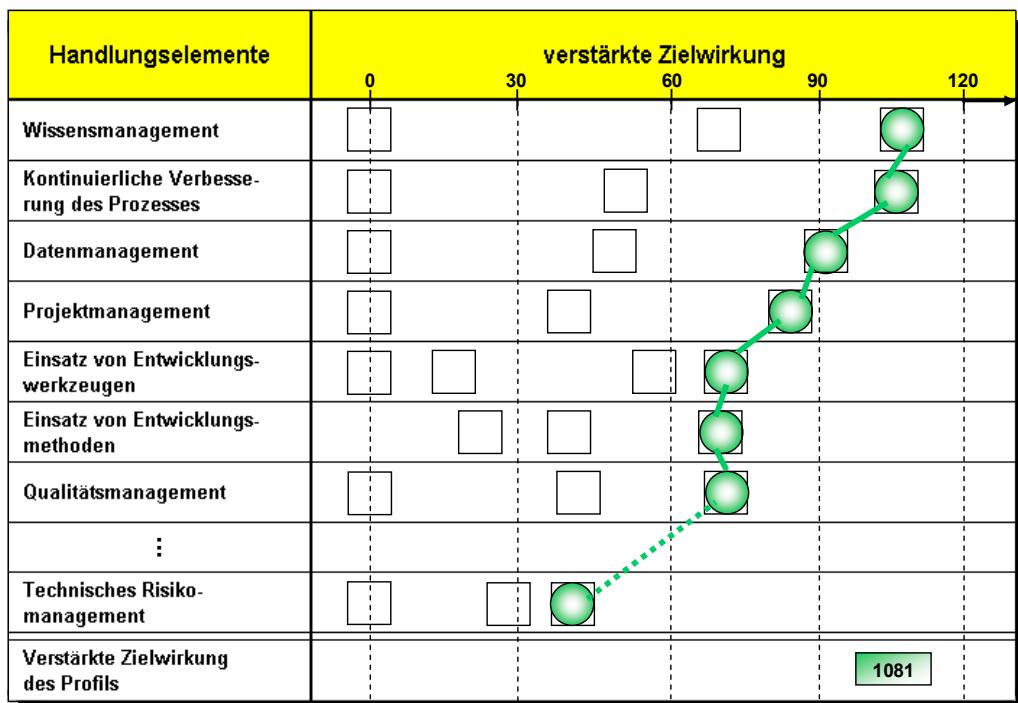


Bild 5-15: Beispielhafte Darstellung des Soll-Profil in einem Profildiagramm mit absoluter Skalierung

Das dargestellte Soll-Profil bildet eine rechte Grenze in dem Profildiagramm. Die Werte, die sich links von dem Soll-Profil befinden, repräsentieren alle möglichen Zustände der Produktentwicklung bezüglich deren Leistungseffizienz. In Bild 5-15 ist das Soll-Profil des betrachteten Beispiels abgebildet. Damit ist die erste Phase der Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung abgeschlossen.

5.3 Ist-Profil-Ermittlung

Im Folgenden werden die Arbeitsschritte der zweiten Phase der Methode erläutert. Das Ziel dieser Phase ist, ein vollständiges Bild über den gegenwärtigen Zustand der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens zu gewinnen. Wie in Bild 5-16 dargestellt, besteht die zweite Phase aus zwei Arbeitsschritten. Zunächst werden die relevanten Daten zur Leistungsbewertung mit Hilfe

eines methodeneigenen Werkzeuges erhoben. Im nächsten Schritt werden diese erhobenen Daten analysiert und ausgewertet. Das Ergebnis dieser Arbeitsschritte ist ein Ist-Profil der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens.

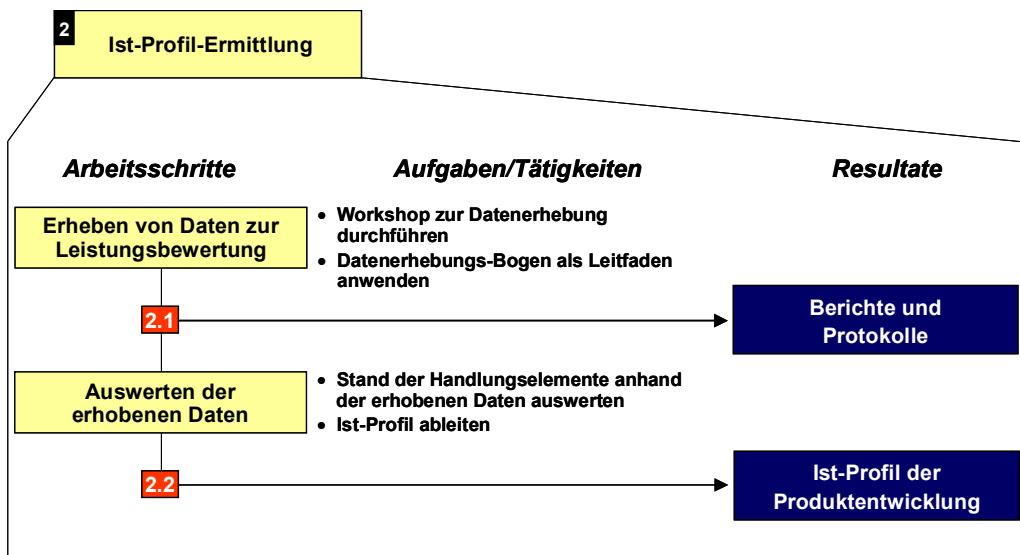


Bild 5-16: Teilvorgehensmodell zur Ist-Profil-Ermittlung

5.3.1 Erheben von Daten zur Leistungsbewertung

In diesem Arbeitsschritt werden die relevanten Daten zur Leistungsbewertung der Entwicklungsarbeit erhoben. Um einen objektiven Überblick über die Ist-Situation in der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens zu gewinnen, erfolgt die Erhebung der Daten in einem Workshop. Als Befragungs- und Diskussionsleitfaden wird ein unterstützendes Werkzeug der Methode, der Datenerhebungs-Bogen, angewendet.

Das Ziel dieser Phase ist, solche Daten zur Leistungsbewertung zu erheben, durch die alle Handlungselemente anhand ihrer Entwicklungsstufen und sich daraus ergebende Maßnahmen und Tätigkeiten abgedeckt werden können. Dazu werden in dem Datenerhebungs-Workshop alle drei Handlungsfelder, Mensch, Organisation und Technik, inspiziert. Für jedes Handlungselement werden Fragen gestellt, die geeignet sind, die vorherrschende Entwicklungsstufe zu identifizieren.

Als Arbeitsgrundlage zur Konzipierung dieses Datenerhebungs-Bogens wird auf den Entwicklungsstufen-Katalog der Handlungselemente zurückgegriffen. Darin befinden sich die Kriterien, die die Entwicklungsstufen charakterisieren.

Diese sind als notwendige Kriterien zu betrachten, um in diese Entwicklungsstufe einordnet zu werden.

Das Bewertungsteam arbeitet dabei auf der Basis des vorbereiteten Datenerhebungs-Bogens. Dieser Bogen dient zur Orientierung in den Workshops. In Bild 5-17 ist ein beispielhafter Abschnitt des Kern- und Arbeitsteils des Datenerhebungs-Bogens für das Handlungselement „Projektmanagement“ dargestellt.

Der Datenerhebungs-Bogen ist in mehrere Teile strukturiert. Der erste Teil beinhaltet eine Einleitung und ein Glossar, weil zum Teil Begriffe verwendet werden, die eventuell nicht bekannt sind. Der zweite Teil ist der Kern- und Arbeitsteil und beinhaltet die bewertungsrelevanten Kriterien. Die Fragen für jedes Handlungselement sind unter Berücksichtigung von zwei Aspekten gestellt [EB04, S. 9]:

- einerseits inwieweit Prozesse und Regeln bei jedem Handlungselement festgelegt sind
- und anderseits inwieweit diese Regeln umgesetzt werden.

Die zu betrachtenden Kriterien für die Festlegung der Entwicklungsstufe des Handlungselementes sind zum Beispiel [EB04, S. 11]:

- Dokumentation der Prozesse und Regeln,
- Ausrichtung in Hinblick auf Prävention,
- Regelmäßige Kontrolle des Vorgehens.

Beispielhafte Kriterien für die Umsetzung der Regel sind [EB04, S. 11]:

- Rückführung der Ergebnisse auf das geplante Vorgehen,
- Integration der Regeln in die tagtägliche Projektarbeit.

Die Mitglieder des Bewertungsteams bzw. weitere Workshoppartner werden durch offene Fragen so geführt, dass alle Antworten auf „erfüllt“ oder „nicht erfüllt“ reduziert werden können. Des Weiteren werden die betreffenden Entwicklungsunterlagen und Dokumentationen untersucht. Allerdings bildet dieser Datenerhebungs-Bogen kein allgemeingültiges Raster zur Ermittlung von Ist-Profilen. Für jedes Bewertungsprojekt ist der Inhalt zu überprüfen und je Anwendungsfall und Analysetiefe an die Rahmenbedingung der Produktentwicklung anzupassen.

Die Antworten und Ergebnisse des Workshops sind zu protokollieren. Dazu dient das Formblatt zur Protokollierung und Auswertung der Datenerhebung, das in Bild 5-18 ausschnittweise am Beispiel des Handlungselementes „Projektmanagement“ dargestellt ist. Anhand dieses Protokolls, das sämtliche Ergebnisse enthält, werden später die Auswertungen erfolgen.

Datenerhebungs-Bogen
Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung
der Mechatronikentwicklung

Stand: 27. Mai 2004

Handlungselement: Projektmanagement

1. Eine definierte Abwicklung eines Projektes – das heißt, was in welcher Reihenfolge zu tun ist – ist festgelegt und vorhanden.
2. Ein Projektabwicklungsmodell ist zur Unterstützung vorhanden.
3. Alle Tätigkeiten des Projektes, alle Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten sind beschrieben.
4. Die festgelegte Abwicklungssystematik wird bei allen Entwicklungsprojekten verfolgt.
5. Das Projektmanagement wird durch eine vorgegebene Kombination von Werkzeugen und Denkmodellen unterstützt.
6. Die Projektabwicklungssystematik wird kontinuierlich gemessen und überwacht, sowohl was die Einsatzfaktoren als auch die Ergebnisse betrifft.
7. Diese Systematik wird kontinuierlich weiterentwickelt, verbessert und optimiert.
8. Es erfolgt eine regelmäßige Überprüfung der Tätigkeiten des Entwicklungsteams.
9. Die Mitarbeiterschulungen in Projektmanagement-Methoden und -Tools werden regelmäßig durchgeführt.
10. Die aktuellen Resultate und erbrachten Leistungen des Projektes werden mit den dokumentierten und genehmigten Plänen verglichen.

...

Bild 5-17: Beispielhafter Auszug aus einem Abschnitt des Kern- und Arbeits- teils des Datenerhebungs-Bogens

Jedes Handlungselement wird in dem Formblatt einzeln behandelt. Das Formblatt ist je Handlungselement in mehrere Teile gegliedert. Im oberen Teil des Formblattes befindet sich eine Tabelle, deren Zeilen den Kriterien aus dem Datenerhebungs-Bogen entsprechen. In den Spaltenköpfen sind die Antwortsmöglichkeiten gelistet. Des Weiteren erfolgt in den Spalten die Auswertung der Antworten. Das Auswertungsverfahren wird in dem folgenden Teilschritt er-

läutert. In dem unteren Teil des Formblattes ist ein Feld für die Zusammenfassung und Bemerkungen vorhanden.

Formblatt zur Protokollierung und Auswertung der Datenerhebung						
Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung						
Stand: 20. Mai 2004						
Handlungselement: Nr. 17 Projektmanagement						
Frage Nr.	Erfüllt	Nicht erfüllt	Nicht zutreffend	Gewichtung in [%]	Bewertung*	GxB
1.	x			10%	1	0,1
2.	x			10%	1	0,1
3.	x			10%	1	0,1
4.		x		8%	0	0
5.		x		9%	0	0
:	:	:	:	:	:	:
22.	x			5%	1	0,05
Gesamte Auswertung			Summe:	100%	0,6	
Empfohlener Auswertungsmaßstab: Entwicklungsstufe A: 0,8 - 1 Entwicklungsstufe B: 0,4 - 0,7 Entwicklungsstufe C: 0 - 0,3			*) "Erfüllt" ist bewertet mit "1" "Nicht erfüllt" ist bewertet mit "0"			
Zusammenfassung und Bemerkungen:						
Die Ist-Situation des Projektmanagements entspricht der Entwicklungsstufe "Teilweise systematisches Projektmanagement". Alle Tätigkeiten und Maßnahmen dieser Entwicklungsstufe werden in der Entwicklungsarbeit eingesetzt und durchgeführt. ...						

Bild 5-18: Beispiel des Formblattes zur Protokollierung und Auswertung der Ergebnisse des Datenerhebungsworkshops

Mit Hilfe des Datenerhebungs-Bogens sollen Informationen darüber gewonnen werden, in welcher Entwicklungsstufe sich jedes Handlungselement befindet. Zudem soll er dazu beitragen, sich ein Bild von der gegenwärtigen Situation der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens zu machen.

Für jedes Handlungselement wird der Stand in einem Bericht beschrieben. Dabei kann es beispielsweise vorkommen, dass sich das Handlungselement nicht über alle Maßnahmen und Tätigkeiten eindeutig einer Entwicklungsstufe zuordnen lässt. Es kann sein, dass einzelne Maßnahmen und Tätigkeiten bereits auf einer höheren Entwicklungsstufe stehen. Um den Stand des Handlungselementes vollständig verbessern zu können, ist es dann notwendig die Abweichungen von den definierten Entwicklungsstufen und deren Maßnahmen festzuhalten. Im weiteren Verfahren sind diese zu berücksichtigen, um die

Maßnahmen der Leistungssteigerung konkret auf den festgestellten Sachverhalt abstimmen zu können.

5.3.2 Auswerten der erhobenen Daten

Das Ziel dieser Phase ist, die Informationen aus den erhobenen Daten mittels eines geeigneten Auswertungsverfahrens, durch das für jedes Handlungselement seine gegenwärtige Entwicklungsstufe identifiziert werden kann, zu filtern. Dazu wird ebenfalls das Formblatt zur Protokollierung und Auswertung der Ergebnisse des Datenerhebungsworkshops verwendet. Wie in Bild 5-18 dargestellt, dient der rechte obere Teil der Tabelle diesem Bewertungszweck. Das Bewertungsverfahren basiert auf dem Entwicklungsstufen-Katalog der Handlungselemente, der als Auswertungsschema benutzt wird.

Entwicklungsstufenliste des Ist-Profil		
Handlungselement	Entwicklungsstufe	
Wissensmanagement	12C	<i>Kein Wissensmanagement</i>
Kontinuierliche Verbesserung des Prozesses	10C	<i>Keine Verbesserungsmaßnahmen</i>
Datenmanagement	18C	<i>Kein Datenmanagement</i>
Projektmanagement	17B	<i>Einfaches Projektmanagement</i>
Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	24C	<i>Unsystematischer Einsatz von Entwicklungswerkzeugen</i>
Einsatz von Entwicklungsmethoden	23C	<i>Willkürlicher Einsatz von Entwicklungsmethoden</i>
Qualitätsmanagement	11C	<i>Kein Qualitätsmanagement</i>
:	:	:
Technisches Risikomanagement	19C	<i>Kein technisches Risikomanagement</i>

Bild 5-19: Beispiel einer Entwicklungsstufenliste des Ist-Profil

Die Auswertung erfolgt zunächst auf der Ebene der einzelnen Fragen. Anschließend werden die Ergebnisse auf der Handlungselementebene zusammengefasst und bewertet. Wie bereits erwähnt, kann jedes Kriterium mit „erfüllt“, „nicht erfüllt“ oder „nicht zutreffend“ beantwortet werden. Die Antwort „erfüllt“ wird mit einer „1“ bewertet, die Antwort „nicht erfüllt“ mit einer „0“. In dem Fall, dass das abgefragte Kriterium für die Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens nicht zutreffend ist, wird es aus der Bewertung ausgeschlossen.

Jedes Kriterium wird entsprechend seiner Bedeutung und Wichtigkeit für die Zuordnung in eine Entwicklungsstufe prozentual gewichtet. Ergebnis der Auswertung ist ein Kennwert der Erfüllung des Kriteriums, der als Produkt von Gewichtung und entsprechender Bewertung berechnet wird. Die Summe der Kennwerte aller Kriterien pro Handlungselement ergibt die Gesamtauswertung dieses Handlungselementes. Als Ergebnis dieses Auswertungsverfahrens wird für jedes Handlungselement die entsprechende Entwicklungsstufe identifiziert. Dieses Ergebnis wird in einer Entwicklungsstufenliste (Bild 5-19) dargestellt und in einem Profil-Diagramm visualisiert (Bild 5-20). Für jedes Handlungselement wird eine Beschreibung des Gesamteindrucks des Ist-Standes zusammengefasst und archiviert.

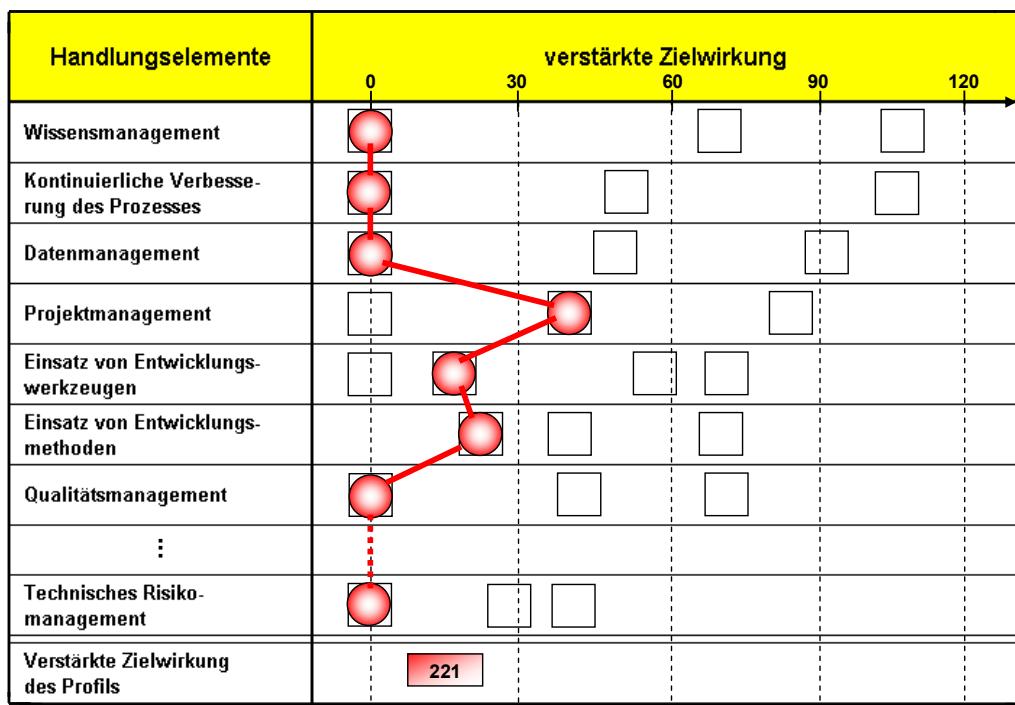


Bild 5-20: Beispielhafte Darstellung des Ist-Profiles in einem Profildiagramm mit absoluter Skalierung

5.4 Entwicklung der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung

Die bisher erläuterten Vorgehensschritte der vorgestellten Methode dienten dazu, den Idealzustand (Soll-Profil) und den gegenwärtigen Zustand (Ist-Profil) der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens anhand der Entwicklungsstufen der untersuchten Handlungselemente aus den drei Handlungsfeldern der Produktentwicklung zu ermitteln. Das Ziel dieser Phase ist es, anhand

der Kenntnisse aus den vorhergehenden Phasen eine geeignete Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung zu erstellen.

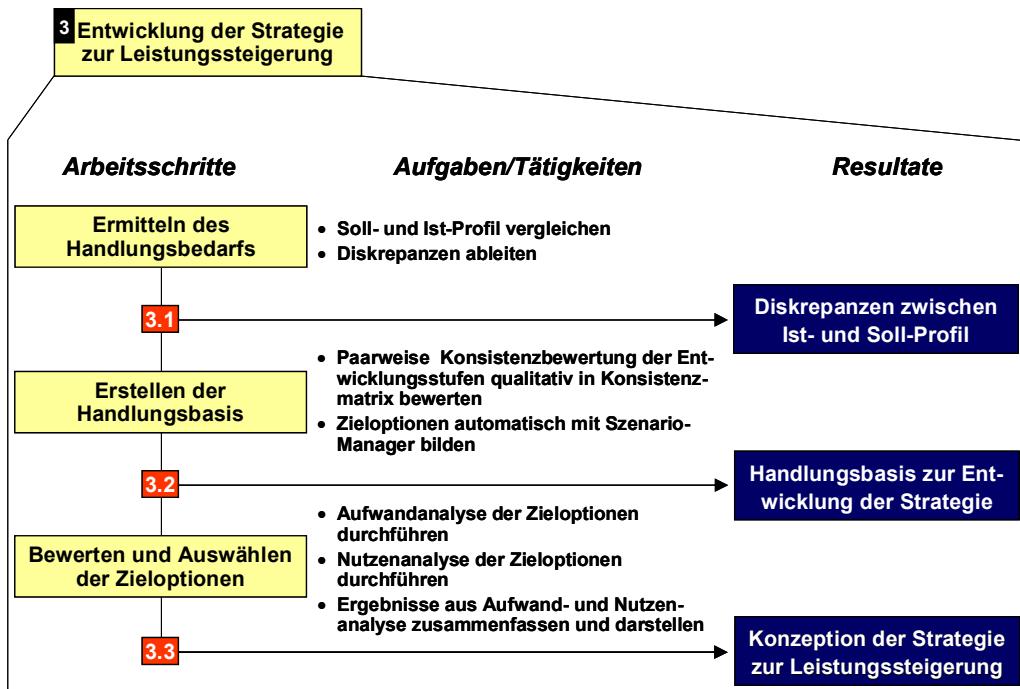


Bild 5-21: Teilvorgehensmodell für die Entwicklung der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung

Das Phasen-/Meilensteindiagramm in Bild 5-21 erläutert die Vorgehensweise dieser Phase. Es werden drei Arbeitsschritte durchgeführt. Zunächst werden Soll- und Ist-Profil gegenüber gestellt. Aus diesem Vergleich werden Bewertungsaussagen getroffen und der Handlungsbedarf abgeleitet. In dem nächsten Arbeitsschritt wird eine Handlungsbasis, die mögliche Kombinationen der Entwicklungsstufen aller Handlungselemente beinhaltet, erstellt.

In einem weiteren Arbeitsschritt werden diese Zieloptionen hinsichtlich Aufwand und Nutzen analysiert. Als Ergebnis wird eine Kombination der Entwicklungsstufen von Handlungselementen mit einem für das betrachtete Unternehmen geeigneten Aufwand-/Nutzen-Verhältnis ausgewählt.

5.4.1 Ermitteln des Handlungsbedarfs

Bei der Ermittlung des Handlungsbedarfs wird auf das Soll- und das Ist-Profil, die in den Kapiteln 5.2 und 5.3 ermittelt wurden, zurückgegriffen. Das Soll-Profil wird dem Ist-Profil gegenüber gestellt und mit ihm verglichen. Der Ver-

gleich der Profile wird auf der Ebene der einzelnen Entwicklungsstufen der Handlungselemente durchgeführt.

Die Diskrepanzen zwischen dem Soll- und Ist-Profil werden sehr gut durch deren Abbildung in einem gemeinsamen Profildiagramm klar. In Bild 5-22 ist beispielhaft ein Ausschnitt des Vergleichs zweier Profile dargestellt. Die Diskrepanzen zwischen dem gegenwärtigen und dem idealen Zustand der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens sind durch die Pfeile visualisiert. Beispielsweise befindet sich das Handlungselement „Projektmanagement“ bei dem betrachteten Unternehmen gegenwärtig in der Entwicklungsstufe „Teilweise systematisches Projektmanagement“. Das Soll-Profil weist hingegen als idealen Zustand für diese Handlungselement die Entwicklungsstufe „Systematisches Projektmanagement“ aus.

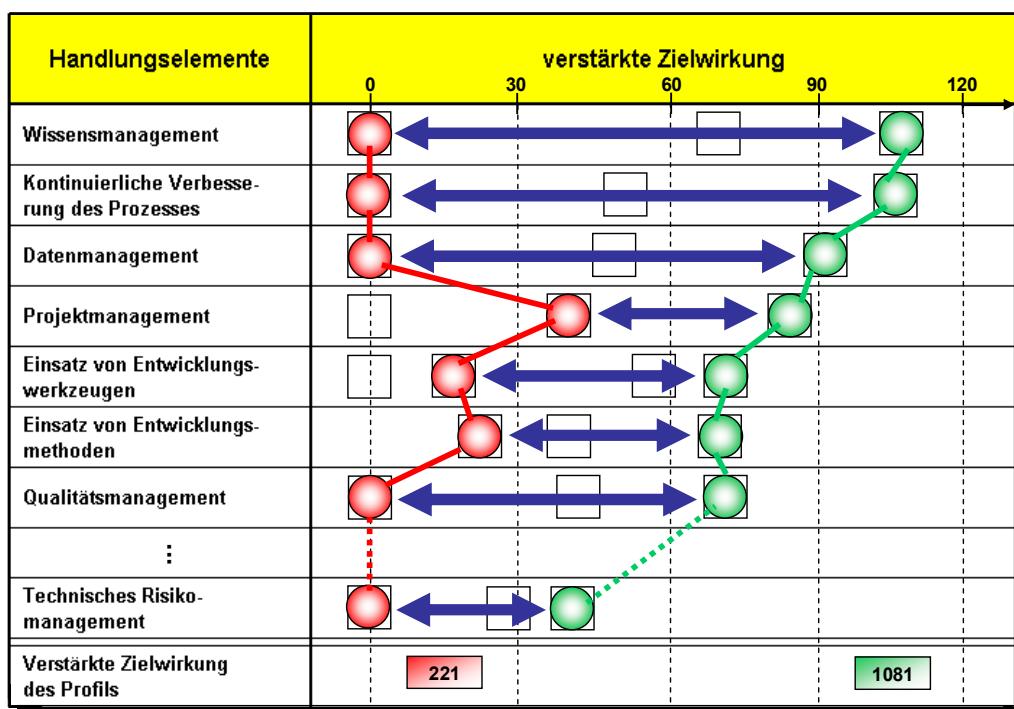


Bild 5-22: Beispielhafte Gegenüberstellung von Ist- und Soll-Profil in einem Profildiagramm

Es erfolgt eine Bewertung des gegenwärtigen Zustandes der Entwicklungsstufen der Handlungselemente. So werden Aussagen darüber getroffen, wie effizient dieser Ist-Zustand, der durch die Entwicklungsstufen der Handlungselemente ausgeprägt ist, im Vergleich zu dem Soll-Profil ist.

In den folgenden Arbeitschritten werden diese Diskrepanzen und sich daraus ergebende Optionen genauer untersucht, um die geeigneten Zielseptionen und damit die Handlungsmaßnahmen zu definieren. In den meisten Fällen ist es

wirtschaftlich ungünstig, sofort die Konzentration der Leistungssteigerungsaktivitäten in der Produktentwicklung auf das Erreichen des Idealzustandes, der durch das Soll-Profil repräsentiert wird, zu fokussieren. Der Grund dafür liegt darin, dass der Aufwand diesen Idealzustand zu erreichen überproportional hoch gegenüber dem zu erwartenden Ergebnis der Leistungssteigerung ist. Dagegen ist eine schrittweise Leistungssteigerung leichter zu vollziehen, weil geringste Änderungen viel größere Auswirkung auf die Leistungssteigerung der Produktentwicklung erzielen können [SS03, S. 260ff]. Aus diesem Grund wird eine Strategie mit einer schrittweisen Leistungssteigerung der Produktentwicklung bis hin zum Erreichen des Soll-Profil entwickelt.

5.4.2 Erstellen der Handlungsbasis

Aus dem vorherigen Arbeitsschritt ist der Handlungsbedarf aus den Diskrepanzen zwischen Soll- und Ist-Profil bekannt. In diesem Arbeitsschritt werden die Entwicklungsstufen der Handlungselemente anhand der Konsistenz aus Sicht der Leistungssteigerung untersucht. Das Ziel dieses Arbeitsschrittes ist, eine Grundlage, die so genannte Handlungsbasis, für die Erstellung der Strategie zur schrittweisen Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens zu erstellen. Im Rahmen der Erstellung dieser Grundlage sind geeignete Kombinationen der Entwicklungsstufen der Handlungselemente zu erarbeiten. Dazu werden konsistente Entwicklungsstufenbündel gebildet. Ein Entwicklungsstufenbündel ist eine Kombination der Entwicklungsstufen, wobei genau eine Entwicklungsstufe je Handlungselement enthalten ist. Diese Kombination der Entwicklungsstufen repräsentiert eine mögliche Zielrichtung für den nächsten Schritt der Leistungssteigerung. In den folgenden Ausführungen werden diese Entwicklungsstufenbündel als Zielloptionen bezeichnet.

Eine konsistente Zielloption bedingt, dass die enthaltenen Entwicklungsstufen gemeinsam eingenommen werden können und sich nicht gegenseitig ausschließen. Bei ihrer Bildung müssen mögliche Abhängigkeiten der Entwicklungsstufen berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung der konsistenten Zielloptionen wird eine Konsistenzanalyse durchgeführt. Die Konsistenzanalyse erfolgt in zwei Teilschritten [GFS95, S. 253ff][GF99, S. 109ff]. Zunächst werden die einzelnen Entwicklungsstufenpaare auf ihre Konsistenz, dass heißt auf ihre gegenseitige Verträglichkeit bewertet. Ein geeignetes Instrument dafür ist die Konsistenzmatrix, wie in Bild 5-23 dargestellt.

In der Konsistenzmatrix sind die Handlungselemente mit den zugehörigen Entwicklungsstufen in den Zeilen- und Spaltenköpfen eingetragen [GF99, S. 110ff]. Die Konsistenzmatrix ist eine Dreiecksmatrix, die Konsistenzbewer-

tungen beziehen sich auf das Entwicklungsstufenpaar und sind nicht gerichtet. Die Entwicklungsstufen eines Handlungselementes werden untereinander nicht auf gegenseitige Verträglichkeit untersucht, deswegen bleibt die Diagonale der Matrix unausgefüllt.

Konsistenzmatrix		Entwicklungsstufe	Entwicklungsstufe															
Handlungselement	Entwicklungsstufe		Kein Wissensmanagement			Teilweise systematisches Wissensmanagement			Systematisches Wissensmanagement			Punktuelle Verbesserungsmaßnahmen			Etablierter kont. Prozess			
			Kein WM	12C	12B	12A	10C	10B	10A	18C	18B	18A	17C	17B	17A	19C	19B	19A
Wissensmanagement	Kein WM	12C																
	Teilweise systemat. WM	12B																
	Systematisches WM	12A																
Kontinuierliche Prozessverbesserung	Keine Verbesserungsmaßn.	10C	5	3	1													
	Punktuelle Verbesserungsmaßn.	10B	3	3	2													
	Etablierter kont. Prozess	10A	1	2	5													
Datenmanagement	Kein Datenmanagement	18C	5	3	1	4	2	1										
	Teilweise systematisches DM	18B	2	3	3	2	3	3										
	Systematisches DM	18A	1	2	5	1	2	5										
Projektmanagement	Einfaches PM	17C	4	2	1	1	4	2	4	3	2							
	Teilweise systematisches PM	17B	2	3	2	2	3	3	2	4	3							
	Systematisches PM	17A	2	3	5	3	3	5	1	3	5							
:																		
Technisches Risiko-management	Kein RM	19C	4	3	2	4	3	2	4	3	3	4	3	2				
	Teilweise systematisches RM	19B	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3				
	Systematisches RM	19A	2	3	4	2	3	4	3	3	4	2	3	4				

Bild 5-23: Beispiel einer Konsistenzmatrix

Als Bewertungsmaßstab für die Verträglichkeit der Entwicklungsstufenpaare wird folgende Skala verwendet [GF99, S. 109][Lew00, S. 111]:

1 = totale Inkonsistenz: Weil die beiden Entwicklungsstufen sich gegenseitig ausschließen oder ihr gemeinsames Auftreten in einer Zielsektion unerwünscht ist, kann dieses Entwicklungsstufenpaar nicht gemeinsam eingenommen werden.

2 = partielle Inkonsistenz: Weil die beiden Entwicklungsstufen sich gegenseitig behindern oder beeinträchtigen, sich allerdings nicht ausschließen, ist ihr gemeinsamer Auftreten in einer Zielsektion möglich aber nicht günstig.

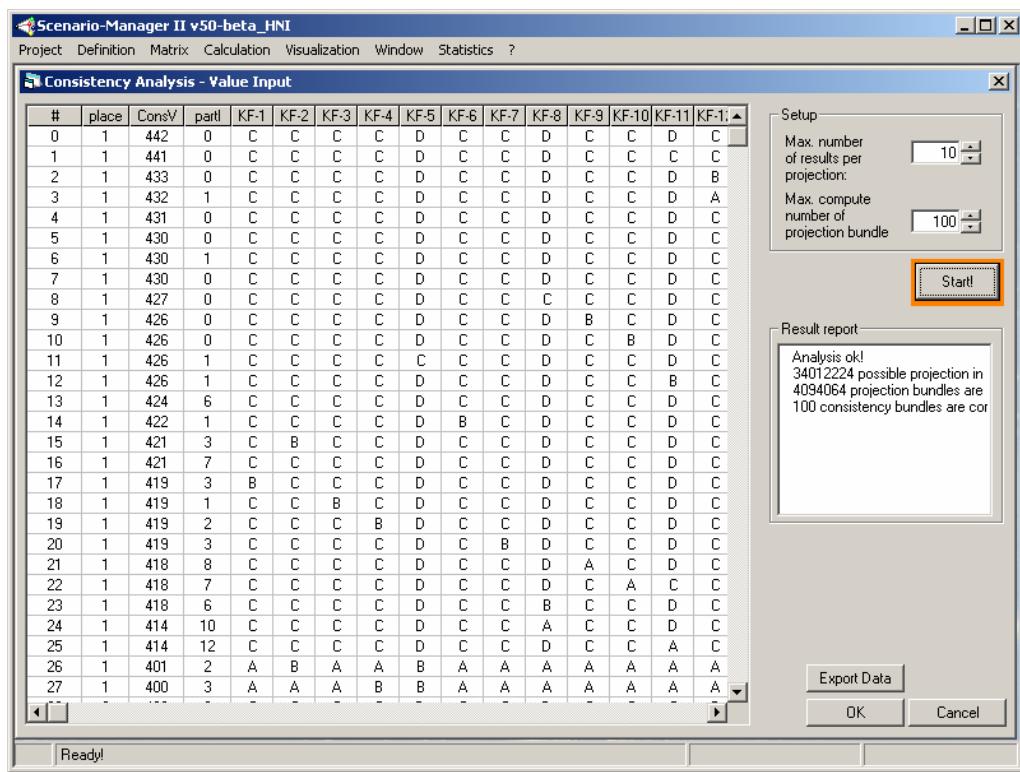
3 = neutral oder unabhängig voneinander: Weil die beiden Entwicklungsstufen neutral zueinander sind, sich also weder gegenseitig beeinträchtigen

noch begünstigen, können sie unabhängig voneinander gleichzeitig eingenommen werden.

4 = gegenseitiges Begünstigen: Weil sich die beiden Entwicklungsstufen bei gemeinsamem Auftreten begünstigen oder einander ergänzen, ist ihr gemeinsames Auftreten in einer Zielloption erwünscht.

5 = sehr starke gegenseitige Unterstützung: Die beiden Entwicklungsstufen unterstützen sich gegenseitig sehr stark oder bedingen sich sogar gegenseitig. Durch das Eintreten einer Entwicklungsstufe kann auch mit dem Eintreten der anderen Entwicklungsstufe gerechnet werden.

Als nächstes erfolgt die Auswertung der Konsistenzmatrix mit Hilfe des Software-Tools „Szenario-Manager“. Dadurch werden Zielloptionen gebildet, die für jedes Handlungselement genau eine Entwicklungsstufe enthalten. Die Zielloptionen, die ein oder mehrere Entwicklungsstufenpaare mit totalen Inkonsistenzen beinhalten, werden nicht weiter betrachtet. [GFS95, S. 258f]



The screenshot shows the 'Scenario-Manager II v50-beta_HNI' software interface. The main window title is 'Consistency Analysis - Value Input'. The table in the center contains 28 rows of data, with columns for '#', 'place', 'ConsV', 'part1', and 12 development stages (KF-1 to KF-11). The 'Setup' section on the right includes fields for 'Max. number of results per projection' (set to 10) and 'Max. compute number of projection bundle' (set to 100). The 'Result report' section displays a message: 'Analysis ok! 34012224 possible projection in 4094064 projection bundles are 100 consistency bundles are cor'. Buttons for 'Start!', 'Export Data', 'OK', and 'Cancel' are also visible.

#	place	ConsV	part1	KF-1	KF-2	KF-3	KF-4	KF-5	KF-6	KF-7	KF-8	KF-9	KF-10	KF-11	KF-12
0	1	442	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
1	1	441	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	C	C
2	1	433	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	B
3	1	432	1	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	A
4	1	431	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
5	1	430	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
6	1	430	1	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
7	1	430	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
8	1	427	0	C	C	C	C	D	C	C	C	C	C	D	C
9	1	426	0	C	C	C	C	D	C	C	D	B	C	D	C
10	1	426	0	C	C	C	C	D	C	C	D	C	B	D	C
11	1	426	1	C	C	C	C	C	C	C	D	C	C	D	C
12	1	426	1	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	B	C
13	1	424	6	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
14	1	422	1	C	C	C	C	D	B	C	D	C	C	D	C
15	1	421	3	C	B	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
16	1	421	7	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
17	1	419	3	B	C	C	C	D	C	C	D	C	C	D	C
18	1	419	1	C	C	B	C	D	C	C	D	C	C	D	C
19	1	419	2	C	C	C	B	D	C	C	D	C	C	D	C
20	1	419	3	C	C	C	C	D	C	B	D	C	C	D	C
21	1	418	8	C	C	C	C	D	C	C	D	A	C	D	C
22	1	418	7	C	C	C	C	D	C	C	D	C	A	C	C
23	1	418	6	C	C	C	C	D	C	C	B	C	C	D	C
24	1	414	10	C	C	C	C	D	C	C	A	C	C	D	C
25	1	414	12	C	C	C	C	D	C	C	D	C	C	A	C
26	1	401	2	A	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
27	1	400	3	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A

Bild 5-24: Ergebnisliste der konsistenten Zielloptionen für das betrachtete Beispiel als Ausgabe des Software-Tools „Szenario-Manager“

Für die verbliebenen Zielloptionen werden folgende Werte durch den Szenario-Manager berechnet [GF99, S. 112f]:

Konsistenzwert der Zielloption: Die Summe aller Konsistenzbewertungen der sich in dieser Zielloption befindenden Entwicklungsstufenpaare. Dieser Wert zeigt an, wie gut die Entwicklungsstufen zueinander passen.

Anzahl der partiellen Inkonsistenzen: Dieser Wert zeigt an, wie viele Entwicklungsstufenpaare sich gegenseitig behindern und nicht unterstützen. Eine Zielloption, die eine hohe Anzahl partieller Inkonsistenzen besitzt, ist unglaublich.

Als Ergebnis der Konsistenzanalyse erstellt der „Szenario-Manager“ eine Ergebnisliste der konsistenten Zielloptionen, die in Bild 5-24 dargestellt ist. Auf der Grundlage dieser Ergebnisliste wird eine binäre Ergebnisliste der Zielloptionen nach WENZELMANN [Wen04], wie in Bild 5-25 dargestellt, erarbeitet. Eine solche Liste hat die geeignete Struktur für die weiteren Untersuchungen in den nächsten Arbeitsschritten.

Handlungselement	Entwicklungsstufe	Verstärkte Zielwirkung der Entwicklungsstufe	Bündel 0	Bündel 1	Bündel 2	...	Bündel 52	Bündel 53	...	Bündel 99
12 Wissensmanagement	C Kein Wissensmanagement	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Teilweise systematisches WM	66	0	0	0	...	0	0	...	0
	A Systematisches WM	106	0	0	0	...	1	1	...	0
10 Kontinuierliche Verbesserung des Prozesses	C Keine Verbesserungsmaßn.	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Punktuelle Verbesserungsmaßn.	52	0	0	0	...	0	0	...	0
	A Etablierter kont. Prozess	104	0	0	0	...	1	1	...	0
18 Datenmanagement	C Kein Datenmanagement	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Teilweise systematisches DM	48	0	0	0	...	0	0	...	0
	A Systematisches DM	91	0	0	0	...	1	1	...	0
17 Projektmanagement	C Einfaches PM	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Teilweise systematisches PM	40	0	0	0	...	0	1	...	0
	A Systematisches PM	86	0	0	0	...	1	0	...	0
24 Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	D Kein Einsatz von EW	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	C Unsystem. Einsatz von EW	19	0	0	0	...	0	0	...	0
	B Teilw. systemat. Einsatz	58	0	0	0	...	1	1	...	0
	A Systematischer Einsatz	74	0	0	0	...	0	0	...	0
23 Einsatz von Entwicklungsmethoden	C Willkürlicher Einsatz von EM	23	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Teilweise syst. Einsatz von EM	42	0	0	0	...	0	0	...	0
	A Systematischer Einsatz von EM	71	0	0	0	...	1	1	...	0
11 Qualitätsmanagement	C Kein Qualitätsmanagement	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Teilweise systematisches QM	44	0	0	0	...	0	0	...	0
	A Systematisches QM	74	0	0	0	...	1	1	...	0
...	
19 Technisches Risikomanagement	C Kein Risikomanagement	0	1	1	1	...	0	0	...	1
	B Teilweise systematisches RM	29	0	0	0	...	0	0	...	0
	A Systematisches RM	42	0	0	0	...	1	1	...	0
Zielwirkungswert der Zielloption					23	67	58	...	991	997
					...	191		...		

Bild 5-25: Binäre Ergebnisliste der Zielloptionen für das betrachtete Beispiel

In der binären Ergebnisliste der Zielloptionen sind alle Handlungselemente mit zugehörigen Entwicklungsstufen gelistet. Die verstärkte Zielwirkung der Entwicklungsstufen, die aus der Zielbeitragsmatrix der Entwicklungsstufen berechnet worden ist, findet sich neben der Spalte der Entwicklungsstufen. In den weiteren Spalten finden sich die Zielloptionen aus der Ergebnisliste. Für jede Entwicklungsstufe, die in der betrachteten Zielloption vorkommt, wird eine „1“ und für jede Entwicklungsstufe, die nicht vorkommt, eine „0“ eingetragen (Bild 5-25). [Wen04, S. 87]

Außerdem wird an dieser Stelle für jede Zielloption der Zielwirkungswert der Zielloption berechnet. Dieser Kennwert ergibt sich aus der Summe der verstärkten Zielwirkungen aller in der Zielloption enthaltenen Entwicklungsstufen. Er zeigt an, wie stark diese konsistente Kombination von Entwicklungsstufen zu den Entwicklungszielen beiträgt.

Handlungselement	Entwicklungsstufe	Verstärkte Zielwirkung der Entwicklungsstufe	Bündel										Ist-Profil
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
12 Wissensmanagement	C Kein Wissensmanagement	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Teilweise systematisches WM	66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Systematisches WM	106	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10 Kontinuierliche Verbesserung des Prozesses	C Keine Verbesserungsmaßn.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Punktuelle Verbesserungsmaßn.	52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Etablierter kont. Prozess	104	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
18 Datenmanagement	C Kein Datenmanagement	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Teilweise systematisches DM	48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Systematisches DM	91	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
17 Projektmanagement	C Einfaches PM	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	B Teilweise systematisches PM	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	A Systematisches PM	86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
24 Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	D Kein Einsatz von EW	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	C Unsystem. Einsatz von EW	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Teilw. systemat. Einsatz	58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Systematischer Einsatz	74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
23 Einsatz von Entwicklungsmethoden	C Willkürlicher Einsatz von EM	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Teilweise syst. Einsatz von EM	42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Systematischer Einsatz von EM	71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
11 Qualitätsmanagement	C Kein Qualitätsmanagement	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Teilweise systematisches QM	44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Systematisches QM	74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19 Technisches Risikomanagement	C Kein Risikomanagement	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B Teilweise systematisches RM	29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	A Systematisches RM	42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Zielwirkungswert der Zielloption		23	67	53	...	991	997	...	191	221			

Bild 5-26: Beispielhafte Darstellung des Ausschlusses der Zielloptionen aus der weiteren Betrachtung

In der binären Ergebnisliste der Zielloptionen befinden sich 100 konsistente Zielloptionen, die gemäß dem Verhältnis von Konsistenzwert und Anzahl partieller Inkonsistenz der Zielloption gelistet werden. Innerhalb dieser 100 konsi-

stenten Zielloptionen befinden sich auch solche, die die Entwicklungsstufen enthalten, die schon längst in dem Unternehmen etabliert sind. In dem Ist-Profil der Produktentwicklung befindet sich dann schon eine höhere Entwicklungsstufe des entsprechenden Handlungselementes. Aus diesem Grund werden alle Zielloptionen, die bei mindestens einer Entwicklungsstufe schlechter als das Ist-Profil sind, aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Dazu wird der Ergebnisliste eine weitere Spalte zugefügt, in der das Ist-Profil binär dargestellt wird. In der Liste werden alle Zellen markiert, deren Entwicklungsstufe oberhalb derjenigen im Ist-Profil liegt. [Wen04, S. 94f] Wie in Bild 5-26 dargestellt ist, werden alle Zielloptionen, die mindestens eine solche Markierung haben, aus der Liste verworfen. Damit steht eine Handlungsbasis zur Entwicklung der Konzeption für die Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens zur Verfügung.

5.4.3 Bewerten und auswählen der Zielloptionen

Die erstellten Zielloptionen werden in diesem Arbeitsschritt auf ihre Vorteilhaftigkeit und Eignung als Basis für die Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung bewertet. Dafür werden die Zielloptionen aus der binären Ergebnisliste der Konsistenzanalyse anhand zweier Kriterien, dem Aufwand und dem Nutzen, die durch die Auswahl der Zielloption entstehen, untersucht und bewertet. Würde nur eines der beiden Kriterien betrachtet, so würde dies zur falschen Bewertung führen. Wenn zum Beispiel nur die Kosten betrachtet würden, wäre es möglich eine Zielloption auszuwählen, deren Umsetzung in der Produktentwicklung zwar mit einem geringen Aufwand verbunden wäre, deren Beitrag zur Leistungssteigerung jedoch nur marginal wäre. Erst eine Kombination beider Kriterien kann zu einer geeigneten Auswahl führen [GEK99, S. 374ff]. Diese Nutzen- und Aufwanduntersuchungen bilden die Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der geeigneten Zielloption. Diese dient wiederum als Basis für die Erarbeitung des Ablaufplans für die Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens.

Zunächst wird im Folgenden für jede Zielloption der Aufwand aus Sicht der Gesamtkosten berechnet, um daraus den Aufwand des Wechsels von den Entwicklungsstufen, die in dem Ist-Profil sind, zu allen anderen Zielloptionen berechnen zu können. Danach wird der Gesamtnutzen des Wechsels von dem Ist-Profil zu allen Zielloptionen berechnet. Anschließend werden der Aufwand und der Nutzen zusammengeführt, um die Zielloption zu identifizieren, die das für das betrachtete Unternehmen geeignete Aufwand/-Nutzenverhältnis aufweist.

5.4.3.1 Aufwandanalyse der Zielloptionen

Unter dem Aufwand werden in dieser Methode die Kosten für die Umsetzung der Leistungssteigerungsmaßnahmen verstanden. Für jede Entwicklungsstufe der Handlungselemente werden zunächst anhand des Entwicklungsstufen-Kataloges die Kosten, die notwendig sind, um die jeweilige Entwicklungsstufe in der Produktentwicklung umzusetzen, ermittelt. Dies geschieht unternehmensindividuell nach den Bedürfnissen der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens. Die Kosten der Entwicklungsstufen eines Handlungselementes bauen kumulativ auf einander auf. Das bedeutet, dass die Kosten der höchsten Entwicklungsstufe die Kosten aller niedrigeren Entwicklungsstufen, beinhalten. Aus den Kosten der Entwicklungsstufen werden die Gesamtkosten einer Zielloption wie folgt berechnet:

$$K_{Gi} = \sum_{i=1}^n k_i$$

K_G : Gesamtkosten der betrachteten Zielloption

n: Anzahl der Handlungselemente

k_i : Kosten der in der Zielloption enthaltenen Entwicklungsstufe des Handlungselementes i

Gleichung 5-2: Berechnung der Gesamtkosten einer Zielloption

Die Kosten der einzelnen Entwicklungsstufen werden wie in Bild 5-27 dargestellt, in die binäre Ergebnisliste der Zielloptionen eingetragen. Um den Prozess der Berechnung der Gesamtkosten der Entwicklungsstufen zu visualisieren, wird eine Ausprägungswechselmatrix nach BÄTZEL [Bät04, S. 117ff] angewendet, die in dem hier betrachteten Kontext als eine Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix bezeichnet wird. Wie in Bild 5-28 beispielhaft an einem Handlungselement dargestellt, ist die Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix eine dreieckige Matrix. Die Entwicklungsstufen sind einzeln je Handlungselement in den Zeilen- und Spaltenköpfen gelistet. In der Matrix wird der Aufwand für den Wechsel von einer Entwicklungsstufe zu einer anderen Entwicklungsstufe im Rahmen eines Handlungselementes anhand der Kosten der einzelnen Entwicklungsstufen berechnet. Die Aufwandswechselberechnungen beziehen sich auf das Entwicklungsstufenpaar und sind nicht gerichtet. Die Felder unter der Diagonale bleiben leer, weil nur leistungssteigernde Wechsel von Entwicklungsstufen betrachtet werden. In dem Sonderfall, dass zwei Entwicklungsstufen die gleiche verstärkte Zielwirkung haben, muss auch das zugehörige Feld unter der Diagonale ausgefüllt werden. Die Untersuchung

von gleichen Entwicklungsstufen ist irrelevant und wird nicht betrachtet, die Diagonale der Matrix wird daher nicht ausgefüllt.

Handlungselement	Entwicklungsstufe	Kosten der Entwicklungsstufe in [Euro]	Verstärkte Zielwirkung der Entwicklungsstufe	Bündel 52	Bündel 53	...	Soll-Profil	Ist-Profil
12 Wissensmanagement	C Kein Wissensmanagement	0	0	0	0	...	0	1
	B Teilweise systematisches WM	4500	66	0	0	...	0	0
	A Systematisches WM	6000	106	1	1	...	1	0
10 Kontinuierliche Verbesserung des Prozesses	C Keine Verbesserungsmaßn.	0	0	0	0	...	0	1
	B Punktuelle Verbesserungsmaßn.	2500	52	1	0	...	0	0
	A Etablierter kont. Prozess	5500	104	0	1	...	1	0
18 Datenmanagement	C Kein Datenmanagement	0	0	0	0	...	0	1
	B Teilweise systematisches DM	3500	48	0	0	...	0	0
	A Systematisches DM	5500	91	1	1	...	1	0
17 Projektmanagement	C Einfaches PM	0	0	0	0	...	0	0
	B Teilweise systematisches PM	4000	40	0	1	...	0	1
	A Systematisches PM	6500	86	1	0	...	1	0
24 Einsatz von Entwicklungswerkzeugen	D Kein Einsatz von EW	0	0	0	0	...	0	0
	C Unsystem. Einsatz von EW	0	19	0	0	...	0	1
	B Teilw. systemat. Einsatz	2000	58	1	1	...	0	0
23 Einsatz von Entwicklungs-methoden	A Systematischer Einsatz	4500	74	0	0	...	1	0
	C Willkürlicher Einsatz von EM	0	23	0	0	...	0	1
	B Teilweise syst. Einsatz von EM	2500	42	0	0	...	0	0
11 Qualitätsmanagement	A Systematischer Einsatz von EM	5000	71	1	1	...	1	0
	C Kein Qualitätsmanagement	0	0	0	0	...	0	1
	B Teilweise systematisches QM	4000	44	0	0	...	0	0
19 Technisches Risikomanagement	A Systematisches QM	5600	74	1	1	...	1	0

	C Kein Risikomanagement	0	0	0	0	...	0	1
19 Technisches Risikomanagement	B Teilweise systematisches RM	2800	29	0	0	...	0	0
	A Systematisches RM	4700	42	1	1	...	1	0
Zielwirkungswert der Ziloption					991	997	...	1081 221

Bild 5-27: Beispielhaft ermittelte Kosten der Entwicklungsstufen, dargestellt in der Ergebnisliste

Die Fragestellung beim Ausfüllen der Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix lautet dementsprechend: Wie hoch sind die Kosten für den Wechsel von der Entwicklungsstufe A (Zeile) zu der Entwicklungsstufe B (Spalte)? In der Matrix wird die Differenz der beiden Kostenbeiträge eingetragen.

In Bild 5-28 wurde die Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix für das Handlungselement „Projektmanagement“ beispielhaft ausgefüllt. Die Kosten der einzelnen Entwicklungsstufen werden der erweiterten Ergebnisliste der Ziloptionen (Bild 5-27) entnommen. Die Kosten für die Entwicklungsstufe „Einfaches Projektmanagement“ betragen beispielsweise 0 Euro, die für die Entwicklungsstufe „Systematisches Projektmanagement“ 80000 Euro. Die notwendigen Kosten für den Wechsel von der Entwicklungsstufe „Einfaches Projektmanagement“ zu der Entwicklungsstufe „Systematisches Projektmanagement“ sind die Differenz der Kosten für diese beiden Entwicklungsstufen. Alle weiteren Kosten für alle möglichen Entwicklungsstufenwechsel im

Rahmen des Handlungselementes „Projektmanagement“ als auch für alle weiteren Handlungselemente werden analog berechnet.

Handlungselement	Entwicklungsstufe	Kosten der Entwicklungsstufe Nr in [Euro]		17C	17B	17A
Projektmanagement	Einfaches PM	0	17C		80 000	130 000
	Teilweise systematisches PM	80 000	17B			50 000
	Systematisches PM	130 000	17A			

Fragestellung:
"Wie hoch sind die Kosten für den Wechsel von der Entwicklungsstufe A (Zeile) zu der Entwicklungsstufe B (Spalte)?"

Berechnung:
Subtraktion der Kosten der bisherigen Entwicklungsstufe von den Kosten der neuen Entwicklungsstufe

Bild 5-28: Beispiel einer Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix für das Handlungselement „Projektmanagement“

Nach der Berechnung der Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix für jeden Handlungselement liegt eine vollständige Beschreibung des Aufwandes für den Wechsel von einer Entwicklungsstufe zu den anderen Entwicklungsstufen innerhalb jedes Handlungselementes vor. In dem nächsten Teilschritt werden die Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrizen aller Handlungselemente mit den binären Ergebnislisten der Zielloptionen, des Ist- und des Soll-Profil zusammengeführt. Für jede Zielloption werden die Kosten für den Wechsel vom Ist-Profil dort hin pro Handlungselement separat eingetragen. Die Gesamtkosten des Wechsels vom Ist-Profil zu dieser Zielloption ist die Summe aller Kosten für die Wechsel der einzelnen Handlungselemente innerhalb dieser Zielloption. So werden die Gesamtkosten für den Wechsel vom Ist-Profil zu jeder Zielloption und zum Soll-Profil berechnet.

Bild 5-29 zeigt ein Beispiel für die Berechnung der Gesamtkosten für den Wechsel vom Ist-Profil zu einer der Zielloptionen und zum Soll-Profil. Aus Gründen die in der Kapitel 5.4.1 bereits erwähnt wurden, werden die Gesamtkosten des Wechsels vom Ist-Profil zum Soll-Profil in der Regel nur als ein Vergleichswert angewendet. Durch Betrachtung der Gesamtkosten des Wechsels vom Ist-Profil zu allen Zielloptionen können diejenigen Zielloptionen, deren Umsetzung in der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens geringe Kosten verursachen, identifiziert werden.

Gesamtaufwand-Berechnungs-Matrix			Ist-Profil	Zieloption	Soll-Profil	Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrizen in [Tsd. Euro]	Kosten für Entwicklungsstufenwechsel in [Tsd. Euro] von I nach X	Kosten für Entwicklungsstufenwechsel in [Tsd. Euro] von I nach S
Handlungselement	Entwicklungsstufe	Nr	I	X	S			
Wissensmanagement	Kein Wissensmanagement	12C	1	0	0	90 120	120	120
	Teilweise system. WM	12B	0	0	0	30		
	Systematisches WM	12A	0	1	1			
Kontinuierliche Prozessverbesserung	Keine Verbesserungsmaßn.	10C	1	0	0	50 110	110	110
	Punktuelle Verbesserungsmaßn.	10B	0	0	0	60		
	Etablierter kont. Prozess	10A	0	1	1			
Datenmanagement	Kein Datenmanagement	18C	1	0	0	70 110	110	110
	Teilweise systemat. DM	18B	0	0	0	40		
	Systematisches DM	18A	0	1	1			
Projektmanagement	Einfaches PM	17C	0	0	0	80 130	0	50
	Teilweise systemat. PM	17B	1	1	0	50		
	Systemat. PM	17A	0	0	1			
Einsatz von Entwicklungs- werkzeugen	Kein Einsatz von EW	24D	0	0	0	0 40 90	40	90
	Unsystematischer Einsatz	24C	1	0	0	40 90		
	Teilweise systemat. Einsatz	24B	0	1	0	50		
Einsatz von Entwicklungs- methoden	Willkürlicher Einsatz von EM	23C	1	0	0	50 100	100	100
	Teilweise system. Einsatz	23B	0	0	0	50		
	Systematischer Einsatz	23A	0	1	1			
Qualitätsmanagement	Kein Qualitätsmanagement	11C	1	0	0	80 112	112	112
	Unsystematisches QM	11B	0	0	0	32		
	Systematisches QM	11A	0	1	1			
:			:			:		
Technisches Risikomanagement	Kein Risikomanagement	19C	1	0	0	56 94	94	94
	Teilweise systematisches M	19B	0	0	0	38		
	Systematisches RM	19A	0	1	1			
Gesamtkosten: (Kosten für den Wechsel vom Ist-Profil des betrachteten Unternehmens zu der Zieloption X bzw. zum Soll-Profil)						1 026	1 126	

Bild 5-29: Kostenberechnung für den Profilwechsel mit Hilfe der Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrizen und den binären Ergebnislisten der Zieloptionen

5.4.3.2 Nutzenanalyse der Zieloptionen

Das Ergebnis der Aufwandanalyse ist ein Kriterium zur Auswahl der geeigneten Zieloption. Ein weiteres Kriterium für diese Auswahl ist der Nutzen der durch den Wechsel erzeugt wird. Der Nutzen einer Zieloption ist die Höhe der Leistungssteigerung, die diese Zieloption bringt, wenn sie in der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens umgesetzt wird.

Als Nutzen der einzelnen Entwicklungsstufen wird der verstärkte Zielbeitrag der Entwicklungsstufe, der aus der Zielbeitragsmatrix der Entwicklungsstufen der Handlungselemente ermittelt wurde (Kapitel 5.2.4), eingesetzt. Diese Werte finden sich ebenfalls in der Ergebnisliste der Zieloptionen wieder.

Bei der Nutzenanalyse wird zunächst die Nutzenänderung bei dem Wechsel von einer Entwicklungsstufe zu einer anderen Entwicklungsstufe im Rahmen

eines Handlungselementes untersucht. Für diese Berechnung wird, analog zur Aufwandsanalyse, auf die Ausprägungswechselmatrix²³ nach BÄTZEL [Bät04, S. 117ff] zurückgegriffen. Diese wird im hier betrachteten Kontext als Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrix bezeichnet.

Handlungselement	Entwicklungsstufe	Verstärkte Zielwirkung	Nr	17C	17B	17A
				17C	17B	17A
Projektmanagement	Einfaches PM	0	17C	40	86	
	Teilweise systematisches PM	40	17B			46
	Systematisches PM	86	17A			

Fragestellung:
"Um wie viel ändert sich der Nutzen durch den Wechsel von der einen Entwicklungsstufe (Zeile) auf eine andere Entwicklungsstufe (Spalte)?"

Berechnung:
Subtraktion der Zielwirkung der bisherigen Entwicklungsstufe von der Zielwirkung der neuen Entwicklungsstufe

Bild 5-30: Beispiel einer Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrix für das Handlungselement „Projektmanagement“

Wie in Bild 5-30 beispielhaft dargestellt, handelt es sich um eine dreieckige Matrix. Die Entwicklungsstufen aller Handlungselemente sind einzeln je Handlungselement in den Zeilen- und Spaltenköpfen gelistet. In der Matrix wird der Nutzen des Wechsels von einer Entwicklungsstufe zu einer anderen Entwicklungsstufe innerhalb eines Handlungselementes durch Subtraktion der verstärkten Zielwirkung der bisherigen Entwicklungsstufe von der verstärkten Zielwirkung der neuen Entwicklungsstufe berechnet. Die Fragestellung beim Ausfüllen der Matrix lautet: Um wie viel ändert sich der Nutzen durch den Wechsel von der Entwicklungsstufe A (Zeile) auf eine andere Entwicklungsstufe B (Spalte)? Analog zur Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix sind die Nutzenberechnungen auf das Entwicklungsstufenpaar bezogen und nicht gerichtet. Die Felder unter der Diagonale bleiben leer, weil nur die Entwicklungsstufenwechsel, die eine Nutzensteigerung für die Produktentwicklung bedeuten, betrachtet werden. Allerdings kann es auch an dieser Stelle zu einem Ausnahmefall kommen: Wenn das betrachtete Entwicklungsstufenpaar die gleiche verstärkte Zielwirkung hat, wird auch das entsprechende Feld unter der Diagonale ausgefüllt. Die Diagonale der Matrix wird nicht ausgefüllt, da dort keine Nutzenänderung erfolgt.

²³ Ausprägungswechselmatrix: Die Weiterentwicklung der Ausprägungswechselmatrix zur Ausprägungswechsel-Nutzen-Matrix wird von WENZELMANN vorgeschlagen und im Detail behandelt in [Wen04, S. 96ff].

In Bild 5-30 ist die Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrix für das Handlungselement „Projektmanagement“ beispielhaft ausgefüllt. Der Nutzen des Wechsels von der Entwicklungsstufe „Einfaches Projektmanagement“ zu der Entwicklungsstufe „Teilweise systematisches Projektmanagement“ ergibt sich aus der Subtraktion der verstärkten Zielwirkungen der Entwicklungsstufen. Analog werden alle weiteren Nutzenveränderungen sowohl für alle Entwicklungsstufenwechsel im Rahmen des Handlungselementes „Projektmanagement“ als auch für alle weiteren Handlungselemente berechnet.

Nach der Berechnung der Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrix für jedes Handlungselement liegt eine vollständige Darstellung des Nutzens des Wechsels von einer Entwicklungsstufe zu den anderen Entwicklungsstufen innerhalb eines Handlungselementes vor. Analog zu der Entwicklungsstufenwechsel-Aufwand-Matrix werden die Gesamtnutzen der Wechsel vom Ist-Profil zu allen anderen Zielloptionen und zum Soll-Profil ermittelt. Dafür werden die Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrizen aller Handlungselemente mit den binären Ergebnislisten der Zielloptionen sowie dem Ist- und dem Soll-Profil zusammengeführt. Zunächst wird für jede Zielloption, der Nutzen aus dem Wechsel vom Ist-Profil dort hin für jedes Handlungselement dieser Zielloption separat in dem zugehörigen Feld eingetragen. Der Gesamtnutzen des Wechsels ist die Summe aller Nutzenwerte für die Wechsel der einzelnen Handlungselemente innerhalb dieser Zielloption. So wird der Gesamtnutzen des Wechsels vom Ist-Profil zu allen anderen Zielloptionen und zum Soll-Profil berechnet. Im Bild 5-31 ist eine beispielhafte Berechnung des Gesamtnutzens des Wechsels von dem Ist-Profil zu einer möglichen Zielloption und zu dem Soll-Profil dargestellt.

Analog zur Aufwandsanalyse dient, aus Gründen die in der Kapitel 5.4.1 bereits erwähnt wurden, der Gesamtnutzen des Wechsels vom Ist-Profil zum Soll-Profil in der Regel nur dem Vergleich des Gesamtnutzens mit den Gesamtnutzen aller weiteren Zielloptionen. Aus dem Vergleich der Gesamtnutzenwerte der Wechsel vom Ist-Profil können diejenigen Zielloptionen identifiziert werden, deren Umsetzung den höchsten Nutzen zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens leisten.

Der Gesamtnutzen der Zielloption repräsentiert die Leistungssteigerung bzw. die Erreichung der Entwicklungsziele durch den Wechsel vom Ist-Profil zu dieser Zielloption. Die Werte für den Gesamtnutzen haben keine absolute Bedeutung, sie besitzen nur relativ zueinander Aussagekraft. [Wen04, S. 100]

Gesamtnutzen-Berechnungs-Matrix											
Fragestellung:		Wie groß ist der Nutzen, den das betrachtete Unternehmen aus dem Wechsel von dem Ist-Profil (Spalte 1) zu einer anderen Zielloption (Spalte 2) zieht?									
Handlungselement	Entwicklungsstufe	Nr	I	X	S	Ist-Profil	Zielloption	Soll-Profil	Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrizen	Nutzen aus Entwicklungsstufenwechsel von I nach X	Nutzen aus Entwicklungsstufenwechsel von I nach S
Wissensmanagement	Kein Wissensmanagement	12C	1	0	0				66 106		
	Teilweise system. WM	12B	0	0	0				40		
	Systematisches WM	12A	0	1	1					106	106
Kontinuierliche Prozessverbesserung	Keine Verbesserungsmaßn.	10C	1	0	0				52 104		
	Punktuelle Verbesserungsmaßn.	10B	0	0	0				52		
	Etablierter kont. Prozess	10A	0	1	1					104	104
Datenmanagement	Kein Datenmanagement	18C	1	0	0				48 91		
	Teilweise systemat. DM	18B	0	0	0				43		
	Systematisches DM	18A	0	1	1					91	91
Projektmanagement	Einfaches PM	17C	0	0	0				40 86		
	Teilweise systemat. PM	17B	1	1	0				46		
	Systemat. PM	17A	0	0	1					0	46
Einsatz von Entwicklungs werkzeugen	Kein Einsatz von EW	24D	0	0	0				19 58 74		
	Unsystematischer Einsatz	24C	1	0	0				39 55		
	Teilweise systemat. Einsatz	24B	0	1	0					39	55
	Systematischer Einsatz	24A	0	0	1				16		
Einsatz von Entwicklungs methoden	Willkürlicher Einsatz von EM	23C	1	0	0				20 48		
	Teilweise system. Einsatz	23B	0	0	0				28		
	Systematischer Einsatz	23A	0	1	1					48	48
Qualitätsmanagement	Kein Qualitätsmanagement	11C	1	0	0				44 74		
	Unsystematisches QM	11B	0	0	0				30		
	Systematisches QM	11A	0	1	1					74	74
:		:		:		:		:		:	
Technisches Risikomanagement	Kein Risikomanagement	19C	1	0	0				29 42		
	Teilweise systematisches	19B	0	0	0				13		
	Systematisches RM	19A	0	1	1					42	42
Nutzen: (Nutzen aus dem Wechsel vom Ist-Profil des betrachteten Unternehmens zu der Zielloption X bzw. zum Soll-Profil)										798	860

Bild 5-31: Nutzenberechnung für den Profilwechsel mit Hilfe der Entwicklungsstufenwechsel-Nutzen-Matrizen und der binären Ergebnisliste der Zielloptionen

5.4.3.3 Zusammenfassen und Darstellen der Ergebnisse aus der Aufwand- und Nutzenanalyse

Um eine Vergleichbarkeitsplattform zwischen Aufwand und Nutzen zu schaffen, werden zunächst die berechneten Werte für Gesamtaufwand und Gesamtnutzen des Wechsels zu allen Zielloptionen tabellarisch zusammengefasst und mathematisch kombiniert und verglichen. Zur Visualisierung der Ergebnisse eignet sich ein Kosten-Nutzen-Portfolio oder die dynamische Darstellung in einem Profildiagramm mit relativer Skalierung. Abschließend werden die Ergebnisse dieser Phase in einem Zielloptionen-Katalog zusammengefasst. Dieser dient als endgültige Entscheidungsgrundlage für die geeignete Zielloption, die die Basis der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens bildet.

Zusammenfassen der Ergebnisse

Als Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Aufwand- und der Nutzenanalyse werden die Werte für Gesamtkosten und Gesamtnutzen in einer Aufwand-Nutzen-Vergleichsmatrix gegenübergestellt. In Bild 5-32 ist die Aufwand-Nutzen-Vergleichsmatrix für einige beispielhaft ausgewählte Zielloptionen aus dem hier betrachteten Beispiel dargestellt.

Zielloption	Gesamtkosten	Gesamtnutzen	Aufwand-Nutzen-Verhältnisquotient
Zielloption 26	50 800	792	64,14
Zielloption 27	51 300	798	64,29
Zielloption 52	49 300	770	64,03
Zielloption 53	49 800	776	64,18
:	:	:	:
Soll-Profil	58 100	860	67,56

Bild 5-32: Beispiel einer Aufwand-Nutzen-Vergleichsmatrix

In den Zeilenköpfen der Matrix sind alle Zielloptionen gelistet. In den Spalten der Matrix stehen die zu untersuchenden Werte der Gesamtkosten und des Gesamtnutzens. Daraus wird der Aufwand-Nutzen-Verhältnisquotient berechnet. Dieser Kennwert ergibt sich aus der Division der Gesamtkosten durch den Gesamtnutzen der betrachteten Zielloption. Der Verhältnisquotient repräsentiert die Stärke der Eignung der Zielloption für die Basiskonzeption der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung. In der Regel ist eine Zielloption desto geeigneter, je weniger Kosten für eine Nutzenerhöhung bei diesem Profilwechsel nötig sind. Diejenige Zielloption ist theoretisch die geeignetste, die den niedrigsten Verhältnisquotient hat. [Wen04, S. 102]

Für das betrachtete Beispiel ist die Zielloption 26 die am besten geeignete (Bild 5-32). Die Umsetzung dieser Zielloption bringt einen Nutzen von 792 bei einem Aufwand von 1 016 000,- Euro. Das Soll-Profil hat einen wirtschaftlich ungünstigen Verhältnisquotient. Es muss ein sehr großer Aufwand aufgebracht werden, um den entsprechenden Nutzen zu erreichen.

Visualisieren der Ergebnisse im Kosten-Nutzen-Portfolio

Die Ergebnisse der Aufwand- und Nutzenanalyse werden in einem Kosten-Nutzen-Portfolio visualisiert. In Bild 5-33 ist das Kosten-Nutzen-Portfolio an beispielhaft ausgewählten Zielloptionen dargestellt. Auf der Abszisse sind die normierten Werte der erforderlichen Gesamtkosten für die Umsetzung einer Zielloption aufgetragen, auf der Ordinate die normierten Werte des Nutzens, der

sich aus dieser Umsetzung ergibt. Das Portfolio ist in fünf charakteristische Bereiche aufgeteilt [GF99, S. 284][Lew00, S. 120]:

Bereich 1 – Eindeutig geeignete Zielselektionen: Die Zielselektionen, die sich in diesem Bereich befinden, sind durch einen hohen Nutzen bei gleichzeitig geringen Kosten charakterisiert. Der Verhältnisquotient ist entsprechend niedrig, die Effektivität und Effizienz hoch. Diese Zielselektionen sind optimale Lösungen mit einer maximalen Zielerreichung bei effektivem und effizientem Ressourceneinsatz.

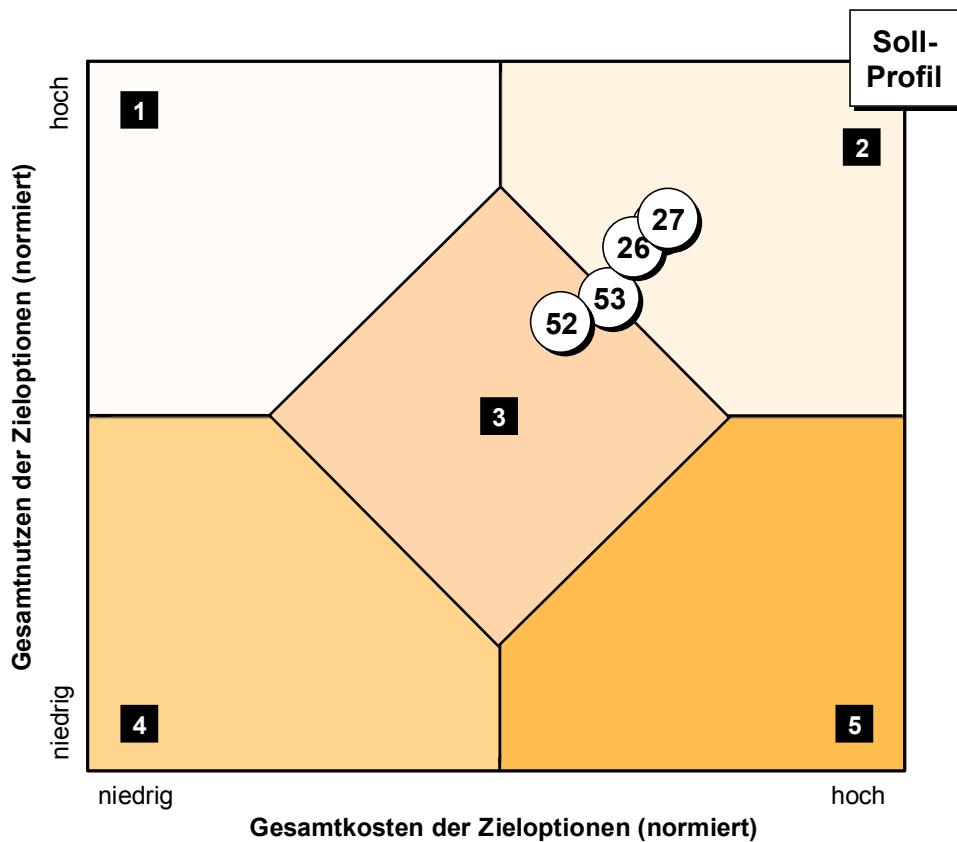


Bild 5-33: Darstellung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses der beispielhaften Zielselektionen in dem Kosten-Nutzen-Portfolio

Bereich 2 – Geeignete Zielselektionen: Die Zielselektionen, die sich in diesem Bereich befinden, haben einen hohen Nutzen bei gleichzeitig hohen Kosten. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist ausgewogen. Diese Zielselektionen sind gute Lösungen mit hoher Zielerreichung, aber sie sind denen im Bereich 1 unterlegen.

Bereich 3 – Mittelmäßig geeignete Zielselektionen: Die Zielselektionen, die sich in diesem Bereich befinden, weisen einen mittleren Nutzen bei mittleren Kosten auf. In der Regel ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis ausgewogen. Diese Zielselektionen können unter Umständen geeignet sein. Zum Beispiel dann, wenn

keine der Zielloptionen in dem ersten Bereich liegt oder wenn die Zielloptionen in Bereich 2 das zur Verfügung stehende Budget überschreiten.

Bereich 4 – Schwache Zielloptionen: Die Zielloptionen in diesem Bereich zeichnen sich durch einen geringen Nutzen bei niedrigen Kosten aus. Die Zielwirkung der enthaltenen Entwicklungsstufen ist nicht sehr hoch. Diese Zielloptionen können in Betracht gezogen werden, wenn sich keine Zielloption im Bereich 1 befindet und ein nur sehr geringes Budget zur Verfügung steht.

Bereich 5 – Eindeutig keine geeigneten Zielloptionen: Die Zielloptionen in diesem Bereich sind uneffektiv und uneffizient, ihr Kosten-Nutzen-Verhältnis ist nicht ausgewogen. Ein geringer Nutzen wird mit einem überproportional hohen Aufwand erreicht. Diese Zielloptionen sind ungeeignet für die Basiskonzeption der Strategie zur Leistungssteigerung.

Das Kosten-Nutzen-Portfolio hilft, eine Vorauswahl der geeigneten Zielloption zu treffen. Dadurch können optimale Zielloptionen identifiziert werden, die im Vergleich zu anderen mit gleichem Aufwand einen höheren Nutzen erzielen. Das heißt aber nicht, dass die Zielloption mit dem niedrigsten Aufwand-Nutzen-Verhältnisquotient unbedingt die am besten geeignete für die Leistungssteigerung in der betrachteten Produktentwicklung ist. Es ist immer notwendig, bei der Auswahl der geeigneten Zielloption sowohl die bereitgestellten finanziellen Mittel und zugehörigen Ressourcen, als auch den priorisierten Leistungssteigerungsbedarf zu berücksichtigen. Aus dieser Sicht kann auch eine Zielloption ausgewählt werden, die kein sehr gutes Aufwand-Nutzen-Verhältnis hat, durch deren Umsetzung im Endeffekt aber ein höherer Gesamtnutzen erreicht werden kann.

In dem Kosten-Nutzen-Portfolio werden die Zielloptionen nach dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit unterschieden. Die inhaltlichen Unterschiede der Zielloptionen sind in diesem Portfolio nicht sichtbar. Der Unterschied der Zielloptionen hinsichtlich der enthaltenen Entwicklungsstufen je Handlungselement kann mit Hilfe einer Clusteranalyse²⁴ visualisiert werden. Dadurch werden ähnliche Zielloptionen in Clustern zusammengefasst. Die so erstellten Cluster unterscheiden sich stark voneinander. Die Ergebnisse der Clusteranalyse können in dem Kosten-Nutzen-Portfolio durch unterschiedliche Farben der abgebildeten Zielloptionen dargestellt werden. [Lew00, S. 120]

²⁴ Clusteranalyse: Auf die Clusteranalyse wird hier nicht tiefer eingegangen. Eine ausführliche Beschreibung dieser Analyse mit Anwendungsbeispielen liefern unter anderen GAUSEMEIER, EBBESMEYER, KALLMEYER [GF99, S. 114ff].

Visualisieren der Ergebnisse im Profildiagramm

Die Visualisierung der Ergebnisse in einem Profildiagramm ergänzt die Visualisierung im Kosten-Nutzen-Portfolio in einer detaillierteren Form. Für den Fall, dass zwei Zieloptionen in dem Kosten-Nutzen-Portfolio sehr nah beieinander liegen, ermöglicht deren Visualisierung in dem Profildiagramm einen differenzierten Vergleich. Dafür eignet sich eine dynamische Profildarstellung mit relativer Skalierung gemäß WENZELMANN [Wen04, S. 89ff].

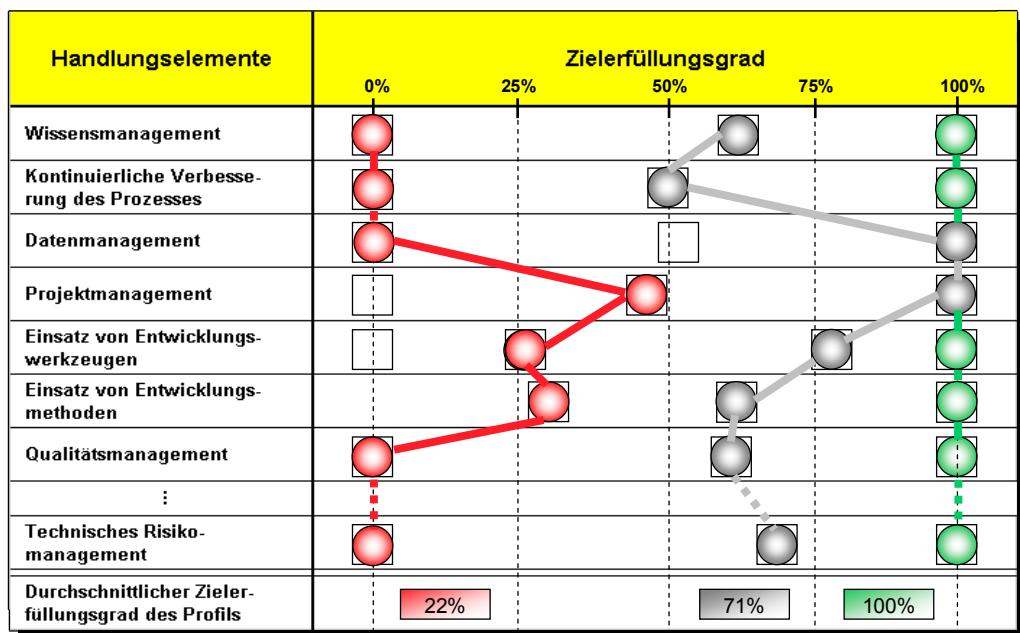


Bild 5-34: Beispielhafte Darstellung einer Zieloption im Profildiagramm mit relativer Skalierung

Für die Skalierung werden die aus der Zielbeitragsmatrix der Entwicklungsstufen ermittelten Zielerfüllungsgrade verwendet. In dem Profildiagramm werden die Spalten durch eine prozentual skalierte Achse ersetzt. Das Profildiagramm beinhaltet in den Zeilenköpfen alle Handlungselemente. In dem Arbeitsfeld des Diagramms werden Kästen für jede Entwicklungsstufe entsprechend ihres Zielerfüllungsgrades positioniert. Um dieses Diagramm ausfüllen zu können, werden zunächst die Kästen markiert, die den Entwicklungsstufen aus dem Ist-Profil der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens entsprechen. Diese Markierungen werden mit Linien verbunden und stellen das Ist-Profil dar. Nach dem gleichen Prinzip werden die zu untersuchenden Zieloption und das Soll-Profil mit jeweils unterschiedlichen Farben eingetragen. Das Soll-Profil bildet immer eine senkrechte Linie am rechten Rand, weil alle enthaltenen Entwicklungsstufen einen Zielerfüllungsgrad von 100 Prozent besitzen (vgl. Kapitel 5.2.4).

In der letzten Zeile des Diagramms ist der durchschnittliche Zielerfüllungsgrad der abgebildeten Profile aufgetragen. Diese durchschnittlichen Werte errechnen sich aus der Division der Summe aller Zielerfüllungsgrade der im Profil enthaltenen Entwicklungsstufen durch die Anzahl der Handlungselemente.

In Bild 5-34 sind aus dem hier betrachteten Beispiel das Ist-Profil, das Soll-Profil und ein mögliches Profil in einem Profildiagramm mit relativer Skalierung dargestellt. Die dynamische Profildarstellung mit relativer Skalierung ermöglicht eine detaillierte Visualisierung der Entwicklungsstufen innerhalb eines Handlungselementes der Zielloption. Dies lässt quantitative Aussagen und den Vergleich der Zielloptionen zu. Es kann direkt aus dem Profildiagramm abgeleitet werden, wie stark der Zielerfüllungsgrad durch den Wechsel vom Ist-Profil zu der Zielloption steigt.

Zusammenfassen der Ergebnisse im Zielloptionen-Katalog

Um eine zusammenfassende Dokumentation der Ergebnisse der vorhergehen- den Teilschritte zu erhalten und die endgültige Auswahl zu unterstützen, wird ein Zielloptionen-Katalog für die in der Vorauswahl gewählten Zielloptionen erstellt. In der Regel enthält dieser bis zu fünf Zielloptionen, die im Detail untersucht und hinsichtlich der Maßnahmen zur Erreichung der Entwicklungsstufen verglichen werden.

Der Zielloptionen-Katalog, besitzt für jede in Betracht gezogene Zielloption folgenden, in Bild 5-35 beispielhaft dargestellten, Aufbau:

- Eine kurze Beschreibung und Charakterisierung der Zielloption.
- Die Gesamtkosten zur Umsetzung der Zielloption.
- Für jedes Handlungselement die in der Zielloption erreichte Entwicklungsstufe. Diese werden durch detailliert beschriebene Maßnahmen ergänzt. Die Eingangsgrundlage ist der Entwicklungsstufen-Katalog. Die hier beschriebenen Maßnahmen sind jedoch genau an die Ist-Situation angepasst.
- Eine dynamische Profildarstellung mit relativer Skalierung, in dem die Zielloption im Vergleich zu Ist- und Soll-Profil eingetragen ist.

Zieloptionen-Katalog

Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung

Stand: 20. Mai 2004

Zieloption Nr.: 27

Charakterisierung:

Diese Zieloption ist gekennzeichnet durch umfangreiche Veränderungen der Produktentwicklungsarbeit. ...

Umsetzungskosten der Zieloption: Euro 1 026 000,-

Handlungselement	Nr.	Entwicklungsstufe
Wissensmanagement	12A	Systematisches Wissensmanagement Ein systematisches Wissensmanagement ist charakterisiert durch folgende Tätigkeiten: Das Wissensmanagement wird als eine Aufgabe der Unternehmensführung angesehen. Diese stellt es in den Vordergrund der Führungsarbeit und erkennt das enorme Potenzial des Wissensmanagements. ...
...
Technisches Risikomanagement	19A	Systematisches technisches Risikomanagement Ein Risikomanagementsystem ist charakterisiert durch diese Tätigkeiten und Maßnahmen: Es wurde eine Risikomanagementstrategie entwickelt. Das Risikomanagementsystem ist aufgebaut und ein Bestandteil der Unternehmensorganisation, zum Beispiel ist das Risikomanagementsystem in das interne Kontrollsyste...

Zielerfüllungsgrad der Zieloption:

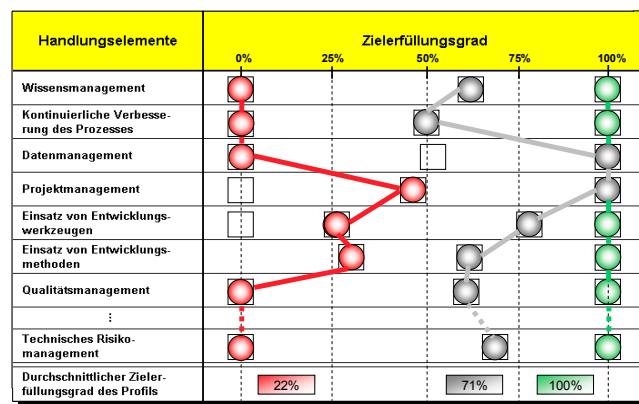


Bild 5-35: Beispiel eines Zieloptionen-Kataloges

Mit Hilfe dieses Zielloptionen-Katalogs wird endgültig die geeignete Zielloption ausgewählt. Damit steht die Konzeption der Strategie zur Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens fest. An dieser Stelle können gegebenenfalls auch anderen Zielloptionen unter dem Vorbehalt festgehalten werden, diese schrittweise einzusetzen um das Soll-Profil in Etappen zu erreichen.

Die Endauswahl der Zielloption ist der letzte Schritt innerhalb der hier beschriebenen Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung. Anschließend erfolgt die Umsetzung der Zielloption in der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens. Dazu wird zu Maßnahmen gegriffen, um die geplanten Veränderungen bzw. Leistungssteigerungen in der Produktentwicklung konsequent umzusetzen. Die Methoden des Projektmanagements werden für die Erstellung von Ablauf-, Zeit-, Ressourcen- und Kostenplänen und bei der Delegation der Zuständigkeiten eingesetzt.

Wenn ein Projektlaufplan und eine vorläufige Kostenplanung anhand des Entwicklungsstufen-Katalogs und des Zielloptionen-Katalogs erstellt worden ist, wird eine Projektkalkulation bzw. Projektbudgetierung durchgeführt. Weiterhin ist ein Controlling aller Tätigkeiten zur Leistungssteigerung und ein Monitoring durchzuführen. Ziel dieses Monitorings ist, die Umsetzung der Maßnahmen zur Leistungssteigerung zu begleiten und sicherzustellen, dass die Umsetzung gelingt.

Die Leistungssteigerungsergebnisse sind periodisch auszuwerten. Daraus sind eventuelle Korrekturen abzuleiten und zu implementieren. Es ist zu empfehlen, diese Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung periodisch anzuwenden, um eine kontinuierliche Leistungssteigerung der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens sicher zu stellen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Vor dem Hintergrund des technologischen Wandels nimmt die Mechatronik in der Industrie eine Schlüsselposition ein und bietet ein großes Zukunftspotenzial insbesondere für kleine und mittelständische Maschinenbauunternehmen. Immer mehr Unternehmen beschäftigen sich mit mechatronischen Systemen. Um eine günstige Position auf den Märkten zu erreichen und zu sichern, müssen die Unternehmen ihre Produkte, Leistungen und Prozesse kontinuierlich verbessern und optimieren.

In der Konzeptionsphase der Produktentwicklung werden die entscheidenden Merkmale für ein wettbewerbsfähiges Produkt gesetzt. Daher ist die Effizienz der Produktentwicklung einer der bedeutendsten Erfolgsfaktoren für die Unternehmen. Im Allgemeinen ist eine Produktentwicklung als effizient zu bezeichnen, wenn das Unternehmen seine angestrebten Entwicklungs- bzw. Unternehmensziele erreicht. Ergebnisse von Studien berichten, dass die Unternehmen oftmals ihre vorgegebenen Leistungs-, Termin- und Kostenziele nicht erreichen, was auf erhebliche vielfältige Ineffizienzen in der Produktentwicklung hindeutet. Um die Leistung der Entwicklungsarbeit gezielt steigern zu können, wird eine geeignete Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung benötigt, die umfassend die gegenwärtige Situation in der Produktentwicklung aus Sicht der drei wesentlichen Handlungsfelder Mensch, Organisation und Technik betrachtet.

Der aus der Problemanalyse abgeleitete Anforderungskatalog spezifiziert die wesentlichen Anforderungen, die an die Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung zu stellen sind. Die Analyse bestehender Methoden zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Produktentwicklung bezüglich dieser Anforderungen zeigt, dass diese lediglich Teillösungen darstellen oder die Entwicklung mechatronischer Systeme nicht umfassend genug aus der Sicht der drei wesentlichen Handlungsfelder der Produktentwicklung Mensch, Organisation und Technik betrachten. Keine der betrachteten Methoden erfüllt die in dieser Arbeit erarbeiteten Anforderungen vollständig. Hieraus ergibt sich der Handlungsbedarf, eine durchgängige Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung zu entwickeln.

Die Zielsetzung dieser Arbeit war es, den abgeleiteten Handlungsbedarf aufzugreifen und eine durchgängige, allgemeingültige Vorgehensweise zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung zu entwickeln. Die entwickelte Methode soll die gegenwärtige Leistung der Produktentwicklung mechatronischer Systeme im Rahmen der drei Handlungsfelder Mensch, Organisation und Technik fundiert erfassen, bewerten und ei-

nen Weg der schrittweisen Leistungssteigerung bis zu einem Idealzustand für das betrachtete Unternehmen aufzeigen.

Die entwickelte Methode beschreibt drei Phasen: „Soll-Profil-Ermittlung“, „Ist-Profil-Ermittlung“ und „Entwicklung der Strategie zur Leistungssteigerung“. Bei der Soll-Profil-Ermittlung werden zunächst die Handlungselemente der Produktentwicklung analysiert. Es gilt, die hoch relevanten Handlungselemente für die Effizienz der Produktentwicklung zu identifizieren. Ferner werden die Entwicklungsstufen der Handlungselemente analysiert und eine Priorisierung der Entwicklungsstufen für jedes Handlungselement erstellt. Daraus ergibt sich das unternehmensindividuelle Soll-Profil.

Bei der Ist-Profil-Ermittlung werden Daten zur Leistungswertung in Workshops erhoben und analysiert. Für jedes Handlungselement wird die dem Ist-Zustand der Produktentwicklung entsprechende Entwicklungsstufe identifiziert. Das ermittelte Ist-Profil wird dem Soll-Profil gegenüber gestellt und analysiert. Es wird eine Handlungsbasis entwickelt, aus der das am besten geeignete Konzept zur Leistungssteigerung anhand des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses ausgewählt werden kann.

Zusammenfassend kann die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methode als ein anforderungsgerechter Ansatz beurteilt werden. Es steht eine durchgängige Vorgehensweise zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung zur Verfügung. Die beispielhafte Anwendung der Methode zeigt den breiten Einsatzbereich der Methode.

Zukünftige Arbeiten sollten darauf hinwirken, das in dieser Arbeit geschaffene unternehmensspezifische Basiskonzept für den klassenspezifischen Einsatz zu erweitern, um Raum für den Vergleich zwischen Unternehmen bzw. gegenüber der abzuleitenden Best Practice in Rahmen einer Unternehmensklasse zu schaffen. Ein weiterer Gesichtspunkt für die zukünftige Forschung ist darin zu sehen, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten unterstützenden Werkzeuge kontinuierlich zu optimieren, bzw. ihre Anwendung auf weitere Ingenieursdisziplinen, wie zum Beispiel Selbstoptimierende Systeme, zu erweitern. Ein dritter Aspekt für weitere Forschungen besteht in der Softwareunterstützung der teils komplexen und umfangreichen Rechenverfahren und der Visualisierung der Ergebnisse.

7 Literaturverzeichnis

Publikationen

- [AFT02] AHONEN, Jarmo F.; FORSELL, Marko; TASKINEN, Sanna-Kaisa: *A Modest but Practical Software Process Modeling Technique for Software Process Improvement*. In: Software Process – Improvement and Practice (2002), Nr. 7, S. 33-44
- [Alb93] ALBRECHT, F.: *Strategisches Management der Unternehmensressource Wissen – Inhaltliche Ansatzpunkte und Überlegungen zu einem konzeptionellen Gestaltungsrahmen*. Frankfurt am Main, Universität, Dissertation, 1993.
- [ALS04-ol] APITZ, Rene; LATTNER, Andreas D.; SCHÄFFER, Christian: *Kontextbasiertes Wissensmanagement in der Produktentwicklung als Grundlage für anpassungsfähige Unternehmen*. unter: <http://www.knowwork.de>, 23. Juni 2004
- [And93] ANDERL, Reiner: *CAD-Schnittstellen – Methoden und Werkzeuge zur CAD-Integration*. München: Carl Hanser Verlag, 1993. – ISBN 3-446-17103-7
- [Ape99] APELT, Maja: *Vertrauen in der Zwischenbetrieblichen Kooperation*. Lüneburg, Universität, Dissertation, 1999, DUV, DT. Universität Verlag, Wiesbaden. – ISBN 3-8244-4364-3
- [Bät04] BÄTZEL, Daniel: *Methode zur Ermittlung und Bewertung von Strategiealternativen*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2004, HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 141, Paderborn. – ISBN 3-935433-50-6
- [BB04] BOEKE, Elmar; BEYER, Georg: *Innovation Excellence Studie 2004*. Von: Arthur D. Little GmbH, Bundesverband der Deutsche Industrie e.V.: Press_Innovation Excellence Studie 2004_d_v23.ppt. München, 2004
- [BD93] BRÖHLE, Adolf Peter; DRÖSCHL, Wolfgang: *Das V-Modell – Der Standard für die Softwareentwicklung mit Praxisleitfaden*. München: Oldenbourg Verlag, 1993. – ISBN 3-486-22207-4
- [Bec02] BECKER, Manfred: *Personalentwicklung – Bildung, Förderung und Organisationsentwicklung in Theorie und Praxis*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2002. – ISBN 3-7910-1994-5
- [Bei95] BEIMS, Hans Dieter: *Praktisches Software-Engineering – Vorgehen, Methoden, Werkzeuge*. München: Carl Hanser Verlag, 1995. – ISBN 3-446-17595-4
- [Boo04-ol] Bootstrap Institute: Colloquium, unter: www.bootstrap.org, 2. Juli 2003
- [Brö95] BRÖCKELMANN, Jörg: *Entscheidungsorientiertes Qualitätscontrolling – Ein ganzheitliches Instrument*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1995. – ISBN 3-8244-6126-9
- [CA87] CUBE, Felix von; ALSHUTH, Dietger: *Fordern statt Verwöhnen – Die Erkenntnisse der Verhaltensbiologie in Erziehung und Führung*. München: Piper Verlag, 1987. – ISBN 3-492-02959-0

- [CMM02-ol] Software Engineering Institute: *Capability Maturity Model Integration – Version 1.1 – Continuous*. unter: <http://www.sei.cmi.edu/cmmi/models/ss-cont-Version1.1doc>, 7. Juni 2004
- [DRL95] DESCHAMPS, Jean-Philippe; NAYAK, Ranganath P.; LITTLE, Arthur D.: *Produktführerschaft - Wachstum und Gewinn durch offensive Produktstrategien*. Frankfurt: Campus Verlag, 1995. – ISBN 3-593-35454-3
- [Dru74] DRUCKER, Peter Ferdinand: *Management – Tasks, Responsibilities, Practices*. New York: Harper & Row, 1974. – ISBN 0-06-011092-9
- [EB04-ol] ESCHWEI, Walter; BLUME, Jürgen: *Positive Kundenerfahrungen mit dem PM-Diagnosesystem der GPM*. unter: www.gpm-ipma.de/11-1.htm, 4. Mai 2004
- [EFQ96] European Foudation for Quality Management: *Der European Quality Award 1997 – Informationsbroschüre*. 1996.
- [EFQ99] European Foundation for Quality Management: *The European Quality Award 2000 - Informationsbroschüre*. 1999.
- [EPT01] EICHHORST, Werner; PROFIT, Stefan; THODE, Eric: *Benchmarking Deutschland – Arbeitsmarkt und Beschäftigung – Bericht der Arbeitsgruppe Benchmarking und der Bertelsmann Stiftung*. Berlin: Springer-Verlag, 2001. – ISBN 3-540-41758-3
- [Fes80] FESSMANN, K.-D.: *Organisatorische Effizienz in Unternehmen und Unternehmensselbereichen*. Düsseldorf: Mannhold-Verlag, 1980.
- [Fie94] FIEDLER, Michael: *Dezentrale Organisation und marktorientierte Steuerung der Personalentwicklung – Betriebliche Personalentwicklung nach der Profit-Center-Konzeption*. Münster (Westf.), Universität, Dissertation, 1994, Reihe: Personal-Management, Eul Verlag, Bd. 3, Köln. – ISBN 3-89012-407-0
- [Fis92] FISCHER, Joachim: *Datenmanagement – Datenbanken und betriebliche Datenmodellierung*. München: Oldenbourg Verlag, 1992. – ISBN 3-486-22357-7
- [Fla02] FLATH, Martin: *Methode zur Konzipierung mechatronischer Produkte*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2002, HNI-Verlagsschriftenreihe Band 108, Paderborn. – ISBN 3-935433-17-4
- [FS00] FRIEDAG, Herwig R.; SCHMIDT, Walter: *Balanced Scorecard – Mehr als ein Kennzahlensystem*. Freiburg: Hauf-Verlagsgruppe, 2000. – ISBN 3-448-04061-4
- [Gar97] GARCIA, Suzanne M.: *Evolving Improvement Paradigms: Capability Maturity Models and ISO/IEC 15504 (PDTR)*. In: Software Process Improvement and Practice (1997), Nr. 3, S. 47-58
- [Gau97] GAUSEMEIER, Jürgen: *Mechatronik – mehr als nur ein neues Kunstwort*. In: Konstruktion, 49 (1997), Nr. 3, S. 3, Springer-VDI Verlag
- [Gau00] GAUSEMEIER, Jürgen: *Industrielle Produktion – Skriptum zur Vorlesung*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, 2003
- [GB04] GAUSEMEIER, Jürgen; BERGER, Timo: *Ideenmanagement in der strategischen Produktplanung – Identifikation der Produkte und Geschäftsfelder von morgen*. In: Konstruktion (2004), Nr. 9, S. 64-68

- [GEK01] GAUSEMEIER, Jürgen; EBESMEYER, Peter; KALLMEYER, Ferdinand: *Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen.*. München: Carl Hanser Verlag, 2001. – ISBN 3-446-21631-6
- [GF99] GAUSEMEIER, Jürgen; FINK, Alexander: *Führung im Wandel – Ein ganzheitliches Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung*. München: Carl Hanser Verlag, 1999. – ISBN 3-446-21079-2
- [GFS95] GAUSEMEIER, Jürgen, FINK, Alexander, SCHLAKE, Oliver: *Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien*. München: Carl Hanser Verlag, 1995. – ISBN 3-446-18169-5
- [GFS96] GAUSEMEIER, Jürgen, FINK, Alexander, SCHLAKE, Oliver: *Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien*. 2. bearb. Aufl. München: Carl Hanser Verlag, 1996. – ISBN 3-446-18721-9
- [GHM01] GÖTZE, Uwe; HENSELMANN, Klaus; MIKUS, Barbara (Hrsg.): *Risikomanagement*. Heidelberg: Physica-Verlag, 2001. – ISBN 3-7908-1415-6
- [GL00] GAUSEMEIER, Jürgen (Hrsg.); LÜCKEL Joachim: *Entwicklungsumgebungen Mechatronik – Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung mechatronischer Systeme*. Bd. 80. Aufl. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 2000. – ISBN 3-931466-79-5
- [GLR+00] GAUSEMEIER, Jürgen; LINDEMANN, Udo; REINHART, Gunther; WIENDAHL, Hans-Peter: *Kooperatives Produktengineering – Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens*. BD. 79. Aufl. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 2000. – ISBN 3-931466-78-7
- [Gri83] GRIMM, Ulrich: *Analyse strategischer Faktoren. Ein Beitrag zur Theorie der strategischen Unternehmensplanung*. Wiesbaden: 1983. – ISBN 3-409-18720-0
- [Gü197] GÜLDENBERG, Stefan: *Wissensmanagement und Wissenscontrolling in lernenden Organisationen – Ein systemtheoretischer Einsatz*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verlag, 1997. – ISBN 3-8244-0585-7
- [Hac99] HACKERT, Björn: *Kooperation in Arbeitsgruppen – Bausteine einer ökonomischen Analyse*. Hamburg, Universität, Dissertation, 1999, Reihe: Personal-Organisation-Management, Erich Schmidt Verlag, Bd. 8, Berlin. – ISBN 3-503-05087-6
- [Haf86] HAFKESBRINK, Joachim: *Effizienz und Effektivität innovativer Unternehmungsentwicklungen: Methodische Grundlagen zur Beurteilung der Leistungswirksamkeit von Innovationen*. Universität Duisburg, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Dissertation, 1996.
- [Hei99] HEINDL, Heinrich: *Benchmarking Best Practices*. Bergische Universität, Gesamthochschule Wuppertal, Arbeitspapiere der Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft, Nr. 191, Wuppertal, 1999.
- [Hin97] HINTERHUBER, Hans H.: *Strategische Unternehmungsführung – 2. Strategisches Handeln: Direktiven, Organisation, Umsetzung, Unternehmungskultur, strategisches Controlling, strategische Führungskompetenz*. Berlin: De-Gruyter, 1997.
- [HL03] HANSEL, Jürgen; LOMNITZ, Gero: *Projektleiter-Praxis – Optimale Kommunikation und Kooperation in die Projektarbeit*. Berlin: Springer Verlag, 2003. – ISBN 3-540-44281-2

- [HNB+94] HABERFELLNER, Reinhard; NAGEL; BECKER; DAENZER, Walter F.; VON MASSOW: *Systems Engineering – Methodik und Praxis*. 8. verb. Aufl. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 1994. – ISBN 3-85743-973-4
- [Hor87] HORNBY, Albert Sydney: *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English*. 3. Aufl., Oxford: Oxford Univ. Pr., 1987. – ISBN 0-19-431102-3
- [Hou96] HOUY, Christian: *Datenmanagement für Workflowprozesse - Vorbereitung und Unterstützung beim Austausch operativer Daten im industriellen Umfeld*. Wiesbaden: Gabler verlag, 1996. – ISBN 3-409-12174-9
- [HRG00] HORVAT-VAJDE, Romana; ROZMAN, Ivan; GYÖRÖS, Jozsef: *Managing the Complexity of SPI in Small Companies*. In: Software Process - Improvement and Practice (2000), Nr. 5, S. 45-54
- [HS78] HELLRIEGEL, Don; SLOCUM, John W.: *Management: Contingency Approaches*. Reading: Addison-Wesley, 1978 – ISBN 0-201-028-x
- [HS95] HAMMER, Michael; STANTON, Steven A.: *Die Reengineering Revolution – Handbuch für die Praxis*. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 1995. – ISBN 0-88730-736-1
- [HZG+97] HERBSLEB, James; ZUBROW, David; GOLDENSON, Dennis; HAYES Will; PAULK, Mark: *Software Quality and the Capability Maturity Model*. In: *Communications of the ACM*, (06-1997), Nr. 6, S. 30-40.
- [IPB01] ISACSSON, Peter; PEDERSEN, Gunnar; BANG, Stig: *Accelerating CMM-based Improvement Programs – The Accelerator Model and Method with Experiences*. In: Software Process - Improvement and Practice (2001), Nr. 6, S. 23-34
- [Kau98] KAUTZ, Karlheinz: *Software Process Improvement In Very Small Enterprises – Does It Pay Off?* In: Software Process - Improvement and Practice (1998), Nr. 4, S. 209-226
- [KB03] KLEER, Michael; BOEKE, Elmar: *Arthur D. Little Studie – Best Practice in der Produktentwicklung 2003 – Zusammenfassung Studienergebnisse*. Von: Arthur D. Little GmbH: Press_Ergebnisse_Studie_DtC_20031203.ppt. München, 2003
- [KCF+96] KONRAD, Mike; CRISSIS, Mary Beth; FERGUSON, Jack; GARCIA, Suzanne; HEFLEY, Bill; KITSON, Dave; PAULK, Mark: *Capability Maturity Modeling at the SEI*. In: Software Process - Improvement and Practice (1996), Nr. 2, S. 21-34
- [Ker92] KERN, Werner: *Industrielle Produktionswirtschaft*. Stuttgart: Poeschel Verlag, 1992. – ISBN 3-7910-9183-2
- [KFM+03] KROSLID, Dag; FABER, Konrad; MAGNUSSON, Kjell; BERGMAN, Bo: *Six Sigma – Erfolg durch Breakthrough-Verbesserungen*. München: Carl Hanser Verlag, 2003. – ISBN 3-446-22294-4
- [Kne03] KNEUPER, Ralf: *CMMI - Verbesserung von Softwareprozessen mit Capability Maturity Model Integration*. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2003. – ISBN 3-89864-185-6
- [Köc04] KÖCKERLING, Matthias: *Methodische Entwicklung und Optimierung der Wirkstruktur mechatronischer Produkte*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2004, HNI Verlagsschriftreihe Bd. 143, Paderborn. – ISBN 3-935433-52-2

- [KP99] KALNY, Edith; PUSTERHOFER, Rudolf: *ISO-Management – Chancen und Risiken bei der Zertifizierung nach ISO 9001:2000*. Wien: Linde Verlag, 1999. – ISBN 3-851-22941-x
- [Kre99] KRELL, Barbara: *Prozessstufenübergreifende Qualitätssicherung bei der Herstellung technischer Blasformteile*. Universität Paderborn. Dissertation, 1999.
- [LB98] LINDEMANN, Udo; BIRKHOFER, Herbert: *Empirical Design Research – Its Contribution to a Universal Design Theory*. In: Universal Design Theory. Aachen: Shaker Verlag, 1998. – ISBN 3-8265-4265-7
- [Lew00] LEWANDOWSKI, Andreas: *Methode zur Gestaltung von Leistungserstellungsprozessen in Industrieunternehmen*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2000, HNI Verlagsschriftenreihe Bd. 68, Paderborn. – ISBN 3-931466-67-1
- [LHL01] LÜCKEL, Joachim; HESTERMEYER, Thorsten; LIU-HENKE, Xiaobo: *Generalization of the Cascade Principle in View of a Structured Form of Mechatronic Systems*. IEEE/ASME (AIM2001), Villa, Olmo; Como, Italy 2001
- [Lin96] LINNHOFF, Markus: *Eine Methodik für das Benchmarking von Entwicklungskooperationen*. Aachen, Reinisch-Westfälische Technische Hochschule, Fakultät für Maschinenwesen, Dissertation, 1996, Shaker Verlag, Bd. 24, Aachen. – ISBN 3-8265-1881-0
- [Lin03] LINDEMANN, Udo: *Entwicklungsmanagement – Prozessmanagement*. Technische Universität München, Fakultät für Maschinenbau, Skriptum zur Vorlesung, 2003.
- [LY01] LEUNG, Hareton K. N.; YUEN, Terence C. F.: *A Process Framework for Small Projects*. In: Software Process – Improvement and Practice (2001), Nr. 6, S. 67-83
- [Mal96] MALORNY, Christian: *TQM umsetzen – der Weg zur Business Excellence*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1996. – ISBN 3-791-01104-9
- [Mat04-ol] Mathe Online Verstehen. Unter: www.matheboard.de/lexikon/index.php/Varianz, 23. Juni 2003
- [Mei83] MEIER, Walter: *Analyse und Gestaltung eines System zur Durchsetzung eines strategiegerechten Verhaltens in der Unternehmen*. St. Gallen, Dissertation, 1983. – ISBN 3-85743-868-1
- [Mel02] MELLIS, Werner: *Capability Maturity Model (CMM) – Folien zur Übung Systementwicklung*. Universität ZU Köln, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Köln, 2002.
- [MKB04] MAGNUSSON, Kjell; KROSLID, Dag; BERGMAN, Bo: *Six Sigma umsetzen – Die neue Qualitätsstrategie für Unternehmen*. München: Carl Hanser Verlag, 2004. – ISBN 3-446-22295-2
- [MS99] MELLIS, Werner; STELZER, Dirk: *Das Rätsel des prozessorientierten Softwarequalitätsmanagements*. In: Wirtschaftsinformatik (02-1999), S. 31-39
- [Oul96] OULD, Martyn A.: *CMM and ISO 9001*. In: Software Process - Improvement and Practice (1996), Nr. 2, S. 281-289
- [Pau95] PAULK, Mark C.: *The Evolution of the SEI's Capability Maturity Model for Software*. In: Software Process – Improvement and Practice (1995), Pilot Issue, S. 3-15

- [PB97] PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang: *Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung*. Berlin: Springer-Verlag, 1997. – ISBN 3-540-61974-7
- [PCC+93] PAULK, Mark C.; CURTIS, Bill; CHRISSIS, Mary Beth; WEBER, Charles V.: *Capability Maturity Model for Software - Version 1.1, Technical Report CMU/SEI-93-TR-24*. Pittsburgh, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1993.
- [Per02] PERGER, Eugen: *Total Quality Management im Bankwesen – Umsetzung des TQM in Universalbanken aufgrund des EFQM-Modells*. Bern: Haupt-Verlag, 2002. – ISBN 3-258-06478-4
- [Pet96] PETRICK, Klaus: *Die Weiterentwicklung der ISO 9000-Normenfamilie*. In: Q-Agenda 1996 - Das Jahrbuch zur Qualität (1996), Gossau: Reprint Verlag, S. 98-99
- [PKW85] PÜMPIN, Cuno; KOBI, Jean-Marcel.; WÜTHRICH, Hans A.: *Unternehmungskultur – Basis strategischer Profilierung erfolgreicher Unternehmen*. In: Die Orientierung (1985), S. 56
- [PWC+95] PAULK, Mark C.; WEBER, Charles V.; CURTIS, Bill; CHRISSIS, Mary Beth: *The Capability Maturity Model – Guidelines for Improving the Software Process*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1995. – ISBN 0-201-54664-7
- [RCB02] ROBERTSON, Ivan T.; CALLINAN, Militza; BERTRAM, Dave: *Organizational Effectiveness – The Role of Psychology*. NewYork: John Wiley & Son, 2002. – ISBN 0-471 49264-7
- [Rie89] RIEG, Werner: *Die Bedeutung der Problemfeststellung im Organisationsplanungsprozess der Unternehmung*. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag, 1989. – ISBN 3-631-41486-2
- [Rou95] ROUT, Terence P.: *SPICE – A Framework for Software Process Assessment*. In: Software Process – Improvement and Practice (1995-10, Pilot Issue), S. 57-66
- [RW97] RADTKE, Philipp; WILMES, Dirk: *European Quality Award – Die Kriterien des EQA umsetzen, Praktische Tips zur Anwendung des EFQM-Modells*. München: Carl Hanser Verlag, 1997. – ISBN 3-446-19019-4
- [SCA01-ol] Members of the Assessment Method Integrated Team: *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement, Version 1.1 - Method Definition Document*. Software Engineering Institute, Carmegie Mellone University, Handbook CMU/SEI-2001-HB-001, 2001, unter: <http://www.sei.cmu.edu>, 3. Juni 2004
- [Sch86] SCHWÄRTZEL, Heinz (Hrsg.): *Informatik in der Praxis – Aspekte ihrer industriellen Nutzanwendung*. Berlin: Springer-Verlag, 1986. – ISBN 3-540-17054-5
- [Sch90] SCHWEIZER, Günther: *Die Bedeutung von Leistungsanreizen für das Innovationsmanagement wissenschaftlicher Fachverlage*. Göttingen, Dissertation, 1990.
- [Sch97] SCHMIDT, Götz: *Methode und Techniken der Organisation*. Schriftenreihe: Der Organisator, Bd. 1. Gießen: Verlag Dr. Götz Schmidt, 1997. – ISBN 3-921-313-X
- [Seg96] SEGHEZZI, Hanz D.: *Integriertes Qualitätsmanagement – Das St. Galler Konzept*. München: Carl Hanser-Verlag, 1996. – ISBN 3-446-16341-7

- [SEI04-ol] Software Engineering Intitute: *SEI Appraiser Program*. unter: www.sei-cmu.edu/managing/app.directory.html, 12. April 2003
- [Ser94] SERVATIUS, Hans-Gerd.: *Reengineering-Programme erfolgreich umsetzen – Von erstarrten zu fließenden Prozessen*. Stuttgart: Schäffer-Poeschl Verlag, 1994. – ISBN 3-791-00853-6
- [Sie01] SIEGERT, Werner: *expert Praxislexikon - Management Training*. Renninge: Expert Verlag, 2001. – ISBN 3-8169-1949-9
- [Sil92] DA SILVA ROBALO, Antonio: *Effizienz von Unternehmen - Analyse ausgewählter Ansätze der Organisationstheorie unter besonderer Berücksichtigung von Umweltfaktoren*. Universität Trier, Dissertation, 1992, Lisabon.
- [SM98] STELZER, Dirk; MELLIS, Werner: *Success Factors of Organizational Change in Software Process Improvement*. In: Software Process - Improvement and Practice (1998), Nr. 4, S. 227-250
- [SM02-ol] STURGEON, Mike; MUDD, Louise: *Strategies for Successfully Implementing CMMI and Six Sigma*. (2. Annual NDIA/CMMI Technology Conference Denver 2002). unter: <http://www.ndia.com>
- [SPI04-ol] Software Process Improvement and Capability dEtermination: What is SPICE? unter: <http://www.sqi.gu.edu.au/spice>, 10. Juni 2004
- [SPS79] STOWASSER, Josef M.; PETSCHENIG, Michael; SKUTSCH, Franz: *Der kleine Stowasser - Lateinische-Deutsches Schulwörterbuch*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky, 1979. – ISBN 3-87238-175-X
- [SS03-ol] SCHMIDT, Simon; SCHELL, David: *Projektmanagement-Diagnose – Messung der Leistungsfähigkeit zur Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen*. unter: <http://www.refa.de/FB/IE52>, Juni 2003
- [ST97] SABISCH, Helmut; TINTELNOT, Claus: *Integriertes Benchmarking für Produkte und Produktentwicklungsprozess*. Berlin: Springer-Verlag, 1997. – ISBN 3-540-61963-1
- [Sto97] STOPP, Udo: *Betriebliche Personalwirtschaft*. Renninge: Expert Verlag, 1997. – ISBN 3-8169-1056-4
- [Str97] STRAUB, Rolf: *Benchmarking – Eine Darstellung des Benchmarking als modernes Instrument zur Leistungsverbesserung*. Universität Zürich, Fakultät für Wirtschaftswissenschaft, Dissertation, 1997.
- [Tha93] THALLER, Georg: *Qualitätsoptimierung der Software-Entwicklung – Das Capability Maturity Model (CMM)*. Braunschweig: Vieweg Verlag, 1993. – ISBN 3-528-05287-2
- [Thi99] THIELEMANN, Frank: *Integrierte Methodik zur Gestaltung von Leistungs-erstellungsprozessen mittels Workflowmanagement*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 1999, HNI Verlagsschriftenreihe Bd. 58, Paderborn. – ISBN 3-931466-57-4
- [UFL04-ol] Unister Fach Lexikon. unter: http://www.213.139.78.50/Unister/wissen/sf_lexikon/index.html; 12. Dezember 2003
- [VDI04] VDI 2206: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. Berlin: Beuth Verlag, 2004.

- [VDI99] VDI Berichte 1519: *Wege zum Erfolg durch Excellence*. Forum Berlin, 17./18. November 1999. VDI Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1999. – ISBN 3-18-091519-6
- [Ves90] VESTER, Frederic: *Ausfahrt Zukunft – Strategien für den Verkehr von morgen – Eine Systemuntersuchung*. München: Heyne Verlag, 1990. – ISBN 3-453-03983-1
- [Ves91] VESTER, Frederic: *Ausfahrt Zukunft – Supplement – Material zur Systemuntersuchung, Studiengruppe für Biologie und Umwelt*. München, 1991
- [Wal95] WALLMÜLLER, Ernest: *Ganzheitliches Qualitätsmanagement in der Informationsverarbeitung*. München: Hanser-Verlag, 1995. – ISBN 3-446-17101-0
- [Wat93] WATSON, Gregory H.: *Benchmarking – von Besten lernen*. Landsberg: Verlag Moderne Industrie, 1993. – ISBN 3-478-23090-x
- [WC94] WHEELWRIGHT, Stephen C.; CLARK, Kim B.: *Revolution der Produktentwicklung – Spitzenleistungen in Schnelligkeit, Effizienz und Qualität durch dynamische Teams*. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 1994. – ISBN 3-593-35019-X
- [Wen04] WENZELMANN, Christoph: *Vorgehensweise zur Ermittlung und Hierarchisierung von Reifegradklassen für Produktentwicklungsprozesse*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Diplomarbeit, 2004.
- [Wil95] WILKE, Helmut.: *Systemtheorie III – Steuerungstheorie – Grundzüge einer Theorie der Steuerung komplexer Sozialsysteme*. Stuttgart: G. Fischer Verlag, 1995. – ISBN 3-8252-1840-6
- [Wip03] WIPPER, Anja: *Grundlagen des Qualitätsmanagements – Six Sigma*. Universität Berlin. Betriebswirtschaftslehre, Seminar, 2003
- [Wle01] WLEKLINSKI, Christian: *Methode zur Effektivitäts- und Effizienzbewertung der Entwicklung maschinenbaulicher Anlagen*. Universität Paderborn, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2001, HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 100, Paderborn. – ISBN 3-935433-09-3

DIN-Normen

- [DIN8402] Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherung - Begriffe, 1995
- [DIN9000] Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherungsnormen – Leitfaden zur Auswahl und Anwendung der Normen, 1994

Anhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
A Handlungselemente-Katalog	A-1
A.1 Handlungsfeld „Mensch“	A-1
A.2 Handlungsfeld „Organisation“	A-3
A.3 Handlungsfeld „Technik“	A-5
B Entwicklungsstufen-Katalog	B-1
C Katalog von Zielen.....	C-1
C.1 Leistungs-, Organisations-, und Sozialziele	C-1
C.2 Kostenziele	C-1
C.3 Zeitziele	C-2

A Handlungselemente-Katalog

Der folgende Katalog ist eine Arbeits- und Diskussionsgrundlage zur Beschreibung der charakteristischen Elemente, die erheblich die Leistung der Produktentwicklung beeinflussen. Er wird in dieser Arbeit zur beispielhaften Erläuterung angewendet. Der Katalog ist das Ergebnis von Untersuchungen und Diskussionen mit Experten und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die im Katalog enthaltenen Handlungselemente sind daher nicht als präskriptiv anzusehen. Der Stand des Kataloges ist der 16. Dezember, 2003.

A.1 Handlungsfeld „Mensch“

Nr.	Handlungselement	Erläuterung
1	Personalbeschaffung	Die richtigen Mitarbeiter zur richtigen Zeit am richtigen Platz können über Erfolg oder Misserfolg eines Unternehmens entscheiden. Die Personalbeschaffung befasst sich mit der Bereitstellung der für das Unternehmen erforderlichen Arbeitskräfte in qualitativer (Eignung), quantitativer (Anzahl), zeitlicher und örtlicher Hinsicht. [Sto02]
2	Fähigkeitseinsatz der Entwickler	Die Fähigkeiten einer Arbeitsperson bestimmen ihre maximale Leistungsfähigkeit. Der Einsatz der Entwickler hinsichtlich ihrer Fähigkeiten ist eine Voraussetzung, um die Effizienz und Effektivität des Entwicklungsprozesses zu steigern. Anlagebedingte Fähigkeiten (Intelligenz, psychische Belastbarkeit, Kondition); Erworbenen Fähigkeiten (Fachkenntnisse, berufliche Erfahrung trainierte Fähigkeiten); Qualifikation der Entwickler (Ausbildungsgrad: Schule, Lehre, Studium, FH, Praktikum, Trainee-Programm, Weiterbildung); Kreativität, Spontanität, Unkonventionalität
3	Personalförderungsmaßnahmen	Personalförderung umfasst vorwiegend diejenigen Aktivitäten, die auf die Position im Betrieb und die berufliche Entwicklung des Einzelnen gerichtet sind. Aufgabe der Förderung ist es, Potentiale der Mitarbeiter herauszufinden und im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten zu entfalten. [Bec02] Ein geeignetes Personalförderungsmaßnahmensystem für Fachlaufbahn und Führungslaufbahn kann die Produktivität und Leistungsfähigkeit des Unternehmens steigern.
4	Weiterbildungsmaßnahmen	Die Weiterbildungsmaßnahmen stellen sicher, dass die Tätigkeiten wie geplant ausgeführt werden können und nicht mangels ausreichender Kenntnisse der Mitarbeiter ignoriert oder umgegangen werden. Mögliche

Nr.	Handlungselement	Erläuterung
		Weiterbildungsmaßnahmen sind: innerbetriebliche Weiterbildung, Teilnahme an außerbetrieblichen Fortbildungsmaßnahmen, Umschulung, E-Learning.
5	Motivierung der Entwickler	Unter Motivation wird die primäre Zuwendung zur Aufgabe verstanden. Die Arbeitszufriedenheit von Arbeitspersonen erleichtert deren Führung. Zufriedenheit der Entwickler; Nicht-Unzufriedenheit; nach der Zwei-Faktoren-Theorie von Herzberg sind Motivatoren die Faktoren, die Arbeitszufriedenheit bestimmen (Leistung, Anerkennung, Arbeitsinhalt, Verantwortung, Beförderung, Wachstum), und Hygiene-Faktoren die Faktoren die die Arbeitsunzufriedenheit bestimmen (Sicherheit, Status, Beziehung zu Untergebenen, Beziehung zu Kollegen, Beziehung zu Vorgesetzten, Arbeitsbedingungen, Überwachung, Unternehmenspolitik).
6	Führungsstil	Es existieren verschiedene Führungsstile und Kombinationen daraus. Jeder bietet Vor- und Nachteile. Führungsstile können unter anderen nach der Kombination der Tiefe der Betonung der Produktion und der Betonung des Menschen [Nach Blake/Mouton 1968, Bullinger 1994] oder nach dem Zentralisierungsgrad eingeteilt werden.
7	Führungsrollen	Die drei wesentlichen Rollen der Führungspersönlichkeit sind Fachmann, Organisator und Trainer. Bezogen auf die Fachaufgabe hat die Führungskraft dafür zu sorgen, dass Lösungsvorschläge erarbeitet und zur Entscheidung vorgelegt werden. Entscheidungen für Lösungen werden zusammen mit weiteren Mitarbeitern getroffen. Als Organisator hat die Führungspersönlichkeit für die erforderlichen Arbeitsbedingungen zu sorgen. Als Trainer ist die Motivierung von Mitarbeitern die Hauptaufgabe. Des Weiteren vereinbart der Trainer die Ziele und Arbeitspakete und nimmt zu den Resultaten Stellung. Dieser Einflussfaktor bezieht sich auf die bevorzugten Führungsrollen der Projektleiter. [Gau00]

A.2 Handlungsfeld „Organisation“

Nr.	Handlungselement	Erläuterung
8	Aufbauorganisation	Die Aufbauorganisation befasst sich mit der Bildung organisatorischer Einheiten nach dem Zweck-Mittel-Prinzip. Den wichtigsten Anknüpfungspunkt der Organisation stellen dabei die in einem Unternehmen zu erfüllenden Aufgaben dar. Allgemein kann eine Aufgabe als „Zielsetzung für zweckbezogene menschliche Handlungen“ definiert werden. Mit der Zerlegung komplexer Aufgaben in Teileinheiten, der Stellenbildung und Festlegung der Kommunikations- und Weisungsbeziehungen schafft die Aufbauorganisation sozusagen die statische organisatorische Infrastruktur. Die daraus entstehenden Strukturen sind Koordinationsformen, die das Ordnungsprinzip der Organisation realisieren [UFL04-ol].
9	Entwicklungssystematik	Es handelt sich um konkrete, auf spezifische Erzeugnisse abgestimmte Phasen-Meilenstein-Vorgehensweisen, die von links nach rechts gelesen werden. Derartige Systematiken legen fest, was in welcher Reihenfolge zu tun ist, wer was wann zu liefern hat und wer an den bestimmten Meilensteinen zu entscheiden hat. [GEK01]
10	Kontinuierliche Verbesserung des Entwicklungsprozesses	Unter der kontinuierlichen Verbesserung des Entwicklungsprozesses wird ein systematischer, an der Unternehmensstrategie ausgerichteter Management-Prozess verstanden, der die Prozessleistungsfähigkeit hinsichtlich Zeit, Qualität und Kosten verbessern und optimieren und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen soll.
11	Qualitätsmanagement	Qualitätsmanagement bedeutet, den Entwicklungsprozess und das Produkt kontinuierlich zu verbessern, um den Kunden und Benutzer zufriedenzustellen. Es gilt, Ziele zu definieren, Pläne zum Erreichen dieser Ziele aufzustellen und deren Erfüllung zu überprüfen. [Tha93]
12	Wissensmanagement	Wissensmanagement ist ein ganzheitliches, integratives Konzept, das psychologische, organisatorische und informationstechnologische Faktoren beinhaltet, um die effektive Erschließung und den Transfer von Wissen zu gewährleisten. Durch den Einsatz eines Wissensmanagementsystems wird sowohl eine Steigerung der Unternehmensleistung erreicht als auch die Wettbewerbsfähigkeit gesichert. Darüber hinaus gewährt das System eine Übersicht über das im Unternehmen vorhandene Wissen und bietet somit die Möglichkeit, diese systematische zu nutzen [vgl. Standard- Definition der Unity AG]

Nr.	Handlungselement	Erläuterung
13	Produktinnovationsmanagement	Das Produktinnovationsmanagement umfasst die Analyse, Planung, Umsetzung und Kontrolle sämtlicher Aktivitäten zur Hervorbringung und Vermarktung von Leistungen, die für den Markt und/oder das Unternehmen neuartig sind. [nach Bruhn/Homburg 2001]
14	Anforderungsmanagement	Anforderungsmanagement ist ein Management-Prozess, der sich mit Anforderungsidentifikation, Anforderungsanalyse, Anforderungshandhabung und Anforderungsverwaltung befasst.
15	Internes Partnermanagement	Ressourcenplanung, Ressourcenschonung, gezielte Zurverfügungstellung von zeitlichen, finanziellen und technischen Ressourcen; Kapazitätsverwaltung; Bereitstellung von Infrastruktur; Verfolgung eingesetzter Ressourcen Sicherstellung des flexiblen Ressourceneinsatzes
16	Externes Partnermanagement	Externe Kunden, externe Lieferanten bezüglich der Produktentwicklung; Kundenbindung (einfache Beziehung mit Kunden, reaktive Beziehung mit Kunden, Verantwortung zeigende Beziehung, proaktive Beziehung, partnerschaftliche Beziehung); Externkooperation (Kooperation mit externen Experten und anderen Unternehmen, Kunden, Lieferanten); Netzwerk von Kontaktpersonen
17	Projektmanagement	Projektmanagement konzentriert den systematischen Management-Prozess auf die Verwirklichung jeweils eines Projektes von der Zieldefinition bis zur Projektverwirklichung unter Beachtung von Sach-, Kosten- und Terminzielen. Projektmanagement hat diese Funktionen: Projektdefinition, Projektplanung, Projektorganisation, Projektüberwachung, Projektsteuerung und Projektabschluss. [GF99]
18	Datenmanagement	Datenmanagement ist ein Management-Prozess, der aus der Beschaffung, Archivierung und Bereitstellung von Daten aller Produkte, Datenschutz und Datensicherheit besteht.
19	Technisches Risikomanagement	Risikomanagement ist ein Management-Prozess, der aus Risiko-Identifizierung, Risiko-Analyse, Risiko-Prioritätenbildung, Risiko-Management-Planung, Risiko-Überwindung und Überwachung besteht.
20	Änderungsmanagement des Produktes	Änderungsmanagement dient zur schnellen und flexiblen Umsetzung von Änderungen an Produkten. Änderungsmanagement schafft transparente Änderungsabläufe und frühzeitige Verteilung von Informationen über geplante Änderungen. Des Weiteren die Auswirkungen der geplanten

Nr.	Handlungselement	Erläuterung
		Änderungen vor einer Realisierung bewertet.
21	Variantenmanagement	Variantenmanagement ist ein Management-Prozess, der sich mit der Identifizierung, Auswahl und Verwaltung von Varianten im Produktlebenszyklus, besonders bei der Produktplanung beschäftigt.

A.3 Handlungsfeld „Technik“

Nr.	Handlungselement	Erläuterung
22	Werkzeugkopplung	Integrationstechnologien: Kopplung der verschiedenen CAE-Werkzeuge (Qualität der Systemschnittstellen) zur Konsistenzsicherung; Informationsverlust mangels ungeeigneter Schnittstellen (in Anlehnung an [And93]).
23	Einsatz von Entwicklungsmethoden	An die Entwicklungsaufgabe angepasster Einsatz der Entwicklungsmethoden und Entwicklungsmethodiken, günstiges Kosten-/ Nutzenverhältnis bzgl. Methodeneinsatz
24	Einsatz von Entwicklungswerkzeuge	Auswahl geeigneter Werkzeuge bezüglich der Entwicklungsaufgabe, der gewählten Entwicklungsmethode und weiterer eingesetzter Entwicklungswerkzeuge; günstiges Kosten-/ Nutzenverhältnis bzgl. Werkzeugeinsatz Verfügbarkeit der Entwicklungswerkzeuge bezüglich der Aufgabe (immer, sporadisch, nie)
25	Einsatz von Spezifikationstechniken	„Unter Spezifikation verstehen wir die Beschreibung eines Sachverhalts, wie die Gestalt eines mechanischen Bauteils, das Verhalten einer elektronischen Schaltung und den Ablauf einer Software.“ [GEK01]

B Entwicklungsstufen-Katalog

Der folgende Katalog ist eine Arbeits- und Diskussionsgrundlage zur Ermittlung des gegenwärtigen Zustands und des idealen Zustands der Produktentwicklung des betrachteten Unternehmens. Er dient in der vorliegenden Arbeit zur beispielhaften Erläuterung der Methode. Der Katalog ist das Ergebnis von Untersuchungen und Diskussionen mit Experten und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die im Katalog enthaltenen Entwicklungsstufen sind daher nicht als präskriptiv anzusehen. Der Stand des Kataloges ist der 27. April, 2004.

1 Personalbeschaffung

Die richtigen Mitarbeiter zur richtigen Zeit am richtigen Platz können über Erfolg oder Misserfolg eines Unternehmens entscheiden. Die Personalbeschaffung befasst sich mit der Bereitstellung der für das Unternehmen erforderlichen Arbeitskräfte in qualitativer (Eignung), quantitativer (Anzahl), zeitlicher und örtlicher Hinsicht. [Sto97]

Beschaffungsmittel: Personalberater, Inserate/Stellenanzeigen, Kontakte, Nachwuchspool, innerbetriebliche Stellenanzeigen, etc..

1A Etabliertes Personalbeschaffungssystem

Ein Personalbeschaffungssystem wird systematisch aufgebaut und gepflegt, das heißt dieses System ist fest definiert, standardisiert, in der Praxis umgesetzt und wird kontinuierlich verbessert. Es ist durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen charakterisiert:

- Der Personalbedarf wird systematisch ermittelt.
- Es sind die Stellen- /Tätigkeitsbeschreibungen vorhanden, in denen die Kerntätigkeiten und Zielen beschrieben sind. Die Anforderungsprofile sind vorhanden (fachliche Anforderungen wie Qualifikation und Erfahrungen, persönliche Anforderungen wie zum Beispiel Teamfähigkeit, Kreativität).
- Personalplanung wird systematisch und bedarfsgerecht durchgeführt. Die Vorauswahlkriterien werden anhand von Anforderungsprofilen festgelegt. Personalauswahl kann durch interne Versetzung, interne Beförderung oder externe Beschaffung stattfinden.
- Die Aufgaben und Rollen bei Auswahlverfahren sind festgelegt, das heißt wer am Auswahlverfahren zu beteiligen ist und welche Aufgaben und Verantwortlichkeiten Führungskraft, Personalabteilung und Entwicklungsabteilung im Auswahlverfahren übernehmen.
- Die neuen potenziellen Mitarbeiter werden durch Einsatz von Beschaffungsmitteln ausgesucht. Es erfolgt die interne und/oder externe Ausschreibung der Stelle/Funktion. Anschließend folgen Vorauswahl, Auswahlgespräch und Besetzungsentscheidung.

- Die Auswahl von geeignetem Personal erfolgt durch verschiedene Methoden, wie zum Beispiel Eignungsdiagnostik, Gespräche, Assessment-Center, Beobachtung, Bewertung, Tests, Arbeitsproben, etc.

1B Teilweise systematische Personalbeschaffung

Die Personalbeschaffung erfolgt teilweise systematisch, das heißt, dass die Methoden und Techniken des Personalbeschaffungssystems ansatzweise eingesetzt werden.

- Der Personalbedarf wird teilweise systematisch ermittelt.
- Die Stellen-/Tätigkeitsbeschreibungen als auch Anforderungsprofile für die Stellenbesetzung sind nur teilweise vorhanden. Personalplanung wird teilweise systematisch und teilweise bedarfsgerecht durchgeführt.
- Die Aufgaben und Rollen bei Auswahlverfahren sind nicht festgelegt, die Beteiligten an Auswahlverfahren werden eher spontan eingesetzt.
- Die neuen potenziellen Mitarbeiter werden durch Einsatz von Beschaffungsmitteln ausgesucht. Es erfolgt die interne und/oder externe Ausschreibung der Stelle/Funktion.
- Die Auswahl der Mitarbeiter ist teilweise methodisch unterstützt (Tests, Beobachtungstechniken, etc.)

1C Kein Personalbeschaffungssystem

Die Personalbeschaffung erfolgt zufällig und spontan.

- Der Personalbedarf wird nicht systematisch ermittelt.
- Die Stellen-/Tätigkeitsbeschreibungen als auch Anforderungsprofile sind unvollständig bzw. nicht vorhanden.
- Personalplanung wird nicht systematisch und bedarfsgerecht durchgeführt.
- Die Aufgaben und Rollen bei Auswahlverfahren sind nicht festgelegt. Die an der Auswahl Beteiligten sind spontan eingesetzt.
- Die Methoden und Techniken der Personalbeschaffung werden nur selten eingesetzt.

2 Fähigkeitseinsatz der Entwickler

Die Fähigkeiten einer Arbeitsperson bestimmen ihre maximale Leistungsfähigkeit. Der Einsatz der Entwickler hinsichtlich ihrer Fähigkeiten ist eine Voraussetzung, um die Effizienz und Effektivität des Entwicklungsprozesses zu steigern.

Anlagebedingte Fähigkeiten (Intelligenz, psychische Belastbarkeit, Kondition); Erworbenen Fähigkeiten (Fachkenntnisse, berufliche Erfahrung, trainierte Fähigkeiten); Qualifikation der Entwickler (Ausbildungsgrad: Schule, Lehre, Studium, FH, Praktikum, Trainee-Programm, Weiterbildung); Kreativität, Spontanität, Unkonventionalität

2A Systematischer Einsatz der Entwickler

Der Entwickler wird im Entwicklungsprozess entsprechend seiner anlagebedingten und besonders erworbenen Fähigkeiten eingesetzt. Dadurch werden seine Fähigkeiten voll implementiert, gefördert und gefordert. Ein

Versicherung das systematischer Einsatz der Entwickler ist praktiziert, berührt an diese Tätigkeiten und Maßnahmen, die eingesetzt werden:

- In Entwicklungsabteilungen werden alle Arbeitsstellen präzise beschrieben. Die Stellenbeschreibungen legen für die kleinste organisatorische Einheit – für die Stelle – fest, welche Ziele sie im Gefüge der Gesamtaufgabe zu erfüllen hat. Des Weiteren wird detailliert beschrieben welche Aufgaben zur Zielerreichung der Stelle wahrzunehmen sind. Ferner werden die Kompetenzen (im Sinne von Befugnissen) und Pflichten des Stelleinhabers beschrieben.
- Die Stellenbeschreibungen werden periodisch und systematisch aktualisiert um flexible Kooperationsformen nicht zu behindern.
- Für die Stellenbeschreibungen werden die erforderlichen Qualifikations- und Anforderungsprofile entwickelt, in denen genau beschrieben wird, welche Fachkenntnisse, berufliche Erfahrungen und trainierte Fähigkeiten der Entwickler haben muss, um die Arbeit effektiv durchführen zu können. Die persönlichen Fähigkeiten, wie systematisches Denken, Eigenständigkeit, Kommunikationsfähigkeit, etc., werden auch berücksichtigt.
- Die Arbeitsstellen werden anforderungs- und fähigkeitsgerecht besetzt.
- Bei Abweichungen von Fähigkeiten der Arbeitsperson und Anforderungen an die Arbeitsstelle werden Maßnahmen eingeleitet wie z.B. Weiterbildung, Fortbildung, Umschulung.
- Um den fähigkeitsgerechten Einsatz der Entwickler zu sichern, wird ein Controlling des fähigkeitsgerechten Einsatzes periodisch durchgeführt, wie zum Beispiel Controlling von Beurteilungs- und Fördergesprächen.

2B Teilweise systematischer Einsatz der Entwickler

Ein teilweise systematischer Einsatz der Entwickler ist charakterisiert durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen:

- Die Arbeitsstellen sind in Entwicklungsabteilung nur teilweise präzise beschrieben.
- Die Stellenbeschreibungen werden nur teilweise aktualisiert.
- Die Qualifikations- und Anforderungsprofile sind nur teilweise vorhanden.
- Dieser Art des Einsatzes der Entwickler kann zur großen Diskrepanzen führen, zwischen Anforderungen der Arbeitsstelle und Fähigkeiten der Entwickler. Die Maßnahmen, um diese Diskrepanzen zu korrigieren sind zwar eingeleitet, aber uneffektiv (Kosten, Zeitverzögerung, etc.).
- Es wird nur teilweise ein Controlling des fähigkeitsgerechtes Einsatzes und der Tätigkeiten die versichern die fähigkeitsgerechtes Einsatz der Entwickler durchgeführt.

2C Unsystematischer Einsatz der Entwickler

Der unsystematische Einsatz der Entwickler ist charakterisiert durch folgende Maßnahmen und Tätigkeiten:

- Die Arbeitsstellenbeschreibungen als auch die Anforderungsprofile für Stellenbesetzung sind unvollständig oder nicht vorhanden.
- Die Art des Einsatzes der Entwickler kann zur großen Diskrepanzen zwischen Fähigkeiten der Arbeitsperson und den Anforderungen an die Arbeitsstelle führen. Um diese Diskrepanzen zu beheben werden nur selten die Weiterbildungsmaßnahmen vorgeschlagen.
- Die erworbenen Fähigkeiten werden nicht gefördert und gefordert. Das kann zur Hemmung der weiteren Entwicklung der Professionalität der Entwickler führen.
- Es wird kein Raum geschaffen, um die Fähigkeiten wie Kreativität, Spontanität und Unkonventionalität einzusetzen und weiterzuentwickeln.
- Die Fähigkeiten der Entwickler werden bei deren Einsatz nicht besonders berücksichtigt und untersucht. Das Potenzial der Entwickler wird nicht wahrgenommen. Damit ist deren mögliche Leistung beschränkt.
- Es wird kein Controlling von Tätigkeiten die versichern ein fähigkeitsgerechter Einsatz der Entwickler durchgeführt.

3 Personalförderungsmaßnahmen

Personalförderung umfasst vorwiegend diejenigen Aktivitäten, die auf die Position im Betrieb und die berufliche Entwicklung des Einzelnen gerichtet sind. Aufgabe der Förderung ist es, Potentiale der Mitarbeiter herauszufinden und im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten zu entfalten. [Bec02]

Ein geeignetes Personalförderungsmaßnahmensystem für Fachlaufbahn und Führungslaufbahn kann die Produktivität und Leistungsfähigkeit des Unternehmens steigern.

3A Etabliertes System der Personalförderung

Ein System der Personalförderung wird durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen charakterisiert:

- Die unterstützenden Methoden zur Einführung neuer Mitarbeiter sind eingesetzt. Diese Einführung zielt auf emotionales, atmosphärisches Fußfassen des Mitarbeiters und auf Qualifizierungsmaßnahmen zur kompetenten Wahrnehmung der übertragenen Aufgaben. Der neue Mitarbeiter soll den „Still des Hauses“ kennen lernen, Verhaltensregeln beachten, gewohnte Verhältnisweisen ändern oder aufgeben. Dafür werden etablierte Methoden und Strategien benutzt (extreme Strategien, integrative Strategien).
- Zur systematischen Einführung von neuen Mitarbeitern gehört: Vorbereitung der Arbeitsaufnahme (Arbeitsmittel), Zeit-Maßnahmen-Plan mit Verantwortlichkeiten (Was, Wer, Wann), Kontaktgespräche mit dem neuen Mitarbeiter, fachliche und soziale Einführung, Eingliederung in die Arbeitsgruppe, etc.
- Die neuen Mitarbeiter werden unterstützt durch gründliche Einweisung und Einarbeitung in das Arbeitsgebiet.
- Zielvereinbarung und Leistungsbeurteilung sind die benutzten Methoden für Mitarbeiterförderung und Mitarbeiterführung.

- Feststellung und Beobachtung der Begabungen von Mitarbeitern bei Beförderung und Versetzung.
- Es werden Potentiale zu einem breiten Spektrum berufsrelevanter und extrafunktionaler Qualifikationen entwickelt.
- Aufstiegsorientierte Methoden werden eingesetzt: zum Beispiel Leistungsbeurteilung, strukturiertes Mitarbeitergespräch, Coaching und Mentoring, Potentialanalyse.
- Karriereplanung ist praktiziert. Es besteht aus Beratungsgesprächen der Mitarbeiter mit Führungskräften. Bei diesen Beratungsgesprächen wird die Karriere der Mitarbeiter initiativ geplant und gestaltet. Die Kernkompetenzen der Mitarbeiter, wie Kenntnisse, Fähigkeiten, Erfahrungen und Talente, werden analysiert. Daraus werden potentielle Berufs- und Tätigkeitsfelder abgeleitet, berufliche Zielvorstellungen entwickelt und selektiert. Die entsprechenden Handlungsoptionen werden festgelegt, zum Beispiel Beförderung, Weiterbildung, Auslandseinsatz, Projektarbeit oder auch verschiedene Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung (Job Enlargement, Job Enrichment, Job Rotation).
- Für Freistellung der Mitarbeiter werden unterstützende Methoden eingesetzt: Outplacement, Austrittsinterviews
- Teilweise systematische Personalförderung
- Eine teilweise systematische Personalförderung ist durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen charakterisiert:
- Die unterstützenden Methoden zur Einführung neuer Mitarbeiter sind nur teilweise eingesetzt. Die neuen Mitarbeiter werden bei der Einarbeitung in das Arbeitsgebiet nicht immer methodisch unterstützt.
- Auch bei Beförderung und Versetzung von Mitarbeitern werden nur teilweise Methode und Techniken eingesetzt.
- Karriereplanung wird ansatzweise methodisch unterstützt.

3B Unsystematische Personalförderung

Einführung, Einarbeitung, Beförderung und Versetzung der Mitarbeitern wird nicht methodisch unterstützt.

4 Weiterbildungsmaßnahmen

Die Weiterbildungsmaßnahmen stellen sicher, dass die Tätigkeiten wie geplant ausgeführt werden können und nicht mangels ausreichender Kenntnisse der Mitarbeiter ignoriert oder umgegangen werden. Mögliche Weiterbildungsmaßnahmen sind: innerbetriebliche Weiterbildung, Teilnahme an außerbetrieblichen Fortbildungsmaßnahmen, Umschulung, E-Learning.

4A Systematische Weiterbildungsmaßnahmen

Die Entwickler werden systematisch und kontinuierlich nach den Bedürfnissen der Aufgaben in der Entwicklung geschult und weitergebildet, um die Entwicklungsaufgaben effektiver und effizienter zu lösen.

- Der Schulungsbedarf für fachliche Weiterbildung und Führungsweiterbildung wird systematisch ermittelt.

- Die Schulungspläne werden vorbereitet: der Inhalt von Weiterbildung, die Zielformulierung (Reichweite und Richtung konkreter Aktivitäten), Anforderungen, Verfahren und Mittel zur Zielerreichung.
- Die geeigneten Schulungen werden ausgesucht und ausgewählt. Planungs- und Entscheidungsprozesse sind institutionell verankert und ein formaler Ablauf standardisiert und nachvollziehbar etabliert. Diese normative Vorbestimmung erfolgt zunehmend durch die Erarbeitung von Personalentwicklungskonzepten.
- Um die Effektivität und Effizienz der Weiterbildungsmaßnahmen zu sichern, wird Bildungscontrolling eingesetzt.
- Das Weiterbildungsmaßnahmensystem der Unternehmen ist fest definiert, standardisiert, in der Praxis umgesetzt und wird kontinuierlich verbessert.
- Verschiedene Arten der Weiterbildung werden praktiziert: innerbetrieblich und außerbetriebliche Weiter- und Fortbildung, Aufstiegsweiterbildung, Umschulung und E-learning.
- Die Intensität der Weiterbildung ist bei systematischen Weiterbildungsmaßnahmen proportional zu den Anforderungen der Aufgaben.

4B Teilweise systematische Weiterbildungsmaßnahmen

Weiterbildungsmaßnahmen werden durchgeführt, aber nur teilweise methodisch unterstützt.

- Der Schulungsbedarf für fachliche Weiterbildung als auch für Führungsweiterbildung wird nur teilweise systematisch analysiert.
- Die Schulungspläne werden vorbereitet: der Inhalt von Weiterbildung, die Zielformulierung (Reichweite und Richtung konkreten Aktivitäten), Anforderung an Verfahren und Mittel zur Zielerreichung sind bestimmt.
- Die geeigneten Schulungen werden ausgesucht und ausgewählt. Planungs- und Entscheidungsprozesse sind nicht institutionell verankert. Es werden nur teilweise Personalentwicklungskonzepte entwickelt.
- Die Intensität der Weiterbildung ist nicht immer zu Anforderungen der Aufgaben proportional.
- Weiterbildungsmaßnahmen sind nicht in allen Bereichen der Entwicklungsarbeit eingesetzt. Das kann heißen, dass der Schulungsbedarf nur teilweise erfüllt ist.
- Bildungs-Controlling wird nur ansatzweise oder gar nicht durchgeführt.

4C Unsystematische Weiterbildungsmaßnahmen

Die Weiterbildungsmaßnahmen sind unsystematisch durchgeführt, was folgendermaßen charakterisiert werden kann:

- Es wird kein Bedarf für Weiterbildung systematisch ermittelt.
- Es ist kein festes Weiterbildungssystem implementiert.
- Keine Personalentwicklungskonzepte werden entwickelt.
- Die Entwickler werden nur sporadisch geschult und weitergebildet.

- Kein Bildungs-Controlling wird durchgeführt.
- Oft passiert es, dass die Weiterbildungseffektivität nicht vorhanden ist und so werden diese Weiterbildungsmaßnahmen als negativer Kostenfaktor angesehen.
- Trotz intensiver Weiterbildung stellen sich keine Erfolge ein, da eine große Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Weiterbildung und dem Bedarf besteht.

4D Keine Weiterbildungsmaßnahmen

In der Entwicklungsabteilung werden keine Weiterbildungsmaßnahmen durchgeführt und/ oder praktiziert.

5 Motivierung der Entwickler

Unter Motivation wird die primäre Zuwendung zur Aufgabe verstanden. Die Arbeitszufriedenheit von Arbeitspersonen erleichtert deren Führung.

Zufriedenheit der Entwickler; Nicht-Unzufriedenheit; nach der Zwei-Faktoren-Theorie von Herzberg sind Motivatoren die Faktoren, die Arbeitszufriedenheit bestimmen (Leistung, Anerkennung, Arbeitsinhalt, Verantwortung, Beförderung, Wachstum), und Hygiene-Faktoren die Faktoren, die die Arbeitsunzufriedenheit bestimmen (Sicherheit, Status, Beziehung zu Untergebenen, Beziehung zu Kollegen, Beziehung zu Vorgesetzten, Arbeitsbedingungen, Überwachung, Unternehmenspolitik).

Anreizsysteme zur Motivation der Arbeitsperson (materielle und immaterielle Anreize)

5A Starke Förderung der Motivierung

- Ein festes Anreizsystem ist fest definiert, standardisiert und in der Praxis umgesetzt. Es wird kontinuierlich verbessert.
- Das Anreizsystem besteht aus materiellen und immateriellen Anreizen, diese werden eingesetzt um die Motivation der Mitarbeiter zu steigern. Zum Beispiel können zur Motivierung von Einzelpersonen eingesetzt werden: Materielle Anreizsysteme (Tantieme/Erfolgsbeteiligung, Individuelles Prämienlohnsystem) und immaterielle Anreizsysteme (Karriereplanung, Aufstiegschancen, Initiativrechte, Mitarbeitergespräche). [nach Hopfenbeck, 1989].
- Die Führungspersonen erkennen als einen der Haupterfolgsfaktoren die Mitarbeitermotivation.
- Die Personalführung unterstützt die Entwicklung der Motivatoren stark, weil sie die Zufriedenheit der Mitarbeiter steigern.
- Die Maßnahmen zur Eliminierung der Hygiene-Faktoren werden eingesetzt, weil sie häufig die Auslöser für eine unzufriedene Arbeitshaltung sind.

5B Unvollständiges Anreizsystem

- Die Anreizsysteme sind unvollständig entwickelt.
- Die Führungskräfte beschäftigen sich mit der Entwicklung der Motivatoren, um die Motivation der Mitarbeiter zu steigern.

- Die negative Wirkung der Hygiene-Faktoren wird nicht beherrscht. Oder im weitern Fall kann die negative Wirkung der Hygiene-Faktoren gut beherrscht aber die Entwicklung von Motivatoren nicht unterstützt werden.
- Deswegen kommt es häufig zu unzufriedener Arbeitshaltung. Anreizsysteme werden aufgebaut und nur teilweise eingesetzt.

5C Motivierung der Mitarbeiter nicht vorhanden

- Die Unternehmensführung legt keinen Wert auf die Motivierung der Arbeitnehmer.
- Keine festen Anreizsysteme sind hier entwickelt und implementiert.
- Sehr häufig sind die Mitarbeiter unzufrieden.
- Es mangelt an Motivation für die Arbeitsaufgaben.
- Es fehlt eine intensive Zuwendung zur Arbeit.
- Die Mitarbeiter identifizieren sich nicht mit den Unternehmenszielen.

6 Führungsstil

Es existieren verschiedene Führungsstile und Kombinationen daraus. Jeder bietet Vor- und Nachteile. Führungsstile können unter anderen nach der Kombination der Tiefe der Betonung der Produktion und der Betonung des Menschen [Nach Blake/Mouton 1968, Bullinger 1994] oder nach dem Zentralisierungsgrad eingeteilt werden.

6A Autoritärer Führungsstil

Diese Art der Führung wird wie folgt charakterisiert:

- Es ist ein klassischer Führungsstil, der durch Merkmale wie einsame Entscheidungen, penible Anweisungen oder harte Kontrolle charakterisiert wird.
- Der Vorgesetzte ist in erster Linie an Fakten interessiert. Erst dann kommen die Mitarbeiter und zwischenmenschliche Beziehungen.
- Bei diesem Führungsstil ist die Führung stark in der Produktentwicklung engagiert.
- Ziele für die Mitarbeiter werden vereinbart. Die Führungskräfte setzen die Prioritäten für die Entwicklungsarbeit.
- Der Arbeitsfortschritt und die Ergebnisse der Arbeit werden kontrolliert.

6B Partnerschaftlicher Führungsstil

Dieser Führungsstil wird wie folgt charakterisiert:

- Er wird durch Eigenständigkeit, Gemeinwohl, Meinungsfreiheit und Gleichberechtigung charakterisiert.
- Er kann auch als demokratisch bezeichnet werden.
- Die Möglichkeit der Mitarbeiter, sich kreativ zu entfalten, ist gegeben. Außenseiter können sich leicht eingliedern.
- Das Führungsverhalten zeichnet sich durch eine hohe Kooperationsbereitschaft aus.

- Gemeinsam mit den Mitarbeitern vereinbaren die Führungskräfte die Ziele, setzen Prioritäten und besprechen die Resultate.

6C „Laissez-faire“-Führungsstil

Diese Art der Führung wird wie folgt charakterisiert:

- Der Führungsstil wird als liberalistisch angesehen.
- Die Mitarbeiter haben Entscheidungsfreiheit und können selbstständig arbeiten.
- Es handelt sich um einen extremen Gegensatz zum autoritären Führungsstil.
- Die Führung engagiert sich nicht in bei der Durchführung der Entwicklungsarbeit.
- Höchstens die Aufgaben werden durch die Führungskräfte vorgegeben.
- Das Führungsverhalten kann durch hohe Delegationsbereitschaft charakterisiert werden.
- Den Mitarbeitern werden große Handlungsspielräume gewährt.

6D Kein durchgängiger Führungsstil

Die Führungskräfte praktizieren keinen durchgängigen Führungsstil. Der Führungsstil ist individuell und situationsgemäß geprägt. Führung wird Kombination der oben genannten Stile ausgeführt.

7 Führungsrollen

Die drei wesentlichen Rollen der Führungspersönlichkeit sind Fachmann, Organisator und Trainer. Bezogen auf die Fachaufgabe hat die Führungskraft dafür zu sorgen, dass Lösungsvorschläge erarbeitet und zur Entscheidung vorgelegt werden. Entscheidungen für Lösungen werden zusammen mit weiteren Mitarbeitern getroffen. Als Organisator hat die Führungspersönlichkeit für die erforderlichen Arbeitsbedingungen zu sorgen. Als Trainer ist die Motivierung von Mitarbeitern die Hauptaufgabe. Des Weiteren vereinbart der Trainer die Ziele und Arbeitspakete und nimmt zu den Resultaten Stellung. Dieser Einflussfaktor bezieht sich auf die bevorzugten Führungsrollen der Projektleiter [nach Gau00].

7A Alle drei Führungsrollen werden ausgeglichen beherrscht

7B Zwei der Führungsrollen werden beherrscht

7C Nur eine Führungsrolle wird beherrscht

8 Aufbauorganisation

Die Aufbauorganisation befasst sich mit der Bildung organisatorischer Einheiten nach dem Zweck-Mittel-Prinzip. Den wichtigsten Anknüpfungspunkt der Organisation stellen dabei die in einem Unternehmen zu erfüllenden Aufgaben dar. Allgemein kann eine Aufgabe als „Zielsetzung für zweckbezogene menschliche Handlungen“ definiert werden. Mit der Zerlegung komplexer Aufgaben in Teileinheiten, der Stellenbildung und Festlegung der Kommunikations- und Weisungsbeziehungen schafft die Aufbauorganisation sozusagen die statische organisatorische Infrastruktur. Die daraus entste-

henden Strukturen sind Koordinationsformen, die das Ordnungsprinzip der Organisation realisieren [UFL04-ol].

8A Klassische funktionsbezogene Organisation

- Diese Aufbauorganisation stark hierarchisch geprägt.
- Die Arbeit wird strikt nach Funktionen aufgeteilt .
- Charakteristisch für diese Art der Organisationsform ist die Informationsbelastung an der Spitze.
- Sie verursacht lange Kommunikationswege. Daraus ergeben sich Übermittlungsfehler, Schnittstellen und mangelnde Flexibilität. Dies spiegelt sich an einem negativen Kosten/Nutzenverhältnis.

8B Matrixorganisation

Durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Kriterien entstehen Organisationsstrukturen, die eine mehrdimensionale Gliederung aufweisen. Matrixorganisation ist die bekannteste, bei der zwei Kriterien miteinander verbunden werden. In der klassischen Matrixorganisation sind dies funktions- und objektorientierte Kriterien.

Einen Sonderfall der Matrixorganisation stellt das Projektmanagement dar. Hier wird die zweite Dimension der Matrix von zeitlich befristeten Projekten gebildet. Mitarbeiter werden nur auf Dauer eines Projektes einem Projektteam zugeordnet, bleiben aber auch ihrem funktionalen Bereich unterstellt und kehren nach Abschluss des Projektes wieder dahin zurück [UFL04-ol].

8C Tensororganisation

Es ist eine dreidimensionale Organisationsstruktur, die nach Verrichtungen, Objekten und Regionen gegliedert ist. Diese Art der Aufbauorganisation ist aufgrund der großen Komplexität praktisch nur selten anzutreffen [UFL04-ol].

8D Spartenorganisation (Small Business Units)

Die Erstellung und Vermarktung der Marktleistung für ein strategisches Geschäftsfeld wird unter eine Leitung gestellt. Diese führt die Geschäftseinheit (Sparte, Division) konsequent nach unternehmerischen Zielen. Das wesentliche Steuerinstrument ist die Managementserfolgs-/Deckungsbeitragsrechnung. Die finanziellen Aktivitäten erfolgen in der übergeordneten Holding [Bec02]

8E Keine Unternehmensorganisation

In dem betrachteten Unternehmen ist keine Art der Aufbauorganisation vorhanden.

9 Entwicklungssystematik

Es handelt sich um konkrete, auf spezifische Erzeugnisse abgestimmte Phasen-Meilenstein-Vorgehensweisen. Derartige Systematiken legen fest, was in welcher Reihenfolge zu tun ist, wer was wann zu liefern hat und wer an den bestimmten Meilensteinen zu entscheiden hat. [Gau01]

9A Definierte und verfolgte Entwicklungssystematik

- Ein Entwicklungsprozess ist fest definiert und standardisiert hinsichtlich der Reihenfolge, in der die Entwicklungsarbeit abläuft, wer was wann zu liefern hat und wer an den bestimmten Meilensteinen zu entscheiden hat. Das heißt, dass alle relevanten Aktivitäten und Informationen, alle Eingangszustände der jeweiligen Entwicklungsaktivitäten und auch die Ausgangszustände im Produktentwicklungsprozess beschrieben sind.
- Zur Darstellung werden verschiedenen Methoden und Spezifikationen benutzt: zum Beispiel OMEGA oder die Ordnungsmatrix zur Konstruktionstechnik. Die Darstellung kann in einen Workflow, ein Handbuch etc. umgesetzt werden.
- Die Entwicklungssystematik wird bei der Entwicklungsarbeit konsequent verfolgt. Das bedeutet, dass aus ihr alle Entwicklungstätigkeiten abgeleitet werden.
- Eine definierte Entwicklungssystematik bringt Transparenz in die Entwicklungsarbeit.
- Die Effizienz und Effektivität der Entwicklungssystematik wird kontinuierlich überwacht, verbessert und optimiert.

9B Definierte, aber flexibel ausgelegte Entwicklungssystematik

- Die Entwicklungssystematik ist definiert hinsichtlich der Reihenfolge, in der die Entwicklungsarbeit abläuft, wer was wann zu liefern hat und wer an den bestimmten Meilensteinen zu entscheiden hat.
- Diese Entwicklungssystematik wird jedoch bei der Entwicklungsarbeit nicht konsequent verfolgt.

9C Teilweise definierte Entwicklungssystematik

- Der Entwicklungsarbeitsablauf ist teilweise definiert. Das heißt, einige Entwicklungsprozessabschnitte sind klar definiert hinsichtlich der Reihenfolge der Arbeit und Zuständigkeit. Einige Abschnitte des Entwicklungsprozesses sind nicht berücksichtigt.

9D Nicht definierte Entwicklungssystematik

- Der Entwicklungsarbeitsablauf ist nicht definiert.
- Das verursacht sehr oft einen chaotischen und unsystematischen Arbeitsablauf.
- Es mangelt an Transparenz der Arbeit.

10 Kontinuierliche Verbesserung des Entwicklungsprozesses

Unter der kontinuierlichen Verbesserung des Entwicklungsprozesses wird ein systematischer, an der Unternehmensstrategie ausgerichteter Management-Prozess verstanden, der die Prozessleistungsfähigkeit hinsichtlich Zeit, Qualität

und Kosten verbessern und optimieren und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen soll.

10A Etablierter kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess ist durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen charakterisiert:

- Die Bereiche für Verbesserungen des Entwicklungsprozesse werden systematisch identifiziert. Zur Untersuchung wird ein Projekt (Formalisierung des Projektes durch eine Projektgruppe) ausgewählt. Anhand dieses Projektes wird der Prozess untersucht und die zu verbessernde Merkmale werden identifiziert. Der Ist-Stand der Merkmale wird gemessen und dokumentiert.
- Es werden Messpläne entwickelt und die Messungen werden entsprechend durchgeführt.
- Auf Grundlage der Daten, die mit Hilfe statischer Analysen gesammelt wurden, werden die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Merkmalen ermittelt. Auf dieser Basis werden Verbesserungsziele gesetzt. Es werden ein oder mehrere Verbesserungskonzepte entwickelt.
- Kosten-Nutzen-Analysen werden eingesetzt, um die Verbesserungskonzepte zu beurteilen. Das geeignete Konzept wird dann in die Praxis umgesetzt.
- Es erfolgt eine systematische und kontinuierliche Verbesserung mit dem Ziel, den Entwicklungsprozess zu optimieren. Es kann sich um Verbesserungen in kleinen Schritten oder um radikale Verbesserungen mit großer Breitenwirkung handeln. Wichtig ist, dass es sich um einen Verbesserungsprozess handelt, der systematisch durchgeführt und gepflegt wird.
- Des Weiteren werden Messungen durchgeführt, um festzustellen, wie weit die Organisation den Prozess zur ständigen Verbesserung unterstützt und ob die Verbesserungen auch effektiv und effizient sind. Weiterhin wird geprüft, ob die geplanten Verbesserungen auch erreicht wurden. (Controlling des Verbesserungsprozesses).
- Die Arbeit des Verbesserungsteams wird regelmäßig überprüft.
- Der Verlauf des Verbesserungsprozesses wird dokumentiert, um die Erfahrungen und Ergebnisse abzusichern.

10B Punktuelle Verbesserungsmaßnahmen

- Verbesserungen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit erfolgen unsystematisch und spontan.
- Verbesserungspotential werden nicht systematisch identifiziert.
- Die punktuell durchgeführten Verbesserungsmaßnahmen werden nur teilweise methodisch unterstützt.
- Nicht immer sind die einzelnen Veränderungen aufeinander abgestimmt. Damit entsteht die Gefahr, dass die implementierten Verbesserungen eher ein negativer Kostenfaktor sind als die erwarteten Resultate zu bringen.

- Der Verlauf des Verbesserungsprozesses wird dokumentiert, um die Erfahrungen und Ergebnisse abzusichern.

10C Keine Verbesserungsmaßnahmen

Es wird kein Prozess zur Verbesserung der Entwicklungsarbeit durchgeführt.

11 Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement bedeutet, den Entwicklungsprozess und das Produkt kontinuierlich zu verbessern, um den Kunden und Benutzer zufriedenzustellen. Es gilt, Ziele zu definieren, Pläne zum Erreichen dieser Ziele aufzustellen und deren Erfüllung zu überprüfen. [Tha93]

11A Systematisches Qualitätsmanagement

Ein Qualitätsmanagementsystem ist durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen charakterisiert, die in jedem Entwicklungsprojekt eingesetzt werden:

- Ein standardisiertes Verfahren des Qualitätsmanagements ist vorhanden (Qualitätsplanung, Qualitätsmessung).
- Es werden die Bedürfnisse des Unternehmens und des Kunden bzw. Benutzers hinsichtlich der Qualität betrachtet und berücksichtigt. Die Bedürfnisse des Unternehmens und des Kunden können in Bezug auf die funktionellen Anforderungen an das Produkt, die Qualitätsziele und den definierten Entwicklungsprozess zurückverfolgt werden.
- Messbare Ziele und Prioritäten für die Qualität des mechatronischen Produktes werden in Zusammenarbeit mit den Kunden bzw. Benutzern festgelegt. Die Metriken und die geforderten Zielgrößen für die Produkt- als auch die Prozessqualität sind definiert. Die Qualitätsziele des Unternehmens werden regelmäßig überprüft.
- Die Qualitätsmessungen werden kontinuierlich durchgeführt, um das Erreichen von Qualitätszielen zu überwachen.
- Die Ergebnisse der Überprüfungen werden den Mitarbeitern und der Führung mitgeteilt. Somit ist die Führung rechtzeitig über evtl. Abweichungen und Fehler informiert und kann geeignete Maßnahmen ergreifen, um das erneute Auftreten zu verhindern. Ein Konzept für Maßnahmen bei Qualitätsabweichungen ist vorhanden.
- Die Abweichungen bei der Produktqualität werden dokumentiert und nach einem vorgeschriebenen Verfahren weiterbehandelt: Die Faktoren, die zu dem Problem geführt haben, werden identifiziert (Ursache-Analyse), korrigiert (Lösungs-Analyse) und beseitigt. Gegebenenfalls werden die Produkte und der Entwicklungsprozess angepasst, um den Prozess und die Produktqualität mit den Unternehmenszielen in Einklang zu bringen.
- Die Ergebnisse des Änderungseffektes bei Fehlern werden dokumentiert und überprüft. Die Fähigkeit des Entwicklungsprozesses zur Erfüllung der Qualitätsziele wird beurteilt und dokumentiert.
- In Bereichen wie Zuverlässigkeit und Sicherheit werden spezialisierte Ingenieure tätig, um die Qualitätsziele zu etablieren und den gemachten Fortschritt zu verfolgen.

- Es werden geeignete Werkzeuge zur Messung, zur Verfolgung und zum Analysieren der Qualität eingesetzt.
- Die Mitarbeiter werden in regelmäßigen Abständen auf dem Gebiet des Qualitätsmanagements geschult.
- Obwohl das Qualitätsmanagement selbst eine Kontrollinstanz ist, findet auch hier eine periodische Überprüfung aller Tätigkeiten statt.
- Die standardisierten Verfahren des Qualitätsmanagements werden kontinuierlich verbessert und optimiert.

11B Unsystematisches Qualitätsmanagement

Unsystematisches Qualitätsmanagement ist charakterisiert durch folgende Punkte:

- Es ist kein standardisiertes Verfahren des Qualitätsmanagements vorhanden.
- Die Qualitätsziele des Produktes und des Entwicklungsprozesses werden unsystematisch festgelegt, das heißt ihre Auswahl erfolgt ohne methodische Unterstützung.
- Es werden Metriken und die geforderten Zielgrößen für Produkt- und Prozessqualität definiert.
- Die Qualitätssmessungen werden nicht kontinuierlich durchgeführt. Ein Konzept für Gegenmaßnahmen bei Qualitätsabweichungen existiert nur ansatzweise.
- Wenn die Abweichungen identifiziert sind, werden die Ursachen lokalisiert, korrigiert und beseitigt. Die Dokumentation des Verfahrens des Qualitätsmanagements wird nicht vollständig durchgeführt. Werkzeuge zur Messung, zur Verfolgung und zur Analyse der Qualität werden nur ansatzweise eingesetzt.
- Die Maßnahmen des Qualitätsmanagements werden nicht im jedem Entwicklungsprojekt eingesetzt.
- Ein Controlling von Tätigkeiten des Qualitätsmanagements wird nur ansatzweise durchgeführt.

11C Kein Qualitätsmanagement

Es wird keine der oben genannten Maßnahmen des Qualitätsmanagements bei der Entwicklungsarbeit praktiziert.

12 Wissensmanagement

Wissensmanagement ist ein ganzheitliches, integratives Konzept, das psychologische, organisatorische und informationstechnologische Faktoren beinhaltet, um die effektive Erschließung und den Transfer von Wissen zu gewährleisten. Durch den Einsatz eines Wissensmanagementsystems wird sowohl eine Steigerung der Unternehmensleistung erreicht als auch die Wettbewerbsfähigkeit gesichert. Darüber hinaus gewährt das System eine Übersicht über das im Unternehmen vorhandene Wissen und bietet somit die Möglichkeit, dieses systematische zu nutzen [vgl. Standard-Definition der Unity AG]

12A Systematisches Wissensmanagement

Ein systematisches Wissensmanagement ist charakterisiert durch folgende Tätigkeiten:

- Das Wissensmanagement wird als eine Aufgabe der Unternehmensführung angesehen. Diese stellt es in den Vordergrund der Führungsaufgabe und erkennt das enorme Potenzial des Wissensmanagements.
- Es werden Unternehmensziele bezüglich des Wissensmanagements formuliert, zum Beispiel welches Wissen für den Unternehmenserfolg wichtig ist.
- Die Kernkompetenzen des Unternehmens sowie eine Strategie zum Aufbau des Wissensmanagementsystems sind festgelegt.
- Ein Konzept zur Identifizierung von Wissen, zur Ermittlung von Wissensquellen ebenso wie von Wissenslücken im Unternehmen ist vorhanden.
- Das Wissensmanagement wird durch intelligente Softwaresysteme bei der Auswahl der gewünschten Informationen unterstützt. Wissensdatenbanken und/oder Bibliotheken werden den Mitarbeitern zur Verfügung gestellt.
- Die Mitarbeiter werden geschult, um das Wissensmanagementsystem zu benutzen.
- Das Wissensmanagementsystem wird in allen Bereichen des Unternehmens angewendet. Die organisatorischen Maßnahmen sind eingeleitet, um die Integration des Wissensmanagementsystems in die Arbeitsprozesse des Unternehmens zu unterstützen.
- Wissen mit entsprechend größerem Umfang und Detaillierungsgrad wird in allen Unternehmensbereichen zentral und systematisch erzeugt und gesammelt (natürliche und künstliche Speichersystem-Datenbanken).
- Ein Controlling der Tätigkeiten des Wissensmanagements wird periodisch durchgeführt.

12B Teilweise systematisches Wissensmanagement

Charakteristisch für diese Art der Wissensverwaltung sind folgende Maßnahmen und Tätigkeiten:

- Das Wissensmanagement steht nicht im Vordergrund der Führungsaufgabe.

- Die Unternehmensziele bezüglich des Wissensmanagements sind nicht formuliert.
- Ein Konzept zur Identifizierung von Wissen und von Wissensquellen sowie von Wissenslücken im Unternehmen ist unvollständig.
- Die Auswahl der gewünschten Informationen nur teilweise oder gar nicht durch Softwaresysteme unterstützt. Die Wissensdatenbanken und/oder Bibliotheken werden den Mitarbeitern nur eingeschränkt zur Verfügung gestellt.
- Die Maßnahmen des Wissensmanagements werden nicht in allen Bereichen des Unternehmens angewendet. Das Wissensmanagement wird nur teilweise in die Arbeitsprozesse des Unternehmens eingebunden.
- Wissenspotenziale werden nur teilweise in Abstimmung mit den Strategien und Zielen des Unternehmens geschaffen und gesichert.
- Wissen mit entsprechend größerem Umfang und Detaillierungsgrad wird nur teilweise zentral und systematisch erzeugt und gesammelt.
- Es erfolgt nur ein teilweises oder überhaupt kein periodisches Controlling der Tätigkeiten bezüglich des Wissensmanagements.

12C Kein Wissensmanagement

Es wird kein Wissensmanagement bei der Entwicklungsarbeit praktiziert. Dies kann durch die folgende Aussage charakterisiert werden:

„Nahezu alles Wissen steckt in den Köpfen von Menschen. Es gibt Verzeichnisse und Dateiordner, aber das gesamte Arrangement ist eher darauf angelegt, den Zugang und die allgemeine Nutzung des Wissens zu verhindern, als zu fördern.“ [Wil95]

Die Wissenssammlung und –verwaltung erfolgt dezentral, woraus eine immer wiederkehrende umfangreiche Datenbeschaffungen für denselben Sachverhalt resultiert.

13 Produktinnovationsmanagement

Das Produktinnovationsmanagement umfasst die Analyse, Planung, Umsetzung und Kontrolle sämtlicher Aktivitäten zur Hervorbringung und Vermarktung von Leistungen, die für den Markt und/oder das Unternehmen neuartig sind. [nach Bruhn/Homburg 2001]

Phasen im Produktinnovationsprozess: Gewinnen und Bewerten von Produktideen, Entwickeln und Prüfen von Produktkonzepten, Feinauswahl und Verbessern von Produktkonzepten, Entwickeln und Prüfen von neuen Produkten, Markteinführung von neuen Produkten.

13A Systematisches Produktinnovationsmanagement

Ein Produktinnovationsmanagementsystem basiert auf diesen Maßnahmen und Tätigkeiten:

- Der Produktinnovationsprozess ist im Unternehmen fest definiert und standardisiert. Dieser Prozess wird gezielt im Einklang mit der Unternehmensstrategie gesteuert. Die Tätigkeiten des Produktinnovationsmanagements werden kontinuierlich verbessert und optimiert.

- Es werden Produktstrategien entwickelt, um die Qualität und die Aktualität des Produktes zu verbessern und um die vorgegebenen Unternehmensziele zu erreichen.
- Es Ideenmanagement wird durchgeführt um innovative Ideen systematisch zu generieren und zu sammeln. Die Ideensammlung erfolgt auf unternehmensinterner (Kundendienstberichte, Kundenanfragen, betriebliches Vorschlagswesen, Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung, etc.) und unternehmensexterner (Kunden, Experten, Absatzmittler, Konkurrenz, Forschungsinstitute und Technologieberater, etc.) Ebene. Es werden Kreativitätstechniken zur Verstärkung der Intuition und systematisch-analytische Ansätze, wie zum Beispiel Checklisten und Funktionsanalysen eingesetzt.
- Die potenziellen innovativen Ideen werden im Rahmen der Unternehmensorientierung analysiert, bewertet und ausgewählt. Die Kriterien zur Auswahl sind zum Beispiel: Zielsetzung des Unternehmens, Verkaufsprogramm, Unternehmensstrategie, Umsatzziele und Produktionsprogramm.
- Die ausgewählten innovativen Ideen werden weiterverfolgt. Die Produktkonzepte werden entwickelt und insbesondere auf folgende Aspekte überprüft: angestrebte Zielgruppen, Nutzenversprechen, funktionale und formal-ästhetische Produkteigenschaften. [nach Bruhn, 1997]
- Die Produktkonzepte werden durch Befragung von potenziellen Kunden oder Händlern in Bezug auf ihre Attraktivität für die Verbraucher überprüft. Die benutzten Methoden zur Unterstützung sind zum Beispiel Fokusgruppengespräche, qualitative Einzelinterviews oder einfache Fragebögen.
- In den folgenden Phasen des Produktinnovationsmanagements findet eine Feinauswahl und die Verbesserung der Produktkonzepte statt. Es schließen sich Entwicklung, Prüfung und Markteinführung von neuen Produkten an.
- Der Nutzen der Innovationen wird kontinuierlich überwacht und gemessen. Dazu werden die Funktionalität und Qualität des Produktes bewertet, wobei die Anzahl, Art und Schwere der entdeckten Fehler aufgezeichnet und ihre Beseitigung dokumentiert werden.
- Alle Tätigkeiten des Produktinnovationsmanagements werden kontinuierlich überwacht (Controlling).

13B Teilweise systematisches Produktinnovationsmanagement

Das Innovationsmanagement erfolgt teilweise systematisch und ist teilweise beherrscht. Nur ein Teil der oben genannten Maßnahmen des Innovationsprozesses wird durchgeführt:

- Der Produktinnovationsprozess ist im Unternehmen nicht standarisert und nur teilweise definiert.
- Es werden Produktstrategien entwickelt, um die Qualität und die Aktualität des Produktes zu verbessern.
- Das Ideenmanagement wird durchgeführt, wobei die innovativen Ideen jedoch nur teilweise systematisch ausgesucht und gesammelt

werden. Bei der Ideensammlung werden ansatzweise Kreativitätstechniken zur Unterstützung eingesetzt.

- Die potenziellen innovativen Ideen werden analysiert, bewertet und ausgewählt. Dieser Prozess wird ansatzweise methodisch unterstützt.
- Die ausgewählten innovativen Ideen werden eingesetzt. Die Produktkonzepte werden entwickelt und überprüft. Die Implementierung der innovativen Konzepte wird teilweise systematisch geplant. Das heißt, die Pläne können unvollständig sein und nicht alle Risiken werden berücksichtigt.
- Die Umsetzung der Innovationen wird nur teilweise oder nicht kontinuierlich überwacht und gemessen.
- Die Tätigkeiten des Produktinnovationsmanagements werden nicht kontinuierlich überwacht.

13C Kein Produktinnovationsmanagement

- In dieser Ebene erfolgt der Innovationsprozess ganz unsystematisch und nicht transparent.
- Der Innovationsprozess wird nicht gezielt gesteuert.
- Die Innovationen sind mehr oder weniger Zufall.

14 Anforderungsmanagement

Anforderungsmanagement ist ein Management-Prozess, der sich mit Anforderungsidentifikation, Anforderungsanalyse, Anforderungshandhabung und Anforderungsverwaltung befasst.

14A Systematisches Anforderungsmanagement

Es ist ein standardisiertes Verfahren zur Anforderungsverwaltung vorhanden, nach dem bei allen Entwicklungsprojekten die Anforderungen an das Produkt identifiziert, gesammelt, analysiert und ausgewählt werden. Dieses System beeinflusst folgende Maßnahmen und Tätigkeiten:

- Die Anforderungen an das Produkt werden zusammen mit Kunden bzw. Endbenutzern und Entwicklern identifiziert und gesammelt.
- Für jedes Projekt werden verantwortliche Personen benannt, um die Anforderungen an das Produkt zu analysieren und den zugehörigen Teile des mechatronischen Systems zuzuordnen. Bei der Analyse der Anforderungen wird überprüft, ob keine Widersprüche auftreten, ob der Anforderungs-Katalog vollständig ist und ob die Anforderungen realisierbar sowie klar und eindeutig formuliert sind. Die Anforderungen, bei denen Fehler gefunden werden, werden mit Entwicklern, Kunden bzw. Endbenutzern diskutiert und gegebenenfalls erfolgt eine Änderung des Anforderungs-Katalogs.
- Die ausgewählten Anforderungen werden ins Lastenheft geschrieben. Alle Dokumente über Anforderungen und deren Änderungen werden zentral verwaltet. Sie werden im Entwicklungsfortschritt laufend aktualisiert.
- Zur Unterstützung werden IT-Werkzeuge zum Verwalten und Ändern technischer Dokumente eingesetzt. Zum Beispiel: Textverarbeitungs-

systeme, Spreadsheet-Programme, Werkzeuge zum Verfolgen der Anforderungen (z.B. DOORS).

- Die Tätigkeiten bezüglich der Anforderungen werden in regelmäßigen Abständen überprüft (Controlling).

14B Teilweise systematisches Anforderungsmanagement

Die identifizierten Anforderungen an das Produkt werden nur teilweise systematisch gesammelt und in Datenbanken abgelegt. Nur ein Teil der Maßnahmen wird durchgeführt:

- Die Anforderungen an das Produkt werden ansatzweise zusammen mit Kunden bzw. Endbenutzern und Entwicklern identifiziert und gesammelt.
- Es werden verantwortliche Personen benannt, um die Anforderungen an das Produkt zu analysieren und den zugehörigen Teilen des mechatronischen Systems zuzuordnen.
- Die Anforderungen werden teilweise systematisch überprüft und analysiert.
- Die ausgewählten Anforderungen werden ins Lastenheft geschrieben. Die Dokumente über Anforderungen und deren Änderungen werden nur teilweise verwaltet und aktualisiert.
- Zur Unterstützung werden keine IT-Werkzeuge zum Verwalten und Ändern von technischen Dokumenten eingesetzt.
- Die Tätigkeiten bezüglich der Anforderungen werden ansatzweise überprüft.
- Kein Anforderungsmanagement
- Die Identifikation, Sammlung, Analyse und Auswahl der Anforderungen erfolgt nicht systematisch und nicht über den ganzen Bereich dieser Tätigkeiten.
- Nicht alle identifizierten Anforderungen werden in Datenbanken, bzw. in anderen Archivierungsmitteln abgelegt.

15 Internes Partnermanagement

Interne Kunden (Vertrieb, Fertigung), interne Lieferanten bezüglich der Produktentwicklung (Auftraggeber und -nehmer für die Entwicklungsabteilung: Vertrieb und Fertigung); Kundenbindung (einfache Beziehung mit Kunden, reaktive Beziehung mit Kunden, verantwortungszeigende Beziehung, proaktive Beziehung, partnerschaftliche Beziehung)

Internkooperation (Kooperation im Team, mit anderen Entwicklungsteams, zwischen Abteilungen); Netzwerk von Kontaktpersonen

15A Systematisches internes Partnermanagement

Ein systematisches Partnermanagement ist durch eine hohe Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit auf interner Ebene gekennzeichnet. Es ist charakterisiert durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen:

- Das interne Netzwerk zur Kooperation von Teammitgliedern mit anderen Entwicklungsteams und zwischen Abteilungen (interne Lieferanten und interne Kunden wie bei Auftraggeber und Abnehmer für

Entwicklungsabteilung: Vertrieb und Fertigung) ist systematisch aufgebaut und wird gepflegt.

- Die Teamzusammenarbeit sowie teamübergreifende Zusammenarbeit mit weiteren Entwicklungsteams (domänenübergreifende Zusammenarbeit), bzw. zwischen Abteilungen (zum Beispiel zwischen Entwicklung und Fertigung) wird stark gefördert.
- Die internen Lieferanten und Kunden sind in den Entwicklungsprozess integriert und am Entscheidungsprozess beteiligt. Es sind feste Schnittstellen definiert.
- Es wird ein Klima und eine Arbeitsumgebung gefördert, die zu gegenseitiger Gesprächsbereitschaft, Unterstützung, Teamarbeit und Koordination von Themenbereichen und Problemen innerhalb der Organisation führen sollen.
- Es wird ein dokumentiertes Verfahren befolgt, bei dem Personen und Gruppen verschiedener Disziplinen in geordneter Weise zusammenarbeiten. Die Rollen im Projektteam werden klar festgelegt. „Spielregeln“ der Zusammenarbeit werden am Anfang der Zusammenarbeit vereinbart, akzeptiert und im Verlauf der Arbeit eingehalten.
- Es werden ausreichende Ressourcen bereitgestellt, darunter finanzielle Mittel, um die Kooperation und Koordination zwischen Beteiligten durchführen zu können.
- Es werden regelmäßige Treffen organisiert (Statusberichte zu den Aktivitäten, Abstimmung der Anforderungen etc.).
- Die Aktivitäten und Maßnahmen der Kooperation und die Kooperationsbereitschaft werden regelmäßig überprüft und kontinuierlich verbessert.

15B Teilweise systematisches internes Partnermanagement

Bei teilweise systematischem Partnermanagement ist die Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit der Entwicklungsabteilung nur bedingt ausgeprägt und wird nur auf interner Ebene gepflegt:

- Das interne Netzwerk zur Kooperation zwischen Teammitgliedern, anderen Entwicklungsteams und Abteilungen wird nur teilweise aufgebaut und gepflegt.
- Die Teamzusammenarbeit sowie teamübergreifende Zusammenarbeit mit weiteren Entwicklungsteams (domänenübergreifende Zusammenarbeit), bzw. zwischen Abteilungen (zum Beispiel zwischen Entwicklung und Fertigung) wird nur in Einzelfällen gefördert.
- Die internen Lieferanten und Kunden sind teilweise in den Entwicklungsprozess integriert und am Entscheidungsprozess beteiligt.
- Ein Klima und eine Arbeitsumgebung, die der Verbesserung der gegenseitigen Gesprächsbereitschaft, Unterstützung, Teamarbeit und Koordination von Themenbereichen sowie Problemen innerhalb der Organisation dienen, werden nur ansatzweise oder gar nicht gefördert.
- Es ist kein Konzept vorhanden bei dem beschrieben wird, wie die Personen und Gruppen verschiedener Disziplinen in geordneter

Weise zusammenarbeiten können. Die Rollen im Projektteam werden nur teilweise festgelegt.

- Es arbeiten lediglich die Gruppenleiter mit Vertretern anderer Disziplinen zusammen, um die technischen Aktivitäten zu koordinieren und die dabei auftauchenden Probleme zu lösen.
- Die Aktivitäten und Maßnahmen der Kooperation und die Kooperationsbereitschaft werden nicht regelmäßig überprüft.

15C Kein internes Partnermanagement

Kontaktaufbau und -pflege werden auf der internen Ebene der Kooperation vernachlässigt. Die Kommunikation zu internen Partnern beruht fast ausschließlich auf persönlichen Kontakten.

16 Externes Partnermanagement

Externe Kunden, externe Lieferanten bezüglich der Produktentwicklung; Kundenbindung (einfache Beziehung mit Kunden, reaktive Beziehung mit Kunden, Verantwortung zeigende Beziehung, proaktive Beziehung, partnerschaftliche Beziehung)

Externkooperation (Kooperation mit externen Experten und anderen Unternehmen, Kunden, Lieferanten); Netzwerk von Kontaktpersonen

16A Systematisches externes Partnermanagement

Systematisches Partnermanagement ist durch eine hohe Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit auf externer Ebene gekennzeichnet.

- Das externe Netzwerk der Kooperation zwischen Lieferanten und Kunden als auch mit Experten (Forschungsinstitute, Technologieberater) und weiteren Unternehmen wird systematisch aufgebaut und gepflegt.
- Externe Lieferanten und Kunden sind in den Entwicklungsprozess integriert und am Entscheidungsprozess beteiligt. Die Beziehung zum Lieferanten und Kunden ist partnerschaftlich und verantwortungsvoll, was zu hoher Zufriedenheit führt.
- Es wird eine begrenzte Anzahl von Lieferanten ausgewählt, um mit diesen partnerschaftlich zu arbeiten, so dass beide Unternehmen davon profitieren können.
- Die Kunden werden kontinuierlich nach Daten zur Entwicklung von Produkten, Zufriedenheit mit existierenden Produkten und weiteren erforderlichen Informationen befragt. Verschiedene Methoden zur Sammlung von Kundendaten werden eingesetzt, zum Beispiel: Referenzgruppen und Interviews. Die Kundenbeschwerden und Rückmeldungen von Kunden in Form von Garantieberichten werden gesammelt und dokumentiert. Die gesammelten Informationen werden auf systematische Weise analysiert.
- Methoden zur Messung und Verbesserung der Lieferanten- und Kundenzufriedenheit werden eingesetzt.
- Ein Klima und eine Arbeitsumgebung, die die gegenseitige Kooperationsbereitschaft, Unterstützung und Koordination von Themenbereichen und Problemen zwischen dem Unternehmen und externen Partnern fördert und aufrechterhält, sind vorhanden.

- Der Datenaustausch zwischen Unternehmen und externen Partnern ist gesichert.
- Es werden ausreichende Ressourcen, darunter finanzielle Mittel, bereitgestellt, um die Kooperation und Koordination zwischen den Beteiligten durchführen zu können.
- Die Aktivitäten und Maßnahmen der Kooperation und die Kooperationsbereitschaft werden regelmäßig überprüft und kontinuierlich verbessert.

16B Teilweise systematisches externes Partnermanagement

Bei teilweise systematischem Partnermanagement ist die Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit der Entwicklungsabteilung nur teilweise ausgeprägt und auf den externen Ebenen gepflegt:

- Das externe Netzwerk der Kooperation zwischen Lieferanten und Kunden als auch mit Experten (Forschungsinstitute, Technologieberater) und weiteren Unternehmen wird teilweise systematisch aufgebaut und gepflegt.
- Externe Lieferanten und Kunden sind in den Entwicklungsprozess ansatzweise integriert und am Entscheidungsprozess ansatzweise beteiligt. Die Beziehung zu Lieferanten und Kunden ist partnerschaftlich und verantwortungsvoll.
- Die Kunden werden ansatzweise nach Daten zur Entwicklung von Produkten, Zufriedenheit mit existierenden Produkten und weiteren erforderlichen Informationen befragt. Die Befragung von Kunden erfolgt teilweise methodisch unterstützt.
- Methoden zur Messung und Verbesserung der Lieferanten- und Kundenzufriedenheit werden ansatzweise eingesetzt.
- Ein Klima und eine Arbeitsumgebung, die die gegenseitige Kooperationsbereitschaft, Unterstützung und Koordination von Zusammenarbeit und Problemen zwischen dem Unternehmen und externen Partnern fördert und aufrechterhält, sind teilweise oder nicht vorhanden.
- Der Datenaustausch zwischen Unternehmen und externen Partnern ist ansatzweise gesichert.
- Die Aktivitäten und Maßnahmen der Kooperation und die Kooperationsbereitschaft werden nicht regelmäßig überprüft.

16C Kein externes Partnermanagement

Kontaktaufbau und –pflege wird auf der externen Ebene der Kooperation vernachlässigt.

17 Projektmanagement

Projektmanagement konzentriert den systematischen Management-Prozess auf die Verwirklichung jeweils eines Projektes von der Zieldefinition bis zur Projektverwirklichung unter Beachtung von Sach-, Kosten- und Terminzielen. Projektmanagement hat diese Funktionen: Projektdefinition, Projektplanung, Projektorganisation, Projektüberwachung, Projektsteuerung und Projektabschluss. [Gau99]

17A Systematisches Projektmanagement

Systematisches Projektmanagement ist durch folgende Tätigkeiten und Maßnahmen charakterisiert:

- Eine definierte Abwicklung eines Projektes - das heißt, was in welcher Reihenfolge zu tun ist - ist festgelegt und vorhanden. Alle Tätigkeiten des Projektes, alle Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten sind beschrieben. Dazu bieten sich Phasenmodelle an. Am Ende jeder Phase stehen konkrete Meilensteinresultate. Die Festlegung der Projektphasen erhöht die Transparenz für alle Projektbeteiligten und stellt gleichzeitig ein bedeutendes Element für die Kommunikation des Vorgehens gegenüber externen und internen Auftraggebern dar. Die eindeutige Bezeichnung der Phasen, Aufgaben und Resultate schafft darüber hinaus eine einheitliche „Sprache“, die die Kommunikation der Projektbeteiligten fördert. [Gau99]
- Diese standardisierte Vorgehensweise des Projektmanagements wird bei allen Entwicklungsprojekten eingesetzt. (Projektdefinition, Projektplanung, Projektorganisation, Umsetzung des Projektes, Projektüberwachung, Projektsteuerung, Projektabschluss)
- Das Projektmanagement wird durch eine vorgegebene Kombination von Werkzeugen und Denkmodellen unterstützt.
- Alle Tätigkeiten des Projektmanagements werden so geplant und durchgeführt, dass die quantitativen und qualitativen Ziele der Leistungsfähigkeit erreicht werden. Die Schätzungen für den Aufwand in Personenmonaten und für den Einsatz der Mitarbeiter im Projekt basiert auf Zahlen bereits früher abgewickelter Projekte. Die gegenüber dem Kunden (intern/extern) eingegangenen vertraglichen Vereinbarungen werden unter Berücksichtigung der Ressourcen und Bedingungen des einzelnen Projekts in konkrete und detaillierte Pläne umgesetzt. Des Weiteren wird die Entwicklungsumgebung geplant. Die Pläne werden dokumentiert.
- Alle beteiligten Gruppen und Personen prüfen und stimmen sich ab hinsichtlich Kostenschätzungen, Zeitplan für die Durchführung, Verpflichtungen und Verantwortlichkeiten.
- Die Entwicklungsprojekte werden quantitativ anhand von Qualitätsstandards und Metriken der Leistungsfähigkeit geleitet.
- Es erfolgt eine regelmäßige Überprüfung der Tätigkeiten des Entwicklungsteams. Die aktuellen Resultate und erbrachten Leistungen des Projektes werden mit den dokumentierten und genehmigten Plänen verglichen. Dafür werden verschiedene Methoden und Werkzeuge benutzt (Netzpläne etc.). Korrekturmaßnahmen werden eingeleitet, wenn die aktuellen Resultate und Leistungen des Projektes signifikant von den Plänen abweichen.

- Die Projektabwicklungssystematik wird kontinuierlich gemessen und überwacht, sowohl was die Einsatzfaktoren als auch die Ergebnisse betrifft. Diese Systematik wird kontinuierlich weiterentwickelt, verbessert und optimiert.

17B Teilweise systematisches Projektmanagement

Diese Art des Projektmanagements ist wie folgt charakterisiert:

- Bei teilweise systematischem Projektmanagement ist eine unvollständige Projektabwicklungssystematik vorhanden.
- Wegen ihrer Unvollständigkeit wird die Projektabwicklungssystematik von dem Entwickler als Last in seiner täglichen Arbeit empfunden.
- In einem weiteren Fall ist die Projektabwicklungssystematik zwar vollständig vorhanden, aber die einzelnen Entwicklungsprojekte werden nur teilweise oder gar nicht anhand der Projektabwicklungssystematik geplant und durchgeführt.
- Die Tätigkeiten des Projektmanagements werden nur teilweise durch Werkzeuge und Methoden unterstützt.
- Die Entwicklungsprojekte werden nicht quantitativ anhand von Qualitätsstandards und Metriken der Leistungsfähigkeit geleitet.
- Es erfolgt keine regelmäßige Überprüfung von Tätigkeiten des Entwicklungsteams bezüglich des Projektmanagements.

17C Einfaches Projektmanagement

Es kann folgendermaßen charakterisiert werden:

- Es ist keine definierte Abwicklungssystematik für Projekte festgelegt und vorhanden.
- Die Tätigkeiten des Projektmanagements werden bezüglich der einzelnen Aufgaben unsystematisch und chaotisch geplant und durchgeführt.
- Es mangelt an Transparenz der Entwicklungsarbeit. Damit ist die Kommunikation der Projektbeteiligten besonders bei domänenübergreifenden Projekten erschwert.
- Es wird keine Verknüpfung zwischen den Projekten bezüglich des Projektmanagements berücksichtigt.
- Die Tätigkeiten des Projektmanagements werden kaum methodisch unterstützt.
- Die Tätigkeiten des Entwicklungsteams werden kaum überprüft und überwacht.

18 Datenmanagement

Datenmanagement ist ein Management-Prozess, der aus der Beschaffung, Archivierung und Bereitstellung von Daten aller Produkte, Datenschutz und Datensicherheit besteht.

18A Systematisches Datenmanagement

Datenmanagementsystem ist charakterisiert durch diese Tätigkeiten und Maßnahmen:

- Das Datenmanagement ist an allen Aktivitäten im Lebenszyklus der Daten aktiv beteiligt.
- Die konzeptionellen Datenmodelle zur Unternehmensmodellierung sind erstellt. Bei der Implementierung von Datenbanken werden unter anderem Konzepte, um Spitzenlasten beim Zugriff abzufangen, entwickelt. Ferner erfolgt eine Risikobetrachtung bezüglich Ausfallwahrscheinlichkeit, -dauer und -folgen. Die Verfügbarkeit von Ersatzanlagen innerhalb vertretbarer Zeit wird geplant und sicher gestellt.
- Es werden verschiedene Methoden eingesetzt: semantische Datenmodellierung, Relationstheorie, objektorientierte Analyse und Design.
- Die Beschaffung und Archivierung der Daten erfolgt systematisch. Das bedeutet, dass die Produktdaten, die im Verlauf des Produktentwicklungsprojektes entstehen, zentral in Datenbanken (bzw. in anderen Archivierungsmitteln) gesammelt und archiviert werden.
- Die Qualität der Daten ist gesichert: Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität, Konsistenz, Integrität.
- Das Personal ist für das Datenmanagement in den Bereichen Datenarchitektur und Datentechnologie geschult.
- Die Zugangsorganisation ist bestimmt (Datenschutz: Software-Schutz, Schutz der physikalischen Zugänge).
- Wartung und Pflege (Datensicherung: Vertrauenswürdigkeit, Vertraulichkeit, Verfügbarkeit).
- Zur Unterstützung, Vereinfachung und Beschleunigung des Informationsaustausches werden Softwaresysteme eingesetzt. Die eingesetzten Informationssysteme ermöglichen, dass die Informationen vom Anwender einfach eingestellt und genutzt werden können. Die Tätigkeiten des Datenmanagements werden kontinuierlich überprüft, verbessert und optimiert. Der Einsatz von Produkt Daten Management (PDM) ist ein konkretes Beispiel für ein systematisches Datenmanagement.

18B Teilweise systematisches Datenmanagement

- Teilweise systematisches Datenmanagement charakterisiert eine Art der Datenverwaltung, die die Entwicklungsarbeit nicht immer vereinfacht und beschleunigt.
- Die Datenbeschaffung und Datenarchivierung erfolgt teilweise systematisch, die Produktdaten werden nur teilweise archiviert und stehen nicht der gesamten Entwicklungsabteilung zur Verfügung.
- Beim Datenmanagement sind Informationssysteme vorhanden, aber deren Einsatz trägt nicht immer zur Vereinfachung des Arbeitsablaufes bei. Zum Beispiel sind die Informationen für den Anwender nicht schnell zugänglich. Ein konkretes Beispiel von teilweise systematischem Datenmanagement ist ein strukturiertes Dateisystem.

18C Kein Datenmanagement

- Bei der Entwicklungsarbeit wird kein Datenmanagement praktiziert.
- Die Produktdaten werden nicht systematisch je Produktentwicklungs-schritt abgelegt.

- Die Daten, die gesammelt werden, können unvollständig sein.
- Häufig kommt es vor, dass keine Softwaresysteme zur Unterstützung eingesetzt werden oder falls sie eingesetzt werden, dann nicht effizient und effektiv. Das heißt, dass die Einstellung und Nutzung der Informationen unsystematisch und chaotisch erfolgt. Die vorhandenen Informationssysteme bieten nur sehr geringe Unterstützung für den Arbeitsablauf. Ein konkretes Beispiel von keinem Datenmanagement ist lokale Dateiablage.

19 Technisches Risikomanagement

Risikomanagement ist ein Management-Prozess, der aus Risiko-Identifizierung, Risiko-Analyse, Risiko-Prioritätenbildung, Risiko-Management-Planung, Risiko-Überwindung und Risiko-Überwachung besteht.

19A Systematisches Risikomanagement

Ein Risikomanagementsystem ist charakterisiert durch diese Tätigkeiten und Maßnahmen:

- Es wurde eine Risikomanagementstrategie entwickelt. Das Risikomanagementsystem ist aufgebaut und ein Bestandteil der Unternehmensorganisation, zum Beispiel ist das Risikomanagementsystem in das interne Kontrollsysteem und in das Planungskonzept eingebunden.
- Die mit der Strategie in Zusammenhang stehenden Risiken und Chancen werden identifiziert und nach Kriterien (zum Beispiel Risikowirkung, Risikoursache oder nach Risikoherkunft) erfasst.
- Die Risiken werden analysiert durch Methoden, zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Analyse auf Basis von Verlustdaten.
- Die Risiken werden bewertet: Rating und Gewichtung nach Qualität, Quantität, Wesentlichkeit und Eintrittswahrscheinlichkeit. Die Bewertung wird methodisch-statistisch unterstützt (Value-at-Risk). Die Risiken werden priorisiert und eine Gesamtrisikolage wird ermittelt.
- Um Transparenz zu schaffen werden Risikoprofile in Form von Risikomatrizen erstellt. Um festzustellen, ob die vorhandenen Risikomanagement-Maßnahmen in Einklang mit der Risikostrategie des Unternehmens stehen, wird ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt. Ergeben sich signifikante Unterschiede, ist die Risikostrategie anzupassen.
- Die Risikokosten werden ermittelt und reduziert. Es werden Leitlinien zur Überwindung der Risiken erarbeitet.
- Die Risiken werden bewusst und in Einklang mit der Unternehmensstrategie eingegangen mit dem Ziel, unternehmerische Chancen zu erkennen und wahrzunehmen und damit einhergehende Risiken erfolgsorientiert zu managen.
- Die Informationen über Risiken und deren Auswertungen werden an die richtigen Empfänger zur richtigen Zeit und in der richtigen Art und Weise berichtet (Risikoreporting), um die Entscheidungsträger in die Lage zu versetzen unter Abwägung aller Chancen und Risiken eine fundierte Entscheidung treffen zu können.

- Zur Risikosteuerung werden Vorgehensstrategien entwickelt (Alternativen: Risiko-Übernahmen, Risiko-Milderung, Risiko-Kompensation, Risiko-Transfer oder Risiko-Vermeidung).
- Ein Überwachungssystem (Risiko-Controlling) ist implementiert, mit dessen Hilfe die Risiken frühzeitig erkannt und an das Management berichtet werden. Die Wirksamkeit und Effizienz der Risikosteuerungsmaßnahmen werden in regelmäßigen Abständen überprüft, verbessert und optimiert.
- Der Risikomanagementprozess wird dokumentiert. Zur Unterstützung des Risikomanagementsystems werden Standard Software Produkte eingesetzt. [In Anlehnung an Acrys Consult]

19B Teilweise systematisches Risikomanagement

Das durchgeführte Risikomanagement ist teilweise systematisch. Es wird nur ansatzweise bei einigen Entwicklungsprojekten durchgeführt:

- Ein Risikomanagementsystem ist teilweise aufgebaut.
- Identifizierung, Erfassung, Analyse und Bewertung von Risiken und Chancen werden teilweise methodisch unterstützt.
- Zur Risikosteuerung werden Vorgehensstrategien entwickelt.
- Ein Überwachungssystem (Risiko-Controlling), mit dessen Hilfe die Risiken frühzeitig erkannt und an das Management berichtet werden, ist ansatzweise implementiert.
- Die Wirksamkeit und Effizienz der Risikosteuerungsmaßnahmen wird nicht regelmäßig überprüft.
- Der Risikomanagementprozess wird ansatzweise dokumentiert.
- Zur Unterstützung des Risikomanagements werden ansatzweise Standard Software Produkte eingesetzt.

19C Kein Risikomanagement

- Es wird kein Risikomanagement bei der Entwicklungsarbeit praktiziert.
- Die Risiko-Identifizierung erfolgt zufällig.
- Die Risiken werden nur bei einigen Projekten ermittelt.
- Die Informationen über möglichen Risiken werden nicht verwaltet.

20 Änderungsmanagement des Produktes

Änderungsmanagement dient zur schnellen und flexiblen Umsetzung von Änderungen an Produkten. Änderungsmanagement schafft transparente Änderungsabläufe und frühzeitige Verteilung von Informationen über geplanten Änderungen. Des Weiteren werden die Auswirkungen der geplanten Änderungen vor einer Realisierung bewertet.

20A Systematisches Änderungsmanagement

Ein systematisches Änderungsmanagement ist charakterisiert durch diese Tätigkeiten und Maßnahmen:

- Am Änderungsmanagement sind alle Unternehmensbereiche beteiligt, um die optimale Informationsflüsse sicher zu stellen. Das Änderungs-

management hat definierte und vereinbarte klare Abläufe, die standardisiert sind und in die Praxis umgesetzt werden.

- Der Schwerpunkt des Änderungsmanagements sind Vermeidung von Änderungen, Planung von Änderungen und Vorverlagerung von Änderungen.
- Die Vermeidung von Änderungen ist durch Methoden und Werkzeugen unterstützt. Zum Beispiel ermöglicht der Einsatz von Checklisten eine strukturierte Aufgabenklärung. Der Einsatz von Problemlösungsmethodiken führt zu einem systematischen Vorgehen bei der Lösungssuche.
- Ein transparenter Ablauf bei Änderungen ist geschaffen und über alle Entwicklungsprojekte hinweg standardisiert.
- Die Änderungen im Projektablauf werden in frühen Entwicklungsphasen systematisch bei der Untersuchung und Erkennung der Soll-/Ist-Abweichungen erfasst.
- Ursachen von Änderungen werden untersucht (neuerungsbedingte Änderungen bei gestiegenen Kundenanforderungen und verschärften Marktbedingungen oder fehlerbedingte Änderungen bei Fehlern am Produkt und im Prozess durch unzureichende Absicherung der Produkteigenschaften und durch mangelhaften Einsatz von Methoden). Zur Unterstützung werden Methoden eingesetzt: zum Beispiel für eine diskursive Ursachenermittlung werden das Ursache-Wirkungsnetz oder die Ursache-Wirkungskette im Ishikawa-Diagramm eingesetzt. Des Weiteren werden hohe Häufigkeiten der Wiederholung von Fehlern untersucht.
- Die Auswirkungen einer geplanten Änderung werden hinsichtlich definierter Kriterien (Anzahl, Kosten, Termine etc.) vor der Realisierung erfasst und bewertet. Die wirtschaftliche und lernorientierte Bewertung (zum Beispiel Kosten-/Nutzenanalyse, vorstrukturierte Terminpläne, elektronische Kostenermittlung) ermöglicht eine effiziente Auswahl der Änderungen.
- Die Durchführung und Abwicklung von Änderungen wird unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit der Anforderungen und Produkteigenschaften auf technischen sowie auf organisatorischen Ebenen geplant. Es werden die Prozess- und Folgekosten des Änderungsvorlaufs sowie der Änderungsdurchführung betrachtet.
- Alle Änderungen werden dokumentiert, verwaltet und beobachtet. Zur Vorverlagerung von Änderungen wird eine präventive Qualitätssicherung durchgeführt. Es werden Methoden für Unterstützung eingesetzt: zum Beispiel Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA), Fehlerbaumanalyse, Störfallablaufanalyse.
- Zur Unterstützung werden Informationssysteme eingesetzt, deren Einsatz die Entwicklungsarbeit beschleunigt.
- Alle Tätigkeiten des Änderungsmanagements werden periodisch überprüft, verbessert und optimiert. Außerdem wird in regelmäßigen Abständen ein Controlling der gesamten Änderungsinformationen durchgeführt.

20B Teilweise systematisches Änderungsmanagement

Das durchgeführte Änderungsmanagement ist teilweise systematisch. Es ist folgendermaßen charakterisiert:

- Nicht alle Unternehmensbereiche sind am Änderungsmanagement beteiligt.
- Die Durchführung und Abwicklung von Änderungen wird hinsichtlich der Verfügbarkeit der Anforderungen und Produkteigenschaften auf technischen sowie auf organisatorischen Ebenen geplant.
- Die Änderungen werden ansatzweise dokumentiert, verwaltet und beobachtet. Für die Vorverlagerung von Änderungen wird eine präventive Qualitätssicherung durchgeführt.
- Die Tätigkeiten des Änderungsmanagements werden ansatzweise methodisch unterstützt.
- Die Auswirkung einer geplanten Änderung wird hinsichtlich definierter Kriterien (Anzahl, Kosten, Termine, etc.) vor der Realisierung erfasst und bewertet.
- Zur Unterstützung werden Informationssysteme eingesetzt. Die eingesetzten Informationssysteme beschleunigen aber nicht immer die Entwicklungsarbeit.
- Die Tätigkeiten des Änderungsmanagements werden nicht periodisch überprüft.

20C Kein Änderungsmanagement

- Bei der Entwicklungsarbeit wird kein Änderungsmanagement praktiziert.
- Die Erfassung, Bewertung und Dokumentation der Änderungen erfolgt nicht systematisch.
- Informationssysteme werden nicht zur Unterstützung eingesetzt.
- Wegen der großen Anzahl von Änderungen während des Entwicklungsprojektes ist der Arbeitsablauf nicht transparent.
- Es ist schwer, die Änderungen und deren Einfluß auf Kosten, Termine und Ressourcen zu verfolgen und zu bewerten.
- Kostengünstige und termingerechte Änderungsmöglichkeiten in früheren Entwicklungsphasen (Konzeptentwicklung, Musterbau, Vorserie) werden nicht aufgedeckt und ausgenutzt. Die Änderungen erfolgen erst in späteren Phasen des Produktlebenszyklus und zwar während Serienanlauf, Fertigung und Prüfung. Dieser Zeitpunkt zur Fehlerbehebung bringt eine große Kostenerhöhung.
- Die Ursachen von Änderungen werden nicht untersucht. Diese Art von Änderungsmanagement resultiert in der Verlängerung der Entwicklungszeiten und der Erhöhung der Entwicklungskosten.
- Änderungen stellen eine hohe Belastung für die Entwicklung wie auch das gesamte Unternehmen dar.
- Die Problemlösung erfolgt unstrukturiert, es sind keine Lösungsalternativen vorhanden.

- Lange Durchlaufzeiten von Änderungen entstehen, das heißt, dass die Abwicklung von Änderungen uneffizient erfolgt.
- Kosten-/Nutzen Analysen fehlen, das heißt, dass keine wirtschaftliche Bewertung bei der Entscheidung erfolgt.
- Dokumentation und Auswertung sind mangelhaft.
- Es kommt zu zeitlichen Engpasssituationen.

21 Variantenmanagement

Variantenmanagement ist ein Management-Prozess, der sich mit der Identifizierung, Auswahl und Verwaltung von Varianten im Produktlebenszyklus, besonders bei der Produktplanung beschäftigt.

21A Systematisches Variantenmanagement

Ein systematisches Variantenmanagement ist charakterisiert durch die folgenden Tätigkeiten und Maßnahmen:

- Das Variantenmanagement ist im Produktentstehungsprozess eingliedert, woraus folgt, dass verschiedene Abteilungen im Rahmen des Variantenmanagements verschiedenen Anforderungen und Aufgaben haben. Die Marketingabteilung erfasst z.B. die Kundenwünsche und reduziert deren Vielfalt auf ein sinnvolles Maß. Entwicklung und Konstruktion wählen z.B. Prinziplösungen, normierte Bauteile und deren Verwendung aus. Der Vertrieb ist u.a. zuständig für die Übersicht aller möglicher Varianten.
- Ein Variantenmanagementsystem ist an die Unternehmensstrategie angebunden. Die Schwerpunkte dieses Systems stehen mit dem Zielen des Unternehmens im Einklang: Vermeidung unnötiger Varianten (Komplexitätsvermeidung), Reduktion überflüssiger Varianten (Komplexitätsreduktion), Beherrschung der verbleibenden Variantenvielfalt (Komplexitätsbeherrschung).
- Die potenziellen Varianten des Produktes werden systematisch ermittelt und identifiziert. Die Ursachen für Varianten sind entweder extern begründet, das heißt sie resultieren aus äußerlichen Faktoren (Markt und Wettbewerb) oder internen Ursprungs, das heißt sie resultieren aus Defiziten in den unternehmenseigenen technischen oder organisatorischen Bereichen. Produktstrategien werden bezüglich der Variantenbeherrschung entwickelt: Plattformstrategie (eine Produktplattform bildet den Kern einer Produktfamilie), Gleichteilstrategie (Verwendung möglichst vieler Teile in einem Produkt bzw. innerhalb unterschiedlicher Modellreihen) oder Modulstrategie (Entwicklung eines Produktes in Modulen).
- Um die Komplexität zu beherrschen werden sowohl technische Maßnahmen auf Produkt- und Teileebene als auch organisatorische Maßnahmen auf Prozessebene eingesetzt. Technische Maßnahmen auf Produktebene sind z.B.: Baukastenbauweise, Baureihenbauweise, Integralbauweise, Modularisierung auf Produktebene oder Plattformkonzepte. Technische Maßnahmen auf Teileebene sind z.B.: Wiederverwendung eigener vorhandener Lösungen (Gleichteile, Wiederholteile), Normung, Standardisierung, Bildung von Teilefamilien, Verwendung von lieferbaren Lösungen (Normteile, Kaufteile), Festlegung optimalen Wertschöpfungsziele oder modulare Beschaffung. Organi-

satorische Maßnahmen auf Prozessebene sind z.B.: Modularisierung auf Prozessebene, Total Quality Management, prozessorientierte Organisation, CIM, Kaizen, Verbesserung der Kommunikation und Koordination, geeignete Bewertungsmethoden, etc.

- Die identifizierten potenziellen Varianten eines Produktes und deren Vorgängerprodukte werden analysiert. Bei der Analyse werden die Vor- und Nachteile der potenziellen Varianten untersucht. Zum Beispiel werden die Umsatz-, Auslastungsveränderung der Produktionskapazitäten und die Wettbewerbsposition gegenüber der Konkurrenz untersucht. Ferner wird ebenfalls ermittelt, welche Kosten durch die Varianten verursacht werden. Anhand der Ergebnisse der Analysen werden die Varianten ausgewählt.
- Die Varianten werden dokumentiert und verwaltet.
- IT-Systeme zur Unterstützung werden eingesetzt, die z.B. zur Auswertung der Kosten möglicher Varianten verwendet werden. Die Tätigkeiten des Variantenmanagements werden kontinuierlich überprüft, verbessert und optimiert.

21B Teilweise systematisches Variantenmanagement

Teilweise systematisches Variantenmanagement wird durch die folgenden Punkte charakterisiert:

- Das Variantenmanagement erfolgt teilweise systematisch.
- Es ist teilweise im Produktentstehungsprozess eingliedert. Es wird nicht bei jedem Produktentwicklungsprojekt durchgeführt.
- Die Tätigkeiten des Variantenmanagements werden ansatzweise methodisch unterstützt.
- IT-Systeme zur Unterstützung des Variantenmanagement werden ansatzweise eingesetzt.
- Es liegt eine unnötige Variantenvielfalt auf der Produkt- und der Bauteilebene vor, welche sich aus Defiziten der technischen und/ oder organisatorischen Rahmenbedingungen des Unternehmens ergeben.
- Es mangelt an Kommunikation, Koordination und Zusammenarbeit innerhalb und zwischen den Unternehmensbereichen.
- Es mangelt an Transparenz bzgl. der Variantenvielfalt und der Kostenentstehung.
- Die Tätigkeiten des Variantenmanagements werden nicht regelmäßig überprüft.

21C Kein Variantenmanagement

Fehlendes Variantenmanagement in der Produktentwicklung wird durch die folgenden Charakteristika beschrieben:

- Die Varianten des Produktes werden unsystematisch verwaltet und zufällig identifiziert.
- Es werden keine unterstützenden Methoden und Werkzeuge eingesetzt.
- Zwischen und innerhalb der Unternehmensbereiche mangelt es an Kommunikation, Koordination und Zusammenarbeit. Hierdurch fehlt

Transparenz in der Variantenvielfalt. Weitere Konsequenzen sind: hohe Kosten, weniger Gewinn, Varianten in geringen Stückzahlen, unzureichendes Baukastenkonzept, fehlende Standardisierung bei Teilevielfalt, hohe Risiko, etc.

22 Werkzeugkopplung

Integrationstechnologien: Kopplung der verschiedenen CAE-Werkzeuge (Qualität der Systemschnittstellen) zur Konsistenzsicherung; Informationsverlust mangels ungeeigneter Schnittstellen [in Anlehnung an And93].

22A Hohe Qualität der Werkzeugkopplung

Sie zeichnet sich durch sehr gute Kopplung der CAE-Werkzeuge und geringe Informationsverluste aus. Geeignete Schnittstellen sichern die Konsistenz der Daten und verhindern Informationsverluste. Folgende Maßnahmen gewährleisten eine hohe Qualität der Werkzeugkopplung:

- Es wird ein Einführungs- und Einsatzkonzept erarbeitet, um die benötigten CAE-Werkzeuge zu ermitteln und die Werkzeuge miteinander zu koppeln, die über kompatible Schnittstellen verfügen. Beim Datenaustausch sollen möglichst geringe Informationsverluste entstehen, damit sich keine Inkonsistenzen bilden.
- Es werden technische Anforderungen an die CAE-Schnittstellen formuliert und im Pflichtenheft dokumentiert. Zum Beispiel muss aufgenommen werden, welche Informationen (Produktdaten, Geometrien, etc.) zu übertragen sind, und welche Anforderungen andere Abteilungen, Kunden, Zulieferer an die Schnittstellen stellen.
- Vor dem Einsatz der Werkzeuge werden Verfahren zur Validierung durchgeführt. Diese Verfahren enthalten Vorgehensweisen zur Überprüfung und Dokumentation der Gültigkeit und der Leistungsfähigkeit der Schnittstellen. Die Leistungsfähigkeit wird mittels Testsoftware anhand von Kriterien überprüft, zum Beispiel: Austauschmenge, Funktionalität, graphische Korrektheit und Fehlerfreiheit (syntaktisch fehlerhafte Dateien, Konvertierungsfehler, Implementierungsfehler, etc.).
- Bei einer hohen Qualität der Werkzeugkopplung können die einzelnen Informationen der verschiedenen CAE-Modelle nahezu Informationsverlustfrei modellübergreifend verwendet werden: jedes Werkzeug verfügt über die notwendige Informationen/Daten, die für die Entwicklungsarbeit mit dem Werkzeug nötig sind.

22B Geringe Qualität der Werkzeugkopplung

Geringe Qualität der Werkzeugkopplung wird gekennzeichnet durch eine nur ausreichende Kopplung der CAE-Werkzeuge. Hierdurch entstehen beim Datenaustausch zwischen den CAE-Werkzeugen höhere Informationsverluste, welche zu einer uneffektiven Entwicklungsarbeit führen.

Die Werkzeugauswahl beziehungsweise der Test der Schnittstellen der Werkzeuge wurde sehr unsystematisch und nicht bereichsübergreifend durchgeführt. Es wurde keine Testphase mit Validierung durchgeführt. Bei einem Datenaustausch zwischen Werkzeugen gehen Informationen der CAE-Modelle verloren, was zu Inkonsistenzen, beziehungsweise Nacharbeit in CAE-Modellen führt, nach dem Daten aus anderen Werkzeugen eingeleitet wurden.

22C Keine Werkzeugkopplung

Die CAE-Werkzeuge verfügen über keine gemeinsame Schnittstelle zum Datenaustausch. Hieraus ergibt sich, dass die CAE-Modelle nicht werkzeugübergreifend verwendet werden können.

Die Auswahl der Werkzeuge bezüglich der Schnittstellen verlief unkoordiniert. Das heißt, es wurde kein Einsatzkonzept und kein Pflichtenheft aufgestellt.

23 Einsatz von Entwicklungsmethoden

An die Entwicklungsaufgabe angepasster Einsatz der Entwicklungsmethoden und Entwicklungsmethodiken, günstiges Kosten-/Nutzenverhältnis bzgl. Methodeneinsatz.

23A Systematischer Einsatz von Entwicklungsmethoden

Ein systematischer Einsatz der Entwicklungsmethoden zeichnet sich in jedem Projekt durch folgende Tätigkeiten aus:

- Die einzelnen Entwicklungsschritte werden präzise in Form von einzelnen Tätigkeiten beschrieben und dokumentiert.
- Jeder Tätigkeit sind die den Anforderungen entsprechenden und geeigneten Methoden zugeordnet. Jeder Tätigkeit können mehrere Entwicklungsmethoden zugeordnet werden mit einer detaillierten Beschreibung der verschiedenen Vor- und Nachteile. Diese Zuordnung basiert auf Analysen und langjährige Erfahrung. Für jede Entwicklungsmethode sind Beschreibungen des Vorgehens vorhanden.
- Es wird bei der endgültigen Festlegung des Entwicklungsprozesses berücksichtigt, dass die auszuwählenden Entwicklungsmethoden, Entwicklungswerkzeuge und Spezifikationstechniken aufeinander abgestimmt sein müssen.
- Bei der Festlegung der Entwicklungsmethode pro Tätigkeit werden die Kosten berücksichtigt.
- Wenn keine passenden Methoden bei neuen Tätigkeiten vorhanden sind, erfolgen Recherchen und Analysen, um geeignete Methoden zu identifizieren, mit denen die Tätigkeit am effizientesten und effektivsten durchgeführt werden kann.
- Periodisches Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Entwicklungsmethoden wird durchgeführt. Falls Defizite entdeckt werden, sind Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten und zu implementieren.
- Der Auswahlprozess der geeigneten Methode sowie der Einsatz der Methode werden dokumentiert.

23B Teilweise systematischer Einsatz von Entwicklungsmethoden

Nur ein Teil der oben genannten Maßnahmen des systematischen Einsatzes von Entwicklungsmethoden wird durchgeführt:

- Die Entwicklungstätigkeiten innerhalb eines Projektes sind nur teilweise beschrieben.
- Geeignete Entwicklungsmethoden werden nicht immer systematisch den betreffenden Tätigkeiten zugeordnet. Die Kenntnisse der Mitarbeiter werden nicht systematisch dokumentiert und es entsteht ein Informationsverlust bzgl. der Leistungsfähigkeit der Entwickler.
- Bei der endgültigen Festlegung des Entwicklungsprozesses wird nicht immer berücksichtigt, ob die zu auswählenden Entwicklungsmethoden mit den auszuwählenden Entwicklungswerkzeugen und Spezifikationstechniken aufeinander abgestimmt sind.
- Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Entwicklungsmethoden wird selten und nicht bei allen Tätigkeiten durchgeführt.

Dieser Art des Einsatzes kann folgende Auswirkungen haben: Entwickler ohne langjährige Erfahrungen können falsche Methoden auswählen. Dies führt zu Kostenerhöhung, Zeitverzögerung und weitere Komplikationen.

23C Willkürlicher Einsatz von Entwicklungsmethoden

Es gibt keine Systematik zur Unterstützung bei der Auswahl der Entwicklungsmethoden.

Die Auswahl von Entwicklungsmethoden für den Einsatz bei der Produktentwicklung ist eher unsystematisch und chaotisch. Der Entwickler wählt spontan nach eigenen Erfahrungen die Methoden aus.

24 Einsatz von Entwicklungswerkzeugen

Auswahl geeigneter Werkzeuge bezüglich der Entwicklungsaufgabe, der gewählten Entwicklungsmethode und weiterer eingesetzter Entwicklungswerkzeuge; günstiges Kosten-/Nutzenverhältnis bzgl. Werkzeugeinsatz; Verfügbarkeit der Entwicklungswerkzeuge (durchgängig vorhanden, sporadisch vorhanden, nicht vorhanden); Einsatzfrequenz der Werkzeuge bezüglich der Aufgabe (immer, sporadisch, nie)

24A Systematischer Einsatz von Entwicklungswerkzeugen

Der systematische Einsatz von Entwicklungswerkzeugen wird durch die folgenden Tätigkeiten in jedem Entwicklungsprojekt charakterisiert:

- Die Schritte des Entwicklungsvorgehens sind präzise in einzelne Tätigkeiten gegliedert und beschrieben.
- Jeder Entwicklungstätigkeit sind die entsprechenden und geeigneten Methoden je Schritt zugeordnet. Um die Durchführung der Entwicklungsmethoden zu unterstützen, sind Entwicklungswerkzeuge den Entwicklungsmethoden zugeordnet. Je Entwicklungsmethode können mehrere Entwicklungswerkzeuge zugeordnet werden, jeweils mit einer detaillierten Beschreibung der Vor- und Nachteile. Diese Zuordnung basiert auf Analysen und/ oder Kenntnissen aus langjähriger Erfahrung im Werkzeugeinsatz. Potenzielle Werkzeuge werden nach mehreren Kriterien ausgesucht, wie zum Beispiel nach der Eignung der Werkzeuge zur Unterstützung des definierten Prozesses, nach der

Akzeptanz der Werkzeuge bei den Mitarbeitern, nach der Verfügbarkeit von Schulungen.

- Wenn kein passendes Werkzeug für eine neue Entwicklungstätigkeit vorhanden ist, erfolgen Recherchen und Analysen, um geeignete Werkzeuge zu identifizieren. Die Recherche- und Analysetätigkeiten werden von den Abteilungen oder bei Bedarf von externen Beratern durchgeführt.
- Bei der endgültigen Festlegung der Werkzeuge pro Tätigkeit werden die Kosten, Verfügbarkeit und die Einsatzfrequenz jedes einzelnen Werkzeugs berücksichtigt.
- Des Weiteren wird immer bei der endgültigen Festlegung beachtet, dass das einzusetzende Werkzeug mit der gewählten Entwicklungsmethode und weiteren eingesetzten Entwicklungswerkzeugen abgestimmt ist.
- Dokumentationen / Handbücher der Werkzeuge sind vorhanden.
- Periodisches Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Entwicklungswerkzeuge wird durchgeführt. Falls Defizite entdeckt werden, sind Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten und zu implementieren.

24B Teilweise systematischer Einsatz von Entwicklungswerkzeugen

Nur ein Teil der obengenannten Maßnahmen des systematischen Einsatzes von Entwicklungswerkzeugen wird durchgeführt:

- Die Beschreibungen von Entwicklungstätigkeiten sind nur teilweise vorhanden.
- Die einzusetzenden Methoden für Entwicklungstätigkeiten sind nur zum Teil festgelegt. Somit sind die Entwicklungswerkzeuge zur Unterstützung der Entwicklungsaufgabe auch nur partiell festgelegt.
- Bei der endgültigen Werkzeugauswahl wird aber immer berücksichtigt, dass die einzusetzenden Werkzeuge mit den ausgewählten Entwicklungsmethoden und weiteren eingesetzten Entwicklungswerkzeugen abgestimmt sind.
- Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Entwicklungswerkzeuge wird selten und nicht bei allen Entwicklungstätigkeiten durchgeführt.

24C Unsystematischer Einsatz von Entwicklungswerkzeugen

Im Rahmen der Entwicklungsarbeit wird keine Systematik zur Unterstützung der Auswahl von Entwicklungswerkzeugen angewendet. Die Entwickler entscheiden sich für die Werkzeuge eher spontan, unsystematisch und zufällig.

24D Kein Einsatz von Entwicklungswerkzeugen

25 Einsatz von Spezifikationstechniken

„Unter Spezifikation verstehen wir die Beschreibung eines Sachverhalts, wie die Gestalt eines mechanischen Bauteils, das Verhalten einer elektronischen Schaltung und den Ablauf einer Software.“ [GEK01]

25A Systematischer Einsatz von Spezifikationstechniken

Ein systematischer Einsatz von Spezifikationstechniken wird durch folgende Tätigkeiten charakterisiert:

- Die Schritte des Entwicklungsvorgehens werden präzise in einzelne Tätigkeiten gegliedert und beschrieben.
- Jeder Entwicklungstätigkeit sind konkrete Spezifikationstechniken zugeordnet mit denen das Ergebnis der Entwicklungsaufgabe dargestellt und beschrieben werden kann. Jeder Entwicklungstätigkeit können mehrere Spezifikationstechniken zugeordnet werden, jeweils mit einer detaillierten Beschreibung der Vor- und Nachteile. Diese Zuordnung basiert auf Analysen (bezüglich Effizienz und Effektivität) und/ oder Kenntnissen aus langjähriger Erfahrung.
- Wenn keine passende Spezifikationstechnik für eine neue Entwicklungstätigkeit vorhanden ist, erfolgen Recherchen und Analysen bezüglich der Effizienz und Effektivität, um geeignete Spezifikationstechniken zu identifizieren.
- Bei der endgültigen Festlegung des Einsatzes von Spezifikationstechniken wird immer berücksichtigt, dass die auszuwählende Spezifikationstechnik mit den eingesetzten Entwicklungswerkzeugen abgestimmt sein muss.
- Periodisches Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Spezifikationstechniken wird durchgeführt. Falls Defizite entdeckt werden, sind Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten und zu implementieren.

25B Teilweise systematischer Einsatz von Spezifikationstechniken

Nur ein Teil der obengenannten Maßnahmen des systematischen Einsatzes von Spezifikationstechniken wird durchgeführt:

- Die Beschreibung von Entwicklungstätigkeiten ist teilweise vorhanden.
- Da die Entwicklungstätigkeiten nicht genau beschrieben sind, sind auch die einzusetzenden Spezifikationstechniken nur ungenau definiert. Hierdurch erfolgt eine unsystematische Darstellung der Ergebnisse der betroffenen Entwicklungsaufgaben, das heißt, je nach Entwickler und Projekt werden die Ergebnisse nicht einheitlich beschrieben.
- Bei der Auswahl von Spezifikationstechniken wird immer darauf geachtet, dass diese die Ergebnisse der Entwicklungstätigkeiten so präzise wie möglich beschreiben: die Ergebnisse jedes Entwicklungsschrittes werden in dem Maße klar und aussagekräftig dargestellt wie es für die weitere Bearbeitung in Entwicklungsvorgehen nötig ist.
- Controlling des effektiven und effizienten Einsatzes der Spezifikationstechniken wird selten und nicht bei allen Tätigkeiten durchgeführt.

25C Unsystematischer Einsatz von Spezifikationstechniken

Es wird keine systematische Unterstützung bei der Auswahl der Spezifikationstechniken angewendet. Die Spezifikationstechniken werden für jeden Prozessschritt spontan ausgewählt und eingesetzt.

C Katalog der Entwicklungsziele

Der folgende Katalog ist eine Arbeits- und Diskussionsgrundlage. Die enthaltenen Ziele sind in Leistungs-, Organisations-, Sozial-, Kosten- und Zeitziele gegliedert. Dieser Katalog wurde bei dem in dieser Arbeit präsentierten Beispiel eingesetzt. Er erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die im Katalog enthaltenen Ziele sind daher nicht als präskriptiv anzusehen.

C.1 Leistungs-, Organisations-, und Sozialziele

Nr.	Ziele
1	Produkt- und Prozessqualität steigern
2	Wettbewerbsfähige und kostengünstige Produkte entwickeln
3	Konzentration auf Kernprodukte
4	Teilewiederverwendung
5	Systemlösungen entwickeln
6	Forschungsaktivitäten und Inventionen unterstützen und steigern
7	Systematisierung der Abläufe steigern
8	Integrierte Produktentwicklung praktizieren
9	Arbeitsproduktivität steigern
10	Weiterbildung der Mitarbeitern steigern und optimieren
11	Innerbetriebliche Kooperation und Kommunikation optimieren
12	Kundeneinbindung und –zufriedenheit steigern
13	Zusammenarbeit mit Lieferanten optimieren

C.2 Kostenziele

Nr.	Ziele
14	Wirtschaftlichkeit erhöhen
15	Entwicklungskosten senken
16	Änderungskosten senken

Nr.	Ziele
17	Fertigungskosten senken

C.3 Zeitziele

Nr.	Ziele
18	Entwicklungszeiten verkürzen
19	Änderungszeiten verkürzen
20	Time to Market (Markteintrittszeitpunkt) einhalten und verkürzen