

---

# Das Erfassen und Handhaben von Produktanforderungen

- Methodische Voraussetzungen und Anwendung in der Praxis -

vorgelegt von  
Dipl.-Ing. Gritt Ahrens  
aus Berlin

vom Fachbereich 11 – Maschinenbau und Produktionstechnik  
der Technischen Universität Berlin  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur  
- Dr.-Ing. -  
genehmigte Dissertation

Promotionsausschuß:

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heinz Mertens  
1. Bericht: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinrich Grote  
2. Bericht: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 17. Juli 2000

ursprünglicher Doktorvater und  
wesentlicher Betreuer der Arbeit:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. E.h. Dr.-Ing. Wolfgang Beitz<sup>†</sup>

Berlin, August 2000

## Danksagung

Am Zustandekommen dieser Arbeit waren viele Menschen direkt und indirekt beteiligt, denen ich an dieser Stelle ganz herzlich danken möchte.

Beginnen möchte ich mit meinem Doktorvater Univ.-Prof. Dr.-Ing. E.h. Dr.-Ing. Wolfgang Beitz<sup>†</sup>, ehemaliger Leiter des Bereichs Konstruktionstechnik am Institut für Maschinenkonstruktion der TU Berlin. Da ich ihm gegenüber meine Dankbarkeit nicht mehr ausdrücken kann, ist es mir besonders wichtig, ihm hier für das mir entgegengebrachte Vertrauen, die außergewöhnliche Offenheit sowie den kontinuierlichen Ansporn, über vermeintliche, persönliche und fachlichen Grenzen hinauszuwachsen, meinen Dank aussprechen.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-H. Grote und Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.-L. Krause danke ich für die Übernahme der Aufgaben der Berichter und das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Mertens danke ich für die Übernahme des Vorsitzes im Promotionsausschuß, das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse sowie das besondere Engagement, das Promotionsverfahren im Sinne meines Doktorvaters durchzuführen und erfolgreich abzuschließen.

Ich bedanke mich weiterhin bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen unseres Instituts, die mich – auf welche Art und Weise auch immer – bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Hervorheben möchte ich in diesem Zusammenhang die ehemaligen und jetzigen Kollegen Dipl.-Ing. Jens Winterfeld, Dipl.-Ing. Attila Alt, Dipl.-Ing. Uwe Kammerer, Dipl.-Ing. Ira Scheithauer und Dipl.-Ing. Beate Bender. Durch die Bereitschaft, sich immer wieder mit meinen „gedanklichen Auswüchsen“ auseinanderzusetzen und diese kritisch in Frage zu stellen, haben vor allem die Kollegen Dipl.-Ing. Sven Düsselmann, Dipl.-Ing. Michael Radtke sowie mein ehemaliger Kollege, augenblicklicher Chef und lieber Mann Dr.-Ing. Oliver Tegel meine Arbeit wesentlich beeinflusst. Besonders förderlich war auch das angenehme Arbeitsklima an unserem Institut, das wesentlich auf die nette, unkompliziert hilfsbereite Art der ständigen Mitarbeiter zurückzuführen war. Hier möchte ich besonders Frau Prentzel und Frau Schmunkamp Dank sagen.

Mein Dank gilt auch meinen Studien- und Diplomarbeitern, deren Engagement und Bereitschaft zur Zusammenarbeit stets eine Hilfe waren.

Den Kooperationspartnern aus der Industrie sei gedankt für die Einblicke in die industrielle Praxis, ohne die diese Arbeit in dieser Ausrichtung nicht möglich gewesen wäre.

Schließlich möchte ich mich ganz besonders herzlich bei meiner inzwischen erweiterten Familie und meinen Freunden für die mir entgegengebrachte Rücksicht, Geduld sowie das Verständnis für die vielen Stunden, die ich dieser Arbeit und nicht ihnen gewidmet habe, bedanken. Außerordentlicher Dank gilt hier meinen Eltern, meinen Schwiegereltern und meinem Mann, die sich stets liebevoll meines kleinen Sohnes annahmen und mir so die nötigen Freiräume schufen, um die Arbeit in diesem Umfang abschließen zu können. Und natürlich bin ich auch Gian Felix sehr dankbar, daß er mir nur ganz selten und auch nicht lange böse war, wenn es wieder hieß „Mami muß arbeiten!“.

Gritt Ahrens

Berlin, August 2000

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	Rahmenbedingungen .....	1
1.2	Motivation und Ziel.....	1
1.3	Vorgehen .....	2
<b>2</b>	<b>ANALYSE WISSENSCHAFTLICHER ANSÄTZE.....</b>	<b>4</b>
2.1	Einleitung.....	4
2.2	Definition der Analyse Kriterien .....	6
2.2.1	Kundendimension: Berücksichtigung der Kundenanforderungen.....	12
2.2.2	Transformationsdimension: Übersetzung von Kundenanforderungen in technische Anforderungen .....	13
2.2.3	Konkretisierungsdimension: Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung.....	15
2.2.4	Handhabungsdimension: Unterstützung der Handhabung der Anforderungen..	17
2.2.5	Wettbewerbsdimension: Beachten des Wettbewerbs .....	19
2.2.6	Flexibilitätsdimension: Flexibilität oder auch Anpaßbarkeit der Vorgehensweise .....	21
2.3	Bewertung ausgewählter wissenschaftlicher Ansätze .....	22
2.3.1	Umfassende Ansätze.....	24
2.3.1.1	<i>Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz .....</i>	<i>24</i>
2.3.1.2	<i>Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel.....</i>	<i>32</i>
2.3.1.3	<i>Quality Function Deployment nach Clausing und Danner .....</i>	<i>37</i>
2.3.1.4	<i>Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger.....</i>	<i>45</i>
2.3.1.5	<i>Der Konstruktionsprozeß nach Ullman .....</i>	<i>51</i>
2.3.2	Unvollständige Ansätze .....	56
2.3.2.1	<i>Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh .....</i>	<i>57</i>
2.3.2.2	<i>Konstruieren mit Konstruktionskatalogen nach Roth.....</i>	<i>62</i>
2.3.2.3	<i>Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser .....</i>	<i>69</i>
2.3.2.4	<i>Bildung von Produkthanforderungen nach Otto.....</i>	<i>73</i>
2.3.3	Informationstechnisch ausgerichtete Ansätze.....	81
2.3.3.1	<i>Modellierung von Produkthanforderungen im Rahmen von DIICAD nach Kläger.....</i>	<i>84</i>
2.3.3.2	<i>Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen im Rahmen von Mosaik nach Kickermann.....</i>	<i>90</i>
2.3.3.3	<i>Erfassung und Weiterverwendung von Anforderungen im Rahmen von KALEIT nach Feldhusen und Groeger .....</i>	<i>95</i>

2.3.4 Ansätze zu den Dimensionen Zeit und Kosten.....	101
2.3.4.1 Die Zeitdimension bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen.....	101
2.3.4.2 Methoden und Hilfsmittel zur Projektplanung.....	103
2.3.4.3 Die Kostendimension bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen.....	105
2.3.4.4 Methoden und Hilfsmittel zur Einbeziehung der Kosten .....	106
<b>2.4 Zusammenfassung der Analyse .....</b>	<b>108</b>
<b>3 ERWEITERTES METHODISCHES KONZEPT ZUR ERFASSUNG UND HANDHABUNG VON ANFORDERUNGEN.....</b>	<b>116</b>
<b>3.1 Randbedingungen des erweiterten methodischen Konzepts.....</b>	<b>116</b>
<b>3.2 Aufbau des erweiterten methodischen Konzepts .....</b>	<b>117</b>
<b>3.3 Nachweis der Methodenauswahl für das erweiterte methodische Konzept .....</b>	<b>120</b>
3.3.1 Kundendimension: Methoden zur Kundenintegration .....	120
3.3.2 Transformationsdimension: Methoden zum Übersetzen von Kundenanforderungen in technische Anforderungen.....	122
3.3.3 Konkretisierungsdimension: Methoden zum Klären der Konstruktionsaufgabe .....	123
3.3.4 Handhabungsdimension: Methoden zur verbesserten Anforderungshandhabung.....	126
3.3.5 Wettbewerbsdimension: Methoden zur Konkurrenzanalyse .....	127
3.3.6 Sicherung der Flexibilität der Methodenauswahl.....	128
3.3.7 Einflußgröße Zeit: Methoden zur Projektplanung.....	129
3.3.8 Einflußgröße Kosten: Methoden zum Beachten von Kostenzielen.....	130
<b>3.4 Ermitteln von konkreten Vorgehensweisen mit Hilfe des erweiterten methodischen Konzepts .....</b>	<b>130</b>
3.4.1 Verwendung der Konzeptelemente.....	131
3.4.2 Exemplarische Verwendung des Konzepts .....	133
3.4.2.1 Neukonstruktion bei einer Market-Pull-Situation.....	135
3.4.2.2 Neukonstruktion bei einer Technology-Push-Situation .....	140
3.4.2.3 Anpassungskonstruktion bei einer Market-Pull-Situation.....	143
3.4.2.4 Anpassungskonstruktion bei einer Technology-Push-Situation .....	146
3.4.3 Abschließende Bemerkungen zur Anwendung des erweiterten methodischen Konzepts.....	148

---

<b>4 KONZEPT ZUR RECHNERUNTERSTÜTZTEN ERFASSUNG UND HANDHABUNG VON ANFORDERUNGEN.....</b>	<b>150</b>
<b>4.1 Rahmenbedingungen der Erarbeitung des IT-Konzepts .....</b>	<b>150</b>
<b>4.2 Vorgehen bei der Erarbeitung des IT-Konzepts.....</b>	<b>151</b>
<b>4.3 Diskussion spezifischer Aspekte der Bereitstellung von Anforderungen .....</b>	<b>157</b>
4.3.1 Verteilte Anforderungsnutzung .....	158
4.3.2 Suche nach Anforderungen.....	162
4.3.2.1 <i>Wesentliche Einflußfaktoren bei der Suche nach Information .....</i>	<i>164</i>
4.3.2.2 <i>Möglichkeiten der rechnerunterstützten Informationssuche .....</i>	<i>167</i>
4.3.2.3 <i>Unterstützung der Anforderungssuche durch ein Klassifizierungssystem....</i>	<i>171</i>
4.3.2.4 <i>Ergänzung der IT-unterstützten Anforderungssuche durch Volltext- bzw. Schlüsselwortsuche .....</i>	<i>176</i>
4.3.2.5 <i>Nutzen gegebener Hin- bzw. Verweise zur Suche nach weiterführenden Informationen.....</i>	<i>177</i>
4.3.3 Sicherheit .....	178
4.3.3.1 <i>Organisatorische Sicherheit .....</i>	<i>179</i>
4.3.3.2 <i>Technische Sicherheit .....</i>	<i>189</i>
<b>5 UMSETZUNG DES IT-KONZEPTS.....</b>	<b>193</b>
<b>5.1 Grundlage der Entwicklung .....</b>	<b>193</b>
<b>5.2 Systemarchitektur.....</b>	<b>194</b>
<b>5.3 Beschreibung der Funktionalität.....</b>	<b>195</b>
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>202</b>
<b>7 LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>205</b>
<b>8 BEGRIFFSDEFINITIONEN .....</b>	<b>213</b>
<b>ANHANG</b>	

# 1 Einleitung

## 1.1 Rahmenbedingungen

Angesichts zunehmender Produktkomplexität, die vor allem durch die fortschreitende Verknüpfung des reinen Maschinenbaus mit anderen Fachgebieten wie der Arbeitswissenschaft, dem Design oder der Informatik begründet ist, ist die geführte, methodische Vorgehensweise in der Entwicklung und Konstruktion von Produkten unabdingbar.

Analysiert man jedoch die Arbeitsabläufe während der Produktentwicklung in der industriellen Praxis (siehe Kapitel 4), stellt man fest, daß methodische Hilfsmittel noch nicht konsequent eingesetzt werden. Die Gründe hierfür sind mannigfaltig. Sie reichen von mangelnder Kenntnis und Akzeptanz der Methoden bis hin zu fehlender Rechnerunterstützung. Hierbei ist das Akzeptanzproblem zum Teil bedingt durch spärliches Wissen über sinnvolle Einsatzgebiete und -formen. Sind die Methoden jedoch bekannt, so ist der ausbleibende Einsatz, insbesondere in den frühen Phasen der Produktentwicklung, meist durch die mangelnde Kalkulierbarkeit des effektiven Nutzens, der aus der Anwendung der Methodik resultiert, begründet.

Meist sind die positiven Auswirkungen oder Folgen des Einsatzes der Methoden nur schwer eindeutig auf diese zurückzuführen. Beispielsweise können durch die Integration von Produktions- und Fertigungsspezialisten bei der Zusammenstellung der Produkthanforderungen und Prozeßrahmenbedingungen Fehlentwicklungen, die aus Unkenntnis spezifischer fertigungstechnischer Randbedingungen resultieren, vermieden werden. Der Erfolg wäre eine Verkürzung der Entwicklungszeiten durch nicht erforderlich werdende Iterationsschritte zur Fehlerbehebung. Wie aber soll man im voraus abschätzen, welche Fehler bei einer Beteiligung der Spezialisten *nicht* auftreten werden? Gleichermaßen schwierig ist es, den Nachweis dafür zu erbringen, daß derartige Fehlentwicklungen tatsächlich auftreten werden, wenn die Spezialisten bei der Spezifikation der Anforderungen *nicht* integriert werden. Der zunächst zu erbringende zusätzliche Aufwand, wie beispielsweise die Beteiligung der Fachleute an den Gesprächen sowie die Verlängerung der Verhandlungen aufgrund des erweiterten Inhalts, ist im Gegensatz dazu deutlich erkennbar und beeinflußt die Entscheidung hinsichtlich einer Methodikanwendung negativ.

## 1.2 Motivation und Ziel

Zur positiven Beeinflussung der drei Haupteinflußgrößen der Wettbewerbsfähigkeit am heutigen, immer härter werdenden Markt – Zeit, Kosten und Qualität - müssen vorhandene

Optimierungspotentiale voll ausgeschöpft werden. Wichtig ist es hierbei, erfolgversprechende Potentiale rechtzeitig zu erkennen und deren Nutzung konsequent und systematisch voranzutreiben.

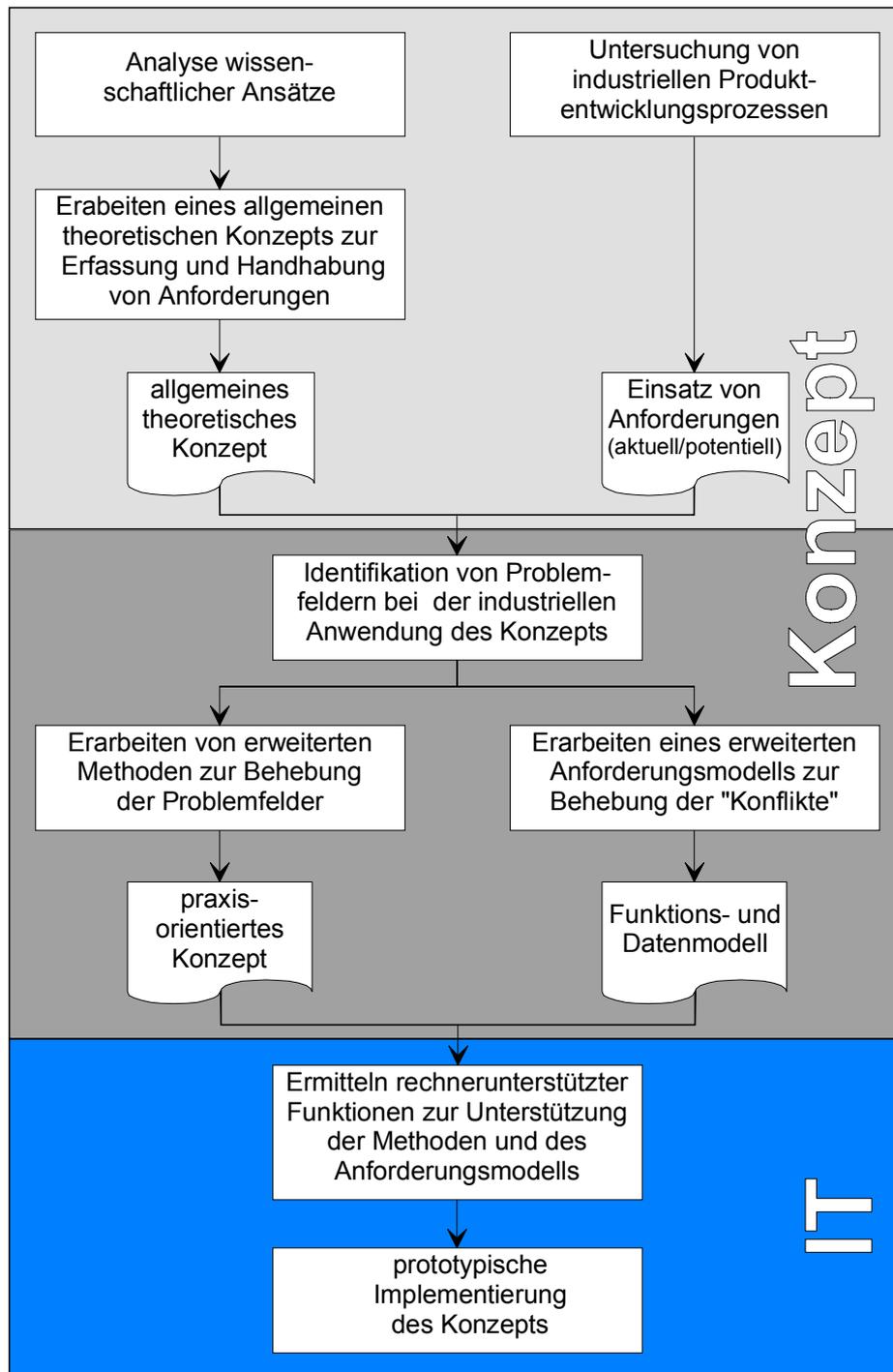
Eine klar definierte Aufgabenstellung, die neben den technischen Anforderungen auch die Kundenbedürfnisse nicht außer Acht läßt, ist die Voraussetzung für eine erfolgversprechende Produktentwicklung. Systematische Vorgehensweisen, die den Entwickler bei der Arbeit mit Anforderungen von der Erhebung von Kundenbedürfnissen, der Definition von technischen Anforderungen bis hin zu deren Verwendung im Entwicklungsprozeß durchgängig anleiten, existieren derzeit jedoch noch nicht.

Weiterhin birgt der Einsatz von Informationstechnologie bei der Arbeit mit Anforderungen wesentliche Potentiale (vergleiche Kapitel 4.3). Die Verlagerung des Anforderungsmanagements auf den Rechner ermöglicht beispielsweise den Einsatz moderner Arbeitsformen und -strategien, wie der Teamarbeit oder Simultaneous Engineering. Andere elektronisch erzeugte Daten werden leichter zugänglich, sei es um sie als Assoziationshilfe, Nachschlagewerk oder als erläuternden Anhang für die zu definierende Anforderung zu verwenden. Weiterhin können Arbeitsprozesse, wie die Suche nach relevanten Anforderungen, deren Modifikation oder Einbindung in andere Dokumente, wie Verträge, unterstützt und damit verkürzt werden. Zudem kann die redundante Datenhaltung reduziert und die Aktualität der Daten dadurch generell erhöht werden. Schließlich sind die Bereitschaft zu einer Methodikanwendung und deren Erfolg eng verzahnt mit einer effizienten IT-Anwendung (s.o.).

Will man nun aber theoretische Methoden zur Unterstützung der Anforderungserfassung und -handhabung während des gesamten Produktentwicklungsprozesses für die generelle industrielle Anwendung mit Hilfe der Informationstechnologie effektiv nutzbar machen, müssen diese drei Bereiche aufeinander abgestimmt werden. Diese umfassende Unterstützung der Anforderungserfassung und -handhabung ist Ziel der vorliegenden Arbeit.

### 1.3 Vorgehen

Es werden zunächst existierende wissenschaftliche Ansätze, die sich mit der Anforderungserfassung und -handhabung befassen, analysiert und bewertet (Kapitel 2). Auf der Grundlage dieser Analyse wird ein allgemein anwendbares theoretisches Konzept in Form eines Methodenbaukastens erarbeitet (Kapitel 3), welches an die durch industrielle Untersuchungen ermittelten, praxisrelevanten Anforderungen und Randbedingungen angepaßt und anschließend für den Rechnereinsatz aufbereitet wird (Kapitel 4). Das Vorgehen bei der Bearbeitung dieser Aufgabe geht aus Bild 1.1 hervor.



**Bild 1.1:** Vorgehen bei der Erarbeitung eines umfassenden Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Produktanforderungen

Der Notwendigkeit, das erarbeitete Methodikkonzept in die Arbeitsprozesse der Produktentwicklung mit möglichst geringem Aufwand zu integrieren, wird dabei durch die bestmögliche Unterstützung häufiger und zeitaufwendiger Arbeitsschritte Rechnung getragen. Eine exemplarische Umsetzung des erarbeiteten informationstechnischen Konzepts (Kapitel 5) visualisiert vor allem die Übersichtlichkeit und Effektivität, die mit Hilfe heutiger IT-Unterstützung in diesem Zusammenhang erreicht werden können.

## 2 Analyse wissenschaftlicher Ansätze

### 2.1 Einleitung

Vor dem Hintergrund der Erarbeitung eines allgemein anwendbaren, umfassenden Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen werden zunächst existierende wissenschaftliche Ansätze unter Berücksichtigung der spezifischen Anwendungsgebiete sowie der Ausrichtung in der methodischen Unterstützung analysiert. Ziel ist es hierbei, die Vorzüge der unterschiedlichen Strategien aufzuzeigen und deren prädestinierte Anwendungsfälle und -gebiete zu ermitteln.

Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Ansätze zur Anforderungserfassung und -handhabung, die meist Teil einer umfassenden Konstruktionsmethodik mit sehr verschiedenen Schwerpunkten sind. Auch unterscheiden sich die jeweils vorgeschlagenen Vorgehensweisen miteinander fundamental. Beispielsweise verknüpft Clausing die ermittelten Kundenanforderungen mit den technischen Anforderungen mittels des House of Quality /Clau-94/, überprüft die technischen Anforderungen auf ihre Abhängigkeiten, beurteilt Realisierungsmöglichkeiten und legt eine Priorisierungsfolge fest. Der Ansatz ist recht umfassend, da auch bei fortschreitender Konkretisierung der Entwicklung bis hin zum fertigen Produkt der beschriebene Formalismus wiederverwendet werden kann /Clau-95/. Durch die Veranschaulichung der Ergebnisse mit Hilfe einer erweiterten Matrix ist der Ansatz weiterhin sehr übersichtlich. Der Einsatz ist aber auf Anpassungskonstruktionen beschränkt, die Durchführung ist bei komplexen Produkten zeitintensiv, das Einarbeiten von Änderungen bei fortgeschrittener Entwicklung ist sehr aufwendig /Dann-96/ und Methoden, die die Anforderungserfassung beim Kunden beschreiben, werden nicht näher betrachtet. Im Gegensatz dazu wird in einem Ansatz von Otto aus methodischer Sicht sehr ausführlich auf die Ermittlung der Kundenanforderungen, deren Auswertung und Übersetzung in technische Anforderungen eingegangen, deren Nutzung im weiteren Verlauf des Produktentwicklungsprozesses aber außer Acht gelassen /Otto-96/. Ein von Pugh verfolgter Ansatz wiederum ist sowohl für Anpassungs- als auch Neukonstruktionen geeignet /Pugh-91/, kann den hohen Standard an methodischer Unterstützung der zuvor genannten Ansätzen jedoch nicht halten. Der umfassende, ausgewogene Vergleich der Ansätze erweist sich damit als problematisch.

Es muß eine gemeinsame Basis für die Analyse geschaffen werden, mit deren Hilfe die Ansätze unabhängig von deren spezifischen Ausrichtungen bezüglich ihrer Eignung zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen bewertet werden können.

Zu diesem Zweck werden Einflußfaktoren ermittelt, die im Rahmen der Erfassung und Handhabung von Anforderungen eine marktgerechte Produktentwicklung positiv beeinflussen. Diese Einflußfaktoren definieren die Dimensionen, an Hand derer die wissenschaftlichen Ansätze analysiert werden. Um die verschiedenen Theorien auch qualitativ vergleichen zu können, ist die Festlegung von Unterscheidungsmerkmalen bzw. Bewertungskriterien erforderlich. Da aber strukturierte Vorgehensweisen analysiert werden, werden diese Einflußfaktoren und damit die Bewertungskriterien in erster Linie durch methodische Hilfsmittel repräsentiert.

Die ermittelten Dimensionen müssen des weiteren inhaltlich weitgehend unabhängig sein, um damit eine einseitige Beeinflussung der Bewertung auszuschließen und mit jeder analysierten Dimension auch einen klaren Erkenntniszuwachs bezüglich des Umfangs der methodischen Unterstützung sowie der praktischen Anwendbarkeit zu erlangen.

Da sich eine vollständige, auch spezifische Aspekte der Anforderungserfassung und -handhabung berücksichtigende Festlegung aussagefähiger Dimensionen ohne detaillierte Kenntnis aller zu untersuchenden wissenschaftlichen Ansätze als unmöglich erweist, wird im Rahmen dieser Arbeit eine „dynamische“ Analyse durchgeführt: Es werden zunächst offensichtliche Dimensionen und Kriterien zusammengestellt, mit deren Hilfe die Analyse der wissenschaftlichen Ansätze begonnen wird. Ergeben sich neu auftretende, zunächst unberücksichtigte Aspekte, werden diese den Kriterien und Dimensionen hinzugefügt oder diese überarbeitet. Anschließend erfolgt eine erneute Untersuchung aller Ansätze auf der Grundlage dieser Analyse.

Im Rahmen der vorliegenden Dokumentation wird ausschließlich das Ergebnis dieses Prozesses, die endgültige Zusammenstellung der Dimensionen, der dazugehörigen Kriterien sowie der sich anschließenden bewertenden Analyse, vorgestellt<sup>1</sup>.

Eine weitere unkonventionelle Ausprägung der Analyse ergibt sich daraus, daß die Bewertungskriterien methodische Hilfsmittel sind. Es wäre nun möglich, sämtliche Kriterien derart in die Bewertung einfließen zu lassen, daß ein „vorhanden“ oder „nicht vorhanden“ spezifiziert werden kann. Für die entsprechende Dimension muß in diesem Fall noch eine

---

<sup>1</sup> Die Sichtung der zur Verfügung stehenden Literatur zu diesem Thema wurde unter anderem durch die Diplomarbeiten der Herren Kasiske, Sellner und von Schierstädt unterstützt. Die abschließende Bewertung und Auswahl der hier vorgestellten Ansätze wurde maßgeblich in der Diplomarbeit von Herrn Ilius vorangetrieben.

Gewichtung aller Kriterien erfolgen. Dasselbe gilt für die Dimensionen untereinander. Dieses übliche Vorgehen (siehe auch /VDI 2225/) ist jedoch hier nicht sinnvoll, da die direkte Nutzbarkeit der durch die bewerteten Kriterien erzeugten Information damit verloren geht. Die erzeugten numerischen Ergebnisse der Bewertung könnten zwar leicht absolut verglichen werden, müßten aber, zur weiteren Verwendung der Analyseergebnisse für das zu erarbeitende Konzept einer umfassenden Vorgehensweise zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen im gesamten Produktentwicklungsprozeß, anschließend erst wieder interpretiert werden.

Wegen dieser Zielsetzung liegt der Fokus der Analyse auf der Vergleichbarkeit der Ansätze und nicht auf der Bestimmung einer absoluten Wertigkeit. Das Aufzeigen von Besonderheiten und Defiziten einzelner Ansätze sowie der in diesen Ansätzen verwendeten Methoden und Hilfsmittel steht hierbei klar im Vordergrund. Nur so können die Elemente der untersuchten Ansätze gemäß ihrer spezifischen Eigenschaften in dem zu erarbeitenden Konzept zusammengeführt werden. Eine mit Hilfe der absoluten Wertigkeiten erzeugbare Rangreihe hinsichtlich der Gesamtqualität der wissenschaftlichen Ansätze kann die hierfür benötigten Informationen nicht liefern. Aus diesem Grund werden die Kriterien direkt als Skalierung der entsprechenden Dimensionen verwendet und nicht normiert oder gewichtet.

Dem eiligen Leser sei aufgrund des Umfangs der Analyse empfohlen, diese zu überspringen und direkt mit der Zusammenfassung dieses Abschnitts (Kapitel 2.4, S. 108) fortzufahren. Hier sind die Ergebnisse der Analyse gebündelt dargestellt. Bei Interesse, einzelne Ergebnisse im Detail nachzuvollziehen, ist der gleiche Aufbau von Analyse und Zusammenfassung von Vorteil. Zusammenfassende Graphiken und eine tabellarische Übersicht erleichtern weiter den direkten Zugriff auf die ausführlichen Erläuterungen. Die in Kapitel 2.2 enthaltenen Informationen, in dem die Analyse Kriterien grundsätzlich festgelegt werden, sind jedoch zum besseren Verständnis des Aufbaus der Analyse nützlich.

## **2.2 Definition der Analyse Kriterien**

Jede Theorie zur Anforderungserfassung und -handhabung hat eine marktgerechte Produktentwicklung zum Ziel. Grundsätzlich beeinflußt bereits die mangelnde Berücksichtigung oder Unterstützung einer der folgenden neun Einflußgrößen die Erreichung dieses Ziels negativ.

- |                    |   |
|--------------------|---|
| 1. Kunde(n)        | Berücksichtigung der Kundenanforderungen                        |
| 2. Transformation  | Übersetzung von Kundenanforderungen in technische Anforderungen |
| 3. Konkretisierung | Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung                     |
| 4. Handhabung      | Unterstützung der Handhabung der Anforderungen                  |
| 5. Wettbewerb      | Beachten des Wettbewerbs  |
| 6. Flexibilität    | Flexibilität oder auch Anpaßbarkeit der Vorgehensweise          |
| 7. Qualität        | Berücksichtigung der Qualität                                   |
| 8. Zeit            | Berücksichtigung der Zeit                                       |
| 9. Kosten          | Berücksichtigung der Kosten                                     |

Die ersten sechs Einflußgrößen sind weitgehend voneinander unabhängig und werden von den meisten die Thematik behandelnden wissenschaftlichen Ansätzen bedacht. Sie bilden damit - in Form der Dimensionen - die Grundlage der Analyse und werden im nächsten Kapitel näher erläutert.

Die *Qualität* des zu entwickelnden Produkts hängt u.a. entscheidend von der vollständigen<sup>2</sup> Erfassung der Anforderungen und deren konsequenter Nutzung ab /AhTe-96/. Die methodische Unterstützung der Erfassung sowie der für eine erfolgreiche Nutzung erforderlichen Arbeitsschritte wird aber durch die Kriterien eins bis fünf beurteilt. Weiterhin sind die Größen *Zeit* und *Kosten* nicht von der *Qualität* zu trennen, da sie sich gegenseitig beeinflussen. Die angestrebte *Qualität* des zu entwickelnden Produkts ist demzufolge nicht als eigenständiges Analysekriterium geeignet, wird aber durch die anderen Kriterien implizit berücksichtigt.

Bei jedem Vorschlag zur Organisation, Unterstützung und Durchführung der Arbeitsabläufe muß das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen im Auge behalten werden, da anderenfalls eine praktische Anwendbarkeit der erarbeiteten Theorie nicht gegeben ist. Aus diesem Grund dürfen die Einflußgrößen *Zeit* und *Kosten* ebenfalls in keinem wissenschaftlichen Ansatz, der sich mit dem Prozeß der Produktentwicklung befaßt, unberücksichtigt bleiben.

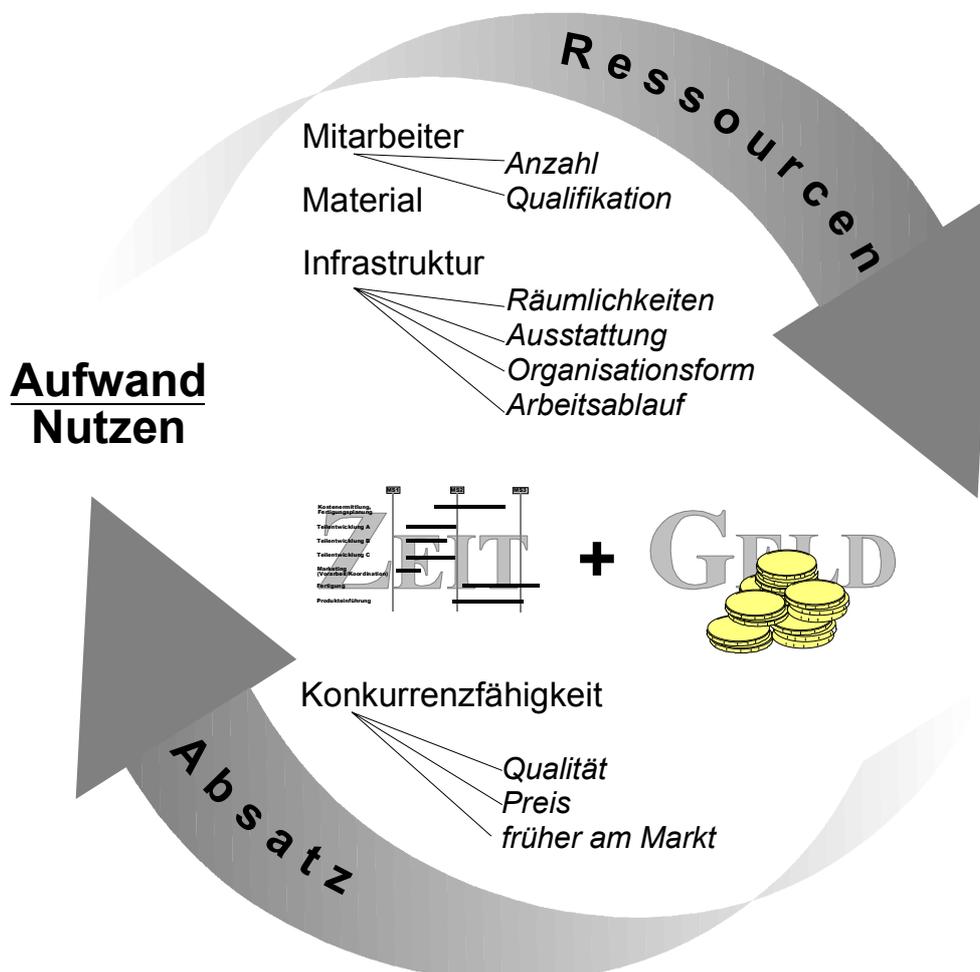
Die benötigte *Zeit* und die verursachten *Kosten* in einem Produktentwicklungsprozeß stehen ebenfalls in engem Zusammenhang und sind damit als Dimensionen für die Analyse gleichermaßen ungeeignet. Zusammengefaßt lassen sich die Einflußgrößen durch den angesprochenen Aufwand bzw. sinnvollerweise durch das Verhältnis zwischen Aufwand und

---

<sup>2</sup> **Vollständige** Erfassung der Anforderungen bedeutet in diesem Zusammenhang die Identifikation und Dokumentation der im Produkt umzusetzenden Eigenschaften sowie der dabei einzuhaltenden Randbedingungen.

Nutzen (siehe hierzu auch Bild 2.1) darstellen. Aber auch diese Größen sind keine einsetzbaren Dimensionen der Analyse:

Der für die vergleichende Analyse zu bewertende Aufwand setzt sich zusammen aus den Kosten, die für die Umsetzung des wissenschaftlichen Ansatzes und die Durchführung der zusätzlichen Arbeitsschritte erforderlich sind sowie die dafür benötigte Zeit. Die für die Umsetzung eines wissenschaftlichen Ansatzes anfallenden Kosten können mannigfaltige Ursachen haben, sind aber zumindest alle unternehmens- bzw. prozeßabhängig. Beispielsweise können ungeeignete Organisationsformen im Unternehmen vorliegen, so daß eine Umstrukturierung, eventuell sogar räumliche Veränderungen sowie Anpassungen der Arbeitsabläufe erforderlich werden. Weiterhin sind zur effizienten Anwendung der Ansätze in der Regel Schulungen des Personals angebracht und die Anschaffung von Rechnern, zumindest aber zu verwendender Software, meist unumgänglich. Mit dem Einsatz von Informationstechnologie steigt aber wiederum die Notwendigkeit diese, deren Strukturen sowie die erzeugten Daten kontinuierlich zu pflegen, was mindestens den Einkauf von Dienstleistung, meist aber die Einstellung qualifizierten Personals nach sich zieht.



**Bild 2.1:** Zusammenhang und gegenseitige Abhängigkeit der Einflußgrößen Kosten und Zeit

Der aus dem Aufwand resultierende Nutzen kann sich zum Beispiel in weniger Iterationsschritten während der Produktentwicklung, eventuell verminderten Durchlaufzeiten, verbesserter Produktqualität, durchgehender Produktdokumentation, Nachvollziehbarkeit von Entscheidungsprozessen sowie höherem Absatz, also wiederum in unternehmensspezifischen Größen, widerspiegeln.

Abgesehen von der in der Handhabungsdimension implizit enthaltenen Aussage zur tendenziellen Beeinflussung der zur Durchführung der entsprechenden Methodik aufzuwendenden Zeit kann über den Aufwand praktisch keine Aussage gemacht werden, weil der finanzielle Aufwand für die Durchführung eines Ansatzes nicht ausschließlich von den dazu benötigten Hilfsmitteln und der erforderlichen Zeit abhängt. So können bereits die zu entwickelnden Produkte und damit die vorhandenen Entwicklungsprozesse sehr unterschiedlich sein. Zwei die Unterschiedlichkeit der Produkte und Randbedingungen ihrer Entwicklung verdeutlichende Beispiele sind ein in Großserie zu produzierendes Kraftfahrzeug mit all seinen Varianten im Gegensatz zu einem entsprechend den Anforderungen des Einzelkunden gezielt auszulegenden und anzufertigenden Elektromotor oder auch Verdichter, dessen Auslegung sich auf die Anpassung der Parameter an die konkreten Vorgaben bezüglich der zu erbringenden Leistung und der Anschlußmaße beschränkt. Im Falle des Automobilherstellers liegt der Schwerpunkt verstärkt in der Marktforschung, Entwicklung und Optimierung, während der E-Motoren- oder Verdichterhersteller diesen Bereich gezielt klein hält, da die (erforderlichen als auch möglichen) Innovationen auf diesem Gebiet eher gering sind. Weiterhin unterscheidet sich auch die Zusammenarbeit mit Zulieferern schon aufgrund des verschiedenen Auftragsumfangs wesentlich (siehe hierzu auch Tegel /Tege-96/).

Aus der Sicht der potentiellen Anwender würde demnach eine Bewertung ein und desselben wissenschaftlichen Ansatzes gänzlich unterschiedlich ausfallen. Darüber hinaus beeinflussen die spezifischen Gegebenheiten eines Unternehmens, insbesondere die technische und personelle Ausstattung sowie der organisatorische Aufbau (Tegel /Tege-96/), den möglichen Nutzen und den erforderlichen Aufwand zusätzlich. Die die Prozesse charakterisierenden Tendenzen können so vollständig wettgemacht aber auch massiv verstärkt werden.

Eine Abschätzung des Aufwands kann und sollte infolgedessen nur für den konkreten Einzelfall unternommen werden. Aus diesem Grund wird in der folgenden Bewertung diese Einflußgröße nicht berücksichtigt.

Die Einflußgrößen *Zeit* und *Kosten* können aber auch durch die Beantwortung der Fragen

- Wird bei der Erfassung und Handhabung der Anforderungen berücksichtigt, welcher Zeitaufwand zu deren Umsetzung erforderlich ist und welche Kosten durch die Anforderungen und deren Ausprägungen verursacht werden?
- Wie erfolgt die methodische Unterstützung der Berücksichtigung dieser Größen?  
definiert und zur Bewertung der unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansätze herangezogen werden:

Die Einflußgröße *Zeit* kann sinnvoll über die Möglichkeit der Definition, Kontrolle und Nutzung von terminlichen Vorgaben berücksichtigt werden. Leider findet aber auch diese Größe in den untersuchten wissenschaftlichen Ansätzen kaum Berücksichtigung. Zwar wird im Einzelfall auf die Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung eingegangen, jedoch wird dieser Aspekt nicht in die dargelegte Methodik eingebettet.

Bezüglich der *Kosten* sollten die untersuchten Ansätze deren Vorgabe, Abschätzung und Kontrolle im Zusammenhang mit Anforderungen oder deren Ausprägungen unterstützen. Gegenwärtig erfolgt eine detaillierte Kostenabschätzung vor allem in den späten Phasen des Entwicklungsprozesses, wenn Anforderungen bereits durch Lösungen umgesetzt sind. Nur in zwei der untersuchten Ansätze (Ehrlenspiel /Ehrs-95/ und Danner /Dann-96/) wird dieser Aspekt bereits bei der Zusammenstellung von Anforderungen methodisch berücksichtigt.

Da sich die im zunehmend härter werdenden Wettbewerb neben der Produktqualität entscheidenden Einflußgrößen *Zeit* und *Kosten* in beiden betrachteten Fällen weder voneinander noch von den anderen Einflußgrößen trennen lassen, werden sie nicht zur Bewertung der Ansätze herangezogen. Wegen der besonderen Wichtigkeit der Berücksichtigung dieser Einflußgrößen werden geeignete Methoden und Hilfsmittel - ergänzend zum Hauptteil der Analyse wissenschaftlicher Ansätze zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen - hinsichtlich ihrer Eigenschaften untersucht (Kapitel 2.3.4).

In Tabelle 2.1 sind die sechs zur Bewertung herangezogenen Dimensionen mit den entsprechend betrachteten Kriterien aufgeführt. Diese werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

**Tabelle 2.1:** Übersicht der Dimensionen der Analyse und der entsprechenden Bewertungskriterien (\* Die Bezeichnung ist nicht bindend; die Art der Unterscheidung muß gegeben sein.)

Dimension	Erläuterung	Wert	Kriterium bzw. Merkmal für die Wertvergabe
Kunde(n)	Erfassen von Kundenanforderungen	0	Das Erfassen von Kundenanforderungen wird nicht berücksichtigt.
		1	Das Erfassen von Kundenanforderungen erfolgt indirekt, z.B. über den Umweg der Marketingabteilung. Der direkte Kundenkontakt fehlt.
		2	Beim Erfassen von Kundenanforderungen werden die Kunden direkt einbezogen.
		3	Das Erfassen von Kundenanforderungen erfolgt im Rahmen von Kundengesprächen.
		4	Interaktive Produktentwicklung mit dem Kunden.
Transformation	Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen	0	Das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen wird nicht berücksichtigt.
		1	Kundenanforderungen werden zum besseren Verständnis analysiert.
		2	Das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen erfolgt methodisch.
Konkretisierung	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	0	Das Klären der Aufgabenstellung wird nicht bzw. nur unvollständig berücksichtigt.
		1	Das Präzisieren der Anforderungen ist, sofern möglich und sinnvoll, durch qualitative und quantitative Zielvorgaben vorgesehen.
		2	Das Zusammenstellen der benötigten Anforderungen wird durch methodische Hilfsmittel unterstützt.
		3	Die Anforderungen werden zusätzlich hinsichtlich der Notwendigkeit ihrer Umsetzung in <i>Forderungen*</i> und <i>Wünsche*</i> unterschieden.
		4	Als <i>Wunsch*</i> spezifizierte Anforderungen werden weiterhin hinsichtlich der Notwendigkeit ihrer Umsetzung differenziert.
Handhabung	Anforderungshandhabung	0	Die Handhabung von Anforderungen wird nicht berücksichtigt.
		1	Die Anforderungen werden entsprechend ihrer inhaltlichen Zugehörigkeit geordnet.
		2	Zusätzlich ist die einzelne Anforderung bzw. die Anforderungsliste leicht änderbar.
		3	Die Vorgehensweise zur Anforderungserfassung und -handhabung ist für eine IT-Unterstützung geeignet.
Wettbewerb	Beachten des Wettbewerbs	0	Die technischen Lösungen der Wettbewerber werden nicht berücksichtigt.
		1	Die technischen Lösungen der Wettbewerber werden analysiert.
		2	Die Anforderungserfüllung von existierenden Lösungen wird analysiert und verglichen.
		3	Die Anforderungsgewichtung wird zusätzlich zur Anforderungserfüllung von existierenden Lösungen eingesetzt.
Flexibilität	Flexibilität der Vorgehensweise	1	Die Vorgehensweise ist hauptsächlich für Anpassungskonstruktionen geeignet.
		2	Die Vorgehensweise ist grundsätzlich für alle Konstruktionsarten geeignet sowie allgemein anpaßbar.

Im folgenden wird auf den Hintergrund der einzelnen Kriterien näher eingegangen, um deren Relevanz herauszustellen und Schwachstellen in bezug auf deren Aussagefähigkeit aufzuzeigen.

### 2.2.1 Kundendimension: Berücksichtigung der Kundenanforderungen

Der Erfolg eines Produktes hängt entscheidend von dessen Absatz ab. Die innovativste Entwicklung, modernste und präziseste Fertigung sowie kürzeste Durchlaufzeit ist nicht erfolgreich, wenn der Markt das Produkt nicht abnimmt. Soll ein Produkt den bewußten oder unbewußten Erwartungen und Bedürfnissen des Kunden gerecht werden, müssen dessen Anforderungen bei der Entwicklung und Konstruktion möglichst früh berücksichtigt werden /PaBe-97/ /Ehrs-95/ /Dann-96/. Voraussetzung hierfür ist wiederum deren frühzeitige und vollständige Erfassung.

Da die Wahrscheinlichkeit, die Bedürfnisse des Kunden vollständig zu erfassen, mit der Intensität ihrer Einbindung in den Prozeß der generellen Anforderungserfassung steigt, dient der Grad der Kundenintegration als Maß für die Bewertung der Qualität, mit der die Kundenanforderungen erfaßt werden. Aus Tabelle 2.2 geht hervor, wie die Bewertung der Ansätze erfolgt bzw. unter welchen Voraussetzungen wissenschaftliche Ansätze den Kriterien zugeordnet werden, wobei jeweils nur ein Fakt zutreffen muß.

Der Kontakt zwischen Kunde und Unternehmen ist bei Serienfertigern in der Regel Aufgabe des Marketing und bei Einzelffertigern Aufgabe des Vertriebs. Die Gefahr der unnötigen Verzögerungen bei der Berücksichtigung und Fehlinterpretation der Kundenanforderungen kann aber maßgeblich reduziert werden, wenn Kunde und **PRODUKTENTWICKLER**<sup>3</sup> direkt miteinander in Kontakt treten. Da diese Tatsache auch allgemein zunehmend in ihrer Bedeutung erkannt wird /PaBe-97/ /Ehrs-95/, soll hier unter **KUNDENKONTAKT** ausschließlich der Kontakt zwischen Kunde und Produktentwickler und nicht zwischen Kunde und Marketing oder dem Vertrieb verstanden werden.

---

<sup>3</sup> Die Ausführung eines Wortes in KAPITÄLCHEN weist im Rahmen dieser Arbeit auf nähere Erläuterungen zu dessen Bedeutung in den Begriffserklärungen hin.

Tabelle 2.2: Erläuterung zur Bewertung der Kundendimension

Wert	Kriterium / Merkmal	Erläuterungen
0	Das Erfassen von Kundenanforderungen wird nicht berücksichtigt.	-
1	Das Erfassen von Kundenanforderungen erfolgt indirekt, z.B. über den Umweg der Marketingabteilung. Der direkte Kundenkontakt fehlt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es werden keine methodischen Hilfsmittel oder Handlungsanweisungen bereitgestellt.</li> <li>• Es wird sekundäre Marktforschung betrieben.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Hierzu gehören ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– allgemeine Marktforschungen wie Trendanalysen /Bloo-83/ /Borb-77/,</li> <li>– das Erkennen von Lebenszyklus-Phasen /Kotl-97/,</li> <li>– das Aufstellen einer Produkt-Markt-Matrix /PaBe-97/,</li> <li>– die Portfolio-Analyse /Ehrs-95/ und</li> <li>– die Szenario-Technik /GaFiSc-96/.</li> </ul> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird im Ansatz Primärforschung vorausgesetzt, das „Wie?“ aber nicht näher spezifiziert, so wird von einer Erhebung durch das Marketing ausgegangen.</li> </ul>
2	Beim Erfassen von Kundenanforderungen werden die Kunden direkt einbezogen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schriftliche oder mündliche (telefonisch oder persönlich) Erhebung von Kundenanforderungen durch ein interdisziplinäres Entwicklungsteam</li> <li>• Der direkte Kundenkontakt muß mindestens für die wichtigen, beispielsweise den Kern einer Produktidee ausmachenden, Anforderungen erfolgen.</li> </ul>
3	Das Erfassen von Kundenanforderungen erfolgt im Rahmen von Kundengesprächen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kundenkontakt erfolgt in verschiedenen Stadien der Produktplanung und -konzipierung</li> <li>• Neben der Beantwortung von Fragen stehen die Kunden für Rückfragen zur Verfügung, Mißverständnisse werden vermieden.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Methoden hierfür sind z. B. ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– entsprechend organisierte Interviews /UIEp-95/,</li> <li>– Focus-Groups /UIEp-95/,</li> <li>– Gebrauchstests /UIEp-95/.</li> </ul> </div>
4	Interaktive Produktentwicklung mit dem Kunden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideallösung: Einbindung des Kunden in der Planungs-, Konzipierungs- und Entwurfsphase</li> <li>• Intensivierung des Kundenkontakts bis hin zur Aufnahme des Kunden im Entwicklungsteam /Ehrs-95/</li> </ul>

### 2.2.2 Transformationsdimension: Übersetzung von Kundenanforderungen in technische Anforderungen

Die Formulierung von Anforderungen durch den oder die Kunden erfolgt umgangssprachlich („Das Fahrzeug darf nicht kippen.“) oder entsprechend einer spezifischen Anwenderprofession (Landwirt: „Der Schwerpunkt muß möglichst tief liegen, darf aber die Bodenfreiheit nicht zu sehr einschränken.“), in der Regel ausschließlich aus Anwendersicht und zum Teil sogar lösungseinschränkend, wenn weitere Umsetzungen einer gewünschten Funktion dem Kunden nicht gegenwärtig sind. Da Anforderungen im Rahmen einer methodischen

Produktentwicklung dagegen technisch detaillierte, so weit wie möglich quantifizierte, lösungsneutral formulierte Beschreibungen der Eigenschaften und Restriktionen eines zu entwickelnden Produkts sind /PaBe-97/, müssen die Kundenanforderungen zunächst entsprechend der Intention des Kunden interpretiert und verstanden werden, bevor sie in technische Anforderungen übertragen werden können. Die Bedeutung einer durchgängigen Kundenintegration wird hier nochmals deutlich.

Als Maß für die Erfüllung der Transformationsdimension dient die Wahrscheinlichkeit des Erreichens des gewünschten Ergebnisses dieser Dimension. Dieses Ergebnis ist eine möglichst vollständige Liste technischer Anforderungen, die dem Produktentwickler als Grundlage für weitere Konkretisierungen sowie der Lösungsfindung dient. Da die Wahrscheinlichkeit mit der Bereitstellung strukturierter Vorgehensweisen steigt, erfolgt die Bewertung der Transformationsdimension über das Vorhandensein entsprechender Methoden in den wissenschaftlichen Ansätzen.

Die Umsetzung der erfaßten Kundenanforderungen in technische Anforderungen erfolgt in zwei Stufen, nämlich dem Ermitteln der wesentlichen Anforderungen und dem eigentlichen Übersetzen. Aus diesem Grund erfolgt auch die Bewertung dieser Dimension zweistufig (siehe Tabelle 2.3).

**Tabelle 2.3:** Erläuterung zur Bewertung der Transformationsdimension

Wert	Kriterium / Merkmal	Erläuterungen
0	Das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen wird nicht berücksichtigt.	-
1	Kundenanforderungen werden zum besseren Verständnis analysiert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung von Methoden, die dem Produktentwickler oder einem Entwicklungsteam die korrekte Interpretation der Kundenanforderungen ermöglichen.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">           Beispiele sind die allgemein anwendbaren Methoden...           <ul style="list-style-type: none"> <li>– Abstrahieren zum Erkennen wesentlicher Probleme /PaBe-97/,</li> <li>– Kombination von Abstrahieren und Konkretisieren /Roth-94/.</li> </ul> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentation der Ergebnisse zur Verwendung in folgenden Entwicklungsschritten</li> </ul>
2	Das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen erfolgt methodisch.	<ul style="list-style-type: none"> <li>systematisches Übersetzen von Kundenanforderungen in technische Anforderungen durch Methoden wie....</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">           - QFD /Clau-94/ /Dann-96/         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentation der Ergebnisse zur Verwendung in folgenden Entwicklungsschritten</li> </ul>

Weiterhin ist es denkbar, daß Kundenanforderungen bereits als technische Anforderungen vorliegen. In Business-to-Business-Märkten ist es z. B. keine Seltenheit, daß ein Kunde eine Maschine oder Anlage mit präzisen technischen Anforderungen bestellt. In diesem Fall erübrigt sich die Übersetzung von Kundenanforderungen in technische Anforderungen. Doch auch der Kunde muß, bevor er die Anfrage stellen kann, die technischen Anforderungen ermittelt haben. Dabei können zum Beispiel Maschinenbediener - sozusagen als interne Kunden - Anforderungen oder Wünsche spezifizieren, die dann von Betriebsingenieuren des auftragserteilenden Kunden in technische Anforderungen übersetzt werden. Das Beispiel verdeutlicht, daß auch in diesem Fall die Übersetzung ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Klärung und Definition der Konstruktionsaufgabe ist.

Da die Erfassung der Kundenanforderungen Voraussetzung für deren Übersetzung in technische Anforderungen ist, sind die Kunden- und die Transformationsdimension sowohl zeitlich als auch inhaltlich nicht vollständig unabhängig. Davon abgesehen ist ein wissenschaftlicher Ansatz ausschließlich dann von praktischem Nutzen, wenn für jeden der beiden Arbeitsschritte systematische, möglichst allgemein anwendbare Vorgehensweisen bereitgestellt werden.

### 2.2.3 Konkretisierungsdimension: Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung

Neben den Anforderungen, die vom Kunden vorgegeben werden und die sich in erster Linie auf die Funktion, Handhabung, gesellschaftliche Vorgaben wie Trends oder Gesetzgebung, den Preis sowie unter Umständen die Wartung beziehen, gibt es eine Reihe weiterer wichtiger Anforderungen, die für diesen lediglich über den Umweg der Beeinflussung des Preises von Interesse sind. Die Montage- und die Fertigungsgerechtigkeit sind dafür nur zwei Beispiele.

Zur eindeutigen Beschreibung der Entwicklungs- bzw. Konstruktionsaufgabe ist jedoch die umfassende Klärung und Spezifikation sämtlicher Anforderungen an das Produkt erforderlich. Nur mit einer vollständigen Zusammenstellung der so weit wie möglich präzisierten, über die Fachgebiete oder organisatorischen Abteilungen hinaus abgestimmten Anforderungen können Ergänzungen und Korrekturen der Anforderungssammlung im Laufe der Bearbeitung /PaBe-97/ einerseits und die Zahl kostspieliger Iterationen im Entwicklungsverlauf andererseits erfolgreich reduziert werden.

Tabelle 2.4: Erläuterung zur Bewertung der Konkretisierungsdimension

Wert	Kriterium / Merkmal	Erläuterungen
0	Das Klären der Aufgabenstellung wird nicht bzw. nur unvollständig berücksichtigt.	-
1	Das Präzisieren der Anforderungen ist, sofern möglich und sinnvoll, durch qualitative und quantitative Zielvorgaben vorgesehen.	<p>Gewährleistung eines ausreichenden Informationsgehalts der Anforderungen durch Forderung nach qualitativer und quantitativer Präzisierung</p> <p>Beispiel: Anforderungskonkretisierung nach /PaBe-97/</p>
2	Das Zusammenstellen der benötigten Anforderungen wird durch methodische Hilfsmittel unterstützt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die hier geforderten methodischen Hilfsmittel sollen als Anregung dienen und helfen, nichts Wesentliches zu vergessen /PaBe-97/. → Vollständigkeit</li> <li>Die Erfassung der technischen Anforderungen, die vor allem durch den Produktentwickler erkannt und definiert werden können, muß hierbei gewährleistet sein.</li> <li>Es wird nicht das formalisierte Zusammenstellen der Anforderungen in einer Art Liste verlangt.</li> </ul> <p>Beispiele hierfür sind ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach /PaBe-97/,</li> <li>– Suchmatrix nach /Roth-94/,</li> <li>– Checklisten nach /Fran-75/,</li> <li>– Klassifikation sowie Fragelisten nach /Ehrs-95/.</li> </ul>
3	Die Anforderungen werden zusätzlich hinsichtlich der Notwendigkeit ihrer Umsetzung in <i>Forderungen</i> und <i>Wünsche</i> unterschieden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diese Unterscheidung soll den Fokus bei der Entwicklung auf die Anforderungen lenken, deren Erfüllung zur erfolversprechenden Umsetzung der Aufgabe erforderlich sind.</li> <li>Diese Unterscheidung bildet auch eine Grundlage für die Bewertung von Lösungsvarianten</li> </ul> <p>Ein Beispiel für einen entsprechenden Ansatz ist die Anforderungsliste mit den Verfahrensanweisungen nach /PaBe-97/</p>
4	Als <i>Wunsch</i> spezifizierte Anforderungen werden weiterhin hinsichtlich der Notwendigkeit ihrer Umsetzung differenziert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diese Unterscheidung soll eine marktgerechte Anforderungserfüllung unterstützen.</li> <li>Diese Unterscheidung steigert die Konkurrenzfähigkeit, da umgesetzte Hauptfunktionen eines Produktes allein im härter werdenden Wettbewerb <b>nicht</b> Ausschlag für den zu erreichenden Absatz sind /Dann-96/.</li> <li>Bei der weiterführenden Differenzierung der <i>Wünsche</i> wird davon ausgegangen, daß die entsprechend als <i>Forderungen</i> definierten Anforderungen ausschließlich die Funktionen des Produktes beschreiben, die dessen wesentlichen Zweck ausmachen (wie das Trocknen der Haare bei einem Fön) oder direkt die Absatzfähigkeit beeinflussen (Sicherheitsaspekte, gesetzliche Vorschriften usw.).</li> </ul> <p>Beispiele zur Differenzierung hierfür sind ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Unterscheidung nach hoher, mittlerer und geringer Bedeutung /PaBe-97/,</li> <li>– Definition von Leistungsforderungen, die vom Kunden ausdrücklich (zusätzlich) gewünscht werden /Dann-96/ (Als Beispiel aus der Automobilindustrie kann hierfür der Getränkedosenhalter im PKW genannt werden)</li> </ul>

Die Unabhängigkeit dieser Dimension von der Kunden- und der Transformationsdimension ist bereits durch die inhaltliche Ausrichtung dieses Teils der Anforderungserfassung auf die technische Umsetzung und Herstellbarkeit im Gegensatz zur Beachtung des Nutzens des Produkts begründet. Weiterhin ist die generelle Konkretisierung sowie die interdisziplinäre Klärung und Abstimmung sämtlicher erfaßten Anforderungen vor dem Hintergrund der beabsichtigten Lösungsfindung und Herstellbarkeit ausschließlich betrachtetes Ziel der Konkretisierungsdimension.

Das Bewerten der Ansätze in dieser Dimension erfolgt auf der Basis der verwendeten Methoden zum Erhöhen des Informationsgehalts der Anforderungsliste. Die in Tabelle 2.4 beschriebenen fünf Stufen werden zur Bewertung dieser Dimension herangezogen.

#### 2.2.4 Handhabungsdimension: Unterstützung der Handhabung der Anforderungen

Die Erfassung von Anforderungen dient nicht als Selbstzweck, sondern erfolgt zum einen, um eine die Aufgabenstellung umfassend beschreibende Arbeitsgrundlage für den gesamten Produktentwicklungsprozeß zu schaffen. Zum anderen kann die Zusammenstellung der relevanten Anforderungen auch als gesicherter Bestandteil von vertraglichen Festlegungen, z.B. mit Zulieferern, verwendet werden. Aus diesem Grund ist das Berücksichtigen dieser weiterführenden Nutzung der Anforderungen und damit die Unterstützung von deren Handhabung ein wesentliches Kriterium zur vergleichenden Analyse der wissenschaftlichen Ansätze.

Die Handhabung der Anforderungen ist aber nicht nur unabhängig von deren vollständiger Erfassung, Präzisierung oder inhaltlicher Klassifizierung, sondern beeinflußt auch nicht die flexible Einsatzfähigkeit eines wissenschaftlichen Ansatzes sowie die Berücksichtigung der Konkurrenz und ist somit als Dimension für die Analyse geeignet.

Eine methodische Unterstützung der Nutzung der Anforderungen beeinflußt die Effizienz und Qualität der Umsetzung derselben positiv. So kann die Entwicklungszeit durch geringeren Zeitaufwand für Recherchen bezüglich relevanter Anforderungen reduziert werden. Weiterhin kann durch eine anwendergerechte Bereitstellung einer kontinuierlich aktualisierten Zusammenstellung aller relevanten Anforderungen verhindert werden, daß Anforderungen unberücksichtigt bleiben oder Fehler zu spät erkannt werden. Die Produktqualität wird somit frühzeitig kontrolliert und aufwendige Iterationen werden erfolgreich eingeschränkt. Die Beurteilung der wissenschaftlichen Ansätze in der Handhabungsdimension erfolgt aus diesem Grund durch das Bewerten des Grades der Berücksichtigung der generellen, jedoch vom Produktentwicklungsprozeß und dem zu entwickelnden Produkt unabhängigen Bedürfnisse

der Nutzer von Anforderungen. Die Bedürfnisse sollen in diesem Zusammenhang jedoch nicht detailliert erhoben werden. Es soll hier lediglich festgestellt werden, ob der Nutzer bei Arbeit mit den Anforderungen durch die Methodik bei wesentlichen, immer auftretenden Arbeitsschritten unterstützt wird. Eine Übersicht über die entsprechenden essentiellen Bedürfnisse der Anforderungsnutzer geben die in Tabelle 2.5 zusammengestellten Kriterien.

**Tabelle 2.5:** Erläuterung zur Bewertung der Handhabungsdimension

Wert	Kriterium / Merkmal	Erläuterungen
0	Die Handhabung von Anforderungen wird nicht berücksichtigt.	-
1	Die Anforderungen werden entsprechend ihrer inhaltlichen Zugehörigkeit geordnet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziel dieses Arbeitsschrittes ist das vereinfachte Suchen bzw. Finden einzelner Anforderungen</li> <li>• Insbesondere für die Entwicklung komplexer Systeme, bei der eine Arbeitsteilung unumgänglich ist, ermöglicht diese Ordnung der Anforderungen eine Dekomposition der Gesamtaufgabe in Teilaufgaben.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Beispiel für eine derartige Ordnung ist die Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach /PaBe-97/</p> </div>
2	Zusätzlich ist die einzelne Anforderung bzw. die Anforderungsliste leicht änderbar.	<p>Mit steigendem Informationsniveau werden Ergänzungen, Konkretisierungen und Änderungen der Aufgabenstellung deutlich und müssen, will man die Sammlung der Anforderungen als aktuelle Arbeitsgrundlage während des gesamten Produktentwicklungsprozesses nutzen, in dieser festgehalten werden.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Das Ändern von Anforderungen kann z.B. durch den formalen Aufbau einer Anforderungsliste /PaBe-97/ erleichtert werden.</p> </div>
3	Die Vorgehensweise zur Anforderungserfassung und -handhabung ist für eine IT-Unterstützung geeignet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziel ist hierbei die Entlastung der Anforderungsnutzer von zeitraubenden Routinearbeiten, die diesen von der wesentlichen Aufgabe, dem Problemlösen, abhalten.</li> <li>• Die hier zu bewertende Eignung der wissenschaftlichen Ansätze ist gegeben, wenn diese z.B.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eingabehilfen für Anforderungen,</li> <li>– Ablage von Hilfsmitteln wie Leitlinien oder QFD-Matrix sowie</li> <li>– verteilten Zugriff auf Anforderungen</li> </ul> </div> <p>insbesondere in der Planungs- und Konzeptphase ermöglichen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es muß <b>nicht</b> bereits eine Rechnerunterstützung für den wissenschaftlichen Ansatz existieren.</li> <li>• Eine Kompatibilität zu den in der fortgeschrittenen Entwicklungs- bzw. Gestaltungsphase etablierten CAD- oder anderen Softwaresystemen muß <b>nicht</b> gegeben sein (siehe auch Kapitel 4.2).</li> </ul>

Die beschriebenen positiven Aspekte einer methodischen Unterstützung können durch eine geeignete Rechnerunterstützung noch erheblich verstärkt werden. So ermöglicht die Rechnerunterstützung im Rahmen der Anforderungserfassung und -handhabung ein

Verkürzen von zeitraubenden Routinearbeiten, wie dem Suchen nach Anforderungen und weiterführenden Informationen oder dem Ändern von vorhandenen Datensätzen. Als Vorlage für neue Anforderungen in einem Projekt können die bereits in diesem Projekt existierenden Anforderungen, die noch zu ändern oder zu konkretisieren sind, sowie die Anforderungen bereits abgeschlossener oder weiter fortgeschrittener Projekte verwendet werden. Die Inhalte oder Ausprägungen der Anforderungen bereits abgeschlossener oder weiter fortgeschrittener Projekte lassen sich dabei, auf den verschiedenen Konkretisierungsstufen, leicht an die spezifischen Randbedingungen des aktuellen Projekts anpassen oder, sofern die Randbedingungen unverändert sind, vollständig übernehmen.

Zusätzlich wird durch den Ausbau der Rechnerunterstützung in den frühen Phasen der Produktentwicklung die Durchgängigkeit der Produktdokumentation in elektronischer Form vorangetrieben. Verbindet man die reine Rechnerunterstützung mit dem Einsatz von Netzwerktechnologie, werden weitere effizienzsteigernde Funktionalitäten zugänglich: So können die benötigten Informationen aus firmeninternen und -externen elektronischen Dokumenten ermittelt oder die elektronischen Dokumente selbst als weiterführende Erläuterungen mit den Anforderungen verknüpft werden. Die Datenablage kann verteilt und damit Speicherplatz besser genutzt werden. Der Zugriff auf Informationen kann parallel, also gemäß aktueller Organisationsformen in der Produktentwicklung, und weitgehend unabhängig vom Ablageort erfolgen. Mailsysteme ergänzen die Potentiale der IT-Unterstützung weiterhin um eine zeitgemäße Kommunikationsform.

Infolgedessen erfolgt die Einstufung der wissenschaftlichen Ansätze neben der differenzierten Betrachtung der methodischen Unterstützung auf der Grundlage ihrer Eignung für eine informationstechnische Unterstützung. In Tabelle 2.5 werden die Bewertungskriterien dieser Dimension näher erläutert.

### 2.2.5 Wettbewerbsdimension: Beachten des Wettbewerbs

Bei der Erfassung von Anforderungen dürfen die auf dem Markt konkurrierenden Produkte nicht unberücksichtigt bleiben. Die Wettbewerbsfähigkeit eines Produktes hängt hierbei weniger vom Grad der Innovation, der Vielzahl und Ausprägung der gebotenen Funktionalität oder dem absoluten Preis als von der Ausgewogenheit und dem Grad der Erfüllung der Kundenanforderungen ab. So wird ein in der Funktionalität verbessertes Produkt nur dann den gewünschten Erfolg am Markt haben, wenn diese Optimierung auch die Erwartungen des Kunden besser erfüllt als vergleichbare Produkte der Wettbewerber. Wurde die ergänzte oder optimierte Funktion vom Kunden zudem nicht gefordert, wird sich das Produkt nur dann

absetzen lassen, wenn der Gesamteindruck vom Produkt durch diese verbessert wird (Bsp.: beheizbarer Rückspiegel am Kfz). Grundsätzliche Voraussetzung hierfür ist natürlich ein angemessener Preis.

**Tabelle 2.6:** Erläuterung zur Bewertung der Wettbewerbsdimension

Wert	Kriterium / Merkmal	Erläuterungen
0	Die technischen Lösungen der Wettbewerber werden nicht berücksichtigt.	-
1	Die technischen Lösungen der Wettbewerber werden analysiert.	Anwendung findet diese Analyse häufig in der Produktplanung zum Finden von Produktideen /Ehrs-95/, /PaBe-97/, ... ... wobei dann technische und wirtschaftliche Vorteile von Lösungen der Wettbewerber verglichen werden.
2	Die Anforderungserfüllung von existierenden Lösungen wird analysiert und verglichen.	Unter existierenden Lösungen werden hierbei sowohl Produkte des eigenen Unternehmens als auch Wettbewerberprodukte verstanden.
3	Die Anforderungsgewichtung wird zusätzlich zur Anforderungserfüllung von existierenden Lösungen eingesetzt.	Ein Beispiel ist hier der Einsatz von Benchmarks wie sie Clausing /Clau-94/ und Danner /Dann-96/ im House of Quality einsetzen.

Infolgedessen ist das Vorsehen einer Analyse der ANFORDERUNGSERFÜLLUNG existierender Produkte aus der Sicht des Kunden in dieser Dimension besser zu bewerten als analytische Betrachtungen und Vergleiche technischer Lösungen von Wettbewerbern. Tabelle 2.6 gibt einen Überblick über die Bewertungskriterien und deren Bedeutung.

Ein weiterer Aspekt, warum die Analyse der Anforderungserfüllung so hoch eingestuft wird, ist die Tatsache, daß sie das Aufstellen von BENCHMARKS für die Kundenanforderungen aus der Sicht der Kunden ermöglicht. Das Vergleichskriterium wäre in diesem Fall der Grad der Anforderungserfüllung. Aus den Benchmarks und der Gewichtung von Kundenanforderungen durch die Kunden kann eine Priorität der Kundenanforderungen für die Konstruktion abgeleitet werden /Dann-96/, die unter Umständen wichtige Informationen für die Anforderungshandhabung liefern kann.

Dieser positiven Einschätzung der Analyse der Anforderungserfüllung steht der Nachteil der Einseitigkeit der Anwendung gegenüber, da eigene oder fremde Vorgängerprodukte ausschließlich im Fall von Anpassungskonstruktionen existieren. Dieser Aspekt wird jedoch nach Ulrich und Eppinger dadurch entschärft, daß, betrachtet man die zu erfüllende Aufgabenstellung ausschließlich aus dem Blickwinkel des Kunden und bezieht nicht auch technische Anforderungen mit ein, nahezu immer eine Lösung zu dieser Aufgabenstellung, zumindest in Teilbereichen, existiert /UIEp-95/. So gibt es selbst für eine so revolutionäre

Erfindung wie den Computer aus Kundensicht Vorgängerlösungen wie den Abakus, den Rechenschieber oder die Schreibmaschine. Eine entsprechende Vorgängerlösung eines akkubetriebenen Bohrschraubers ist der einfache Schraubendreher.

Obwohl zur Bewertung der Anforderungserfüllung existierender Produkte, wie oben beschrieben, die Kenntnis und damit die Existenz entsprechender Kundenanforderungen erforderlich sind, sind die Kunden- und die Wettbewerbsdimension unabhängig voneinander. Schließlich besteht grundsätzlich die Möglichkeit, daß ein wissenschaftlicher Ansatz zwar die Erfassung von Kundenanforderungen bzw. deren Verwendung vorsieht, deren Erhebung aber methodisch nicht weiter ausführt. Ein solcher Umstand beeinflusst die Qualität der methodischen Unterstützung bei der Analyse des Wettbewerbs jedoch nicht.

Aus gleichen Gründen ist die Wettbewerbsdimension auch unabhängig von der Übersetzung der Kundenanforderungen und deren Konkretisierung. Aber auch die Handhabung der erfaßten Anforderungen sowie die Flexibilität des Einsatzes des wissenschaftlichen Ansatzes beeinflussen nicht die Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Konkurrenz durch diesen Ansatz.

#### 2.2.6 Flexibilitätsdimension: Flexibilität oder auch Anpaßbarkeit der Vorgehensweise

Produktentwicklungsprozesse werden durch zahlreiche Parameter beeinflusst. Sie hängen davon ab, ob ein Produkt, aufgrund einer strategischen Marktuntersuchung, neu „erfunden“ werden soll oder ob ein bereits existierendes Produkt lediglich an bestimmte Randbedingungen angepaßt, hinsichtlich bestimmter Kriterien optimiert oder generell weiterentwickelt werden soll. Des weiteren bestimmen die Unternehmensgröße und -organisation, Produktkomplexität und Variantenvielfalt, aber auch angestrebte Stückzahlen den Ablauf und die Vorgaben für die Entwicklung sowie deren Ergebnis. Die Flexibilität und Anpaßbarkeit der wissenschaftlichen Ansätze an die konkreten praktischen Randbedingungen ist demzufolge eine Grundvoraussetzung für die allgemeine Anwendbarkeit der Methoden und damit deren Akzeptanz.

Die Art der durch einen Ansatz bevorzugt unterstützten Entwicklung ist durch die kundengerechte Erfassung und Konkretisierung von Anforderungen, deren Handhabung und die Berücksichtigung von Wettbewerbern ebensowenig zu beeinflussen, wie die Anpaßbarkeit der beschriebenen Methoden an entwicklungsprozeß- und unternehmensabhängige Randbedingungen. Die Flexibilität der wissenschaftlichen Ansätze ist demnach eine ausschließlich von

den verwendeten methodischen Vorgehensweisen abhängige charakteristische Eigenschaft und somit als Dimension verwendbar.

Die Bewertung der Flexibilität der Ansätze soll auf der Grundlage der unterstützten Entwicklungsformen erfolgen. Weiterhin soll aus der Bewertung hervorgehen, ob die Ansätze an bestimmte, den Entwicklungsprozeß betreffende Randbedingungen, wie dessen Komplexität, verteiltes Arbeiten oder Teamarbeit, anpaßbar sind. Da die Anpaßbarkeit einer methodischen Vorgehensweise an die genannten Randbedingungen aber unabhängig davon sein soll, ob ausschließlich Anpassungs- oder auch Neukonstruktionen unterstützt werden, müssen die Kriterien separat betrachtet werden. Dies ist jedoch in einer Dimension nicht über ein und dieselbe Bewertungsskala widerspruchsfrei realisierbar. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung zunächst über die unterstützten Entwicklungsformen. Zusätzlich wird aber die Anpaßbarkeit der untersuchten Vorgehensweise bei der endgültigen Einstufung berücksichtigt. Die Unterscheidung der Kriterien ist Tabelle 2.7 zu entnehmen.

**Tabelle 2.7:** Erläuterung zur Bewertung der Flexibilitätsdimension

Wert	Kriterium / Merkmal	Erläuterungen
1	Die Vorgehensweise ist hauptsächlich für Anpassungskonstruktionen geeignet.	Hier werden auch Ansätze eingeordnet, die zwar sowohl für Anpassungs- als auch für Neukonstruktionen geeignet sind, jedoch nicht flexibel an die Randbedingungen des Entwicklungsprozesses angepaßt werden können. Ein Beispiel ist hier die aus Aufwandsgründen mangelnde Eignung von QFD /Clau-94/ /Dann-96/ für komplexe Projekte.
2	Die Vorgehensweise ist für alle Konstruktionsarten geeignet sowie allgemein anpaßbar.	Die Vorgehensweise ist für alle Arten von Konstruktionen geeignet und ist an die Randbedingungen des Entwicklungsprozesses flexibel anpaßbar. Ein Beispiel ist hier die Offenheit des Ansatzes nach Pahl und Beitz /PaBe-97/.

### 2.3 Bewertung ausgewählter wissenschaftlicher Ansätze

Die hier beschriebene Bewertung der in der Literatur derzeit existierenden wissenschaftlichen Ansätze, die sich mit Anforderungen, deren Erfassung und bzw. oder deren weiterer Verwendung im Produktentwicklungsprozeß beschäftigen, soll die Grundlage für die Erarbeitung eines umfassenden neuen Konzepts zu diesem Thema bilden. Neben dem auf den praxisgerechten Einsatz ausgerichteten Vergleich der einzelnen Ansätze ist in Folge dessen das Aufzeigen von Vorteilen und Schwachstellen bestimmter methodischer Vorgehensweisen ein wesentliches Ziel der Analyse. Qualitäten im Detail sind unabhängig davon, ob ein Ansatz sämtliche Dimensionen berücksichtigt oder nicht.

Aus diesem Grund ist es nicht sinnvoll, in der Analyse ausschließlich die Ansätze zu berücksichtigen, die jeder Dimension in irgendeiner Form gerecht werden. Berücksichtigt man aber auf der anderen Seite sämtliche dieses Thema betreffenden Ansätze, wird bei der vorhandenen Vielzahl deren umfassender Vergleich mit Hilfe der sechs Dimensionen sehr unübersichtlich und wenig aussagefähig. Umgangen werden kann das Problem durch eine entsprechend angepaßte Abstufung des Analyseumfangs und -inhalts. Die folgenden drei Konkretisierungsstufen dienen der differenzierten Analyse:

1. Auf der höchsten Konkretisierungsstufe werden ausschließlich die wissenschaftlichen Ansätze umfassend analysiert und verglichen, die alle sechs spezifizierten Dimensionen berücksichtigen. Dabei ist die Qualität, mit der die einzelnen Dimensionen in dem theoretischen Ansatz implementiert sind, für die Berücksichtigung des Ansatzes in diesem Teil der Analyse irrelevant. Zu diesen Ansätzen gehören die Konstruktionsmethodiken von Pahl und Beitz /PaBe-97/, Ehrlenspiel /Ehrs-95/, Clausing /Clau-94/ und Danner /Dann-96/, Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ sowie Ullman /Ullm-97/.
2. Auf der mittleren Konkretisierungsstufe werden die gemäß der Dimensionen nicht ganz vollständigen wissenschaftlichen Ansätze analysiert und verglichen. Hierzu zählen die methodischen Ausführungen von Pugh /Pugh-91/, Roth /Roth-94/, Urban und Hauser /UrHa-93/ sowie Otto /Otto-96/.
3. Des Weiteren gibt es zahlreiche Veröffentlichungen, die aufgrund stark eingeschränkter oder mangelnder Bereitstellung methodischer Vorgehensweisen zur Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen nicht als eigenständige Ansätze betrachtet werden können. Um aber gute Detaillösungen dieser Ansätze nicht vernachlässigen zu müssen, werden diese auf der niedrigsten Konkretisierungsstufe untersucht. Hierbei steht das Aufzeigen von Aspekten, die von den umfassenden Ansätzen weniger oder nicht berücksichtigt werden, im Vordergrund.

Ergänzt werden diese im folgenden dargelegten Ergebnisse der Analyse der wissenschaftlichen Ansätze durch Methoden und Hilfsmittel, die die Berücksichtigung der Einflußgrößen Zeit und Kosten im Rahmen der methodischen Erfassung und Handhabung von Anforderungen ermöglichen.

### 2.3.1 Umfassende Ansätze

Die wissenschaftlichen Ansätze, die allen Dimensionen der Analyse genügen, werden nacheinander hinsichtlich dieser sechs Dimensionen analysiert. Von einer einleitenden, generellen Beschreibung, die den jeweiligen Ansatz vollständig, in seiner allgemeinen, von Anforderungen unabhängigen Ausrichtung erläutert, wird abgesehen. Eine solche Zusammenfassung würde inhaltlich weit über das Ziel dieser Arbeit hinausgehen, da der Gesamtzusammenhang für die Eignung des Ansatzes zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen nur im Einzelfall von Bedeutung ist.

Durch die Darlegung der spezifischen Eigenschaften und Defizite, die zur Einstufung der Ansätze in den einzelnen Dimensionen ermittelt werden, werden gleichzeitig auch die Ansätze bezogen auf den Umgang mit Anforderungen charakterisiert. Ist zu dieser Einstufung der Methoden und Hilfsmittel die Beachtung des Gesamtzusammenhangs eines Ansatzes erforderlich, wird dieser in erforderlichem Umfang in diesem Zusammenhang erläutert. Eine grobe Einordnung, die dem Überblick dienen soll, wird zu Beginn einer jeden Ansatzanalyse mit der Angabe der spezifischen Motivation bzw. der Herkunft des vollständigen wissenschaftlichen Ansatzes gegeben.

#### 2.3.1.1 *Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz*

Pahl und Beitz /PaBe-97/ gehören, nicht nur im deutschsprachigen Raum<sup>4</sup>, zu den bedeutendsten Autoren, die sich der Konstruktionsmethodik widmen. Der Großmaschinenbau, in dem beide Autoren ihre praktischen Erfahrungen sammelten, bildet die Grundlage für die von ihnen entwickelte systematische Vorgehensweise zum Entwickeln und Konstruieren. Dabei konkretisieren sie die in der VDI-Richtlinie 2221 /VDI 2221/, an der sie maßgeblich mitarbeiteten, zusammengetragenen Arbeitsschritte zum generellen Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren wesentlich und richten ihre Ausführungen speziell auf die Anwendung im Maschinenbau aus. In beiden Ausprägungen spielt jedoch die Anforderungserfassung und -handhabung eine gleichbedeutend wesentliche Rolle.

---

<sup>4</sup> In einer nicht veröffentlichten Studie, die John Wesner 1998 im Namen der ASME durchgeführt hat, wurden Professoren amerikanischer Universitäten befragt, welche die zehn meistbenutzten Quellen zum Thema Produktentwicklung sind. Bei dieser Befragung schnitt die englische Übersetzung der *Konstruktionslehre* von Pahl und Beitz als beste nichtamerikanische Literatur ab und erreichte damit Platz vier.

## **Kundendimension**

Pahl und Beitz heben die Bedeutung der Kundenorientierung bis hin zur Kundenintegration für das Entwickeln wettbewerbsfähiger Produkte sowohl in Business-to-Business-Märkten als auch in Konsumgütermärkten heraus. Einen systematischen, direkten Kontakt zwischen Kunden und Produktentwicklern sehen sie allerdings nicht vor.

Die von ihnen beschriebene systematische Produktplanung kann mit Hilfe von fünf Arbeitsschritten erreicht werden, die alle für die Anforderungserfassung von Interesse sind. Dabei wird davon ausgegangen, daß eine Marketinggruppe kontinuierlich interne und externe Impulse derart prüft und aufbereitet, daß gegebenenfalls eine konkrete Produktentwicklung rechtzeitig angestoßen werden kann.

In einer Situationsanalyse sollen die Situation des Unternehmens und seiner Produkte erfaßt werden, wobei hierzu auch Erkenntnisse aus dem Markt und dem Umfeld herangezogen werden. Unter dem Gesichtspunkt der Kundenintegration sind insbesondere die zu erlangenden Erkenntnisse aus dem Markt von Interesse. Als Hilfsmittel werden das Erkennen von Produkt-Lebenszyklus-Phasen, das Aufstellen einer Produkt-Markt-Matrix und das Abschätzen künftiger Entwicklungen mit Hilfe der PORTFOLIO- und SZENARIO-ANALYSE vorgeschlagen. Für diese Methoden werden hauptsächlich Unternehmensdaten sowie Sekundärdaten über den Markt verwendet, nur selten werden in diesem Zusammenhang Daten beim Kunden direkt erhoben.

Das Aufstellen von Suchstrategien erfordert Marktnähe, da ein aussichtsreiches Suchfeld nur gefunden werden kann, wenn neben den Zielen, Fähigkeiten und Potentialen des Unternehmens auch die Marktlücken, der Bedarf und die Bedürfnisse Berücksichtigung finden. Von den zu diesem Zweck vorgeschlagenen Methoden beziehen das Erkennen strategischer Freiräume anhand der Produkt-Markt-Matrix und das Erkennen von Bedürfnissen und Trends auf dem Markt mit Hilfe einer Bedürfnis-Stärken-Matrix und einer Kunden-Problem-Analyse den Kunden als Informationslieferant mit ein. Kundenbedürfnisse und -probleme, die zum Erstellen einer Bedürfnis-Stärken-Matrix und zur Durchführung einer Kunden-Problem-Analyse benötigt werden, erfordern die direkte Zusammenarbeit mit dem Kunden. Pahl und Beitz gehen aber auf den Vorgang des Erhebens dieser Daten nicht näher ein, so daß davon ausgegangen werden muß, daß das Marketing - wie es derzeit noch die Regel ist - diese Daten ermitteln soll und ein direkter Kontakt zwischen Produktentwickler und Kunde nicht vorgesehen ist.

Auch für das Finden und Auswählen von Produktideen sowie die Definition von Produkten ist eine Kundenintegration unabdingbar. Leider versäumen Pahl und Beitz auch in diesen Arbeitsschritten, Wege zur Einbindung des Kunden aufzuzeigen. Einzig im Zusammenhang mit weiteren Hinweisen zur Praxis der Produktplanung empfehlen sie zum besseren Erkennen von Kundenproblemen explizit eine vertrauensvolle Zusammenarbeit mit wenigen führenden Kunden (LEAD-USER), z.B. mit Hilfe der QFD-Methode.

Der Ansatz von Pahl und Beitz kann infolgedessen nur der niedrigsten Intensitätsstufe der Bewertung dieser Dimension zugeordnet werden. Da aber in ihren Ausführungen deutlich wird, daß die Kundenintegration methodisch in den vorgeschlagenen Produktplanungsprozeß passen würde, steht der Ansatz auf dem Sprung zur zweiten Stufe und könnte durch methodische Ergänzungen zur Kundenintegration zumindest auf die dritte Stufe gebracht werden.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz		Kunden					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	• ein direkter Kontakt zwischen Kunde und Produktentwickler ist nicht vorgesehen						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Transformationsdimension

Pahl und Beitz betonen im Rahmen ihrer allgemeinen Arbeitsmethodik beim Entwickeln und Konstruieren die Bedeutung des Abstrahierens zum Mindern der Komplexität und zum Erkennen der wesentlichen Merkmale einer Aufgabe. Sie benutzen diese Methode vor allem zu Beginn der Konzeptphase, um das Wesentliche der durch die Anforderungsliste inhaltlich festgelegten Konstruktionsaufgabe zu erkennen bzw. um den Wesenskern der Aufgabe zu verstehen. In der Anforderungsliste sollten die technischen Anforderungen jedoch auch ihrer Meinung nach bereits möglichst präzise festgelegt sein. Die Methode des Abstrahierens wird demnach von Pahl und Beitz zum Finden der lösungsbestimmenden Funktionen verwendet und nur implizit, nämlich über deren Berücksichtigung in den technischen Anforderungen, zum Verstehen von Kundenanforderungen. Zwar erachten Pahl und Beitz im Rahmen der Kundenorientierung oder Kundenintegration das Verstehen des Kunden als wichtig und haben mit der Methode des Abstrahierens ein Hilfsmittel dafür, doch fehlt die methodische Einbindung dieses Schritts in den Planungsprozeß.

Ähnlich wie beim Verstehen der Kundenanforderungen verhält es sich auch beim Übersetzen derselben in technische Anforderungen. Kundenorientierung, die zunehmend zu einer Kundenintegration erweitert werden soll, heißt für Pahl und Beitz unter anderem, auf

den Kunden zu hören. Das Marketing muß in diesem Zusammenhang als „Agentin des Käufers“ im Unternehmen über die Erfüllung der Kundenwünsche wachen. Zum Erreichen, Durchsetzen, Verteidigen und Erneuern von Wettbewerbsvorteilen müssen ihrer Meinung nach dagegen alle Bereiche eines Unternehmens beitragen. Pahl und Beitz erkennen also die Wichtigkeit des Übersetzens von Kundenanforderungen in technische Anforderungen unter der Voraussetzung, daß sie richtig verstanden worden sind, an. Die methodische Einbindung dieses Schritts in die Produktplanung beschränkt sich jedoch auf die Nennung der QFD-Methode als für diesen Schritt interessante Methode /PaBe-97/.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz		Transformation					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen und Berücksichtigen der Kundenanforderungen wird als wichtig erachtet            ⇔ mangelnde methodische Unterstützung der hierzu erforderlichen Arbeitsschritte</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Die Bedeutung, die Pahl und Beitz dem Klären der Aufgabenstellung beimessen, läßt sich aus dem Ziel und dem Ergebnis der Produktplanung ableiten. Das Ziel der Produktplanung ist für sie die inhaltliche Festlegung des zu entwickelnden Produkts. Das Ergebnis ist eine Sammlung aller Anforderungen an das Produkt in Form einer Anforderungsliste, die eine dynamische, d.h. hier ständig zu pflegende, Arbeitsgrundlage für den sich anschließenden Prozeß des Konzipierens bildet.

Die Nutzung der zusammengetragenen Anforderungen ist jedoch nur dann erfolgversprechend, wenn deren Inhalt klar verständlich und eindeutig interpretierbar ist. Der Inhalt bzw. die Aussage einer Anforderung soll aus diesem Grund nach Pahl und Beitz nicht nur deutlich beschrieben, sondern - so weit wie möglich - auch mit Hilfe von Qualitäts- und Quantitätsangaben präzisiert werden.

Die in Bild 2.2 dargestellte Leitlinie mit Hauptmerkmalen dient der methodischen Unterstützung des Produktentwicklers beim Zusammentragen der Anforderungen. Die aufgeführten Hauptmerkmale sind hierbei vom Zusammenhang zwischen der Funktion, dem Wirkprinzip und der Gestaltung (Erfüllung der Zielsetzung) sowie von den allgemeinen und auftragsspezifischen Bedingungen abgeleitet /PaBe-97/.

Hauptmerkmal	Beispiele
Geometrie	Größe, Höhe, Breite, Länge, Durchmesser, Raumbedarf, Anzahl, Anordnung, Anschluß, Ausbau und Erweiterung
Kinematik	Bewegungsart, Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Beschleunigung
Kräfte	Kraftgröße, Kraftrichtung, Krafthäufigkeit, Gewicht, Last, Verformung, Steifigkeit, Federeigenschaften, Stabilität, Resonanzen
Energie	Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Reibung, Ventilation, Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Erwärmung, Kühlung, Anschlußenergie, Speicherung, Arbeitsaufnahme, Energieumformung
Stoff	Physikalische und chemische Eigenschaften des Eingangs- und Ausgangsprodukts, Hilfsstoffe, vorgeschriebene Werkstoffe (Nahrungsmittelgesetz u.ä.), Materialfluß und -transport
Signal	Eingangs- und Ausgangssignale, Anzeigeart, Betriebs- und Überwachungsgeräte, Signalform
Sicherheit	Unmittelbare Sicherheitstechnik, Schutzsysteme, Betriebs-, Arbeits- und Umweltsicherheit
Ergonomie	Mensch-Maschine-Beziehung: Bedienung, Bedienungsart
Fertigung	Einschränkung durch Produktionsstätte, größte herstellbare Abmessung, bevorzugtes Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel, mögliche Qualität und Toleranzen
Kontrolle	Meß- und Prüfmöglichkeit, besondere Vorschriften (TÜV, ASME, DIN, ISO, AD-Merkblätter)
Montage	Besondere Montagevorschriften, Zusammenbau, Einbau, Baustellenmontage, Fundamentierung
Transport	Begrenzung durch Hebezeuge, Bahnprofil, Transportwege nach Größe und Gewicht, Versandart und -bedingungen
Gebrauch	Geräuscharmheit, Verschleißrate, Anwendung und Absatzgebiet, Einsatzort (z.B. schwefelige Atmosphäre, Tropen, ...)
Instandhaltung	Wartungsfreiheit bzw. Anzahl und Zeitbedarf der Wartung, Inspektion, Austausch und Instandsetzung, Anstrich, Säuberung
Recycling	Wiederverwendung, Wiederverwertung, Entsorgung, Endlagerung, Beseitigung
Kosten	Max. zulässige Herstellkosten, Werkzeugkosten, Investition und Amortisation
Termin	Ende der Entwicklung, Netzplan für Zwischenschritte, Lieferzeit

**Bild 2.2:** Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach Pahl und Beitz /PaBe-97/

Der Produktentwickler wird über die leicht einprägsamen Merkmale auf die wesentlichen Fragestellungen, die beim Zusammentragen der Anforderungen für die konkrete Aufgabenstellung eine Rolle spielen, hingewiesen. Dienen diese Hauptmerkmale einem ersten „Orientieren“ des Produktentwicklers bei der Definition von Anforderungen, sollen die zu den Hauptmerkmalen bereitgestellten Beispiele Assoziationsketten anstoßen, die ihn dem Ziel der vollständigen Beschreibung der Aufgabenstellung systematisch näherbringen. Bei sich wiederholenden Aufgabenstellungen beeinflusst die Kenntnis der Merkmale die Steuerung der assoziativen Denkprozesse zusätzlich positiv.

Die Leitlinie ist fester Bestandteil des wissenschaftlichen Ansatzes von Pahl und Beitz und wird in angepaßter Form für verschiedenartige Aufgaben, wie das Ableiten von

Bewertungskriterien für konzeptionelle Lösungsvarianten oder Entwürfe und die Unterstützung des Produktentwicklers, nichts Wesentliches zu vergessen, verwendet und ist auch auf konkrete Aufgabenstellungen adaptierbar.

Um Fehlentwicklungen besser vermeiden sowie Prioritäten bei der Entwicklung entsprechend setzen zu können, werden die gesammelten Anforderungen nach Forderungen und Wünschen unterschieden /PaBe-97/. Zusätzlich können die Wünsche entsprechend ihrer Bedeutung weiter abgestuft werden.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz		Konkretisierung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	• alle Kriterien dieser Dimension werden erfüllt						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

Die in der Konkretisierungsdimension bereits beschriebene Leitlinie mit Hauptmerkmalen wird von Pahl und Beitz in modifizierter Form auch zur Gliederung der Anforderungen innerhalb der Anforderungsliste verwendet. Die thematische Zugehörigkeit erleichtert das Suchen nach benötigten Anforderungen. Die Ordnung der Anforderungen nach Teilsystemen, wie Funktions- oder Bau(gruppen)strukturen, ist eine weitere Möglichkeit, dem Ziel der leichteren Handhabung der Anforderungen näher zu kommen. Dabei kann eine Gliederung nach Baugruppen beispielsweise für Anpassungskonstruktionen vorteilhaft sein, da sowohl die Betriebsorganisation aber auch die Optimierungsbestrebungen oftmals auf der Grundlage der Baustruktur bzw. der Bauteile und Baugruppen erfolgt. Sowohl die thematische als auch die strukturbezogene Gliederungsart unterstützen zusätzlich die Zuordnung der Anforderungen zu den Produktentwicklern, die sich mit deren Umsetzung befassen müssen.

Der empfohlene Aufbau der Anforderungsliste kann Bild 2.3 entnommen werden. Die vorgesehenen Felder für das Datum der letzten Änderung, die Ausgabennummer und die Nummer der ersetzten Ausgabe erleichtern das Ändern und Weiterverarbeiten der Anforderungen. Über den Eintrag der Verantwortlichkeit für eine Anforderung kann zu den administrativen Daten mit geringem Aufwand auch inhaltliche Auskunft zu einer Anforderung eingeholt werden.

Ausgabe:				
		<b>Anforderungsliste</b> <hr/> Projekt / Produkt		
		Datum der Änderung	Forderung/Wunsch	
	F W	<i>Geometrie</i> Anforderung 1 Anforderung 2		
	F	<i>Kinematik</i> .....		
	...	<i>Kräfte</i> .....		
		Ersetzt	Ausgabe vom	

**Bild 2.3:** Aufbau einer Anforderungsliste nach Pahl und Beitz /PaBe-97/

Eine informationstechnische Unterstützung des konstruktionsmethodischen Ansatzes nach Pahl und Beitz wurde mit dem Konstruktionsanalyse- und -leitsystem, genannt KALEIT, im Rahmen des SFB 203<sup>5</sup> /Beit-92/ exemplarisch realisiert und somit die Eignung der Theorie zur rechnerischen Unterstützung nachgewiesen (die problembezogene Beschreibung von KALEIT erfolgt in Kapitel 2.3.3.3).

An der TU Darmstadt wurde von Berg in Zusammenarbeit mit der Firma Stihl das Programmsystem Prosecco<sup>6</sup> entwickelt, das ebenfalls die Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz und in diesem Zusammenhang auch die Erstellung von Anforderungslisten informationstechnisch unterstützt. Prosecco gliedert sich in vier Bereiche, von dem einer die Erfassung von Anforderungen unterstützt. Der Aufbau des Anforderungsteils von Prosecco orientiert sich exakt an der Theorie von Pahl und Beitz. Die bereitgestellte Funktionalität beschränkt sich in diesem Bereich auf ein leichtes Eingeben der Anforderungen und Generieren einer Anforderungsliste, mit anderen Worten auf deren strukturierte, dv-technische

<sup>5</sup> In diesem Projekt entwickelte Feldhusen /Feld-89b/ das dem Programmsystem KALEIT zugrunde liegende Systemkonzept für eine durchgängige und flexible Rechnerunterstützung des Konstruktionsprozesses. Dieses wurde im Rahmen mehrerer Dissertationen exemplarisch realisiert. Die Arbeit von Groeger /Groe-92/ beschäftigt sich mit der Unterstützung der hier betrachteten Arbeitsprozesse, die dem Klären der Aufgabenstellung sowie der Erfassung und Nutzung von Anforderungen dienen.

<sup>6</sup> Die Software Prosecco wurde Mitte der neunziger Jahre durch Berg über die Firma Trigon (Berg & Partner, Software und Beratungs- GbR) auf den Markt gebracht.

Dokumentation. Die Handhabung der Anforderungen wird ausschließlich dadurch unterstützt, daß per Volltext die Anforderungen durchsucht werden können. Infolgedessen können mit Prosecco lediglich Anforderungslisten für wenig komplexe Produkte übersichtlich dargestellt und demzufolge anwenderfreundlich gehandhabt werden. Dieser Umstand beweist aber weniger die geringe Eignung der Theorie für einen rechnerunterstützten Einsatz als vielmehr die mangelnde Orientierung an den Bedürfnissen der Anwender bei der Entwicklung der Software.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz		Handhabung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alle Kriterien dieser Dimension werden erfüllt</li> <li>• exemplarische Realisierung einer Rechnerunterstützung /Beit-92/</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	<b>3</b>		

### Wettbewerbsdimension

Die Konkurrenz wird im Ansatz von Pahl und Beitz innerhalb der Situationsanalyse berücksichtigt. Es werden vor allem die eigene Wettbewerbsposition untersucht und strategische Freiräume für Funktionalitäten oder Produkte ermittelt /PaBe-97/. Einerseits werden nach der Ermittlung der Anforderungen keine Rückschlüsse auf die Erfüllung derselben durch existierende Lösungen gezogen. Andererseits werden die Ergebnisse der durchgeführten Analysen nicht zur Priorisierung der Anforderungen herangezogen.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz		Wettbewerb					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• existierende Wettbewerberlösungen und ermittelte Anforderungen werden nicht in Verbindung gebracht</li> <li>• Gewichtung der Anforderungen erfolgt nicht auf der Basis der durchgeführten Analysen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	<b>1</b>	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Die bereits in den vorigen Betrachtungen zu den einzelnen Dimensionen deutlich gewordene Allgemeingültigkeit bzw. Flexibilität kann an dieser Stelle lediglich untermauert werden. So ist der Ansatz sowohl für Neu- als auch für Anpassungskonstruktionen geeignet, ist nicht auf Maschinen und Anlagen beschränkt, wenn auch sein Schwerpunkt in diesem Bereich liegt. Weiterhin wird von Pahl und Beitz die Wichtigkeit interdisziplinärer Teamarbeit betont und durch die Modulorientierung der übergreifenden Konstruktionsmethodik, deren Anwendung auch innerhalb der Methoden unterstützt.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz		Flexibilität					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eignung für Neu- und Anpassungskonstruktionen</li> <li>• flexible Einsatzmöglichkeiten durch leichte Anpaßbarkeit</li> <li>• Unterstützung interdisziplinärer Teamarbeit</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

### 2.3.1.2 Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel

Auch Ehrlenspiel befaßt sich in seinem wissenschaftlichen Ansatz mit der, wie er es bezeichnet, „Produkterstellung“, die den gesamten Prozeß von der Ideensuche bzw. dem Auftrag bis zur Auslieferung des Produkts an den Nutzer abdeckt /Ehrs-95/. Mit Hilfe der entwickelten Methodik wird versucht, eine integrierende Denkweise zu vermitteln, die nicht nur „das Zusammenwirken der einzelnen Abteilungen im Unternehmen ... [fördert], sondern auch den Horizont für die Festlegung aller Produkteigenschaften, von der Nutzung bis zur Entsorgung, ... [erweitert]“ /Ehrs-95/. Gewisse Überschneidungen des Ansatzes bezüglich der grundsätzlichen Vorgehensweise beim Entwickeln und Konstruieren mit den Ausführungen von Pahl und Beitz ergeben sich aus der beiderseitigen Verwendung der sich mit diesem Thema befassenden VDI Richtlinie 2221 /VDI 2221/.

#### Kundendimension

Ausschlaggebend für den Erfolg des zu entwickelnden Produkts ist nach Ehrlenspiel die Phase der Aufgabenklärung und in diesem Zusammenhang insbesondere der direkte Kontakt zwischen Kunde und Konstrukteur. Diese Integration des Kunden in den Entwicklungsprozeß erfolgt aber erst verhältnismäßig spät, d.h. nach der Produktplanung, nämlich beim Erstellen der Anforderungsliste. Hierzu werden als Hilfsmittel gegen das Vergessen oder die fehlerhafte Festlegung von Anforderungen der Einsatz von Klassifikationen und Checklisten, Leitlinien und Fragelisten, Gespräche mit den Endkunden oder Nutzern sowie die Aufgabenklärung im interdisziplinären Team vorgeschlagen. Die Kundenintegration wird in diesem Zusammenhang von Ehrlenspiel jedoch nicht zur Erfassung der BEDÜRFNISSE der Kunden eingesetzt, sondern soll der Klärung der Aufgabe dienen, die Ehrlenspiel auf die Klärung der technischen, wirtschaftlichen, zeitlichen und organisatorischen Fragen bezieht.

Die im Rahmen der Produktplanung nach Ehrlenspiel einsetzbaren Methoden, wie die PORTFOLIO-ANALYSE oder die MARKTANALYSE /Bloo-83/ /Borb-77/ /VDI 2221/, berücksichtigen nicht die Herkunft der verwendeten Daten, sind also unabhängig von einem direkten Kontakt zwischen Produktentwickler und Kunde. Eine Kundenintegration, in Form

einer Beteiligung von Produktentwicklern in Verkaufsgesprächen sowie einer temporären Aufnahme von Kunden im Entwicklungsteam, ist lediglich als organisatorische Maßnahme zur Steigerung der Innovationsfähigkeit vorgesehen.

Ansatz		Dimension					
Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel		Kunden					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung der BEDÜRFNISSE des Kunden steht nicht im Vordergrund ↳ mangelnde Unterstützung einer Erfassung von Kundenanforderungen</li> <li>• Meinung des Kunden wird aber in der Produktplanung berücksichtigt ↳ Erfahrungen und Erwartungen des Kunden fließen zumindest teilweise in die Sammlung der Anforderungen ein</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Transformationsdimension

Da eine Ermittlung der Kundenbedürfnisse im Ansatz von Ehrlenspiel nicht explizit vorgesehen ist und damit auch keine Sammlung derartiger Informationen existiert, ist die Einschätzung dieser Dimension ebenfalls nur in bezug auf die indirekt erfaßten Kundenanforderungen möglich.

Nach Ehrlenspiel liegt beim Erfassen von Anforderungen ein typisches Schnittstellenproblem vor: In den meisten Fällen weiß der Kunde nicht, welche Informationen der Produktentwickler konkret benötigt bzw. der Produktentwickler hat Schwierigkeiten abzuschätzen, worauf es dem Kunden global, aber auch im Detail ankommt. Zur Überbrückung der Schnittstelle müssen beide Seiten sich verständigen, also der direkte Kontakt zum Kunden bei allen verwendeten Methoden zur Aufgabenklärung, meist als rückversichernde Konsequenz derselben, gesucht werden. Hierbei ist das Ziel, „möglichst nichts [zu] vergessen ..., was hinterher Anlaß zu Qualitätsbeanstandungen, Nacharbeit, Zeitverzögerungen oder Kostenerhöhung ....führen könnte“ /Ehrs-95/. Die Akzeptanz durch den Markt wird nicht in Betracht gezogen.

Obwohl Ehrlenspiels Ansatz die Erfassung der Bedürfnisse des Kunden nicht konsequent vorsieht, enthält er die QFD-Methode zum systematischen Finden der Anforderungen und somit auch zur Übersetzung der Kundenanforderungen in technische Anforderungen. In diesem Zusammenhang wird die Notwendigkeit der Ausrichtung der Kette der Anforderungslieferanten auf den Endkunden, den Nutzer des Produkts, betont. Durch dieses Vorgehen sollen Kommunikationsmauern eingerissen oder vermieden werden, die ein „Vergessen, Verfälschen und falsches Gewichten von Anforderungen“ zur Folge haben können /Ehrs-95/.

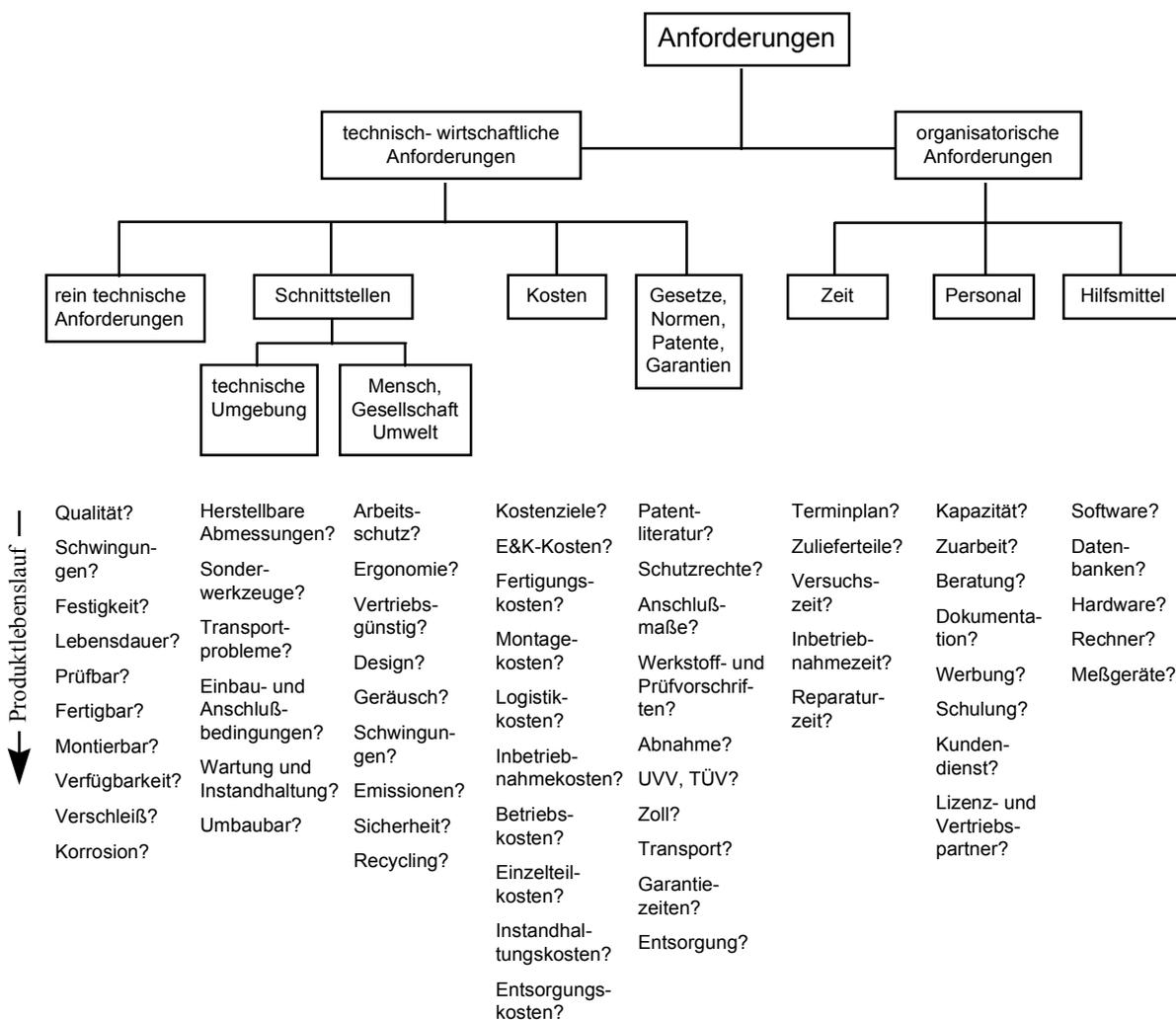
Ansatz		Dimension					
Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel		Transformation					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• methodische Einbindung der QFD-Methode</li> <li>• direkter Kontakt zum Kunden soll angestrebt werden ↳ Vermeidung von Fehlinterpretationen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Ehrlenspiel erachtet die Anforderungsliste als eines der wichtigsten Dokumente beim methodischen Konstruieren und stellt eine entsprechend engverzahnte Methodik zum Klären der Aufgabenstellung, deren Ergebnis die Anforderungsliste ist, bereit.

Das kontinuierliche Präzisieren der Anforderungen, „bis konkrete Maschinenmerkmale erhalten werden“ /Ehrs-95/, ist Teil des Ansatzes und umfaßt auch die möglichst präzise Definition von qualitativen und quantitativen Zielvorgaben, „um den gewünschten Sachverhalt in der Sprache des Konstrukteurs“ /Ehrs-95/ eindeutig darzustellen.

Als Hilfsmittel zur Klärung der eigentlichen Aufgabe werden von Ehrlenspiel die Methode des Abstrahierens, die Funktionsanalyse sowie die PROBLEMANALYSE DURCH SYSTEMGRENZENVERSCHIEBUNG vorgestellt. Die Vollständigkeit der Anforderungen soll im Rahmen der integrierten Produktentwicklung nach Ehrlenspiel methodisch durch den Einsatz einer Anforderungsklassifikation, die eine aus Fragen bestehende Checkliste enthält (siehe Bild 2.4), sichergestellt werden. Als Ergänzung der nach den verschiedenen Anforderungsarten und dem Produktlebenslauf gegliederten Fragen der Checkliste empfiehlt Ehrlenspiel die Nutzung der Leitlinie von Pahl und Beitz /PaBe-97/, da diese die technischen Hauptmerkmale enthält. Zusätzliche Gespräche mit dem Endkunden sowie der Einsatz interdisziplinärer Teams sollen die Informationen absichern. Fragelisten sollen dem Vergessen und der fehlerhaften Festlegung von Anforderungen im Verlaufe von Kundengesprächen entgegenwirken.



**Bild 2.4:** Anforderungsklassifikation mit Checkliste nach Ehrlenspiel /Ehrs-95/

Die Unterscheidung der Wichtigkeit der einzelnen Anforderungen erfolgt nach Ehrlenspiel durch eine Unterscheidung zwischen Forderungen, die sich weiter in Fest- und Mindestforderungen aufgliedern, und Wünschen. Eine Klassifikation der Wünsche ergibt sich bei Ehrlenspiel aus der Anwendung der QFD-Methode, wobei die Anforderungen aus der Sicht der Kunden gewichtet werden.

Ansatz		Dimension						
Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel		Konkretisierung						
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• alle Kriterien dieser Dimension werden erfüllt							
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4		

**Handhabungsdimension**

„Die Summe aller Anforderungen ist die Aufgabe“ /Ehrs-95/. Durch die Vielschichtigkeit einer Entwicklungs- oder Konstruktionsaufgabe ist das zu lösende Gesamtproblem sehr

schnell unübersichtlich. Das Ziel, die Komplexität der Aufgabe derart zu reduzieren, daß deren Gegenstand überschaubar wird /Ehrs-95/, verfolgt Ehrlenspiel durch die Strukturierung der Anforderungsliste, wozu er mehrere Methoden bereitstellt.

Grundsätzlich unterscheidet er zwischen organisatorischer und inhaltlicher Strukturierung. Für die organisatorische Strukturierung ist in erster Linie die Arbeitsteilung des Unternehmens ausschlaggebend. Die Anforderungen können in diesem Sinne nach Modulen (Bauteile, -gruppen oder Teilsysteme, wie Antriebs-, Steuerungs- oder Meßtechnik) sowie nach deren Bearbeitungsreihenfolge, nach Arbeits- bzw. Konstruktionsphasen und Tätigkeiten (Konzipieren, Entwerfen, ..., Berechnen, Versuche fahren) sowie externer und interner Bearbeitung gegliedert werden. Bei der inhaltlichen Strukturierung konzentriert sich Ehrlenspiel auf die Aufteilung der Anforderungen nach den Funktionen des technischen Systems.

Die Bedeutung des kontinuierlichen Fortschreibens der Anforderungsliste bis hin zur vollständigen Beschreibung der Produkteigenschaften /Ehrs-95/ wird in Ehrlenspiels Ansatz erkannt. Zur Absicherung der Durchführung dieser Tätigkeit schlägt Ehrlenspiel vor, die Anforderungsliste einem Änderungsdienst zu unterwerfen, wie er bei Zeichnungen üblich ist.

Die Rechnerunterstützung des Konstruktionsprozesses behandelt Ehrlenspiel aus Umfangsgründen nicht /Ehrs-95/. Er betont aber, daß eine logische Konstruktionsmethodik Voraussetzung für eine Rechnerunterstützung sein muß. Da er dieselben Methoden wie Pahl und Beitz /PaBe-97/ und Danner /Dann-96/ verwendet, die jeweils eine Rechnerunterstützung für ihre Methoden entwickelt haben, ist auch der Ansatz von Ehrlenspiel für eine Rechnerunterstützung geeignet.

Ansatz		Dimension					
Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel		Handhabung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die ersten zwei Kriterien dieser Dimension werden erfüllt</li> <li>• auf mögliche Rechnerunterstützung wird nicht eingegangen            ⇔ Verwendung von Methoden, deren mögliche IT-Unterstützung in anderen Ansätzen nachgewiesen wurde (Pahl und Beitz /PaBe-97/ und Danner /Dann-96/)</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Der Ansatz von Ehrlenspiel berücksichtigt die Konkurrenz bereits in der Planungsphase, beabsichtigt aber auch, Aussagen über die Stärken und Schwächen des eigenen Unternehmens und dessen Produkte zu erlangen. Mehrere Methoden werden vor allem durch den Verweis

auf den in der VDI-Richtlinie 2221 /VDI 2221/ enthaltenen Methodenbaukasten und einer Erläuterung der entsprechenden Verwendung vorgestellt. Ehrlenspiel geht aber auch auf einzelne Strategien zur Bewertung der Konkurrenz, wie die PORTFOLIO-ANALYSE und die MARKTANALYSE /Blo-83/ /Borb-77/ /VDI 2221/, detaillierter ein.

Des weiteren wird im Rahmen der QFD-Methode die Konkurrenzanalyse zur Gewichtung der Anforderungen verwendet.

Ansatz		Dimension					
Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel		Wettbewerb					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Kriterien dieser Dimension werden erfüllt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Ehrlenspiels Ansatz ist sowohl für Neukonstruktionen als auch für Wiederhol- und Anpassungskonstruktionen geeignet. Die Wichtigkeit interdisziplinärer Teamarbeit und flexibler Anwendung der Methoden wird betont und systematisch unterstützt.

Ansatz		Dimension					
Integrierte Produktentwicklungsmethodik nach Ehrlenspiel		Flexibilität					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eignung für Neukonstruktionen, Wiederhol- und Anpassungskonstruktionen</li> <li>methodische Unterstützung interdisziplinärer Teamarbeit und flexibler Anwendung</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

#### 2.3.1.3 Quality Function Deployment nach Clausing und Danner

QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) ist nach Danner /Dann-96/ ein ganzheitliches, bereichsübergreifendes und durchgängiges Planungs- und Kommunikationssystem, das die Koordination aller Aktivitäten eines Unternehmens zum Herstellen und Verbessern marktgerechter Produkte unterstützen soll. Es ist grundsätzlich ein Werkzeug des Qualitätsmanagements. Sämtlichen QFD-Betrachtungen ist aber die strukturierte Erfassung und Interpretation von Kundenanforderungen als Grundlage aller Untersuchungen zur Steigerung der Qualität gemein. Hierzu werden die Kundenanforderungen in einem sogenannten HOUSE OF QUALITY (HoQ) beeinflussbaren, (qualitätsbestimmenden) technischen Parametern gegenübergestellt.

Der Ursprung dieser Methode ist in Japan, wo in der Mitsubishi Schiffswerft in Kobe 1972 ein einfaches QFD Werkzeug erarbeitet und eingesetzt wurde. Dieses wurde dann bei Toyota und dessen Zulieferern in vielfältiger Weise weiterentwickelt /Akao-83/ /KaBr-93/. Als methodisches Hilfsmittel wurde das QFD in den USA maßgeblich von Hauser und Clausing /HaCl-88/ eingeführt. Insbesondere Akao /Akao-90/ und Clausing /Clau-94/ haben sich intensiv mit den Grundsätzen des Ansatzes beschäftigt und diese umfassend erweitert. Auf wissenschaftlicher Ebene hat sich in Deutschland vor allem Danner /Dann-96/ im Rahmen einer Dissertation sehr ausführlich mit dem Ausbau dieses Ansatzes beschäftigt und in diesem Zusammenhang das QFD um Methoden der Konstruktionsmethodik nach Ehrlenspiel /Ehrs-95/ erweitert.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf die Arbeit von Danner, da dieser speziell auf die Probleme der Anforderungserfassung und -handhabung eingeht und damit umfassender als die Ansätze von Akao oder auch Clausing die hier betrachtete Thematik behandelt.

### **Kundendimension**

Nach Danner dient die QFD-Methode dem Entwickeln von Produkten, die genau die vom Kunden geforderten und erwarteten Merkmale sowie eine hohe Gebrauchstauglichkeit aufweisen, ohne daß die dabei verwendeten Lösungen zwangsläufig technisch optimal sind. Da aus den zu erfassenden, vom Kunden geforderten und erwarteten Produktmerkmalen abgeleitet wird, was ein kunden- oder marktgerechtes Produkt ausmacht, hat deren Qualität entscheidenden Einfluß auf den Erfolg des zu entwickelnden Produkts /Dann-96/. Die vorgeschlagenen Methoden zur Ermittlung der Kundenanforderungen bzw. Marktbedürfnisse sind zwar hauptsächlich Methoden der Primärforschung, werden aber - diese These außer Acht lassend - konsequent über das Marketing abgewickelt. Damit folgt Danner dem Vorschlag der DIN EN ISO 9004-1 /DIN EN ISO 9004-1/. Anschließend soll dann das QFD die Unternehmensfunktionen Marketing und Entwicklung/Konstruktion über eine Gegenüberstellung im House of Quality zusammenführen.

Nach Clausing /Clau-94/ ist der direkte Kontakt zwischen Kunde und Produktentwickler sehr hilfreich für das Erfassen von Kundenanforderungen, da der Produktentwickler seine Perspektive erweitern und somit auch latente Anforderungen erkennen kann. Verbessert werden kann seiner Meinung nach dieser Effekt durch die Ermittlung der Anforderungen im interdisziplinären Team. Weiterhin schlägt er INTERVIEWS und GEBRAUCHSTESTS für die Erfassung vor.

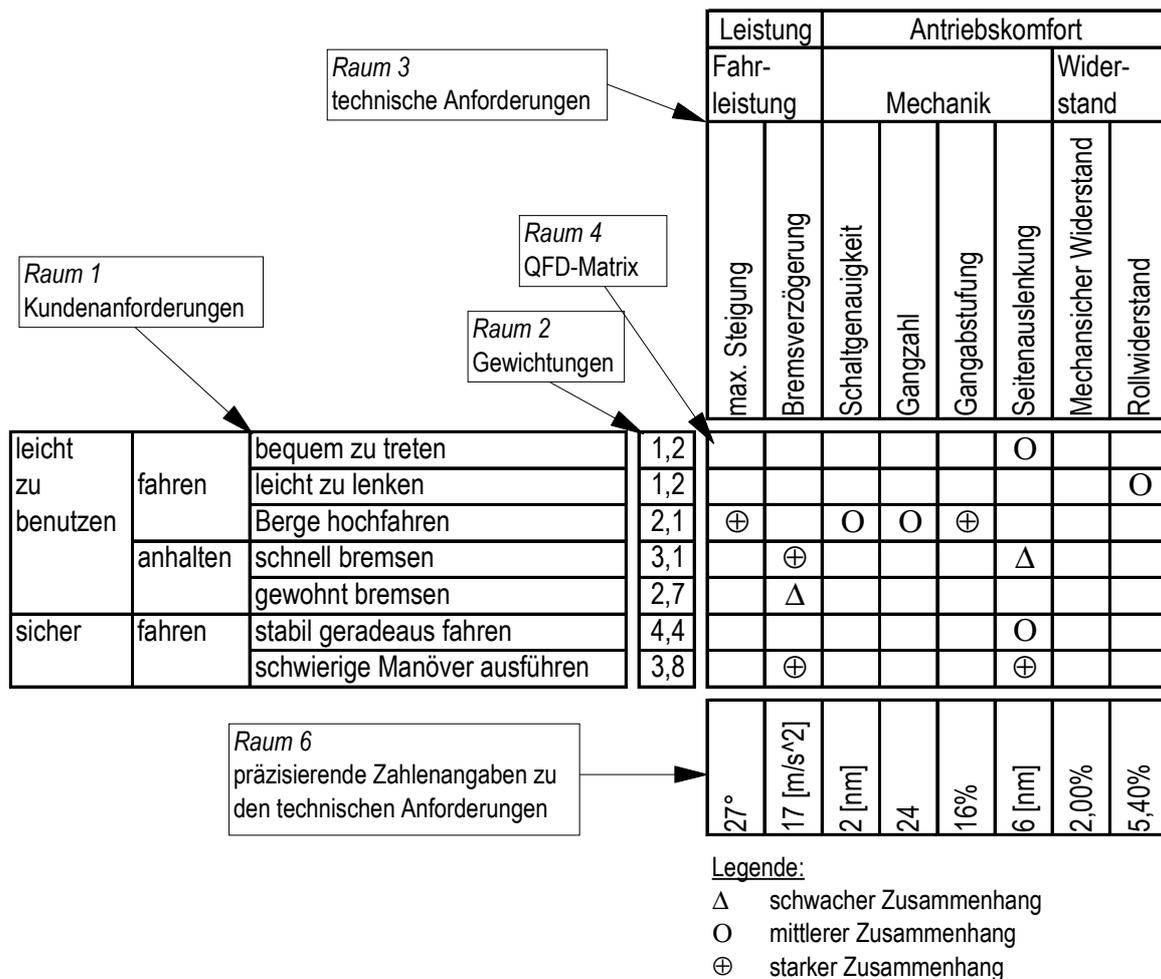
Die Kundenintegration bei der Anforderungserfassung des QFD ist demnach nicht zwangsläufig gegeben und hängt u.a. auch von der Organisationsform des Entwicklungsprojektes ab. Da das QFD aber entscheidend auf den Kundenanforderungen aufbaut, die direkten Abhängigkeiten zwischen den Kundenanforderungen und den technischen Parametern ermittelt und mit Hilfe des HoQ sehr übersichtlich abbildet, wird der Produktentwickler für die Bedürfnisse des Kunden sensibilisiert. Die nicht erwünschte Fixierung auf die technischen Randbedingungen der Lösungsfindung wird aufgelockert.

Ansatz		Dimension					
QFD nach Clausing und Danner		Kunden					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Kundenintegration ist nicht generell methodischer Bestandteil  <math>\Leftrightarrow</math> QFD baut aber grundsätzlich auf Kundenanforderungen auf</li> <li>Sensibilisierung des Produktentwicklers für die Bedürfnisse des Kunden</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	<b>3</b>	4	

### Transformationsdimension

Danner erachtet die Übersetzung der erfaßten, zunächst nicht interpretierten Anforderungen als wichtigste Aufgabe des QFD. Dazu muß ein Team aus Marketing und Entwicklung zunächst die Kundenanforderungen aufbereiten und dann in technische Anforderungen umsetzen. Die beiden wichtigsten Hilfsmittel, die im Rahmen des QFD die Kommunikation im interdisziplinären Team fördern sollen, sind Baumdiagramme und Matrizen. Das Baumdiagramm ist Handwerkszeug, um Daten zu erfassen, zu gruppieren und Vernetzungen darzustellen. Die Matrix dient als Werkzeug zur Verknüpfung zweier Sichten auf ein Problem.

Das Verstehen der Kundenanforderungen wird durch diese Methoden jedoch nicht unterstützt, da die ermittelten Daten lediglich weiter detailliert, nicht aber inhaltlich hinterfragt werden. Die korrekte Interpretation der Ausgangsdaten durch das Team kann nach Clausing unterstützt werden, wenn die Teammitglieder bereits bei der Erfassung der Kundenanforderungen mitgewirkt haben. Dieser Einfluß kann weiter gefördert werden, wenn der Kunde direkt in die Erhebung dieser Daten einbezogen wurde. Eine Kundenintegration im Rahmen des Übersetzungsvorgangs ist nicht vorgesehen.



**Bild 2.5:** Auszug aus dem House of Quality am Beispiel eines Fahrrades nach Danner /Dann-96/

Die methodische Übersetzung der Kundenanforderungen in technische Parameter erfolgt mit Hilfe des in Bild 2.5 dargestellten Teils des HoQ. Hierbei werden die für die Kundenanforderungen (Raum 1) und die technischen Anforderungen (Raum 3) erarbeiteten Baumdiagramme sich über eine Matrix (Raum 4) gegenübergestellt, in die dann die Abhängigkeiten zwischen diesen eingetragen werden. Die technischen Anforderungen müssen dabei beeinflussbare Parameter sein, die letztlich die Qualität der Umsetzung der ermittelten Anforderungen beeinflussen. Raum 2 und Raum 6 bieten Platz für weitere Konkretisierungen der erhobenen Daten in Form von Gewichtung oder quantitativer Spezifizierung. Die auf diese Weise erarbeitete Verknüpfung von Kundenanforderungen und entsprechenden Qualitätsmerkmalen aus Sicht des Produktentwicklers ist in der dargestellten Form direkt selbsterklärend dokumentiert.

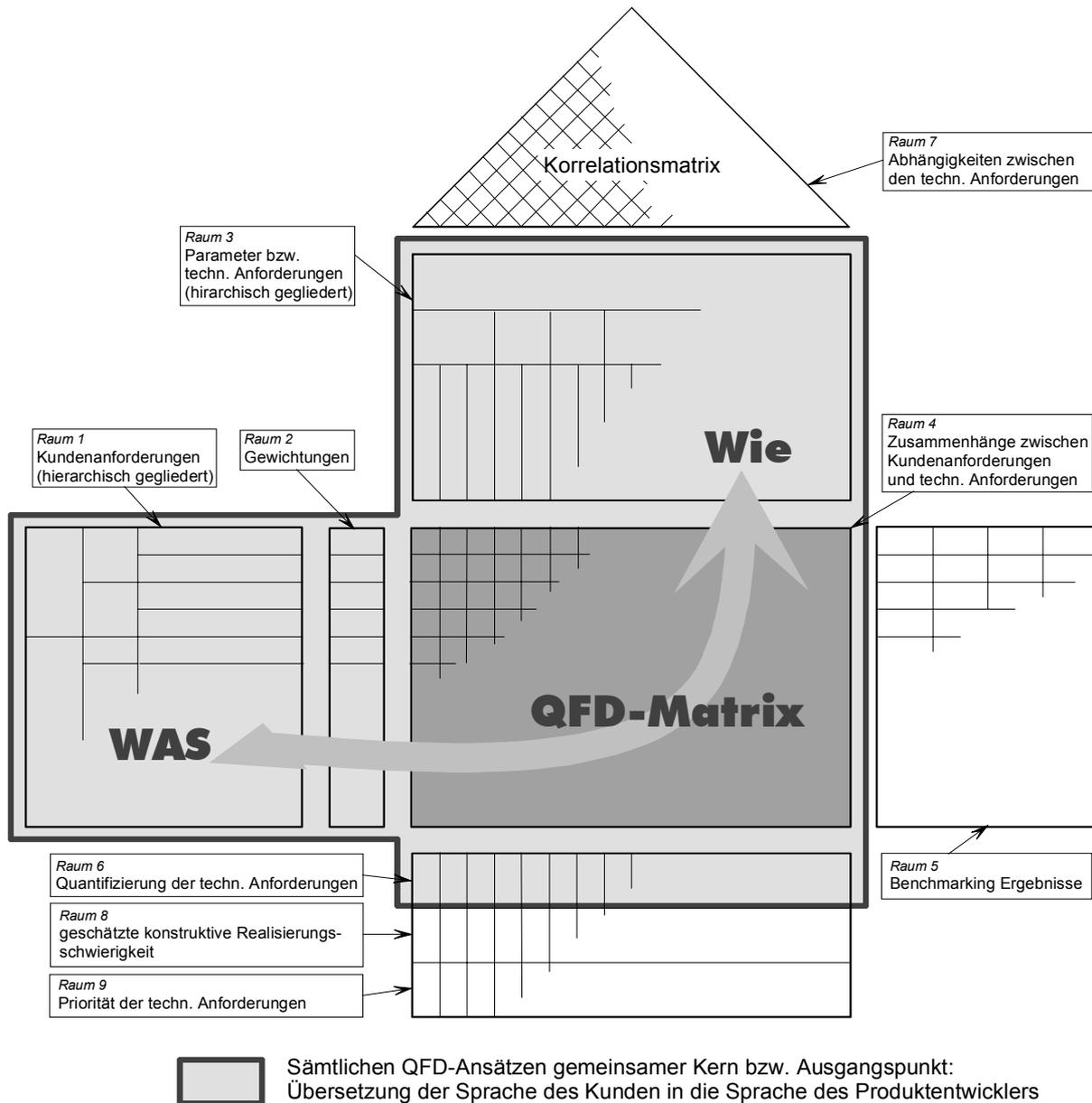
Ansatz		Dimension					
QFD nach Clausing und Danner		Transformation					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wege zur korrekten Interpretation der Kundenanforderungen werden aufgezeigt</li> <li>• methodische Übersetzung der Kundenanforderungen in technische Anforderungen</li> <li>• transparente, parallel zur Erarbeitung erstellte Dokumentation der Übersetzung</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Im Rahmen des QFD werden die technischen Anforderungen durch meßbare Zahlenangaben präzisiert, die in Raum 6 des House of Quality eingetragen werden (siehe Bild 2.5).

Die Erfassung der Anforderungen erfolgt im Rahmen des QFD ausschließlich aus Kundensicht und wird demzufolge nur in diesem Zusammenhang methodisch unterstützt. Auch Danner stellt in seiner Arbeit fest, daß die Vollständigkeit der Anforderungen durch die ursprüngliche Form des QFD nicht sichergestellt werden kann. Er empfiehlt zu diesem Zweck die Erweiterung der QFD-Matrix um weitere Anforderungen, die mit Hilfe von Leitlinien und Fragelisten ermittelt werden sollen. Auf diese Weise kann die Aufgabenstellung umfassend geklärt und beschrieben werden. Die Anforderungsliste, wie sie beispielsweise von Pahl und Beitz /Beit-92//PaBe-97/ oder Roth /Roth-94/ zur formalisierten Dokumentation sämtlicher Anforderungen verwendet wird, wird damit überflüssig. Ein weiterer Vorteil der so erweiterten QFD-Matrix ist, daß diese neben der vollständigen Aufgabenstellung in Form der technischen, präzisierten Anforderungen auch die Verknüpfung dieser mit den Aussagen der „Aufgabensteller“, dem Auftraggeber oder dem Kunden, enthält.

Der Priorisierung der Anforderungen wird im QFD sehr viel Bedeutung beigemessen, da, und hier wird der industrielle Ursprung dieser Methode deutlich, diese die Grundlage für die Ressourcenverteilung im Entwicklungsprozeß bildet. Wie bereits beschrieben werden zunächst die Kundenanforderungen gewichtet und in Raum 2 des HoQ eingetragen (siehe Bild 2.5). Weiterhin bietet das HoQ (siehe Bild 2.6) die Möglichkeit, Benchmarking-Ergebnisse in Raum 5 den Kundenanforderungen (Raum 1) gegenüberzustellen. Der Grad der Erfüllung der Anforderungen durch Konkurrenzprodukte dient als Maßstab für die eigene Entwicklung, den es mindestens zu halten, wenn möglich zu überbieten gilt.



**Bild 2.6:** Schematische Darstellung des House of Quality in Anlehnung an Clausing /Clau-94/ und Danner /Dann-96/

Das Dach des House of Quality (Raum 7) dient der Abbildung der gegenseitigen Abhängigkeiten der technischen Anforderungen und ist damit u.a. eine Grundlage für die in Raum 8 einzutragende Abschätzung der konstruktiven Realisierungsschwierigkeiten der einzelnen Anforderungen. Eine Abwägung all dieser Eigenschaften führt dann zur endgültigen Priorisierung der technischen Anforderungen, die als Ergebnis in Raum 9 einzutragen ist.

Ansatz		Dimension					
QFD nach Clausing und Danner		Konkretisierung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präzisierung der Anforderungen erfolgt durch quantitative Zielvorgaben</li> <li>• Vollständigkeit der Anforderungssammlung ist durch erweiterten Ansatz nach Danner /Dann-96/ gegeben</li> <li>• Notwendigkeit der Anforderungsumsetzung erfolgt nicht durch Unterscheidung zwischen Forderungen und Wünschen ↳ Der Ansatz umfaßt eine wesentlich detailliertere Priorisierung.</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

Das House of Quality wird, unabhängig davon, in welcher Ausführlichkeit und thematischen Vielschichtigkeit es erstellt wird, als Arbeitsgrundlage für den Entwicklungsprozeß gesehen. Das liegt unter anderem daran, daß es im Gegensatz zu den derzeit meist zweidimensionalen Anforderungslisten zu den quantitativen Zielvorgaben und den Priorisierungsangaben unter anderem auch übersichtlich Auskunft über die „Stimme des Kunden“ („voice of the customer“) gibt. Die Gründe für die geforderten Funktionen und den Nachdruck, mit dem diese umgesetzt werden sollen, dringen auf diese Weise automatisch bis zum Produktentwickler unabhängig von dessen Spezialisierung durch /Dann-96/.

Damit dies in der Praxis nicht nur für sehr begrenzte Konstruktionsaufgaben gelingt, muß die Matrix jedoch strukturiert und auf verschiedene Entwicklungsteams aufgeteilt werden können. Im QFD-Ansatz werden, wie oben beschrieben, die Kunden- als auch die technischen Anforderungen mit Hilfe von Baumdiagrammen strukturiert. Dabei kann zur Unterstützung der Aufgabenverteilung in Abhängigkeit von der Organisationsform der Entwicklung nach Funktionen oder Modulen der Baustruktur untergliedert werden /Dann-96/.

Ein vertikales Aufteilen der Matrix in Teilaufgaben mit den entsprechenden technischen Anforderungen, denen jeweils die entsprechenden Kundenanforderungen zugeordnet werden, ist ebenfalls möglich. Allerdings gehen dabei die Korrelationen der technischen Anforderungen untereinander zum Teil verloren.

Die Eignung des Ansatzes zur Änderbarkeit muß etwas differenzierter betrachtet werden: Nach der japanischen Auffassung des QFD, welche die ursprüngliche ist, sind Änderungen oder das Einfügen neuer Anforderungen grundsätzlich zu vermeiden. Das erfordert eine vollständige Aufgabenklärung im Team zu Beginn der Entwicklung, die anschließend von allen Beteiligten genehmigt und festgelegt wird /Dann-96/.

Das ganzheitliche Anforderungsmanagement nach Danner sieht Änderungsmöglichkeiten zumindest vor. So kann die QFD-Matrix (Bild 2.5), die der Transformation dient, ohne großen

Aufwand geändert werden. Ergänzungen erweisen sich jedoch als sehr aufwendig, wenn ein Entwicklungsprozeß fortgeschritten ist. In diesem Fall sind bereits mehrere Matrizen zur Umsetzung von Anforderungen in die jeweils nächste Konkretisierungsebene aufgestellt worden, die dann entsprechend nachgeführt werden müßten. Der Aufwand ist entsprechend hoch. Urban und Hauser sind aber der Meinung, daß dieser Aufwand durchaus gerechtfertigt ist, weil es sich um eine Verlagerung von Änderungsaufwand auf die frühen Phasen des Entwicklungsprozesses handelt. Da der Änderungsaufwand mit fortschreitendem Prozeß zunimmt, bedeutet diese Verlagerung eine Aufwandseinsparung, die eine Kostenreduktion von bis zu 60% durch den Einsatz von QFD selbst bei komplexen Produkten ermöglicht /UrHa-93/.

Zur informationstechnischen Unterstützung seines Ansatzes stellt Danner das Programm HyperQFD vor, das die auf den verschiedenen Konkretisierungsebenen erstellten QFD-Matrizen im Rechner durchgängig zu verknüpfen in der Lage ist. Ein wesentlicher Vorteil dieser präsentierten IT-Lösung ist, daß Änderungen in einer Liste (z.B. der Kundenanforderungen) durchgehend in allen nachfolgenden Elementen berücksichtigt werden /Dann-96/. Auf eine nähere Beschreibung des Funktionsumfangs der genannten Software wird hier verzichtet, da lediglich die Möglichkeit einer Rechnerunterstützung des Ansatzes beurteilt werden soll und somit die eventuell umgesetzte Funktionalität irrelevant ist.

Ansatz		Dimension					
QFD nach Clausing und Danner		Handhabung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anforderungen sind nur für wenig komplexe Produkte oder früh in der Entwicklung ohne größeren Aufwand einzubringen</li> <li>alle weiteren Kriterien dieser Dimension werden insbesondere von dem durch Danner erweiterten Ansatz /Dann-96/ erfüllt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Im QFD-Ansatz werden mit Hilfe von BENCHMARKING-Untersuchungen Konkurrenz- oder eigene Vorgängerprodukte hinsichtlich der Kundenanforderungen analysiert. Die Ergebnisse werden in Raum 5 (siehe Bild 2.6) als Grad der Anforderungserfüllung der entsprechenden Produkte festgehalten. Die höchste Bewertung einer Anforderung ist dann die mindestens zu erreichende Zielvorgabe für diese Anforderung.

Auf der Grundlage der Benchmarking-Ergebnisse (Raum 5), der ausgefüllten Korrelationsmatrix (Raum 7), die die Abhängigkeiten zwischen den technischen Anforderungen (Raum 3)

visualisiert, sowie der geschätzten konstruktiven Umsetzungsschwierigkeiten (Raum 8) werden dann die Priorisierungen der technischen Anforderungen (Raum 9) festgelegt.

Ansatz		Dimension					
QFD nach Clausing und Danner		Wettbewerb					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	• die Kriterien dieser Dimension werden erfüllt						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Der QFD-Ansatz wird bisher hauptsächlich für Anpassungskonstruktionen verwendet /Dann-96/ /Ehrs-95/. Die Methodik ist für Neukonstruktionen zwar prinzipiell geeignet, erfordert aber erheblichen Aufwand /Ehrs-95/.

Die Anpaßbarkeit der Hilfsmittel ist grundsätzlich gegeben, doch erst durch die Erweiterungen von Danner bekommt der Anwender methodische Unterstützung für diese Aufgabe.

Ansatz		Dimension					
QFD nach Clausing und Danner		Flexibilität					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	• die Anwendung des Ansatzes für Neukonstruktionen ist nur unter erheblichem Aufwand durchführbar ↔ der Ansatz ist für Anpassungskonstruktionen ausgelegt						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

#### 2.3.1.4 Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger

Das von Ulrich und Eppinger verfaßte Buch zu diesem Thema /UIEp-95/ ist in erster Linie ein Lehrbuch für Studenten des Maschinenbaus, das mit Hilfe von Anwendungen, Übungen und Beispielen grundlegende Kenntnisse der Entwicklung und Konstruktion von Produkten anschaulich näher bringt. Die präsentierten theoretischen Grundlagen gehen aber über eine reine Zusammen- und Darstellung bekannter Ansätze und Methoden hinaus. In eine eigenständige Methodik eingebettet, werden formale Werkzeuge vorgestellt, die er zur interdisziplinären Problemlösung und Entscheidungsfindung benötigt.

Die ersten beiden Schritte der dargelegten Methodik befassen sich mit der Erfassung von Kundenanforderungen. Der erste Schritt dient der Identifizierung von Kundenbedürfnissen, der zweite der Ermittlung von Produkt- bzw. technischen Anforderungen.

### Kundendimension

Der methodische Ansatz zum Identifizieren von Kundenanforderungen oder -bedürfnissen nach Ulrich und Eppinger basiert auf einem direkten Kontakt zwischen Kunden und

Konstrukteuren. Ohne diesen können ihrer Meinung nach zum Beispiel technische Probleme nicht kundengerecht gelöst werden, da ein Entwicklungsteam auf diese Weise nicht das erforderliche Verständnis für die Kundenprobleme entwickeln kann. Weiterhin können auch innovative Lösungen für die Kundenbedürfnisse unentdeckt bleiben.

In ihrem Ansatz legen Ulrich und Eppinger zunächst den Umfang des Produktentwicklungsprojekts in Form einer groben Umschreibung des zu entwickelnden Produkts fest. Diese schriftliche Festlegung kann eine kurze Produktbeschreibung, wichtige unternehmerische Ziele, den beabsichtigten Zielmarkt ("target markets") für das Produkt sowie weitere mögliche Märkte, Annahmen und Bedingungen für die Entwicklung sowie eine Auflistung aller Stakeholders, d.h. der Gruppen, die Interesse an den Produkteigenschaften haben bzw. von diesen beeinflusst werden (Endkunde, Händler, Vertrieb, Produktion usw.), enthalten.

Im Anschluß daran sollen zur Erfassung der Kundenanforderungen und -bedürfnisse beim Kunden Primärdaten erhoben werden. Hierfür schlagen Ulrich und Eppinger den Einsatz von INTERVIEWS, FOCUS GROUPS und GEBRAUCHSTESTS vor. Da bei vergleichbaren Ergebnissen Interviews preiswerter sind, ziehen Ulrich und Eppinger diese den Focus Groups vor. Einzelne Focus Groups können ergänzt werden, wenn eine Einbindung der Geschäftsleitung oder eines größeren Entwicklungsteams erwünscht ist. Ulrich und Eppinger beziehen sich dabei auf eine entsprechende Untersuchung von Griffin und Hauser, in der das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand beim Einsatz von Methoden zur Erfassung von Kundenbedürfnissen näher betrachtet wurde /GrHa-93/.

Die Effizienz der Interviews kann nach Ulrich und Eppinger weiter durch die Befragung von LEAD-USERN erhöht werden. Da diese Kunden in besonderem Maße mit existierenden Produkten zu tun haben, entwickeln sie die zu erfassenden Anforderungen oft Monate oder Jahre vor der Allgemeinheit der Kunden und können latente Bedürfnisse des Marktes damit frühzeitig aufzeigen /UIEp-95/.

Von schriftlichen Befragungen raten Ulrich und Eppinger in diesem Zusammenhang ab, da durch den starren Charakter der Befragung unvorhersehbare Kundenbedürfnisse nicht aufgefunden werden können. Darüber hinaus ist diese Methode nicht geeignet, dem Produktentwickler ausreichende Informationen zum Produktgebrauch zu vermitteln.

Verschiedene Aspekte können die Durchführung von Interviews erschweren. Beispielsweise sind Käufer und Nutzer eines Produktes oftmals nicht dieselbe Person. In diesem Fall empfehlen Ulrich und Eppinger in jedem Fall, den Endnutzer zu befragen. Sind

die Bedürfnisse weiterer Nutzer oder Stakeholders von besonderem Interesse, können diese zusätzlich befragt werden. Weiterhin können verschiedene Gruppen von Kunden oder unterschiedliche Zielmärkte (“target markets”) existieren, die aber ähnliche Bedürfnisse haben. Bei unterschiedlichen Zielmärkten müssen in jedem Marktsegment Interviews durchgeführt werden. Als Hilfsmittel zur Auswahl zu befragender Personen und einer angemessenen Verteilung der nach Griffin und Hauser zu diesem Zweck sinnvollerweise durchzuführenden 10 bis 50 Interviews (hiermit werden ca. 90% der Kundenbedürfnisse erfaßt /GrHa-93/) stellen Ulrich und Eppinger eine Bewertungsmatrix zur Verfügung. Den verschiedenen Marktsegmenten werden in dieser Matrix die verschiedenen Kundentypen gegenübergestellt, die in ihrer Wichtigkeit in den möglichen Kombinationen bewertet werden sollen. Entsprechend der geschätzten Wichtigkeit können den Kombinationen dann die sich ergebende Anzahl an Interviews zugeordnet werden.

Wie aus den Erläuterungen hervorgeht, beziehen sich die Ausführungen von Ulrich und Eppinger auf bereits existierende Produkte. Zu dieser Einschränkung führen sie aus, daß es bei den meisten Konstruktionsaufgaben bereits Vorgängerlösungen geben wird. Wird ein wirklich revolutionäres Produkt geplant, mit dem die Kunden keine Erfahrungen haben, sollte die Befragung auf die vorgesehene Aufgabe oder Anwendungssituation, nicht so sehr auf das Produkt an sich, gerichtet sein.

Ansatz		Dimension					
Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger		Kunden					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intensiver Dialog zwischen Kunde und Produktentwickler ist vorgesehen               <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ die Ausprägung des Dialogs wird sehr detailliert für spezifische Anwendungen auseinandergesetzt</li> <li>↔ der Austausch beschränkt sich jedoch auf die Planungsphase, eine Interaktion mit dem Kunden bei fortgeschrittener Entwicklung findet nicht statt</li> </ul> </li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Transformationsdimension

Dem Erfassen der Kundenbedürfnisse im Rahmen von Interviews oder Focus Groups schließt sich in dem Ansatz zur Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger die Interpretation der auf diese Weise erhobenen Daten an. Dabei gilt es, die erfaßten Bedürfnisse der Kunden derart auszuformulieren, daß sie im Anschluß in eine maximal dreistufige Rangfolge eingeordnet werden können. Dieser Schritt wird erforderlich, da nach Ulrich und Eppinger bei der Erfassung der Erfahrungen der Kunden zunächst jede gegebene Information

festzuhalten ist. Von einer inhaltlichen Vorauswahl zu diesem Zeitpunkt wird abgesehen, um den Bedarf des Kunden auch korrekt verstehen zu können und nicht bereits vor der Interpretation der erhobenen Daten eventuell wichtige oder wichtig werdende Informationen aus Unwissenheit, Mangel an Übersicht oder gar im „Eifer des Gefechts“ eines Interviews generell außer Acht zu lassen.

Zur Auswertung der mit dem Kunden erhobenen Daten sollen nach Ulrich und Eppinger idealerweise mehrere Teammitglieder diese interpretieren und zu „reinen“ KUNDENANFORDERUNGEN zusammenfassen. In diesem Zusammenhang geben die Verfasser in ihrem Ansatz Anleitung bezüglich der anzustrebenden inhaltlichen Ausprägung der Kundenanforderungen.

Im Anschluß werden die Kundenanforderungen zunächst hierarchisch geordnet (s.o.) und dann - möglichst durch die Kunden - gewichtet. Derart bearbeitet bilden sie die gut aufbereitete Grundlage für ihre Übersetzung in TECHNISCHE ANFORDERUNGEN.

Technische Anforderungen bestehen nach Ulrich und Eppinger aus einem Maß bzw. Parameter („metric“), mit Hilfe dessen die Ausprägung einer Anforderung ausgedrückt oder gemessen wird, und einem dazugehörigen Wert. Sie dienen nicht mehr dem Verständnis der Bedürfnisse des Kunden, sondern der exakten Beschreibung, was das Produkt an Funktionalität umfassen soll. Als Hilfsmittel zum Übersetzen schlagen Ulrich und Eppinger eine Kundenanforderungen-Parameter-Matrix vor, die der des House of Quality im QFD-Ansatz /Clau-94/ /Dann-96/ entspricht, und geben weiterhin Hinweise zur sinnvollen Spezifikation der in dieser Matrix verwendeten technischen Parameter. Da die Schwierigkeit der Übersetzung in der nicht eindeutigen Zuordnung von Kunden- zu technischen Anforderungen liegt, empfehlen Ulrich und Eppinger, das Übersetzen von den Teammitgliedern durchführen zu lassen, die in direktem Kontakt zum Kunden stehen. Auf diese Weise kann die technische Bedeutung einer Kundenanforderung aus „erster Hand“ abgeleitet werden.

Ansatz		Dimension					
Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger		Transformation					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beim Erheben der Kundenanforderungen wird großer Wert auf das Verstehen der Bedürfnisse gelegt</li> <li>• das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen soll von Mitgliedern des Entwicklungsteams vorgenommen werden, die direkten Kundenkontakt hatten oder - im Idealfall - noch haben</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Auch für Ulrich und Eppinger ist das quantitative Präzisieren der technischen Anforderungen fester Bestandteil des Klärens der Konstruktionsaufgabe.

Das erklärte Ziel der Autoren, nämlich über die Zusammenstellung der technischen Anforderungen eine exakte Beschreibung dessen zu erhalten, was das Produkt können soll, wird jedoch nicht sichergestellt. Es werden keine Hinweise zur Vervollständigung der technischen Anforderungen aus Kundensicht gegeben.

Eine Aussage über die Notwendigkeit der Umsetzung der einzelnen Anforderungen erlangen Ulrich und Eppinger durch die vom Entwicklungsteam durchzuführende Definition von Ideal- und Minimalwerten für die entsprechenden Parameter. Der Idealwert eines Parameters spezifiziert die bestmögliche Anforderungserfüllung, der Minimalwert gibt dagegen an, mit welcher Ausprägung des Parameters eine Anforderung als gerade noch erfüllt akzeptiert werden kann oder mit anderen Worten, unter welcher Voraussetzung das Produkt hinsichtlich dieses Parameters gerade noch am Markt oder beim Kunden absetzbar ist.

Weiterhin muß das Entwicklungsteam aus diesem Bereich einen Zielwert für den Parameter festlegen, wobei u.a. die Konkurrenz, die Unternehmensziele und -möglichkeiten und der angestrebte Markt zu beachten sind. Aber auch die Gewichtung der technischen Anforderungen, die aus der Gewichtung der Kundenanforderungen entsprechend der Art der Zuordnung zu der oder den spezifischen technischen Anforderung(en) abgeleitet wird, geht in den Entscheidungsprozeß zur Zielwertbestimmung ein.

Ansatz		Dimension					
Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger		Konkretisierung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technische Anforderungen werden ausschließlich auf Basis der Kundenbedürfnisse erarbeitet</li> <li>• die inhaltliche Vollständigkeit der zusammengetragenen Information wird nicht überprüft</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

Nachdem die technischen Anforderungen zusammengetragen und definiert sind, sehen Ulrich und Eppinger u.a. auch die Dekomposition der so formulierten Gesamtaufgabe in weniger komplexe Teilaufgaben mit Hilfe einer zu erstellenden Funktionsstruktur vor. Diese Aufteilung der Anforderungen ist eine mögliche Art der inhaltlichen Ordnung der ermittelten Anforderungen. Der entsprechende Aspekt der Bewertung dieser Dimension ist damit gegeben.

Das Anpassen und Ändern der Anforderungen kann als ein Teil der systematischen Vorgehensweise zur Anforderungserfassung und -handhabung nach Ulrich und Eppinger angesehen werden. Zum einen sollen beispielsweise beim Ermitteln der Zielwerte für die technischen Anforderungen die qualitativen Festlegungen inhaltlich durch mehrere Iterationsschleifen, in denen sowohl an der Entwicklung beteiligte Spezialisten als auch die Kunden - erforderlichenfalls auch mehrfach - konsultiert werden, abgesichert werden. Zum anderen ist das Anpassen der Anforderungsliste als separater Arbeitsschritt nach dem Festlegen eines ersten Produktkonzepts vorgesehen. Man kann davon ausgehen, daß die u.U. erforderlich werdenden Änderungen und Anpassungen sinnvollerweise auch festgehalten werden, der vorgeschlagene Aufbau der Anforderungsliste berücksichtigt diese Form der Modifikation der Anforderungen jedoch nicht.

Die Berücksichtigung einer Rechnerunterstützung der präsentierten Vorgehensweise beschränkt sich in diesem Ansatz auf den möglichen Einsatz von Tabellenkalkulationsprogrammen, z.B. zum Handhaben von Umfrageergebnissen. Da Ulrich und Eppinger aber grundsätzlich dieselben Methoden wie Pahl und Beitz /PaBe-97/ und Danner /Dann-96/ verwenden, die jeweils eine Rechnerunterstützung für ihre Methoden entwickelt haben, kann auch dieser Ansatz als für eine Rechnerunterstützung geeignet eingestuft werden.

Ansatz		Dimension					
Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger		Handhabung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• die Kriterien dieser Dimension werden erfüllt						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Im Rahmen dieses Ansatzes ist eine umfangreiche Konkurrenzanalyse vorgesehen, deren Ergebnisse zum Festlegen von Zielwerten für die technischen Anforderungen benutzt werden. Dafür verwenden Ulrich und Eppinger dieselbe Matrix, mit der auch im QFD-Ansatz das Erfüllen von Kundenanforderungen durch Konkurrenzprodukte bewertet wird. Die für die Bewertung notwendigen Informationen werden nach Ulrich und Eppinger mit Hilfe von Tests, wobei sowohl Teammitglieder als auch unabhängige Personen als Tester herangezogen werden können, oder einer erneuten Kundenbefragung ermittelt.

Weiterhin werden die Ergebnisse der Konkurrenzanalyse im Rahmen dieses Ansatzes bei der Festlegung oder Modifikation der Gewichtung der technischen Anforderungen berücksichtigt.

Ansatz		Dimension					
Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger		Wettbewerb					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• die Kriterien dieser Dimension werden erfüllt						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Da die Autoren davon ausgehen, daß nahezu alle heutzutage auftretenden Konstruktionsaufgaben in irgendeiner Form Anpassungskonstruktionen bereits existierender Produkte sind, enthält ihr Ansatz in erster Linie Methoden, bei denen existierende Produkte analysiert werden, die für Anpassungskonstruktionen, entsprechend ihrer umfassenden Definition, geeignet sind. Beispiele hierfür sind der Gebrauchstest zum Erfassen von Kundenforderungen oder die Analyse von Konkurrenzprodukten zur Bewertung der technischen Anforderungen. Sämtliche Methoden können grundsätzlich, inhaltlich auf die „innovative“ Aufgabenstellung modifiziert, auch für Neukonstruktionen verwendet werden. Positiv wirkt sich in diesem Zusammenhang auch die starke Einbindung des Kunden aus.

Im Rahmen ihrer Ausführungen schlagen Ulrich und Eppinger verschiedene Organisationsformen für Produktentwicklungsprojekte vor, in denen auch Teamarbeit stets vorgesehen ist. Die Vorgehensweisen werden arbeitsschrittweise vorgestellt. Sie sind aber lediglich als Ausgangspunkte für die - beim Einsatz in konkreten Entwicklungsaufgaben - erforderlich werdenden Anpassungen zu verstehen.

Ansatz		Dimension					
Produktkonstruktion und -entwicklung nach Ulrich und Eppinger		Flexibilität					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist grundsätzlich für alle Konstruktionsarten geeignet ↳ Schwerpunkt liegt bei Anpassungskonstruktionen</li> <li>• der Ansatz ist an konkrete Gegebenheiten anpaßbar</li> <li>• der Ansatz berücksichtigt moderne Organisationsformen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

#### 2.3.1.5 Der Konstruktionsprozeß nach Ullman

Ullman beschreibt in seinem Buch “The Mechanical Design Process” produktunabhängige Werkzeuge, die man benötigt, um einen effizienten Konstruktionsprozeß zu entwickeln /Ullm-97/. Er stellt in Kürze die wichtigen Eigenschaften von Konstruktionsproblemen und die Prozesse, um diese zu lösen, vor. Während diese Eigenschaften noch für alle Arten von Produktentwicklungsprozessen gelten, konzentriert sich Ullman in den folgenden, weiter-

führenden Kapiteln auf den Maschinenbau. Er betont in diesem Zusammenhang die weitreichende Übertragbarkeit der präsentierten Methoden.

### Kundendimension

Von besonderer Bedeutung im Konstruktionsprozeß ist für Ullman, daß die Bedürfnisse des Kunden oder die meist unzureichend definierte (“ill-defined”) Aufgabenstellung vom Produktentwickler verstanden sowie im weiteren Verlauf vervollständigt und *eindeutig* festgelegt werden bzw. wird. Um dies zu erreichen, schlägt Ullman vor, bereits in der Phase der Produktplanung ein interdisziplinäres Entwicklungsteam zusammenzustellen, das auch beim Erheben von Kundenanforderungen mitwirken soll.

Die methodische Unterstützung nach Ullman gleicht bei der Erfassung von Kundenanforderungen sehr der im Ansatz von Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ beschriebenen. Auch er beginnt den Konstruktionsprozeß mit einer Phase, in der der potentielle Kunde identifiziert werden soll. Ist dieser ermittelt, sollen die Bedürfnisse der Kunden bestimmt werden. Ullman schlägt hierfür grundsätzlich dieselben direkten Erhebungsmethoden wie Ulrich und Eppinger vor, angefangen von Fragebögen über INTERVIEWS bis hin zu FOCUS GROUPS. Auch er bevorzugt den Dialog, in dem Mißverständnisse direkt ausgeräumt werden können.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsprozeß nach Ullman		Kunden					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>das Erfassen der Kundenanforderungen erfolgt über den direkten Kontakt zwischen Kunde und einem interdisziplinären Entwicklungsteam</li> <li>eine interaktive Produktentwicklung ist nicht vorgesehen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Transformationsdimension

Die Kundenanforderungen sollen nach Ullman mit Hilfe des House of Quality in technische Anforderungen übersetzt werden. Wie bereits erörtert, wird die Übersetzung der Kunden- in technische Anforderungen durch das Hilfsmittel des House of Quality gut strukturiert und anschaulich unterstützt. Die Ausführungen gelten hier entsprechend.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsprozeß nach Ullman		Transformation					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wege zur korrekten Interpretation der Kundenanforderungen werden aufgezeigt</li> <li>• methodische Übersetzung der Kundenanforderungen in technische Anforderungen</li> <li>• transparente, parallel zur Erarbeitung erstellte Dokumentation der Übersetzung</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Als Hilfsmittel zum Vervollständigen der technischen Anforderungen verwendet Ullman eine Leitlinie. Die in der Leitlinie aufgeführten Merkmale (siehe Bild 2.7) sollen dem Produktentwickler helfen, Anforderungen von internen und externen Kunden vollständig zu erfassen. Ullman versteht dabei unter externen Kunden die Käufer des Produkts, unter internen Kunden neben der Konstruktion andere Bereiche des Unternehmens, wie z. B. die Fertigung oder die Montage. Der stark auf den Kunden ausgerichtete Ansatz des QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT<sup>7</sup> wird somit erweitert und in der Produktentwicklung benötigte Anforderungen gezielt erhoben.

Die erfaßten Kundenanforderungen werden dann mit Hilfe des House of Quality in technische Anforderungen überführt sowie mit Konkurrenzlösungen verglichen. Dabei wird auch die relative Bedeutung der Kundenanforderungen generell und in bezug auf die Konkurrenzlösungen bestimmt. Die technischen Anforderungen werden weiterhin durch qualitative Zielvorgaben präzisiert. Deren Bewertung hinsichtlich der Notwendigkeit einer Umsetzung wird jedoch von diesem Ansatz nicht explizit vorgesehen.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsprozeß nach Ullman		Konkretisierung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präzisierung der Anforderungen erfolgt durch quantitative Zielvorgaben</li> <li>• das Zusammenstellen der benötigten Anforderungen wird durch eine Leitlinie unterstützt</li> <li>• Notwendigkeit der Anforderungsumsetzung wird nicht ermittelt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

<sup>7</sup> Bei Vergleichen mit oder Bezugnahme auf das QFD oder das HoQ ist im Rahmen dieser Analyse, sofern keine anderen Hinweise gegeben werden, stets der den anderen Ansätzen zugrunde liegende Ansatz von Clausing /Clau-94/ gemeint.

- **Funktion**
  - Produkteigenschaften
  - Energie-, Informations- und Materialfluß
- **Menschliche Aspekte**
  - Schnittstelle Mensch - Maschine: Erscheinung, Handhabung, äußere Funktionsbedingungen
- **Physikalische Anforderungen**
  - Systemgrenzen: Zusammenpassen mit anderen Objekten
  - physikalische Eigenschaften
- **Zuverlässigkeit**
  - Sicherheit(svorkehrungen)
  - Abnutzung, Ausfallmöglichkeiten
- **Lebenszyklusaspekte**
  - Versand, Vertrieb, Wartung, Prüfeignung, Reparaturmöglichkeit, Säuberung, Installationseignung, Entsorgung
- **Ressourcen**
  - Zeit, Kosten (gesamt und pro Stück), Ausstattung, Standards, Umwelt
- **Fertigungsanforderungen**
  - Materialien, Fertigungsqualität
  - Leistungsfähigkeit der Firma

**Bild 2.7:** Leitlinie mit Merkmalen zum Vervollständigen der technischen Anforderungen

### **Handhabungsdimension**

Die Anforderungen werden nach dem Ansatz von Ullman mit Hilfe einer Leitlinie ermittelt bzw. vervollständigt, mit der verschiedene Eigenschaftsgebiete von Produkten und deren Entstehungsprozessen systematisch abgefragt werden. Auf diese Weise werden die Anforderungen inhaltlich gegliedert erfaßt und können, wenn sie in dieser Form auch im House of Quality sortiert abgelegt werden, durch den inhaltlichen Zusammenhang leicht wiedergefunden werden.

Für eine erfolgreiche Umsetzung der technischen Anforderungen in Lösungen empfiehlt Ullman, die Konstruktionsaufgabe in Teilaufgaben zu unterteilen. Der Umfang und die Komplexität der zu bearbeitenden Aufgabe werden damit gesenkt und eine gleichzeitige Bearbeitung der Teilaufgaben wird möglich. Auch wenn Ullman diese Unterteilung nicht explizit für die Handhabung der Anforderungen verwendet, kann sie für eine nachvollziehbare Gliederung und Zuordnung der Anforderungen genutzt werden.

Wie schon bei der Untersuchung der verschiedenen wissenschaftlichen Ansätze, die das House of Quality verwenden, gezeigt wurde, lassen sich im HoQ erfaßte und konkretisierte Anforderungen wegen der zahlreichen Verknüpfungen nur mit hohem Aufwand ändern. Da der Ansatz von Ullman auf der einfachen Version des HoQ basiert und zusätzlich keine Hinweise zur Vorgehensweise bei erforderlich werdenden Erweiterungen und Änderungen gegeben werden, wird das entsprechende Kriterium der Handhabungsdimension nicht erfüllt.

Des weiteren wird die Rechnerunterstützung der Anforderungserfassung und -handhabung nicht berücksichtigt.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsprozeß nach Ullman		Handhabung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anforderungen werden grundsätzlich inhaltlich gegliedert</li> <li>das Ändern oder Konkretisieren von Anforderungen wird nicht unterstützt</li> <li>die IT-Unterstützung der Anforderungshandhabung wird nicht betrachtet</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Die Konkurrenz berücksichtigt Ullman in seinem Ansatz ausschließlich durch die im Rahmen des House of Quality vorgesehenen und in diesem Zusammenhang erörterten Untersuchungen. Auf die Durchführung dieser Untersuchungen geht er nicht näher ein. Ullman betont weiterhin mit Hilfe einiger praxisbezogener Beispiele sehr anschaulich die Notwendigkeit, die Konkurrenz unabhängig von der Art der Entwicklung (Neu-, Anpassungs- oder Weiterentwicklung) zu beachten, bietet aber keine Strategien zur Erhebung und Nutzung entsprechender Daten.

Da Ullman in seinem Ansatz eine Priorisierung der technischen Anforderungen im Rahmen des HoQ nicht vorsieht, kann die Berücksichtigung der Konkurrenz nicht wie im Falle des HoQ bewertet werden.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsprozeß nach Ullman		Wettbewerb					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergleich der Anforderungserfüllung von Konkurrenzprodukten durch Verwendung des HoQ</li> <li>keine Anforderungsgewichtung auf der Basis des Vergleichs der Konkurrenz</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Der wissenschaftliche Ansatz zum Konstruktionsprozeß von Ullman ist aufgrund seiner Erweiterung des Ansatzes des House of Quality um Vorgehensweisen zur

Anforderungserfassung von Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ grundsätzlich für Anpassungs- und Neukonstruktionen geeignet. Da die präsentierte Methodik sich aber stark an die Theorie des HoQ anlehnt, deren Ursprung und damit auch Schwerpunkt klar bei der Bearbeitung von Anpassungskonstruktionen liegt, ist als vorzuziehendes Einsatzgebiet auch für den Ansatz nach Ullman die Anpassungskonstruktion zu sehen.

Unabhängig davon ist die beschriebene Vorgehensweise durch die Erweiterungen flexibler als die des HoQ und wird demzufolge besser bewertet.

Ansatz		Dimension					
Konstruktionsprozeß nach Ullman		Flexibilität					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist grundsätzlich für alle Konstruktionsarten geeignet ↳ Schwerpunkt liegt bei Anpassungskonstruktionen</li> <li>• der Ansatz sieht Iterationen vor</li> <li>• der Ansatz ist flexibel anpaßbar</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

### 2.3.2 Unvollständige Ansätze

Neben den in Kapitel 2.3.1 beurteilten Ansätzen gibt es zahlreiche weitere wissenschaftliche Ansätze, die sich mit dem Produktplanungs- und/oder -entwicklungsprozeß befassen und in diesem Zusammenhang auch die Erfassung oder Handhabung von Anforderungen auf verschiedenste Weise in diesen Prozeß integrieren. Diese Ansätze werden aber nicht allen Dimensionen der hier durchgeführten Analyse gerecht. In diesem Kapitel sollen die vier bezüglich der Dimensionen vollständigsten Ansätze untersucht werden. Die Vorgehensweise entspricht dabei der des vorigen Kapitels.

Es sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich betont, daß es zahlreiche weitere Ansätze zu dieser Thematik gibt. Diese sind in den beschriebenen Strategien teilweise enthalten, zumal sie mitunter als Ausgangspunkt für deren Entwicklung dienten. Als Beispiel seien hier die Ansätze von Hansen aus der Ilmenauer Schule, Rugenstein sowie Müller genannt.

Hansen postulierte bereits 1966, daß Anforderungen vor allem nach der zu erfüllenden Funktion und der möglichen Herstellbarkeit festgelegt werden müssen. Er regte eine Klassifizierung der Anforderungen nach technischen, wirtschaftlichen und menschlichen Gesichtspunkten sowie die Unterteilung des Erfüllungsgrades nach Fest-, Mindestforderungen, Wünschen und Zielen an /Hans-66/.

Auch Rugenstein geht im Rahmen seiner Ausführungen zum „Methodischen Konstruieren“ für den Fachschullehrer schon 1974 auf die Aufgabenaufbereitung ein. Er entwickelt hierzu ein Leitblatt, in dem er über fünf weiter untergliederte Punkte detaillierte inhaltliche

Anleitung zur Präzisierung der Aufgabenstellung hinsichtlich der Funktion, Herstellung, Montage, Transport, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung gibt. In diesem „Pflichtenheft“ sollen die erfaßten Teilaufgaben als Fest-, Sollforderung, Wunsch oder Ziel gekennzeichnet werden /Ruge-74/.

Müller entwirft zur Präzisierung von Aufgabenstellungen einen Ablaufplan, dem eine Analyse der Aufgabe sowie des Prozesses zur Lösung dieser Aufgabe zugrunde liegt. Es soll dabei das Bekannte in Gegebenes und Bedingungen unterteilt werden. Die Bedingungen müssen dabei die in der Analyse erkannten Defekte, d.h. Widersprüche oder negative gegenseitige Beeinflussungen, berücksichtigen. Für die Dokumentation der präzisierten Aufgabenstellung macht er keine formalen Vorgaben. Obgleich die erarbeitete Schablone zur Definition der Aufgabenstellung auch als Hilfsmittel zur Zusammenstellung von Produktanforderungen verwendet werden kann, geht Müller auf diese Form der Beschreibung der Aufgabenstellung nicht ein /Müll-90/. Im Vordergrund seiner Ausführung steht das systematische Vorgehen zur Klärung der Randbedingungen /Müll-70/.

Da alle diese Ansätze nicht gemäß der in dieser Arbeit diskutierten Einflußgrößen der Erfassung und Handhabung von Anforderungen weiterentwickelt wurden /MüKo-73/ /Müll-90/ /RuDi-82/, wird von deren näherer Erläuterung abgesehen.

### **2.3.2.1 Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh**

Die von Pugh als “total desing” bezeichnete, von ihm entwickelte Konstruktionsmethodik beschreibt ein systematisches Vorgehen, das mit der Identifikation eines Marktes bzw. eines Kundenbedürfnisses beginnt und beim Verkauf eines Produkts, welches die Kundenbedürfnisse erfolgreich befriedigt, endet. Dieses für eine ganzheitliche Konstruktion erforderliche Vorgehen muß das Produkt, den Prozeß, den Menschen und die Organisation umfassen /Pugh-91/ bzw. berücksichtigen, wobei sich Pugh in seinen durch zahlreiche praktische Beispiele ergänzten Ausführungen auf das Produkt konzentriert.

#### **Kundendimension**

Jede Produktentwicklung sollte nach Pugh mit einem Bedürfnis beginnen, welches, wenn dafür ein Produkt entwickelt wurde, entweder in einen bestehenden Markt paßt oder einen neuen Markt schafft. Aus diesem Grund sollte das eigentliche Konstruieren durch eine Analyse von Märkten und Kundenbedürfnissen vorbereitet werden. Produktentwickler sollten bei diesen Analysen mitarbeiten, da sie wissen, welche technischen Anforderungen essentiell sind, weil sie zur Aufgabenspezifikation benötigt werden. Weiterhin können sie einschätzen,

welche zusätzlichen Informationen von Interesse sein könnten. Die Untersuchungen können damit inhaltlich gezielter aufgebaut und durchgeführt werden.

Ein direkter Kontakt zwischen Kunde und Produktentwickler kommt jedoch nicht zustande. Die vorgeschlagenen Analysen beschränken sich ausschließlich auf Sekundärliteratur wie Patente, Forschungsergebnisse, Veröffentlichungen über ähnliche Produkte oder Produkte von Wettbewerbern, Untersuchungen von privaten und öffentlichen Stellen, veröffentlichte Statistiken und Marktanalysen.

Ansatz		Dimension					
Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh		Kunden					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration der Produktentwickler in Marktuntersuchungen</li> <li>• kein direkter Kontakt zwischen Kunde und Produktentwickler</li> <li>• Kunden-/Marktbedürfnisse werden ausschließlich aus Sekundärliteratur ermittelt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Transformationsdimension

Die von Pugh als “product design specification” (PDS) bezeichnete Zusammenstellung technischer Anforderungen bildet in seinem Ansatz die Arbeitsgrundlage für das weitere Konstruieren. Pugh legt zwar Wert darauf, daß die technischen Anforderungen aus den erfaßten Kundenbedürfnissen ermittelt werden, versäumt aber, methodische Hilfsmittel anzugeben, mit deren Hilfe die Kundenangaben interpretiert, analysiert oder in technische Anforderungen transformiert werden können.

Ansatz		Dimension					
Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh		Transformation					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	• es erfolgt keine methodische Unterstützung dieser Dimension						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Nach Pugh sollen Anforderungen klar und deutlich formuliert und möglichst durch eine Zahlenangabe präzisiert werden. Eine ausführliche Zusammenstellung möglicher Elemente einer Anforderungsliste soll dem Produktentwickler helfen, die die Entwicklungsaufgabe definierenden Anforderungen zusammenzutragen. Die Zusammenstellung der Elemente ähnelt inhaltlich weitgehend der Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach Pahl und Beitz /PaBe-97/, umfaßt aber zusätzlich Elemente, die über den Rahmen der reinen Produkthanforderungen hinausgehen. Beispiele hierfür sind zu bevorzugende (z.B. “in-house”) Fertigungsprozesse, Randbedingungen des Marktes, Informationen zum Kunden wie Vorlieben und Eigenheiten,

Angaben zum Wettbewerb wie Analysen konkurrierender Produkte oder relevante Patente. Die Zusammenstellung umfaßt weiterhin Elemente, die im Vergleich zu den Ausführungen zur Erstellung von Anforderungslisten mit Hilfe der Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ eine Überschneidung darstellen, da die zu erfassenden Informationen thematisch auch anderen Merkmalen oder Elementen zugeordnet werden können. Beispiele für derartige Erweiterungselemente sind Patente, Tests oder auch Standardanforderungen.

<b>Produkt:</b> _____				
Datum: _____		Projekt: _____		
	Parameter			
	bester Konkurrent	aktuelles Modell (unseres)	diese Entwicklung (beabsichtigt)	Weltklasse (Ziel)
<b>Leistung:</b>  Beschreibung				
<b>Sicherheit:</b>  Beschreibung				

**Bild 2.8:** Vorschlag für eine Dokumentvorlage zur “product design specification” (PDS) nach Pugh /Pugh-91/

Pugh präsentiert einen Vorschlag für eine Dokumentvorlage zur Erfassung der Anforderungen (siehe Bild 2.8), in dem neben den Angaben, die auch in der Anforderungsliste nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ erfaßt werden, auch vergleichende Spezifikationen existierender Produkte zu der jeweiligen Anforderung festgehalten werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht ein marktorientiertes Gewichten der einzelnen Anforderungen unabhängig davon, welche Bedeutung die einzelne Anforderung im Vergleich zu den anderen hat. Der Informationsgehalt der Anforderungsliste ist aber hinsichtlich der Priorisierung der Anforderungen stark eingeschränkt, da die Anforderungen nicht zusätzlich nach Wünschen und Forderungen unterschieden werden.

Ansatz		Dimension					
Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh		Konkretisierung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präzisieren der Anforderungen möglichst durch Zahlenangaben</li> <li>• methodische Unterstützung der Zusammenstellung der Anforderungen</li> <li>• ein marktorientiertes Gewichten der einzelnen Anforderung wird unterstützt  <math>\Leftrightarrow</math> eine Unterscheidung der Anforderungen hinsichtlich ihrer Priorität erfolgt nicht</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

In Pughs Ansatz werden die Anforderungen ausschließlich nach den möglichen Elementen der bereits beschriebenen Anforderungsliste (PDS) geordnet. Diese Art der Klassifizierung ist für ein Untergliedern der Gesamtaufgabe in beispielsweise fachliche, funktions- oder produktstrukturbezogene Teilaufgaben nicht besonders gut geeignet. Ergänzende Hilfsmittel stellt er zu diesem Zweck nicht vor.

Die Anforderungsliste (PDS) sieht Pugh als dynamisches Hilfsmittel an, dessen Inhalt mit zunehmender Konkretisierung laufend angepaßt werden soll. Der empfohlene Aufbau unterstützt die dadurch erforderlich werdenden Änderungen.

Die in diesem Ansatz präsentierte Methodik zur Anforderungserfassung sowie der Aufbau der Liste zur Dokumentation sind grundsätzlich für eine Rechnerunterstützung geeignet, weil für vergleichbare Ansätze bereits Softwarelösungen realisiert wurden (vergleiche z. B. Ansatz von Pahl und Beitz /PaBe-97/ und /Beit-92/).

Pugh selbst konzentriert sich in diesem Zusammenhang auf die im Rahmen einer interdisziplinären Entwicklung erforderliche Kommunikation innerhalb des Entwicklungsteams, aber auch über dessen Grenzen hinaus. Für die Anforderungserfassung und -handhabung ergeben sich aus diesen Betrachtungen keine Erkenntnisse.

Ansatz		Dimension					
Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh		Handhabung					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alle Kriterien dieser Dimension werden - zumindest ausreichend - erfüllt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Wie bereits erwähnt, sollte nach Pugh jede Produktentwicklung mit einem Bedürfnis beginnen, welches, wenn dafür ein Produkt entwickelt wurde, entweder in einen bestehenden Markt paßt oder einen neuen Markt schafft. Aus diesem Grund empfiehlt Pugh die Analyse

von Konkurrenzprodukten, auch wenn sie nicht in direktem Wettbewerb zu einer geplanten Entwicklung stehen. Er verspricht sich davon eine Unterstützung bei der Zusammenstellung der Anforderungen.

Der Aufbau der vorgeschlagenen Anforderungsliste sieht die Erfassung entsprechender Parameter von Wettbewerberlösungen vor (siehe Bild 2.8), doch kann durch die Einschränkung der Analysen auf die Auswertung von Sekundärliteratur wie Produktkataloge und andere Veröffentlichungen davon ausgegangen werden, daß resultierend aus dem Umfang und der Ausprägung der zu ermittelnden Informationen deren Aussagekraft nur begrenzt sein kann.

Die ermittelten Informationen zu der Anforderungserfüllung von Wettbewerberlösungen wird weiterhin nicht zur Gewichtung der Anforderungen herangezogen.

Ansatz		Dimension					
Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh		Wettbewerb					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technische Lösungen der Wettbewerber werden analysiert ⇔ die Analyse erfolgt ausschließlich auf der Grundlage von Sekundärliteratur</li> <li>• Gegenüberstellung von Anforderungsspezifikationen existierender Lösungen im Rahmen der Anforderungsliste (PDS) ⇔ ausschließlich auf der Basis von Sekundärliteratur ⇔ es erfolgt keine methodische Auswertung</li> <li>• die ermittelte Anforderungserfüllung existierender Lösungen wird nicht zur Gewichtung herangezogen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Der Ansatz ist sowohl für Anpassungs- als auch für Neukonstruktionen geeignet. Der vorgeschlagene Ablauf ist nicht zwingend und kann entsprechend angepaßt werden. Teamarbeit, für die besondere Flexibilität der Methoden erforderlich ist, wird durch den vorgeschlagenen Aufbau der Anforderungsliste (PDS), der sich ausschließlich an den möglichen Elementen dieser Anforderungsliste orientiert, zwar nicht besonders gefördert, aber auch nicht explizit behindert.

Ansatz		Dimension					
Ganzheitliche Konstruktion nach Pugh		Flexibilität					
<b>Bewertungs- grundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist für Anpassungs- und Neukonstruktionen geeignet</li> <li>• der Ansatz kann flexibel eingesetzt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

### 2.3.2.2 Konstruieren mit Konstruktionskatalogen nach Roth

Roth sieht als Hauptanliegen seiner Konstruktionsmethodik das Zusammenfassen, Ordnen und Zugreifbar-Machen von Lösungen, die für die Konstruktion wichtig und immer wieder brauchbar sind, sowie von Baugruppen und deren Verbindungsmöglichkeiten in sogenannten Konstruktionskatalogen /Roth-94/. Der Fokus liegt dabei klar auf dem Finden von Lösungen für bestimmte Anforderungen. Welchen Inhalt diese Anforderungen haben sollten und wie deren Formulierung erfolgen sollte, wird ebenfalls recht detailliert erörtert. Auf die Vorgehensweise der Ermittlung der Anforderungen, unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Kunden, geht Roth jedoch nicht ein. Aus diesem Grund findet auch die Übersetzung der unter Umständen umgangssprachlich erfaßten Anforderungen in technisches Vokabular in diesem Ansatz keine Berücksichtigung. Die Bewertung dieses Ansatzes beginnt aus diesem Grund erst mit der Konkretisierungsdimension.

Weiterhin ist für Roth die Definition der von ihm als ANFORDERUNGSSÄTZE bezeichneten Anforderungen Teil der „Aufgabenformulierung“. Aus diesem Grund sind die Anforderungen von den in diesem Zusammenhang ebenfalls zu spezifizierenden HAUPTFUNKTIONSSATZ und ANWEISUNGSSÄTZEN nicht zu trennen. Einen Überblick über den Zusammenhang dieser Elemente der Aufgabenformulierung nach Roth gibt Bild 2.9.

Aufgabenstellung		
Beispiel: (Herr X soll ein ... ) tragbares technisches Gebilde zum Heben eines Wagens konstruieren		
1 herausgearbeiteter Hauptaufgabensatz	2 entnommene Forderungssätze	3 angegebener Anweisungssatz
Wagen heben	Einsatz ermöglichen auf Straße, in Garage, im Gelände, bei jeder Witterung. Fuß- oder Handbetrieb vorsehen, Transport durch Menschen ermöglichen, Abmessungen usw.	(Herr X soll eine ...) Neukonstruktion bis zur Anfertigung der Herstellunterlagen durchführen

**Bild 2.9:** Beispiel für die dreigeteilte Definition einer Aufgabenstellung durch die Formulierung des Aufgaben-, Forderungs- und Anweisungssatzes nach Roth /Roth-94/

Wie aus Bild 2.9 hervorgeht, sind die von Roth als Forderungs- oder Anforderungssätze bezeichneten Definitionen der Umstände, Forderungen und Randbedingungen mit den in der vorliegenden Bewertung allgemein als Anforderungen bezeichneten Forderungsspezifikationen gleichzusetzen. Infolgedessen wird im folgenden für den Ansatz von Roth neben den Vorgehensweisen, die explizit für das Aufstellen von Anforderungslisten

vorgestellt werden, auch der entsprechende Teil der Aufgabenformulierung zur Bewertung herangezogen.

### **Konkretisierungsdimension**

Das Aufstellen von Anforderungslisten schließt sich der oben beschriebenen Aufgabenformulierung direkt an. Roth stellt drei Verfahren vor, die das Zusammentragen der Anforderungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln unterstützen:

- die Produktfrageliste,
- die Analyse der Produktumgebung sowie
- die Analyse der Lebenslaufphasen.

In allen drei Verfahren beginnt die Ermittlung der Anforderungen mit der Beantwortung generell formulierter Fragen zum Produkt und den Randbedingungen durch das Entwicklungsteam. Dabei wird jedoch in keinem dieser Verfahren darauf eingegangen, ob und wie die während der Aufgabenformulierung festgelegten Forderungssätze zur Beantwortung der Fragen herangezogen werden können. Diese Unabhängigkeit hat zwar den Vorteil, daß die Anwendung der Verfahren zum Aufstellen von Anforderungslisten nicht die oben beschriebenen Ergebnisse der Aufgabenformulierung grundsätzlich voraussetzt. Sie wirft aber auch die Frage nach dem Sinn der Aufgabenformulierung auf, zumal die komplettierten Anforderungslisten die Umstände, Forderungen und Randbedingungen der geplanten Entwicklung aufgrund der im folgenden beschriebenen, sehr systematischen Vorgehensweisen wesentlich vollständiger wiedergeben.

Mit Hilfe der in der Produktfrageliste zusammengestellten Fragen werden die wichtigsten Beziehungen zwischen dem Produkt und allem, womit es in Berührung kommt, ermittelt. Aus den Antworten sind dann Anforderungen zu bilden, die qualitative und quantitative Forderungen sowie zusätzlich wünschenswerte Forderungen benennen. Werden diese zusammen mit den aus der Aufgabenformulierung bekannten Anforderungen in eine Liste eingetragen, ergibt sich nach Roth die einfachste Form einer Anforderungsliste.

Zur detaillierteren Erfassung von Anforderungen werden in der Analyse der PRODUKTUMGEBUNG folgende Umgebungssysteme näher betrachtet:

- das passive System, auf das eine Wirkung ausgeübt wird,
- das aktive System, das auf das Produkt wirkt,
- das Befehlssystem, welches das Produkt steuert,
- den Wirkungsort mit seinen klimatischen und räumlichen Bedingungen,

- den Abstellplatz und das Transportsystem mit einmaligen und täglichen Wirkungen,
- das Warnsystem.

Um eine Beschreibung des jeweiligen Systems, dessen Wirkung auf das Produkt sowie die zeitlichen und räumlichen Beziehungen zu erhalten, werden innerhalb eines jeden betrachteten Umgebungssystems zunächst allgemeine Fragen wie *wer, was, wann* und *wo* gestellt, die durch vier bis sechs präzisere Fragen konkretisiert werden. Auch hier sind die Antworten als Anforderungen zu formulieren. Roth merkt zu dieser Fragetechnik an, daß zwar die wesentlichen Randbedingungen des Produkts erfaßt, unter Umständen aber Einzelheiten infolge der sehr abstrakten Formulierung der Fragen nicht erkannt werden. Weiterhin bleibt auch der Produktlebenszyklus unberücksichtigt, weswegen er zur Anwendung des deutlich aufwendigeren dritten Verfahrens rät.

Eigenschaften u. Bedingungen Lebenslauf-Phasen		a	Technisch-physikalische		Menschbezogene	
			b	Technologische u. funktionelle	Physikalische u. naturbezogene	Physische
1	2	Nr.	1	2	3	4
Herstellung	Produktplanung, Entwicklung, Konstruktion	1	1.1 Stand der Technik, Entwicklungs-Know-how	1.2 Bekannte Naturgesetze und -effekte, Stoffe	1.3 Stand der Arbeitswissenschaft, verfügb. ergonom. Versuchseinrichtg.	1.4 Motivation u. Ausbildung des Entwickl.-personals, Konstruktionsmethodik,
	Arbeitsvorbereitung und Teilefertigung	2	2.1 Verfügbare Fertigungs- u. Betriebsmittel, technologisches Know-how	2.2 Technologische Materialeigenschaften, fertigungsbedingte Belastungen	2.3 Teilehandhabung, Verletzungsgefahr durch Grate, Fügbarkeit (Fase)	2.4 Qualifikation des Fertigungs-personals, fertigungsgerechte Bemaßung
	Montage	3	3.1 Verfügbare Montagewerkzeuge und Hilfsmittel	3.2 Montagebedingte Belastungen, Klima bei Baustellenmontage	3.3 Teilehandhabung: Gewicht, Größe	3.4 Teilerkennbarkeit, Verwechslungsgefahr
Verteilung	Transport	4	4.1 Verfügbare Transportmittel (Lademaße), Ladegeschirre	4.2 Spezielle klimatische Bedingungen (z.B. Seetransport)	4.3 Gewichte, Griffe, Schwerpunkte, Sicherheit beim Beladen	4.4 Kennzeichnung empfindlicher Teile u. der Lastangriffstellen
	Lagerung	5	5.1 Platzbedarf, Gewicht, Verpackung	5.2 Lagerungsbedingte Alterung	5.3 Handhabung im Lager, Stapelbarkeit, Standfestigkeit	5.4 Rücksicht auf ungelernete Lagerarbeiter
	Vertrieb	6	6.1 Werbewirksame	6.2 Korrosionsbeständigkeit, Klimaunabhän	6.3 Ergonomische Vorzüge gegen	6.4 Firmenimage, Vorführeignung, Herkunftsinformation

**Bild 2.10:** Auszug aus der Suchmatrix nach Roth /Roth-94/, die unter anderem dem Aufstellen der Anforderungsliste dient

Die Analyse der Lebenslaufphasen betrachtet einerseits die Umgebung des Produktes wesentlich detaillierter, andererseits erweitert sie die Suche nach Anforderungen um die systematische Hinterfragung der Lebenslaufphasen. Zu diesem Zweck entwickelte Roth eine Suchmatrix (siehe Bild 2.10), in der neun Oberbegriffe von möglichen Randbedingungen und Bedingungen mit zehn Schritten, die den vollständigen Produktlebenslauf beschreiben, kombiniert werden. Die 90 sich ergebenden Felder sind mit 250 sehr konkreten Fragen ausgefüllt, die je Suchfeld noch durch Checklisten inhaltlich ergänzt werden können und sollten. Für einzelne Suchfelder hat Franke /Fran-75/ Checklisten erstellt (siehe hierzu Bild 2.11), für eine bestimmte Fragestellung - wie ein konkretes Produkt - können diese aber auch ohne weiteres in der entwickelnden Firma selbst erstellt werden.

Lebenslauf-Phasen		Technisch-physikalische Eigenschaften und Bedingungen	
		Funktionelle und technologische	Physikalische und naturbezogene
Herstellung	Produktplanung, Entwicklung, Konstruktion	Stand der Technik, bekannte Pionierkonstruktionen, neuartige Lösungsprinzipie, extreme Leistungen und Bau-Größen, Miniaturisierung; im Betrieb verfügbare und sonstige beschaffbare Erfahrungen, vergleichbare Konkurrenzprodukte; verfügbare Laboreinrichtungen (Prüfstände, Meßgeräte u.ä.); EDV (Hardware, Software), Analogrechner, zeichentechnische Hilfsmittel; Nachbarprodukte, Baureihen	Bekannte Naturgesetze (z.B. Hauptsätze der Thermik, Ähnlichkeitsgesetze) u. -effekte (z.B. Wärmeeffekt), bekannte Materialien u. Stoffe u. deren physikalische, chemische u. physiologische Eigenschaften; besondere Extremwerte; Stand der physikalischen u. mischen Grundlagenforschung; Entdeckungen
	Arbeitsvorbereitung, Teilefertigung	Verfügbare Werkzeugmaschinen, Vorrichtungen und sonstige Betriebsmittel nach Art, Abmessungen und Leistungen (z.B. Drehbankspitzenlänge und -höhe, realisierbare Schnittgeschwindigkeit, Pressenkräfte, erzielbare Toleranzen und Rauigkeiten); Automatisierungsgrad der Fertigung, verfügbare Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten (NC-Maschinen); verfügbare Lagerteile, Halbzeuge und Materialien; Rücksicht auf Teilefamilien, Wiederholteile u. Gruppenfertigung, Stückzahlen, Losgrößen; Rücksicht auf technologische Bedingungen einzelner Fertigungsverfahren (verarbeitbare Werkstoffe, Bedingungen hinsichtlich Form und Gestaltung: z.B. Ausform- bzw. Aushebbarkeit u. fließgerechte Gestaltung bei Guß- u. Schmiedeteilen, geeignete Werkzeuganschnitte für Bohren, Räumen, Fräsen usw., zulässige Biegeradien, Lage der Gesenk- oder Formteilung, Rücksicht auf Walztexturen u.ä.); Zerspanvolumen, Verschnitt, Zahl der Aufspannungen, Zahl der Arbeitsgänge pro Teil, Fertigungstiefe des Produkts; Qualitätskontrolle, Meßeinrichtungen und -geräte, Prüfwerkzeuge	Fertigungsbedingte Belastungen nach Art (mech., therm., elektr. usw.), Größe, zeitlichem Verlauf u. Häufigkeit (siehe auch unter Betrieb und Stillstand – Beispiele: Schnitt- u. Spannkkräfte, Anregungsfrequenzen der Werkzeugmaschinen (z.B. beim Fräsen) im Verhältnis zur teileigenfrequenz (z.B. Rattern), Korrosion durch Kühlwasser, Härtebäder, chemische Abtragverfahren usw.); fertigungsbedingte Bewegungen von Werkstück u. Werkzeug (Kinematik der Werkzeugmaschinen (Schnitt-, Vorschub- u. Zustellbewegung), Zugänglichkeit (gegebenenfalls gleichzeitige) aller Werkzeuge zu allen Bearbeitungsstellen; Werkzeugauslauf (z.B. beim Stoßen oder Schleifen); Zugänglichkeit (gegebenenfalls während der Bearbeitung) Meß- und Prüfwerkzeuge; technologische Eigenschaften der verarbeiteten Materialien (z.B. Formfüllungsvermögen, Zieh- u. Biegefähigkeit usw.)
	Montage	Verfügbare Montagewerkzeuge und -hilfsmittel (z.B. Druckluftschrauber, Fügepressen, Löt- und Schweißwerkzeuge); Montageautomaten, Industrieroboter, „handling“; Zahl u. Art der montierten Teile u. Baugruppen, Gliederung in Montagegruppen, Werks- oder Baustellenmontage; Zentrierungen, Verbindungen u. Dichtungsstellen, Meßvorgänge	Montagebedingte Belastungen u. Bewegungen; Beispielsweise: Preßsitze (z.B. Wälzlager), Schrumpfsitze (z.B. Naben), Kollisionsfreiheit beim Fügen; klimatische u. physikalische Umgebungsbedingungen (z.B. Baustellensituation)

**Bild 2.11:** Auszug aus der Checkliste über technisch-physikalische Eigenschaften und Bedingungen zur detaillierten Aufstellung von Anforderungen nach Franke /Fran-75/

Zur Anforderungsgewinnung trägt man zunächst die produktspezifischen Antworten auf die Fragen in die entsprechenden Suchfelder einer gleich überschriebenen Suchmatrix mit leeren Feldern ein oder man stellt eine Liste auf, in der die Antworten nach der

entsprechenden Feldbezeichnung festgehalten werden. Die Antworten müssen dann, wenn nötig in ihrer Form aufbereitet, in eine Anforderungsliste übertragen werden. Die Ausführung der Liste kann beispielsweise der bei der Analyse der Lebenslaufphasen verwendeten entsprechen (für Einzelheiten siehe /Roth-94/).

Unabhängig von der Wahl der Vorgehensweise zum Aufstellen einer Anforderungsliste legt Roth besonderen Wert auf eine präzise Formulierung der Anforderungen bis hin zur Vervollständigung durch Zahlenangaben. Er stellt aus diesem Grund einen gesonderten Konstruktionskatalog als Hilfsmittel bereit, in dem sämtliche möglichen Anforderungsarten, deren Veranschaulichung mit Hilfe einer Zahlengeraden sowie eine Aussage über die Möglichkeit einer Bewertung geordnet abgelegt sind.

Die Anforderungen können nach Roth in Festforderungen, Zielforderungen und Wunschforderungen unterteilt werden. Dabei müssen Festforderungen auf jeden Fall innerhalb einer gewissen Toleranz erfüllt werden. Bei Zielforderungen soll die entsprechende Größe oder Eigenschaft des realisierten Produkts lediglich einer festgelegten Zielgröße so nah wie möglich kommen. Wunschforderungen sind nach Roth technisch und wirtschaftlich nicht nötig, entsprechen aber einem Wunsch des Auftraggebers. Die Wunschforderungen können als Fest- oder Zielforderungen ausgeführt werden, werden demzufolge gemäß ihrer Bedeutung unterschieden.

Ansatz		Dimension					
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen nach Roth		Konkretisierung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• präzise Formulierung der Anforderungen bis hin zur Zahlenangabe</li> <li>• gut strukturierte Unterstützung der Zusammenstellung der Anforderungen            ⇔ Infolge der unterlassenen Ermittlung und Übersetzung von Kundenwünschen in technische Anforderungen ist die Vollständigkeit der Zusammenstellung nicht gegeben.</li> <li>• es werden in Fest-, Ziel- und Wunschforderungen unterschieden, wobei die Wunschforderungen ihrerseits differenziert werden können</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

Eine klare Gliederung der Anforderungen vollzieht Roth bezüglich des Ursprungs der Anforderungsermittlung, nämlich nach Produktfrageliste oder einem der oben beschriebenen Analyseverfahren, Pflichtenheft des Auftraggebers sowie aus zusätzlichen Informationen. Thematisch unterteilt er vor allem den Teil der Anforderungsliste weiter, der aus den Ermittlungsverfahren hervorgegangen ist. Bei der Produktfrageliste und der Analyse der

Produktumgebung werden die einzelnen Fragen bzw. die allgemeinen Fragen gegeneinander abgegrenzt. Bei der Analyse der Lebenslaufphasen entspricht die Gliederung den zehn Phasen des Produktlebenslaufs.

Diese Art der Gliederung erleichtert zwar den Prozeß der Erstellung und die Ergänzung der Anforderungsliste durch zusätzlich im Verlauf des fortschreitenden Entwicklungsprozesses gefundene Anforderungen, unterstützt aber nicht die Suche nach den für den entsprechenden Produktentwickler relevanten Anforderungen, geschweige denn den gezielten Zugriff auf einzelne Anforderungen.

Weiterhin betont Roth, daß das Aufstellen von Anforderungen nicht an eine bestimmte Entwicklungsphase gebunden ist, sondern über den gesamten Entstehungsprozeß stattfindet. Möglichst früh festgelegt, sollen sie mit fortschreitender Entwicklung kontinuierlich ergänzt und konkretisiert werden. Dieses Vorgehen wird aber nicht durch den Aufbau der Anforderungslisten unterstützt. Es können zwar zusätzliche Anforderungen eines bestimmten Ursprungs der Liste des entsprechenden Anforderungsblocks hinzugefügt werden, doch verhindert der Aufbau der Liste eine Zuordnung gemäß der thematischen Zusammengehörigkeit der Anforderungen.

Eine rechnerunterstützte Aufstellung der Liste kann das Problem der Ergänzung ohne größeren Aufwand beheben, da die konstruktionsbegleitende Ergänzung und Konkretisierung der Anforderungen an inhaltlich zutreffender Stelle eingefügt werden können.

Die informationstechnische Nutzung der Suchmatrix und der Checklisten in der von Roth vorgeschlagenen Form ist nicht ohne weiteres möglich. Der Überblick, den die Suchmatrix in Papierform bietet und der durch das Hinzuziehen von Checklisten noch unterstützt wird, geht verloren, da schon die Matrix - lesbare Schriftgröße vorausgesetzt - auf einem Monitor gängiger Größe nicht mehr vollständig angezeigt werden kann. Will man des weiteren eine produktspezifische Matrix erzeugen sowie eine Anforderungsliste aus dieser ableiten, können die jeweiligen Assoziationshilfen nicht gleichzeitig angezeigt werden. Diese Nachteile werden auch in dem an der ETH Zürich prototypisch entwickelten integrierten Aufgabenklärungs- und Bewertungssystem (ABS, siehe auch Tabelle 2.8, S. 82) deutlich, welches die Suchmatrix als Assoziationshilfe zur Anforderungsdefinition anbietet.

Zur bedienerfreundlichen Nutzung der Werkzeuge muß demzufolge von der Darstellung in Matrix- und dieser Art von Checklistenform Abstand genommen werden. Die Strategie der Vorgehensweise muß demzufolge vollständig neu und rechnergerecht überdacht werden.

Roth selbst erörtert die Möglichkeiten der Rechnerunterstützung jedoch zuerst im Zusammenhang mit den Funktionsstrukturen.

Ansatz		Dimension					
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen nach Roth		Handhabung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordnung der Anforderungen nach dem Ursprung ihrer Ermittlung</li> <li>• Anforderungen sind grundsätzlich ergänz- und konkretisierbar</li> <li>• eine Rechnerunterstützung ist möglich               <ul style="list-style-type: none"> <li>⇔ die Übersichtlichkeit der Suchmatrix und der Checklisten gehen aber verloren</li> <li>↳ zur IT-Nutzung muß die Anwendung der Hilfen anders gestaltet werden</li> </ul> </li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Eine methodische Analyse der Konkurrenz erfolgt in der Konstruktionsmethodik nach Roth nicht. Er erwähnt diese lediglich als einfachste Möglichkeit, zusätzliche Informationen für die Anforderungsliste zu erhalten und Vorzüge von Konkurrenzprodukten zu erkennen.

Ansatz		Dimension					
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen nach Roth		Wettbewerb					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technische Lösungen der Wettbewerber werden nicht berücksichtigt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Die von Roth empfohlenen Hilfsmittel, mit deren Hilfe die Aufgabenstellung geklärt und in Folge dessen die Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt ermittelt sowie die weitere Pflege und Nutzung dieser Anforderungen bewerkstelligt werden können, sind aufgrund ihres prinzipiellen Charakters und allgemeinen Aufbaus sowohl für Anpassungskonstruktionen als auch für Neukonstruktionen geeignet.

Die entwickelte Methode ist grundsätzlich auf komplexe Konstruktionsaufgaben anwendbar und nicht an besondere Organisationsformen gebunden, da die Beantwortung der in der Suchmatrix thematisch sortierten und deren Übertragung in eine entsprechend der gewählten Fragestellung aufgebaute Liste zwar nicht die Arbeit mit komplexen Aufgabenstellungen und modernen Organisationsformen unterstützt, sie jedoch auch nicht behindert.

Ansatz		Dimension					
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen nach Roth		Flexibilität					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist für Anpassungs- und Neukonstruktionen geeignet</li> <li>• der Ansatz kann flexibel eingesetzt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

### 2.3.2.3 Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser

Urban und Hauser /UrHa-93/ betrachten in ihrem Buch "Design and Marketing of New Products" den Produktentwicklungsprozeß hauptsächlich aus der Sicht der Unternehmensführung. Sie präsentieren strategische und organisatorische Hilfsmittel, die die Entscheidungsfindung während der Planung neuer Produkte erleichtern. Außerdem beschreiben sie Methoden, die die Risiken, die mit der Entwicklung neuer Produkte verbunden sind, reduzieren sollen. Sie konzentrieren sich demnach in erster Linie auf den Beginn des Produktentwicklungsprozesses, nämlich auf die Produktplanung. So definieren sie den Begriff "design" als die:

- Identifikation der wichtigsten Nutzeneffekte, die ein zu entwickelndes Produkt stiften soll,
- Positionierung dieser Nutzeneffekte gegenüber Konkurrenzprodukten und
- Entwicklung eines physischen Produkts, einer Marketingstrategie und eines Serviceangebots, um diese Nutzeneffekte zu stiften,

was inhaltlich eher dem Aufgabenumfang des Marketing und der frühen, konzeptionellen Entwicklung entspricht. Die vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung der genannten Nutzeneffekte kommen vor allem aus dem Marketing, nur vereinzelt haben sie einen konstruktiven Hintergrund. Aus diesem Grund wird auch die Erfassung von Anforderungen sehr ausführlich, deren Handhabung jedoch gar nicht erörtert.

Grundsätzlich unterscheiden Urban und Hauser zwischen zwei Strategien der Produktentwicklung: Der *aktiven*, in diesem Fall sollen eigene neue Produkte vor denen der Konkurrenz auf dem Markt sein, und der *reaktiven*, wenn Konkurrenzprodukte als Vorlage für ähnliche Eigenentwicklungen dienen.

Den Schwerpunkt setzen sie auf die aktive Strategie, wobei einige der in diesem Zusammenhang vorgestellten Methoden auch in der reaktiven Strategie angewendet werden können /UrHa-93/.

### Kundendimension

Als einen der wichtigsten Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung stufen Urban und Hauser das erfolgreiche Umsetzen der Kundenanforderungen durch die Produkteigenschaften ein. Voraussetzung dafür ist ihrer Meinung nach das Erfassen von Kundenbedürfnissen durch sorgfältige und exakte Marktforschung. Diese Aufgabe sollte jedoch nicht vom Marketing allein übernommen werden. Prinzipiell halten sie für die Produktentwicklung eine aufgeteilte Verantwortung zwischen den Bereichen Marketing, Forschung und Entwicklung sowie Produktion für zweckmäßig. Zur Umsetzung dieser abteilungsübergreifenden Arbeit schlagen sie verschiedene Organisationsformen vor.

Um eine zielgerichtete Primärforschung im Rahmen der Marktanalyse betreiben zu können, empfehlen die Autoren zunächst Sekundärdaten auszuwerten. Mit dem Wissen aus dieser vorbereitenden Arbeit sollen dann die bereits beschriebenen Erhebungsmethoden, wie Interviews, Focus Groups, die Lead-User-Methode und Erhebungen für die Conjoint-Analyse, angewendet werden.

Trotz des marktorientierten Ansatzes stellen Urban und Hauser keine systematische Vorgehensweise zur Verfügung, die einen direkten Kontakt zwischen Kunden und Konstrukteuren veranlaßt. Das Erfassen von Kundenanforderungen wird weitgehend als Marketingaufgabe gesehen. Da aber die präsentierten Methoden zur Anforderungserfassung zum Teil nur dann sinnvoll einsetzbar sind, wenn sie von interdisziplinären Teams durchgeführt werden, kommt hier durch die Anwendung der Methoden unter Umständen der gewünschte Kontakt zwischen Kunde und Konstrukteur zustande.

Ansatz		Dimension					
Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser		Kunden					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>das Erfassen der Kundenanforderungen erfolgt im Rahmen von Kundengesprächen  <math>\Leftrightarrow</math> ein direkter Kontakt von Produktentwicklern und Kunden wird nicht systematisch fokussiert</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	<b>3</b>	4	

### Transformationsdimension

Für das Übersetzen der erfaßten Kundenanforderungen in technische Anforderungen raten Urban und Hauser zur Nutzung der QFD-Methode<sup>8</sup>. Um den Konstrukteuren die Kundenbedürfnisse verständlich zu machen, ist es nötig, die Kommunikation zwischen den

<sup>8</sup> Hauser trug zusammen mit Clausing /HaCl-88/ maßgeblich zu deren Verbreitung in den USA bei.

Unternehmensbereichen durch deren Integration zu verbessern. Die QFD-Methode soll daher von einem interdisziplinären Team angewendet werden, das wenigstens aus Mitgliedern der Unternehmensbereiche Marketing, Konstruktion, Forschung und Entwicklung sowie Produktion besteht. Auch hier fehlt der direkte Kontakt zwischen dem Kunden und diesem Entwicklungsteam, was die Kritik, die diesbezüglich im Zusammenhang mit der Bewertung der Kundendimension geäußert wurde, untermauert.

Ansatz		Dimension					
Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser		Transformation					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Kriterien dieser Dimension werden erfüllt (vergleiche auch Kapitel 2.3.1.3)</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Im hier untersuchten Ansatz werden ausschließlich technische Anforderungen ermittelt, die sich aus Kundenanforderungen ableiten lassen. Es werden keine Hilfsmittel zum vollständigen Erfassen sämtlicher Anforderungen bereitgestellt. Des weiteren fehlen Hinweise, wie technische Anforderungen formuliert sein müssen, um Mißverständnissen vorzubeugen.

Zur Abstufung der Notwendigkeit der Umsetzung einer erfaßten Anforderung empfehlen die Autoren deren Unterteilung in primäre, sekundäre und tertiäre Anforderungen. Innerhalb dieser Gruppen nehmen sie weiterhin eine Gewichtung der Anforderungen auf der Basis von Kundenaussagen vor.

Ansatz		Dimension					
Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser		Konkretisierung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Konstruktionsaufgabe wird ausschließlich aus Sicht der Kunden geklärt</li> <li>es wird eine dreistufige Priorisierung der Anforderungen, mit ergänzender Gewichtung innerhalb der Gruppen, vorgeschlagen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

Wie bereits angedeutet, beachten Urban und Hauser die Handhabungsdimension kaum. Da das House of Quality hier als Hilfsmittel zur Übersetzung und somit als das verwendete Dokument zur Zusammenstellung der Anforderungen verwendet wird, trifft die vorgebrachte Kritik am Änderungsaufwand des HoQ hier gleichermaßen zu.

Zur Rechnerunterstützung gehen sie kurz auf die Erweiterung von CAD/CAM- zu CIM-Systemen, nämlich der Integration der Funktionen Konstruktion, Forschung und Entwicklung, Produktion, Marketing, Vertrieb und Management, ein. Es wird nicht erläutert, wie sich dies auf die Anforderungserfassung und -handhabung auswirken soll.

Ansatz		Dimension					
Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser		Handhabung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>eine Gliederung der Anforderungen ist vorgesehen ↔ Einsatz des HoQ</li> <li>Anforderungen sind nur für wenig komplexe Produkte oder früh in der Entwicklung ohne größeren Aufwand einzubringen</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Urban und Hauser sehen in den Analysen von technischen Lösungen und Entwicklungsprozessen eine wichtige Quelle für Produktideen. Um dabei möglichst vielseitige Ergebnisse zu erzielen, sollen auch Produkte von branchenfremden Unternehmen oder Unternehmen in anderen Ländern in die Analyse einbezogen werden.

Weiterhin halten sie auch die Information, wie gut Konkurrenzprodukte bestimmte Kundenanforderungen erfüllen, für wichtig, weil daraus mit Hilfe der QFD-Methode Prioritäten für die Konstruktion abgeleitet werden können. Obwohl das Vorgehen zur Einbindung dieser Ergebnisse wenig systematisch, im Rahmen eines Beispiels erörtert wird, gilt das die Berücksichtigung der Anforderungserfüllung hinterfragende Kriterium als erfüllt, da die verwendete QFD-Methode die weitere Nutzung dieser Daten konsequent unterstützt.

Wie im Zusammenhang mit dem Quality Function Deployment bereits erläutert, werden die ermittelten Daten zur Anforderungserfüllung existierender Lösungen mit Hilfe des HoQ zusätzlich zur Anforderungsgewichtung verwendet.

Ansatz		Dimension					
Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser		Wettbewerb					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>alle Kriterien dieser Dimension werden berücksichtigt</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Der hier betrachtete Ansatz ist für Neu- und Anpassungskonstruktionen geeignet und folgt keiner starren Vorgehensweise. Die vorgeschlagenen Organisationsformen für die Produkt-

entwicklung sind auch für komplexe Produkte geeignet. Der Ansatz kann also variabel eingesetzt werden.

Ansatz		Dimension					
Entwicklung und Marketing neuer Produkte nach Urban und Hauser		Flexibilität					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist für Anpassungs- und Neukonstruktionen geeignet</li> <li>• der Ansatz kann flexibel eingesetzt werden</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

#### 2.3.2.4 Bildung von Produktanforderungen nach Otto

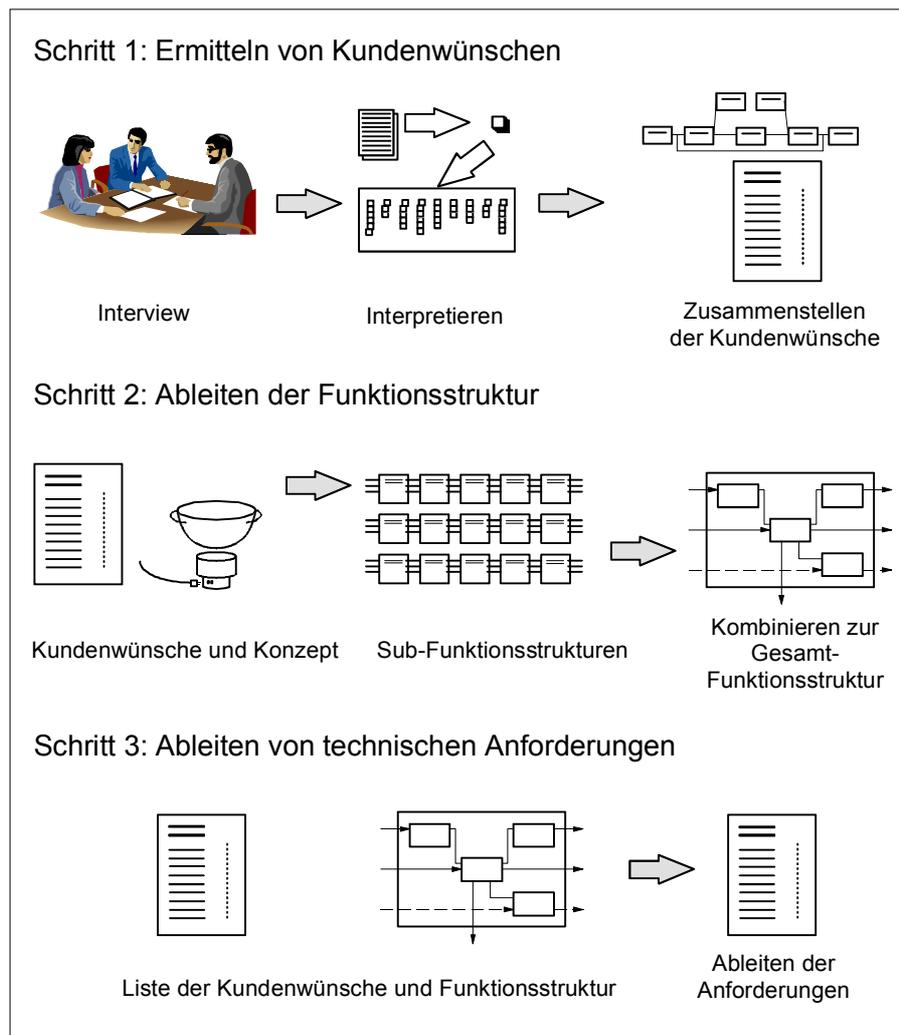
Die von Otto erarbeitete Methode /Otto-96/ /OtAh-97/ dient der Ableitung technischer Anforderungen für ein bestehendes Produktkonzept. Besondere Bedeutung kommt hierbei der vollständigen Ermittlung der Anforderungen aus Kunden- bzw. Nutzersicht zu. Zu diesem Zweck werden existierende Analyse- und Bewertungsverfahren mit den methodischen Hilfsmitteln der Anforderungsliste und der Funktionsstruktur kombiniert und zur Untersuchung der Umstände und Randbedingungen bei der Benutzung des Produkts verwendet. Die Produktgestalt dient in diesem Zusammenhang einerseits der Strukturierung der ermittelten Anforderungen und weiterhin der Übersetzung der Kundenwünsche in technische Anforderungen. Eine Übersicht über die grundsätzliche Vorgehensweise gibt Bild 2.12.

#### Kundendimension

Das Erfassen von Kundenanforderungen erfolgt nach Otto in drei Schritten:

- Ermitteln der Bedürfnisse des Kunden,
- Interpretieren der Bedürfnisse des Kunden sowie
- Zusammenstellen der Kundenwünsche.

Die Bedürfnisse des Kunden können dabei mit Hilfe sehr unterschiedlicher Methoden, wie der Nutzung des Produktes bzw. des Prototypen durch das Entwicklungsteam, Kundenbefragungen, in denen ein Meinungsbild durch Kriterienlisten oder Fragebögen erstellt wird, FOCUS GROUPS oder INTERVIEWS, ermittelt werden. Für eine detaillierte Untersuchung existierender Erhebungsstrategien verweist Otto auf Urban und Hauser /UrHa-93/. Das Interview wählt Otto als zu bevorzugendes Erhebungsverfahren aus und begründet dies mit einer von Griffin und Hauser /GrHa-93/ durchgeführten Studie, in der die Effektivität, d.h. der zu bewältigende Aufwand im Verhältnis zum beabsichtigten Ergebnis, von Erhebungsverfahren hinterfragt wird.



**Bild 2.12:** Übersicht über die Vorgehensweise zur Bestimmung technischer Produkthanforderungen nach Otto /OtAh-97/

Im persönlichen Gespräch soll dabei ein typischer Handlungsablauf für die Benutzung des Produkts beschrieben werden. Als Hilfsmittel dafür empfiehlt Otto eine Leitlinie mit Stichpunkten zu wichtigen Kriterien, zu denen der Anwender auf jeden Fall befragt werden soll. Die Liste ist jedoch offen konzipiert und soll mit Erkenntnissen aus den laufenden Gesprächen ergänzt werden. Die Ergebnisse des Dialogs werden in einem Formular (Bild 2.13) protokolliert. Während des Interviews werden drei Spalten ausgefüllt. Diese enthalten die an die Testperson gestellten Fragen, die entsprechenden Antworten im Wortlaut sowie die Tätigkeiten, die gerade am Produkt ausgeführt wurden, als die Antwort bzw. Anforderung formuliert wurde. Die zwei weiteren Spalten dienen der Interpretation der Kundenwünsche und sollten möglichst im Anschluß an das Interview vervollständigt werden. Die Antworten der Kunden werden zu diesem Zweck in eine möglichst strukturierte, nicht wertende Nomen-Verb-Form transferiert (Bild 2.13, Spalte 3), d.h. entsprechende Kundenwünsche bzw. -

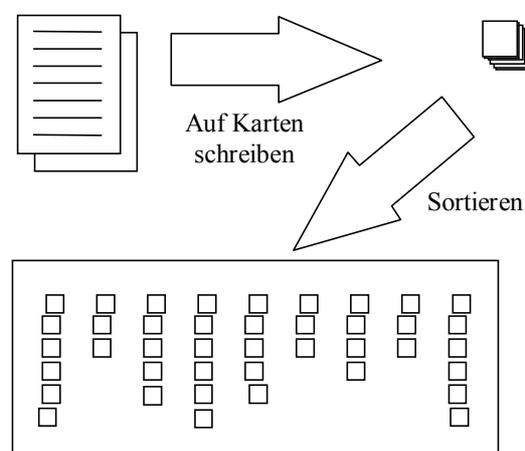
anforderungen formuliert, sowie die jeweiligen kundenspezifischen Gewichtungen abgeschätzt (Bild 2.13, Spalte 4).

Projekt xxxx				
Kundendaten				
Kunde:		Interviewer:		
Kundenidentifikation:		Datum:		
Bereit zur Mitarbeit?		Ort:		
Art des Anwenders:				
Frage / Aufforderung	Bemerkung des Kunden	Interpretierter Kundenwunsch	Wertung	Tätigkeit

**Bild 2.13:** Formular zur Erfassung von Kundenwünschen nach Otto /Otto-96/

Sind für eine festzulegende Interviewpartnerzahl, die nach Griffin und Hauser /GrHa-93/ für eine ausreichend repräsentative Aussage neun Kunden nicht übersteigen muß, diese Erfassungsbögen ausgewertet, sind diese zu einer allgemeinen Liste von Kundenwünschen mit zueinander gewichteten Einzelanforderungen zusammenzufassen.

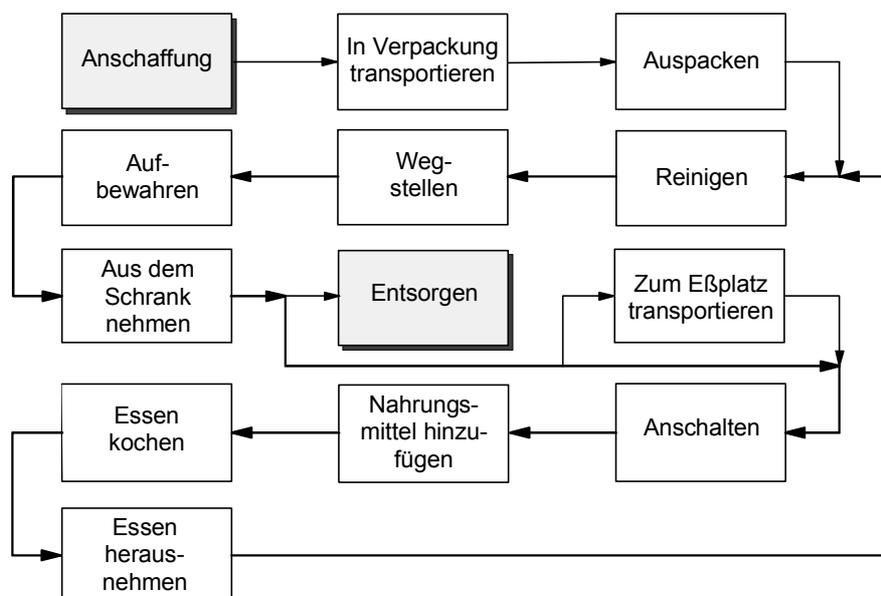
Hierzu werden die interpretierten Kundenwünsche auf Indexkarten geschrieben und von einem Team analysiert. Das Team kann hierbei ein Team von Entwicklern oder eine kleinere Gruppe von Anwendern sein. Im letzteren Fall würde man einer befangenen Interpretation durch die Entwickler entgegenwirken. Auf einer Fläche werden die Karten sortiert, wobei einander entsprechende Kundenwünsche untereinander, voneinander verschiedene dagegen nebeneinander angeordnet werden (siehe Bild 2.14). Das Ergebnis sind Reihen von Kundenwünschen, bei denen die Anzahl der Reihen der Menge der erfaßten Kundenanforderungen und die Anzahl der Indexkarten pro Reihe einer Gewichtung der Wünsche entspricht.



**Bild 2.14:** Sortieren interpretierter Kundenwünsche nach Otto /OtAh-97/

Übernimmt eine kleinere Anwendergruppe die Sortierung der Indexkarten, so schließt Otto die gegenseitige Beeinflussung der Anwender untereinander nahezu vollständig durch die Auswertung über eine Matrix aus. Hierbei sortiert jeder Anwender der Gruppe einen kleinen Stapel der Indexkarten in der oben beschriebenen Weise. Anschließend wird zur Auswertung eine Matrix erstellt, in der die auf den Indexkarten erfaßten Kundenwünsche numeriert und geordnet in die Zeilen- und Spaltenköpfe eingetragen werden. Die subjektiv geordneten, interpretierten Kundenwünsche werden nun durch die Anzahl, die ein Kundenwunsch  $i$  in dem Stapel eines Kundenwunsches  $j$  auftritt, in die Matrix übertragen. Auf der Grundlage dieser Eintragungen, so beschreiben Urban und Hauser /UrHa-93/, wird nun eine statistische hierarchische Clusteranalyse ausgeführt, wobei über Abhängigkeitsbäume eine zwei- oder dreidimensionale Bedürfnisstruktur entwickelt wird. Diese Methode wird von Otto als effektiv, aber sehr aufwendig eingeschätzt.

Nach Otto kann die korrekte Interpretation der ermittelten und gewichteten Kundenwünsche im weiteren Entwicklungsprozeß nur gewährleistet werden, wenn der Zusammenhang zur durchzuführenden Tätigkeit bei der Produktnutzung erkennbar bleibt. Zusätzlich garantiert eine lückenlose Erfassung der unterschiedlichen Benutzungsmuster im Rahmen der Interviews auch die vollständige Berücksichtigung der entsprechenden Kundenbedürfnisse. Aus diesem Grund schlägt er die Sortierung der Kundenwünsche nach den möglichen Benutzungsmustern vor.



**Bild 2.15:** Ablaufplan der bei der Nutzung eines elektrischen Woks ausgeführten Tätigkeiten nach Otto /OtAh-97/

Um sämtliche Aspekte der Produktnutzung erfassen zu können, müssen die in der letzten Spalte des Formulars (Bild 2.13) erfaßten Tätigkeiten gemäß der Reihenfolge ihres Auftretens geordnet werden. Zu diesem Zweck werden die Tätigkeiten, auf die gleiche Weise wie zuvor schon die Kundenwünsche, auf Karten geschrieben und dann ablauforientiert sortiert. Karten, die gleiche Tätigkeiten ausweisen, werden hierbei aus Übersichtlichkeitsgründen übereinander gelegt. Der Ablaufplan wird schließlich durch die Vorgehensrichtung anzeigende Pfeile ergänzt, deren Stärke und Orientierung Auskunft darüber gibt, wie typisch eine Tätigkeit für die beobachteten Kunden ist (Bild 2.15). So kochen bei dem Beispiel des elektrischen Woks sicherlich alle Kunden das Essen mit dem Gerät, nur einige transportieren es aber zu diesem Zweck ins Eßzimmer.

Projekt: Elektrischer Wok	
Kundenwünsche	
Interviewer:	
Datum:	
Anzahl der Kunden:	9
Bewertungsskala:	1 - 10
Durchschnittlicher Kunde:	Männer/Frauen, Alter zwischen 20 und 30, Studenten, kleine Mietwohnungsküche, keine Spülmaschine
Kundenwünsche	
Kundenwünsche	Wertung
• Anschaffung - Kosten	7
• Transport in der Verpackung	
• Auspacken	
• Reinigen - nicht haftende Oberfläche - wasserfest - von der Heizeinheit abnehmbar	7 3 3
• Wegstellen/-räumen in der Küche - kompakt zur leichten Handhabung - Hitze auf den Wok beschränkt - Stoßfestigkeit	8 2 5
• Lagerung in der Küche - kompakt für geringen Platzbedarf	8
• Wok dem Aufbewahrungsort entnehmen	
• Transport in das Eßzimmer - Ästhetisch ansprechend - Rutschfestigkeit auf Tischoberfläche	4 2

**Bild 2.16:** Auszug aus einer Liste zusammengefaßter, interpretierter Kundenwünsche für einen elektrischen Wok nach Otto /OtAh-97/

Die geordneten und bewerteten Tätigkeiten werden dann in einem Dokument entsprechend des ermittelten Ablaufs aufgelistet und in bezug auf die ermittelten Produkthanforderungen ausgewertet. Ein Beispiel einer solchen Liste mit tätigkeits- bzw. vorgehensbezogenen Kundenwünschen ist in Bild 2.16 auszugsweise für das Beispiel des elektrischen Woks abgebildet.

Ansatz		Dimension					
Bildung von Produkthanforderungen nach Otto		Kunden					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• Erfassen der Kundenanforderungen erfolgt in Rahmen von Kundengesprächen (Gesprächen zwischen Entwicklern und Kunden)						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	<b>3</b>	4	

### Transformationsdimension

Die in Schritt 1 der entwickelten Vorgehensweise (Bild 2.12) zusammengetragenen Kundenanforderungen überführt Otto mit Hilfe von detaillierten Funktionsstrukturen in technische Anforderungen. Die Vollständigkeit der technischen Anforderungen wird in einem weiteren Schritt mit Hilfe der QFD-Matrix überprüft.

Auf der Basis des aus den möglichen Benutzungsmustern für das Produkt bestimmten Ablaufplans (Bild 2.15) wird ein bestehendes Produktkonzept hinsichtlich der realisierten Funktionalität analysiert. Um die Aussagefähigkeit der Funktionsstruktur in bezug auf abzubildende Anforderungen zu erhöhen, kann und sollte diese nach der Auffassung von Otto, abweichend von der strengen Konvention zur Darstellung von Funktionsstrukturen, bedarfsgemäß erweitert werden. Dabei soll aber berücksichtigt werden, daß die Funktionsanalyse der Übersetzung der Kunden- in technische Anforderungen dient. Bereits klar spezifizierte Anforderungen, wie der Wunsch nach geringen Kosten, müssen demzufolge auch nicht in der Funktionsstruktur abgebildet werden.

Mit Hilfe der Analyse von Funktionen und Teilfunktionen sollen die technischen Anforderungen benannt und quantifiziert werden. Dabei sind die Teilfunktionen selbst oftmals schon ein Ausdruck für eine Anforderung. Sie können aber auch als Assoziationshilfe zum Ableiten dieser verwendet werden. Die in der Funktionsanalyse ermittelten Eingangs- und Ausgangsgrößen der Teilfunktionen werden für die quantitative Abschätzung der Anforderungen verglichen.

Unterstützt wird das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen weiterhin durch die Zuordnung der zusammengefaßten, interpretierten Kundenwünsche zu den möglichen Benutzungsmustern (Bild 2.16). Der Produktentwickler kann über die Tätigkeit, in deren Zusammenhang ein Kundenwunsch auftritt, einerseits den Kundenwunsch

leichter verstehen und andererseits diesen seinerseits in einen Gesamtzusammenhang bezüglich der Produktfunktionen und deren möglicher Umsetzung einordnen. Weiterhin kann er die Bedeutung der aus den jeweiligen Kundenwünschen abzuleitenden technischen Anforderungen ebenfalls besser abschätzen.

Die aus den Funktionsstrukturen und interpretierten Kundenwünschen auf die beschriebene Weise ermittelten technischen Anforderungen werden anschließend in einer QFD-Matrix den zusammengetragenen Kundenanforderungen gegenübergestellt. Mit Hilfe der Matrix kann überprüft werden, ob jede Kundenanforderung gemäß ihrer Gewichtung durch eine oder mehrere technische Anforderungen repräsentiert wird. Ist das nicht der Fall, müssen die technischen Anforderungen hinsichtlich des Kundenwunsches nochmals hinterfragt werden. Das bestehende Konzept wird somit anwenderorientiert optimiert bzw. erweitert.

Ansatz		Dimension					
Bildung von Produktanforderungen nach Otto		Transformation					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• das Übersetzen der Kundenanforderungen in technische Anforderungen erfolgt streng methodisch						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2			

### Konkretisierungsdimension

Wie bereits beschrieben, sollen die technischen Anforderungen durch das Vergleichen der Ein- und Ausgangsgrößen der in den Funktionsstrukturen dargestellten Teilfunktionen quantitativ abgeschätzt werden.

Die Vollständigkeit der technischen Anforderungen soll durch den Ablaufplan der Tätigkeiten sichergestellt werden. Die Häufigkeit, mit der die Tätigkeiten bei den Untersuchungen aufgetreten sind, charakterisiert weiterhin deren Bedeutung. Auf diesem Weg kann jedoch nur die Vollständigkeit der aus den Kundenwünschen resultierenden technischen Anforderungen, nicht aber sämtlicher technischen Anforderungen sichergestellt werden.

Die Gewichtung wird in der gesamten Vorgehensweise sehr konsequent verfolgt. So werden die Kundenwünsche zunächst über das Verhältnis der Anzahl einander entsprechender Kundenwünsche zur Gesamtanzahl der genannten Wünsche bewertet, nach der Zuordnung zu den ermittelten Tätigkeiten durch die Angabe einer relativen Wertigkeit abgestuft. In der QFD-Matrix wird schließlich die Eignung der einzelnen technischen Anforderungen abgeschätzt, die entsprechenden Kundenwünsche zu erfüllen. Damit werden aber die technischen Anforderungen in eine Rangfolge für deren Umsetzung gebracht, diese demnach wiederum gewichtet.

Ansatz		Dimension					
Bildung von Produktanforderungen nach Otto		Konkretisierung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Anforderungen werden auch quantitativ präzisiert</li> <li>• des Zusammenstellen der technischen Anforderungen erfolgt methodisch  <math>\Leftrightarrow</math> die Zusammenstellung der Anforderungen ist nur aus Sicht des Kunden vollständig</li> <li>• die Abstufung der Anforderungen hinsichtlich der Notwendigkeit ihrer Umsetzung erfolgt über Gewichtungsverfahren</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3	4	

### Handhabungsdimension

Auf die Handhabung der erfaßten Anforderungen geht Otto nicht explizit ein. Die über die möglichen Benutzungsmuster erzeugte Ordnung oder Sortierung der Anforderungen kann ebenso für den leichteren Zugriff auf spezifische Anforderungen verwendet werden wie die erzeugten Funktionen und deren Strukturen. Für die nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ bei Anpassungskonstruktionen zu bevorzugende Ordnung der Anforderungen nach Baugruppen stellt die Vorgehensweise von Otto jedoch keine Hilfsmittel zur Verfügung.

Otto bietet keine Formatvorlage für die Erfassung der technischen Anforderungen an, insofern sind Änderungen an den ermittelten technischen Anforderungen grundsätzlich immer möglich. Da er aber den Dokumentationsaspekt vollständig außer Acht läßt, kann man der Theorie auch keine Unterstützung dieses Arbeitsschrittes bescheinigen.

Die Rechnerunterstützung der Vorgehensweise wird von Otto in seiner Veröffentlichung ebenfalls nicht diskutiert.

Ansatz		Dimension					
Bildung von Produktanforderungen nach Otto		Handhabung					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungen werden grundsätzlich inhaltlich gegliedert</li> <li>• das Ändern oder Konkretisieren von Anforderungen wird nicht unterstützt</li> <li>• die IT-Unterstützung der Anforderungshandhabung wird nicht betrachtet</li> </ul>						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Wettbewerbsdimension

Otto sieht eine methodische Analyse der Konkurrenz nicht vor. Er geht davon aus, daß über die statistische Absicherung der zu verwendenden Analyseverfahren die Vollständigkeit der ermittelten Bedürfnisse des Kunden ohnehin gewährleistet ist und somit die Analyse eines

Konkurrenzprodukts lediglich alternativ zur Analyse des eigenen Produkts in Erwägung gezogen werden kann. Da das Verfahren weiterhin sehr aufwendig ist, ist dessen parallele Anwendung auf mehrere Produkte aus Kostengründen zusätzlich so gut wie nicht durchführbar.

Ansatz		Dimension					
Bildung von Produkthanforderungen nach Otto		Wettbewerb					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• technische Lösungen der Wettbewerber werden nicht bzw. nur implizit berücksichtigt						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)	0	1	2	3		

### Flexibilitätsdimension

Voraussetzung für die Durchführung der beschriebenen Vorgehensweise ist mindestens die Existenz eines abgeschlossenen Produktkonzepts für das Produkt, das entwickelt werden soll. Da der Erfolg der Methode aber wesentlich von der Erfahrung der Anwender bei der Nutzung des Produktes abhängt, ist deren bevorzugter Einsatzbereich, unter anderem wegen der statistischen Absicherung, die Optimierung von Massenprodukten.

Ansatz		Dimension					
Bildung von Produkthanforderungen nach Otto		Flexibilität					
<b>Bewertungsgrundlage</b>	• der Ansatz ist ausschließlich für Anpassungskonstruktionen geeignet						
<b>Bewertung</b>	(in Punkten)		1	2			

### 2.3.3 Informationstechnisch ausgerichtete Ansätze

Die in den Kapiteln 2.3.1 und 2.3.2 untersuchten wissenschaftlichen Ansätze versuchen, die Erfassung und Handhabung von Anforderungen vor allem mit methodischen Hilfsmitteln zu unterstützen. Obwohl die Ansätze sehr unterschiedlich sind, steht bei all diesen Strategien die vollständige Klärung und Erfassung der Aufgabenstellung sowie der Einsatz der geklärten Aufgabe zur Überwachung des Entwicklungsfortschritts im Vordergrund.

Neben diesen Bemühungen, die den Entwicklungserfolg in erster Linie inhaltlich zu optimieren versuchen, gibt es aber auch solche, die dem Entwicklungserfolg durch gesteigerte Effektivität zuträglich zu sein beabsichtigen. Die in diesem Kapitel untersuchten wissenschaftlichen Ansätze versuchen diese Effektivitätssteigerung durch den Einsatz und die Anwendung von Informationstechnologie zu bewirken. Ziel dieser Ansätze ist es, dem Produktentwickler zeitraubende und sich wiederholende Arbeiten abzunehmen. Zu diesem Zweck steht die Modellierung und rechnerinterne Weiterverwendung der Anforderungen im Mittelpunkt der im folgenden betrachteten Arbeiten.

**Tabelle 2.8:** Gliederung der im Rahmen dieses Kapitels untersuchten Ansätze zur Rechnerunterstützung der Anforderungshandhabung

Gruppen	Erläuterung	Beispiele für entsprechende Ansätze
Ausführung der Tätigkeiten im Produktentwicklungsprozeß	<b>Ziel</b> ist die automatische Konstruktion: weitestgehend AUTOMATISCHE Generierung von Lösungen auf der Basis von vorhandenen Anforderungen	DIICAD /Kläg-93/ MUSE <sup>9</sup> /PhAn-97/ <sup>10</sup>
Unterstützung der Tätigkeiten bei der Handhabung von Anforderungen	<b>Ziel</b> ist die Unterstützung der Arbeit mit Anforderungen: z.B. Auswertung von Anforderungsattributen wie beim Sortieren der Anforderungen nach Wünschen und Forderungen zum Teil unter besonderer Berücksichtigung der anwendergerechten Gestaltung der Benutzungsschnittstelle zum Teil auch automatisierte Weiterverwendung der Anforderungsausprägungen wie bei der Übernahme der Anforderungswerte in Berechnungsprogramme oder zur Bewertung von Lösungszuständen	Alltool /Kick-95/ demanda <sup>11</sup> /Krus-95/ /KrDiLe-97/ IVK <sup>12</sup> ABS <sup>13</sup> /Mont-96/ /MoFl-97/ KALIF <sup>14</sup> /MiScBe-99/ DOORS <sup>15</sup> /Schm-97/ integriertes Konzept <sup>16</sup> /Hump-95/, /GaBrHu-96/ SpecBuilder <sup>17</sup>
Unterstützung von Vorgehensweisen im Produktentwicklungsprozeß	<b>Ziel</b> ist die Rechnerunterstützung methodisch abgesicherter Vorgehensweisen: Unterstützung des Produktentwicklers bei der Erstellung der erforderlichen Dokumentation Unterstützung der Wieder- oder Weiterverwendung des dokumentierten Wissens in seiner ursprünglichen Form (keine Auswertung der Inhalte)	KALEIT /Feld-89b/ und /Groe-92/

<sup>9</sup> **MUSE** = **M**ultimediale **S**ystementwicklung, hier betrachtet: Ansatz des *Strukturmodells*, dessen Ziel die automatisierte Validierung von Systementwürfen ist.

<sup>10</sup> Der Abschlußbericht für das „MUSE-Strukturmodell“ ist im Internet unter der Adresse [http://www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de/forschung\\_dt/muse/inhalt.htm](http://www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de/forschung_dt/muse/inhalt.htm) verfügbar.

<sup>11</sup> **demanda** (engl. „demand“ = dt. „fordern“) ist im Rahmen des QCIM-Projektes (**Q**uality through **C**IM) am Institut für Maschinenwesen der TU Clausthal entstanden und ein Werkzeug, mit dessen Hilfe das Quality Management in der Konstruktion unterstützt werden soll. Es soll die strukturierte Erfassung und Analyse (automatisierte Aufbereitung der Semantikbeziehungen und Konsistenzprüfungen) von Anforderungen ermöglichen.

<sup>12</sup> **IVK** = **I**nformationsverarbeitung in der **K**onstruktion ist ein Werkzeug zur Erstellung, Verwaltung und Überprüfung von Anforderungslisten, das im Forschungsschwerpunkt REPAM (**R**echnergestützte **E**ntwicklung von **P**rozessen, **A**pparaten und **M**aschinen) an der FH Hannover entwickelt wurde. Eine Beschreibung des Systems IVK ist im Internet unter der Adresse [http://www.repam.fh-hannover.de/konstru/ivk\\_docu/grunds.htm](http://www.repam.fh-hannover.de/konstru/ivk_docu/grunds.htm) zu finden.

<sup>13</sup> **ABS** ist ein an der ETH Zürich entwickeltes, integriertes Aufgabenklärungs- und Bewertungssystem, das neben der Modellierung von Anforderungen auch deren weiterführende Bewertung anhand einer Nutzwertanalyse unterstützt.

Obwohl die Zahl der in diesem Zusammenhang betrachteten Ansätze groß ist und ständig durch die Aktualität der behandelten Problematik steigt, werden in diesem Kapitel nur drei wissenschaftliche Ansätze detailliert betrachtet. Jeder einzelne von ihnen steht dabei stellvertretend für eine bestimmte Ausrichtung oder Art des verfolgten Ziels. Dabei ist der entscheidende Aspekt für die gewählte Abstufung die Ausprägung der beabsichtigten informationstechnischen Unterstützung des Anforderungsnutzers (siehe Tabelle 2.8).

Die in diesem Kapitel betrachteten Ansätze befassen sich vorwiegend mit der Handhabung von Anforderungen, vereinzelt wird zusätzlich die rechnerische Erfassung der Anforderungen bedacht. Das Vorgehen der Ermittlung der Anforderungen findet in den untersuchten Ansätzen nur wenig Berücksichtigung. Einzig der Ansatz von Feldhusen /Feld-89b/ und Groeger /Groe-92/ basiert auf einem konstruktionsmethodischen Ansatz, nämlich dem der Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz /PaBe-97/, und geht demzufolge auch auf Strategien zur Anforderungsermittlung ein. Da die Konstruktionsmethodik im Rahmen der vollständigen wissenschaftlichen Ansätze aber bereits analysiert und bewertet wurde, ist eine eingehende Betrachtung dieses Hintergrunds hier nicht erforderlich.

Infolgedessen wird die Analyse der informationstechnisch ausgerichteten, wissenschaftlichen Ansätze grundsätzlich auf die Handhabungs- sowie die Flexibilitätsdimension reduziert. Die Konkretisierungsdimension wird bei vorhandener Relevanz ergänzend berücksichtigt<sup>18</sup>. Von der Bewertung der berücksichtigten Dimensionen mit Hilfe des den Kriterien zugeordneten Punktesystems wird wegen mangelnder Vergleichbarkeit ebenfalls abgesehen.

---

<sup>14</sup> **KALIF** = **K**unststoffgerechtes **A**nforderungs**L**isten-System für die **F**ormteilentwicklung. Das System wurde am Institut für Kunststoffverarbeitung der RWTH Aachen gezielt für die Verwaltung von Anforderungen entwickelt, die in der Entwicklung von Kunststoffbauteilen entstehen.

<sup>15</sup> **DOORS** = **D**ynamic **O**bject **O**riented **R**equirements **S**ystem: Software, die seit 1992 kommerziell von der britischen Firma QSS (Quality Systems & Software) vertrieben wird. Mit der sehr stark an MSWord orientierten Software können erstellte funktionelle, technische und Prüfanforderungen untereinander verknüpft, verwaltet sowie für die Ausgabe auf Papier aufbereitet werden. Eine Beschreibung des Systems ist im Internet unter der Adresse <http://www.qssinc.com/products/doors/index.html> zu finden.

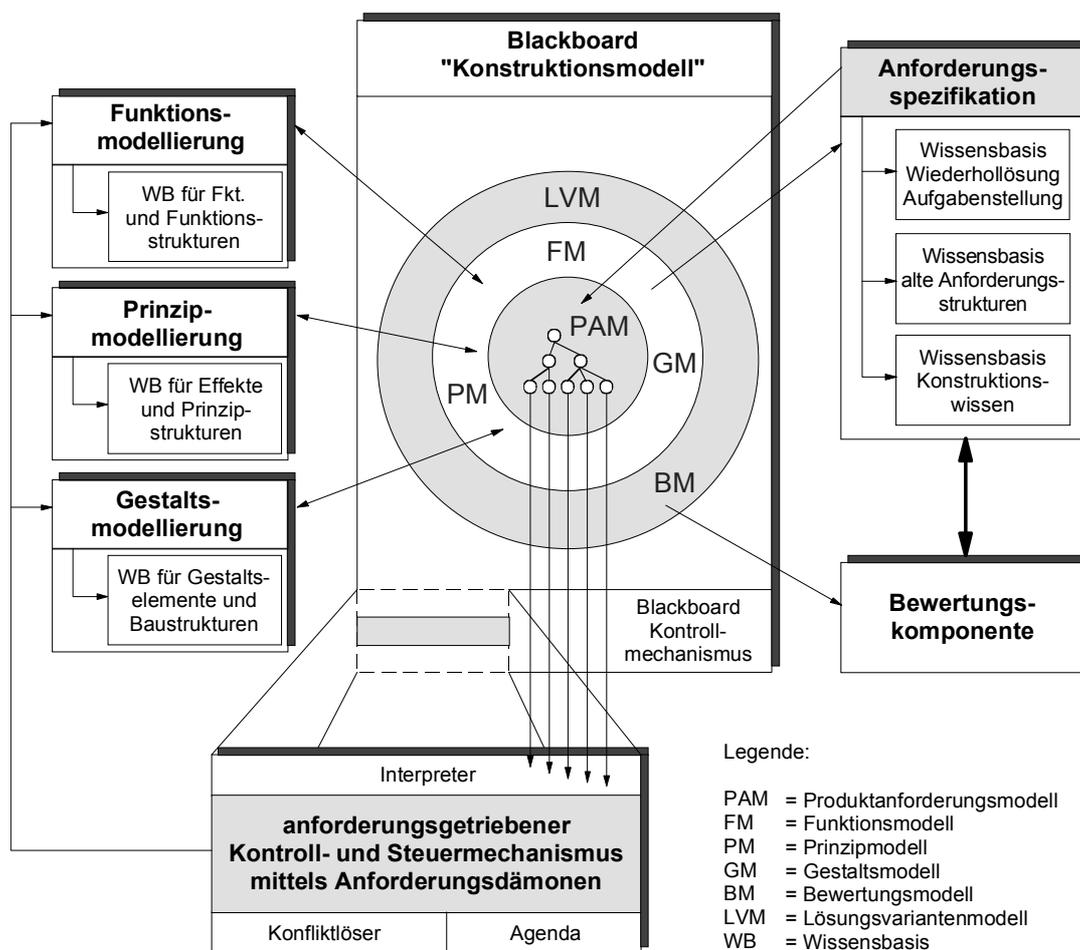
<sup>16</sup> Ein am Heinz Nixdorf Institut, Fachgebiet Rechnerintegrierte Produktion entwickeltes, informationstechnisches Konzept zur Anforderungsbearbeitung in integrierten Ingenieursystemen. In diesem werden insbesondere zu erzeugende Verknüpfungen des Anforderungsmodells mit anderen Partialmodellen zur anforderungsgesteuerten Bewertung von Lösungen genutzt.

<sup>17</sup> **Specification Builder** ist eine am Department of Engineering an der University of Cambridge in der Lehre eingesetzte Software, mit deren Hilfe methodische Produktentwicklung anhand von der Erzeugung von Anforderungen und deren weiterführende Verwendung für eine Lösungsbewertung geübt werden. Erläuterungen sind unter der Internet-Adresse <http://www-h.eng.cam.ac.uk/help/programs/cbt/SpecBuilder.html> zu finden.

<sup>18</sup> Da die in erster Linie für die theoretischen, wissenschaftlichen Ansätze spezifizierten Kriterien der Dimensionen zum Teil für eine Bewertung der hier untersuchten Ansätze nicht zutreffen, erfolgt eine themengerechte Modifikation bzw. Erweiterung derselben.

### 2.3.3.1 Modellierung von *Produktanforderungen im Rahmen von DIICAD nach Kläger*

Die Zielsetzung der Arbeit von Kläger ist es, die bisherige Rechnerunterstützung des Konstruktionsprozesses durch CAD-Systeme auch auf die frühen Phasen des Prozesses auszuweiten /Kläg-93/. Kläger entwickelt hierzu ein Konzept zur MODELLIERUNG von TECHNISCHE ANFORDERUNGEN, welches die Grundlage für die integrierte und durchgängige Behandlung von konstruktiven Problemlösungsprozessen bilden soll. Seine Arbeit gliedert sich in das am Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion (RPK) an der Universität Karlsruhe unter dem Namen DIICAD<sup>19</sup> entwickelte Gesamtkonzept für ein anforderungsgetriebenes, integriertes Konstruktionssystem ein. Das Gesamtkonzept umfaßt vier Modellierungsebenen oder -klassen, die sich logisch aus den vier Konstruktionsphasen nach der VDI-Richtlinie 2221 /VDI 2221/ ergeben. Bild 2.17 zeigt das Gesamtkonzept dieses Konstruktionssystems und dessen Hauptfunktionskomponenten.



**Bild 2.17:** Gesamtkonzept und Hauptfunktionskomponenten eines anforderungsgetriebenen integrierten Konstruktionssystems /Kläg-93/

<sup>19</sup> DIICAD = Dialogorientiertes Integriertes Intelligentes CAD-System

Klägers Lösungsansatz zur Anforderungsmodellierung konzentriert sich auf die folgenden drei Kernpunkte:

- die vollständige, rechnerinterne Abbildung von Konstruktionslösungsumgebungen als Ausgangs- und Bezugspunkt zu entwickelnder Produktlösungen,
- die lösungsadäquate Aufbereitung und Zuordnung der Produkthanforderungen zu lösungsfindenden Modellierungsprozessen sowie
- die anforderungsgerechte Lösungsevaluierung.

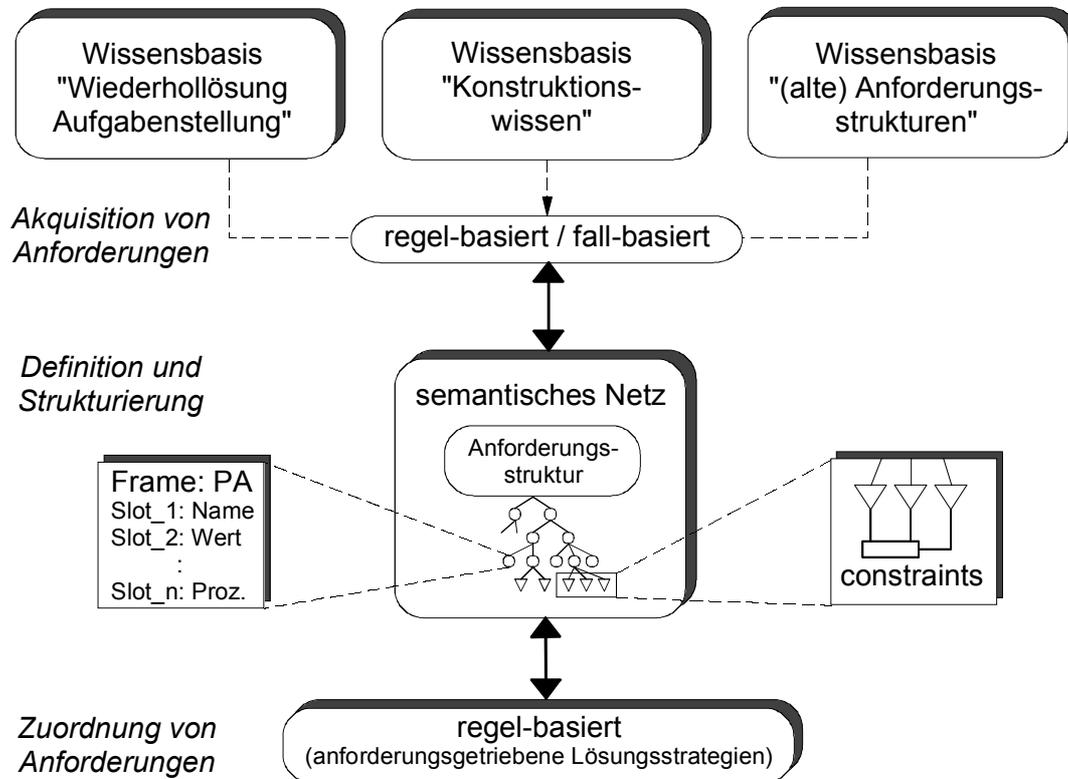
Im einzelnen soll dadurch bei der Akquisition und Abbildung von Produkthanforderungen der Zugriff auf Konstruktionswissen, das für die spezifische Aufgabenklärung relevant ist, ermöglicht (erster Punkt) und die Umsetzung von Produkthanforderungen in jeweils unterschiedlich konkreten Lösungselementen einer Konstruktionslösung unter Zuhilfenahme anforderungsgetriebener Lösungsstrategien bewerkstelligt werden (zweiter Punkt). Schließlich sollen für Lösungs- und Konstruktionsvarianten konstruktionsmethodisch bekannte Bewertungsvorgänge bei der Modellierung von Produkthanforderungen berücksichtigt werden, sofern sie für die Abbildung ganzheitlicher Problemlösungsprozesse Relevanz besitzen /Kläg-93/.

Um diese Ziele zu erreichen, entwickelt Kläger zunächst eine Produktmodellierungsmatrix, in der die von ihm als solche definierten Elementartätigkeiten für Problemlösungszyklen, nämlich

- Anforderungen erkennen und Anforderungen definieren,
- Lösung suchen und Lösung definieren,
- Lösung abbilden,
- Lösung analysieren, Lösung bewerten und Lösung auswählen,

den vier oben genannten Modellierungsebenen gegenübergestellt werden. An den Kreuzungspunkten können sämtliche bei der Konstruktion eines technischen Produktes durchzuführenden Problemlösungsaktivitäten strukturiert eingeordnet werden. Um die im Rahmen des anforderungsgetriebenen intelligenten Konstruktionssystems angestrebte ganzheitliche Rechnerunterstützung des Konstruktionsprozesses zu erreichen, ist es notwendig, für alle Kreuzungspunkte der Matrix geeignete Modellierungsverfahren zur Verfügung zu stellen. Für seinen Teil der Umsetzung beschränkt sich Kläger auf die Bereitstellung von Modellierungsverfahren für die Tätigkeitsbereiche (Kreuzungspunkte), bei denen die technischen Anforderungen die wichtigste Informationsgröße darstellen.

Aufbauend auf den zu unterstützenden Tätigkeitsbereichen sowie der Einbindung in den gesamten Ablauf der Entwicklung eines technischen Produkts erarbeitet Kläger das in Bild 2.18 dargestellte Konzept der Anforderungsmodellierung.



**Bild 2.18:** Erforderliche Wissensbasen und hybride Wissensrepräsentation der Anforderungsmodellierung nach Kläger /Klög-93/

Die Spezifikation der Anforderungen erfolgt nach diesem Konzept wissensbasiert. Die ausschließlich konstruktionsrelevanten Anforderungen werden nach den Gesichtspunkten Genauigkeit, Vollständigkeit, Redundanzfreiheit und Widerspruchsfreiheit definiert und beschrieben. Dieses sehr aufwendige Vorgehen zur lösungsadäquaten Aufbereitung der Anforderungen soll in einem teilautomatisierten Prozeß erfolgen, der mit regel- und fallbasierten Zugriffsmechanismen arbeitet. Die Wissensbasen „Wiederhollösungen Aufgabenstellung“ und „Alte Anforderungsstruktur“ (siehe Bild 2.18) enthalten dabei produktspezifisches Wissen früherer Aufgabenklärungsprozesse, das für die Formulierung aktuell zu definierender Anforderungen (fall-basiert) gesucht und übernommen werden kann. Die Wissensbasis „Konstruktionswissen“ beinhaltet produktunabhängige Informationen, auf deren Grundlage implizite Anforderungen einer aktuell zu erstellenden Anforderungsstruktur (regel-basiert) gesucht und abgeleitet werden können.

Die hier verwendeten Wissensbasen müssen jedoch zunächst aufgebaut werden. Zu diesem Zweck müssen aus dem Know-how des Unternehmens nicht nur die relevanten Informationen

extrahiert, zur Ablage in einer Datenbank aufbereitet und strukturiert in einer solchen abgelegt werden, sondern es muß auch der Zugriff auf diese Informationen sinnvoll organisiert und schließlich informationstechnisch umgesetzt werden. Will man zudem die oben genannten Überprüfungen der Anforderungen mit Hilfe der Rechnertechnologie ermöglichen, müssen aus den reinen Konstruktionsdaten weiterhin Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden, mit deren Hilfe beispielsweise die Genauigkeit oder Widerspruchsfreiheit einer Anforderung beurteilt werden kann. Bis zur rechnertechnischen Implementierung dieser Gesetzmäßigkeiten müssen auch hier mehrere zeitaufwendige Schritte bewältigt werden. Erschwerend kommt hinzu, daß weder eine solche Datenbasis jemals vollständig ist, noch die Sammlung an Gesetzmäßigkeiten je als abgeschlossen angesehen werden kann. Genauso schnell und stetig wie ein Unternehmen neue Produkte entwickelt, genauso schnell und kontinuierlich entsteht neues Know-how. Die aus diesem abgeleiteten Informationen müssen laufend in das Programmsystem eingearbeitet werden, da anderenfalls der Zugriff sowie die Überprüfungen auf der Basis unvollständiger, nicht aktueller Informationen erfolgen würde.

Neben diesen strukturellen Abhängigkeiten will Kläger auch die inhaltlichen Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen rechnertechnisch abbilden und verwendbar machen. Dies erfolgt mit Hilfe eines dem semantischen Netz überlagerten Constraint-Netzes. Die Constraints (deutsch: Bedingungen) bezeichnen in diesem Zusammenhang die Art dieser inhaltlichen Abhängigkeiten (z.B. sich unterstützend, sich hemmend oder sich ausschließend; siehe hierzu wiederum /Klåg-93/).

Die zur Akquisition der Anforderungen von Kläger verwendeten Hilfsmittel sehen das Präzisieren derselben ausschließlich in Form der Wieder- oder Weiterverwendung von Vorgängerlösungen vor. Diese Vorgehensweise kann zwar als methodische Unterstützung der Anforderungserfassung eingestuft werden, muß aber im Rahmen der Konkretisierungsdimension als unvollständig bewertet werden, da ausschließlich konstruktionsspezifische Anforderungen berücksichtigt werden.

Der Charakter der Anforderungen soll sehr differenziert bestimmt werden. Kläger geht davon aus, daß er über diese Beschreibung das verfolgte Ziel eindeutig bestimmen und damit den gezielten Zugriff auf bestehende Lösungen sehr präzise ermöglichen kann. Im einzelnen unterscheidet er folgende Merkmale der Anforderungen:

- Forderungscharakter (Wichtigkeit bzw. Priorität: Muß- oder Wunschforderung),
- Erfüllungscharakter (nur Erfüllung oder Grad der Erfüllung),
- Forderungstyp (Operationalität: quantitativ oder qualitativ),

- Akquisitionstyp und Herkunftsbereich einer Anforderung (explizit bzw. implizit und ursachebezogen bzw. quellenbezogen) sowie
- Mittel-Zweck-Beziehung (Konkretisierungsgrad: zusammengesetzt oder elementar).

Ansatz		Dimension
Modellierung von Produktanforderungen nach Kläger		Konkretisierung
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• das Klären der Aufgabenstellung wird nur unvollständig berücksichtigt ↳ der Ansatz ist fixiert auf wissensbasierte Nutzung „alter“ Aufgabenstellungen</li> </ul>	

Das in Bild 2.17 dargestellte Gesamtkonzept des anforderungsgetriebenen integrierten Konstruktionssystems besteht aus drei Hauptkomponenten:

- einem Blackboard,
- einem anforderungsgetriebenen Kontroll- und Steuermechanismus sowie
- einer Bewertungskomponente.

Das **Blackboard** ist eine globale Datenbasis, in der die Zwischen- und Endergebnisse der grundsätzlich voneinander unabhängigen Wissenquellen, die hier die unterschiedlichen Konkretisierungsstufen sind, verwaltet werden.

Der **anforderungsgetriebene Kontroll- und Steuermechanismus** sorgt über verfügbare Kontroll- und Lösungsstrategien für die Zuordnung von Lösungen zu den betrachteten Anforderungen<sup>20</sup>.

Die **Bewertungskomponente** ermöglicht abschließend die Bewertung der auf dem Blackboard erzielten Lösungsergebnisse auf Basis eines hierarchischen Kriteriensystems und gewährleistet die Auswahl der Lösung, die die Anforderungsspezifikation am besten erfüllt.

Der von Kläger verfolgte Ansatz hat demzufolge wenig mit der für die Handhabungsdimension spezifizierten, reinen Anforderungshandhabung im Sinne einer anwendergerechten Verwaltung, generellen Nutzung und Pflege der Anforderungen zu tun. Das Ziel ist die automatisierte Umsetzung der konsolidierten, lösungsadäquat aufbereiteten Anforderungen in Lösungen, die dem Konkretisierungsgrad der jeweiligen Anforderungen entsprechen. Dabei sind sowohl die IT-gestützte Bereinigung der Anforderungen einer Konkretisierungsstufe als

<sup>20</sup> Hierbei analysiert ein sogenannter *Interpreter* das Modell der technischen Anforderungen, das im Blackboard abgelegt ist und wählt alle Anforderungen aus, denen eine Lösungsstrategie zugeordnet werden kann. Die *Agenda* nimmt dann alle ausgewählten Anforderungen in einer Liste auf, gibt sie zur Bearbeitung frei und entfernt sie nach erfolgreicher Bearbeitung wieder. Die Reihenfolge, in der die in der Agenda stehenden Anforderungen abgearbeitet werden, erfolgt mit Hilfe einer *logischen Ablaufsteuerung* (auch Konfliktlöser). Sie enthält die Priorität betreffende Lösungsstrategien, die die folgerichtige Auswahl entsprechender Funktionskomponenten ermöglicht.

auch die automatisierte Lösungsauswahl auf der Grundlage der abgelegten Lösungsstrategien garantiert eine Erleichterung für den Nutzer. Demgegenüber ist der Aufwand, der zur Bestimmung, rechnerinternen Abbildung und Nutzbarmachung der erforderlichen Gesetzmäßigkeiten (wie der Abhängigkeiten der Anforderungen und der Lösungsstrategien) betrieben werden muß, beim Informationsumsatz in der Konstruktion selbst wenig komplexer Produkte derart groß, daß der Vorteil dieser Automatisierung fraglich ist. Zusätzlich scheint der Nutzer an die abgelegten Lösungen sowie die implementierten Lösungsstrategien gebunden zu sein. Kläger geht nicht darauf ein, wie neue Lösungen vom Anwender integriert und entsprechende Mechanismen automatisiert aufgebaut werden können.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt deutlich auf der Integration der Anforderungsmodellierung in ein ganzheitliches, rechnerunterstütztes Konstruktionssystem und nicht auf der Unterstützung der Aufgabenklärung und der Anforderungsspezifikation zum Verbessern einer marktgerechten Produktentwicklung mit Hilfe moderner Datenverarbeitungstechniken.

Ansatz		Dimensionen
Modellierung von Produktanforderungen nach Kläger		Handhabung
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Handhabung (Suche, Sortieren, Gliedern, in weiteren Dokumenten verwenden etc.) der aktuellen Anforderungen eines Objekts wird nicht berücksichtigt</li> <li>• die Handhabung wird vor allem durch folgende Hilfsmittel unterstützt: <ul style="list-style-type: none"> <li>– die IT-gestützte Bereinigung, lösungsadäquate Aufbereitung der Anforderungen einer Konkretisierungsstufe</li> <li>– automatisierte Lösungsauswahl auf der Grundlage der abgelegten Lösungsstrategien</li> </ul> </li> </ul>	

Das Konzept der Anforderungsmodellierung ist auf die Rationalisierung bei Anpassungskonstruktionen ausgerichtet. Die verwendeten Wissensbasen (Bild 2.18), die ausschließlich Daten aus erfolgreich gelösten, früheren Aufgabenstellungen enthalten, machen dieses produktspezifische Sach- und Erfahrungswissen durch die vorgesehene IT-Unterstützung leicht zugreifbar. Die Akquisition von weiteren Anforderungen, wie sie beispielsweise aus Gesetzesvorlagen, Innovationen auf anderen Gebieten und Trends resultieren können, bleibt in Klägers Ausführungen unberücksichtigt.

Ansatz		Dimension
Modellierung von Produktanforderungen nach Kläger		Flexibilität
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist ausschließlich für Anpassungskonstruktionen geeignet</li> </ul>	

### 2.3.3.2 *Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen im Rahmen von Mosaik nach Kickermann*

Im Rahmen seiner Arbeit /Kick-95/ entwickelt Kickermann ein Werkzeug zur Erstellung und Bearbeitung von Anforderungslisten, wobei er die am Institut für Konstruktionslehre, Maschinen- und Feinwerkelemente (IKMF) der TU Braunschweig entwickelte Systemarchitektur von Mosaik<sup>21</sup> einerseits nutzt, um allgemein zur Verfügung stehende Hilfsmittel wie die Suchmatrix nach Roth /Roth-94/ und die Checklisten nach Franke /Fran-75/ zur Verfügung zu stellen. Andererseits bietet die Systemarchitektur die Möglichkeit, das von ihm entwickelte Werkzeug ebenfalls unter dieser Oberfläche zugänglich zu machen und über die in Mosaik definierten Schnittstellen einen Datenaustausch mit anderen rechnerunterstützten Konstruktionswerkzeugen zu realisieren.

Kickermann geht in diesem Zusammenhang sehr detailliert auf die Unterstützung der Verarbeitung von Anforderungen im methodischen Konstruktionsprozeß mit Hilfe informationstechnischer Möglichkeiten ein. So entwickelt er eine Anforderungssyntax, die die Verfügbarkeit der Anforderungsinhalte im Konstruktionsprozeß verbessert. Die entwickelte Syntax eignet sich grundsätzlich für

- inhaltliche Prüfungen der Eingaben,
- eine zumindest automatisierte<sup>22</sup> Anforderungsexpansion sowie
- Soll-Ist-Vergleiche von Produkt- und Prozeßmerkmalen.

So können die Einheiten einzelnen Anforderungen anhand geeigneter aufbereiteter Bibliotheken überprüft und arithmetische Fehler in Formeln und mathematischen Ausdrücken lokalisiert werden. Es können die Gleichheiten von Namen oder Formelzeichen und einfache Widersprüche, wie Mehrfachnennung gleicher Identifikatoren mit verschiedenen Inhalten, in Anforderungslisten ermittelt werden.

Das Generieren von konkreteren oder detaillierteren Anforderungen kann beispielsweise durch netzwerkartiges Weiterverfolgen des in bestimmten Informationen verborgenen „Meta“-Wissens realisiert werden. Aus einer Anforderung »Schraubenauslegung nach DIN 2230« würden sich dann automatisch die implizit enthaltenen, konkreteren Anforderungen »Flansche müssen aneinander liegen« und »Schrauben müssen Normgewinde haben« ableiten

---

<sup>21</sup> **Mosaik:** Modulare Systemarchitektur (bzw. graphisch-interaktive Benutzungsoberfläche) zur Integration von Konstruktionswerkzeugen

<sup>22</sup> Eine AUTOMATISCHE Anforderungsexpansion ist theoretisch denkbar, aber aus Aufwandsgründen für eine Umsetzung praktisch nicht anzustreben. Insofern kann hier lediglich von einer Eignung zur AUTOMATISIERTEN Anforderungsexpansion gesprochen werden (siehe auch Begriffserklärungen).

lassen. Weiterhin können formelmäßige Abhängigkeiten zum Beispiel aus charakteristischen Sachmerkmalen (wie die Schlüsselweite aus dem Nenndurchmesser einer Schraube oder umgekehrt) oder bestimmte Berechnungsabläufe (wie VDI 2230) aus den Anforderungen geschlußfolgert werden.

Der Vergleich von Ist-Zuständen des zu entwickelnden Produkts während der laufenden Konstruktion mit den durch die Anforderungsliste festgelegten Soll-Zuständen ist eine weitere Nutzungsmöglichkeit der entwickelten Syntax, die aber ausschließlich unter bestimmten Voraussetzungen umsetzbar ist. So muß zunächst die Zugänglichkeit der Soll-Daten aus den Anforderungen gegeben sein. Weiterhin muß die Generierung von Prozeßausprägungen auf der Grundlage der Anforderungsdaten durch Zusatzinformationen möglich sein, da andernfalls das Finden der den spezifischen Ist-Daten entsprechenden Soll-Daten ohne weitere Konventionen nahezu ausgeschlossen ist. Ferner müssen Ist-Daten aus der Entwicklung bezüglich konkreter Produkteigenschaften und Prozeßausprägungen extrahiert werden und schließlich muß die Art der extrahierten, aus unterschiedlichsten Dokumenten und somit Formaten entstammenden Ist-Daten mit den zu vergleichenden Soll-Daten der Anforderungsliste übereinstimmen.

Trotz der zahlreichen systembedingten Voraussetzungen, die für die effektive, weitgehend automatisierte Nutzung von Anforderungen zur kontinuierlichen Beurteilung von Lösungen im Konstruktionsprozeß erforderlich sind, erarbeitet Kickermann verschiedene Ansätze, die die durch den Einsatz der Syntax rechnerintern verfügbaren Anforderungsinhalte verwenden. So betrachtet er die automatische Generierung von Zielfunktionen zu den Anforderungen, erörtert den anforderungsgesteuerten Zugriff auf Konstruktionskataloge und betrachtet die Möglichkeiten zur Bewertung und Optimierung von Konstruktionslösungen mit Hilfe der Anforderungen. Aufgrund der für die Konstruktion charakteristischen Abhängigkeiten sowohl unter den Anforderungen, den Lösungen und zwischen den Anforderungen und Lösungen kommen hierbei Hilfsmittel wie Neuronale Netze und Fuzzy-Logik zum Einsatz. Dabei stellt Kickermann wiederholt fest, daß für den praxisrelevanten Einsatz dieser Ansätze die im folgenden aufgeführten Probleme einer Lösung zugeführt werden müssen.

- Automatisches Erkennen und Zuordnen von Produkt- und Prozeßeigenschaften aus Datenstrukturen, die sich im wesentlichen hinsichtlich der Abstraktionsebene, dem Datenformat und den Datentypen unterscheiden
- Automatisches, kontrolliertes Generieren und/oder Modifizieren von Prozeß- und Produktparametern mit Hilfe von Softwarewerkzeugen

- Schnittstellennormung für zukünftige CAD-Werkzeuge, um externe Kontrollmechanismen, Zustandsabfragen, Modifikation von Fremd-Datenbeständen und einfache Datenübertragung gleicher Daten (z.B. Geometrie) verwirklichen zu können

Die beschriebenen Einsatzmöglichkeiten der Syntax verdeutlichen gleichzeitig die Potentiale und Grenzen des verfolgten Ansatzes. So kann die inhaltliche Prüfung helfen, frühzeitig Fehler zu erkennen und zu beheben. Die Anforderungsexpansion und der Ist-Soll-Vergleich können über den angestrebten Automatismus weiterhin die aufzuwendende Zeit reduzieren. Doch alle drei beschriebenen Funktionalitäten erfordern neben der von Kickermann entwickelten Syntax und der Behebung der genannten Probleme den Aufbau von umfassenden Bibliotheken und Regelsammlungen bzw. Wissensbasen. Der Aufwand, der für den vollständigen Aufbau derartiger Informationsspeicher erforderlich ist, übersteigt klar den Nutzen, den die bewirkte Erleichterung bzw. die erreichte Zeiteinsparung im Entwicklungsprozeß bringt. Nachteilig wirkt sich in diesem Zusammenhang auch die erforderliche Dynamik der Wissensbasis sowie die Tatsache aus, daß die Vollständigkeit der Basis gewährleistet sein muß, da der bereitgestellte Automatismus die Bereitschaft des Produktentwicklers zur ständigen Überprüfung der erzielten Ergebnisse senkt. Wenn der Nutzer einer Software die Ergebnisse bereitgestellter Funktionalität sowieso immer überprüfen muß, kostet deren Anwendung nur zusätzliche Zeit.

Diese Tatsache wird bereits bei der exemplarischen Umsetzung des erarbeiteten theoretischen Konzepts zur rechnerunterstützten Verarbeitung von Anforderungen deutlich. Kickermann schränkt die Realisierung der Anforderungsexpansion stark ein und verzichtet ganz auf eine Umsetzung der Ist-Soll-Vergleiche. Die Verarbeitung einer Anforderung läuft grundsätzlich nach folgendem Schema ab:

1. Eingabe der Anforderung in Textform (eine Zeile)
2. Syntax-Check im Interpreter, ggf. Fehlermeldung
3. Bei Fehlerfreiheit, Anlegen einer internen Datenstruktur
4. Triviale semantische Prüfungen, z.B. passende Einheiten (Leistung  $\rightarrow$  W, kW, PS)
5. Weiterverarbeitung der Anforderungsdaten, z.B.
  - Ableitung von vor allem in Normen und Richtlinien implizit enthaltenen Anforderungen (“Anforderungsexpansion”)
  - Datenübergabe an andere Programme (z.B. Parametrische Konstruktion, Berechnungen, Lagerauswahl etc.)

Ansatz	Dimensionen
Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen nach Kickermann	Handhabung
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Handhabung der Anforderungen wird vor allem durch folgende Hilfsmittel unterstützt: <ul style="list-style-type: none"> <li>– inhaltliche Prüfungen der Eingaben</li> <li>– eine zumindest automatisierte Anforderungsexpansion</li> <li>– Soll-Ist-Vergleiche von Produkt- und Prozeßmerkmalen unter bestimmten Voraussetzungen</li> </ul> </li> <li>• die Anforderungen können grundsätzlich geordnet werden <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Spalten der Anforderungsliste können ein- und ausgeblendet werden</li> <li>↳ eine modifizierbare Merkmalliste kann als Assoziations- und Gliederungshilfe, jedoch nicht zur Erzeugung von entsprechenden Sichten verwendet werden</li> <li>↔ inhaltlich beschränkt sich die Sortierfunktionalität auf den Anforderungscharakter (Wunsch oder Forderung)</li> </ul> </li> <li>• Anforderungen sind durch die IT-Unterstützung leicht zu ändern</li> </ul>

Wichtigste Anforderung an die Syntax ist neben deren Eignung zur automatischen Interpretation und Weiterverwendung der Eigenschaften der Anforderungen die starke Orientierung derselben an der menschlichen Umgangssprache. Der Nutzer soll zur Eingabe der technischen Anforderungen nicht eine Art Programmier- oder „Computersprache“ beherrschen müssen.

Die nutzbringende Verwendung von Alltool<sup>23</sup> setzt die Kenntnis der Syntax zur Definition der Anforderungen voraus. Da dies ein Nachteil des Systems ist, der über dessen Anwendung durch den Produktentwickler entscheidet, bietet Alltool die alternative Eingabe über eine Maske an. In dieser Maske sind die zu spezifizierenden Anforderungsinhalte in entsprechend erläuterte Textfelder einzugeben. Die Transformation der Eingaben in die Syntax erfolgt dann systemintern. Bild 2.19 zeigt die zur Verfügung stehenden Alternativen zur Eingabe der Anforderungen, zwischen denen jeder Zeit umgeschaltet werden kann.

Obgleich Kickermann nicht auf das Vorgehen zur Erfassung der technischen Anforderungen eingeht, berücksichtigt er doch einige Kriterien der Konkretisierungsdimension. So wird der Produktentwickler bei der Eingabe der Anforderungen in Alltool durch die Gestaltung der Eingabemaske zur Konkretisierung der Anforderungen mit Hilfe von Zahlenangaben, der Verwendung von Einheiten sowie der Festlegung des Anforderungscharakters angehalten.

<sup>23</sup> **Alltool** ist die Weiterentwicklung eines bereits 1987 im Rahmen des Konstruktionssystems Mosaik an der Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik der TU Braunschweig vorgestellten Systems /BaDrSi-89/.

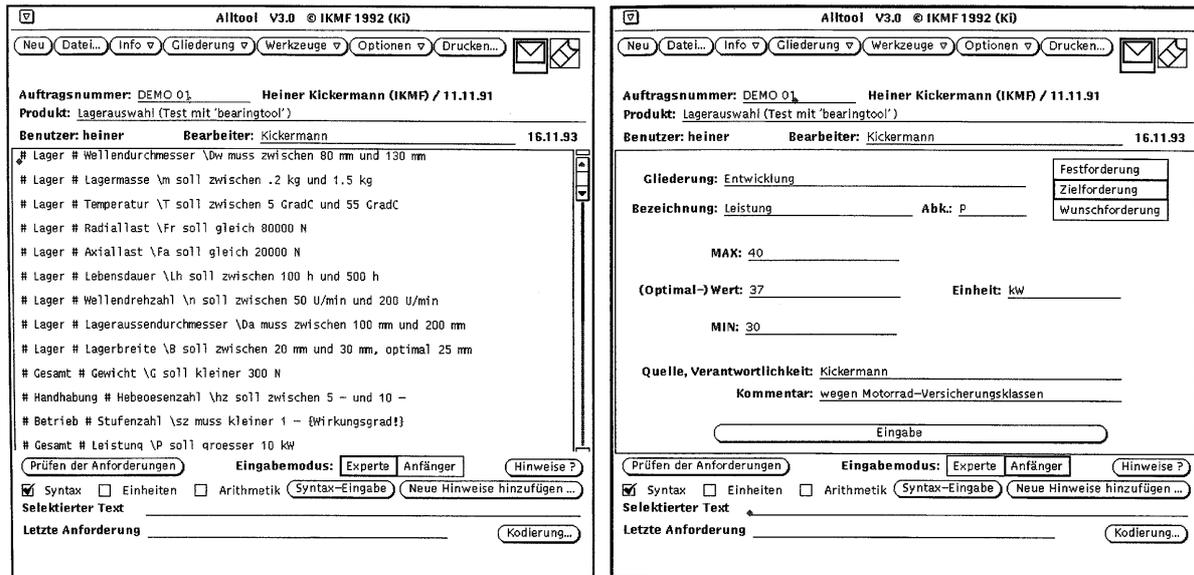


Bild 2.19: Alternative Oberflächen von Alltool zur Eingabe der Anforderungen

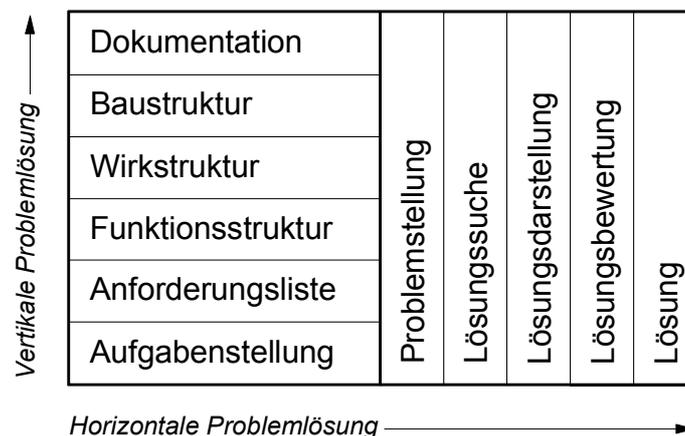
Ansatz	Dimension
Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen nach Kickermann	Konkretisierung
<b>Bewertungsgrundlage</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>das Klären der Aufgabenstellung wird nur unvollständig berücksichtigt                      ⇔ es erfolgt aber eine Führung des Nutzers von Alltool über die Eingabemaske, die zur klaren Präzisierung der einzugebenden Anforderung anhält</li> </ul>	

Im Gegensatz zu Klägers rechnerorientiertem Ansatz baut Kickermanns Ansatz nicht ausschließlich auf der Nutzung „alter“ Lösungen auf. Infolgedessen ist dieser Ansatz grundsätzlich auch für Neukonstruktionen verwendbar. Obwohl die methodische Unterstützung in Kickermanns Ansatz sowohl für Neu- als auch für Anpassungskonstruktionen fehlt, schränkt das entwickelte System Alltool den Nutzer nicht ein. Die Software unterstützt den Nutzer bei der Anwendung moderner Arbeitsorganisationsformen implizit. So verhindert beispielsweise die vorgesehene Funktionalität zur Erkennung von Definitionsfehlern bei der Eingabe der Anforderungen vermeidbare Iterationen.

Ansatz	Dimension
Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen nach Kickermann	Flexibilität
<b>Bewertungsgrundlage</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>der Ansatz ist für alle Arten von Konstruktionen geeignet und ist allgemein anpaßbar</li> </ul>	

### 2.3.3.3 Erfassung und Weiterverwendung von Anforderungen im Rahmen von KALEIT nach Feldhusen und Groeger

Die Motivation für das am Institut für Maschinenkonstruktion - Konstruktionstechnik - der TU Berlin Ende der 80er Jahre entwickelte Konstruktionsanalyse- und Leitsystem KALEIT war, die existierenden Lücken in der kommerziellen Rechnerunterstützung des gesamten Konstruktionsprozesses zu schließen /Groe-90/. Die Durchgängigkeit und Flexibilität bei der Nutzung aller zur Verfügung stehenden Systeme waren bereits bei der Konzipierung von KALEIT erklärtes Ziel /Feld-89a/. Besondere Bedeutung wurde aber vor allem der Entwicklungsphase „Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung“ nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ bzw. der VDI Richtlinie 2221 /VDI 2221/ beigemessen, da für diese ein nicht zu vernachlässigender Teil der gesamten Konstruktionszeit aufgewendet wird /Hale-87/ /Trop-89/ /PaBe-97/.



**Bild 2.20:** Horizontale und vertikale Problemlösung nach Groeger /Groe-90/

Die angestrebte Durchgängigkeit in der Unterstützung wird in KALEIT durch das Bereitstellen von methodischen und informationstechnischen Hilfsmitteln sowohl für den vertikalen als auch den horizontalen Problemlösungsprozeß (siehe hierzu auch Bild 2.20) realisiert. Beim vertikalen Problemlösungsprozeß werden die verschiedenen Konkretisierungsstufen auf dem Weg von der Aufgabenstellung zur Gesamtlösung durchlaufen. Dabei müssen die erzeugten Produktmodelle bzw. Daten eines Arbeitsschrittes einerseits von den folgenden Arbeitsschritten genutzt (angesehen) und andererseits in den nächsten Arbeitsschritt übernommen (von diesem weiterverwendet) werden können. Das Ergebnis des horizontalen Problemlösungsprozesses ist die Lösung der Aufgabe eines Arbeitsschrittes. Diese Teillösung ist in ihrer Qualität abhängig von der konsultierten Wissensbasis. Das erreichte Ergebnis wird um so abgesicherter sein, je mehr relevantes Fachwissen zur Lösungsfindung herangezogen wurde.

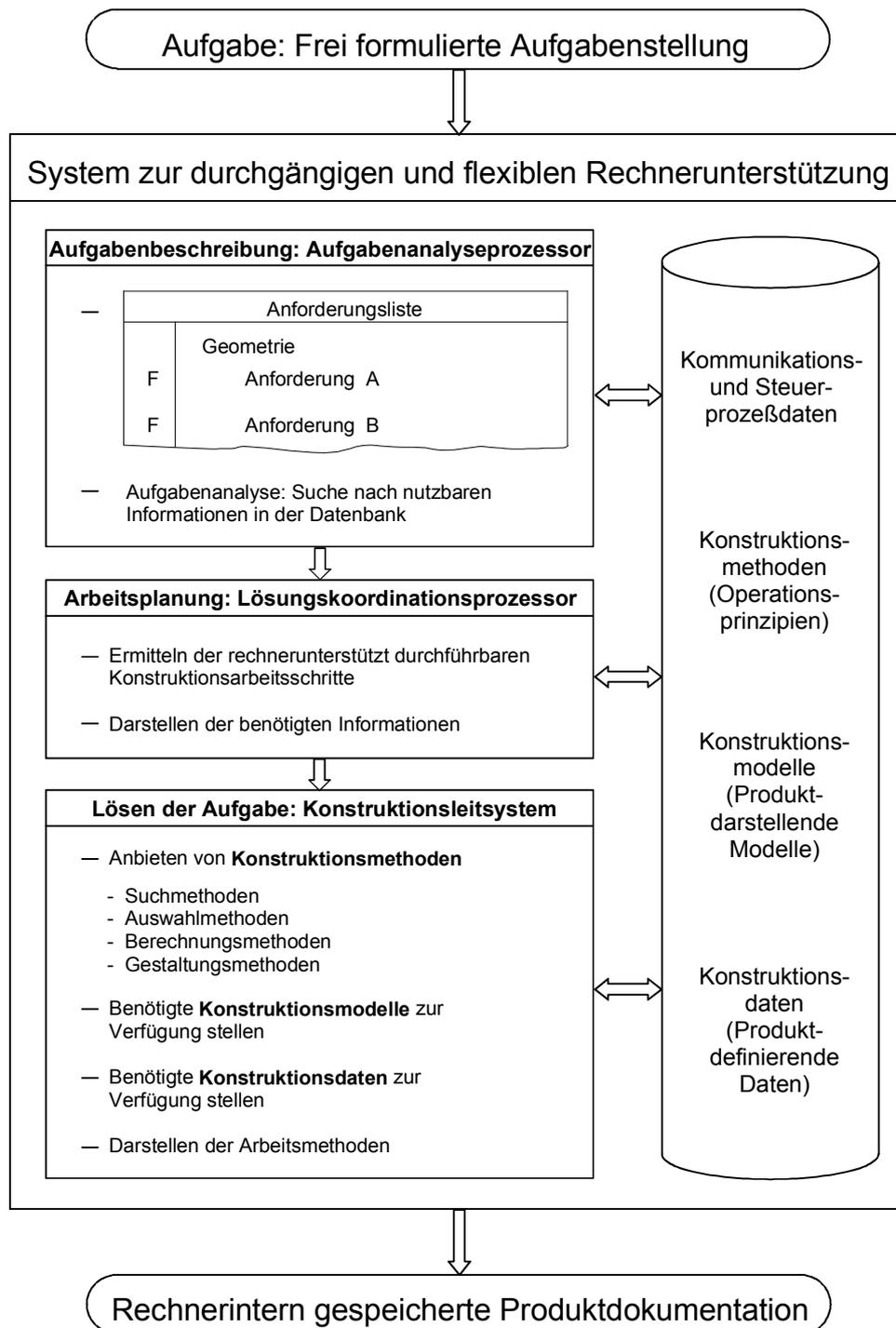
Die methodische Anleitung des Produktentwicklers ist unabhängig von der Problemlösungsrichtung. Sie muß allgemein verfügbar sein, so daß sie bei Bedarf zu Rate gezogen werden kann, muß aber auf Wunsch auch als kontinuierliche Hilfe zur Verfügung stehen, die immer eine Auswahl der nächsten sinnvollen Arbeitsschritte bereithält.

Die beschriebenen Ziele des Systems zur flexiblen und durchgängigen Rechnerunterstützung werden mit Hilfe von vier Hauptmodulen umgesetzt:

- dem Aufgabenanalyseprozessor,
- dem Lösungskoordinationsprozessor,
- dem Konstruktionsleitsystem und
- dem Speicherbereich, der sich weiter untergliedert in
  - Datenbank für Kommunikations- und Steuerprozeßdaten,
  - Methodenbank
  - Modellbank und
  - Konstruktionsdatenbank.

Einen Überblick über das Gesamtkonzept für KALEIT zeigt Bild 2.21. Die Aufgabenbereiche der Hauptmodule gehen aus der Graphik hervor. Für eine detailliertere Beschreibung des Aufbaus, der Funktionsweisen und der informationstechnischen Umsetzungen sei hier auf weiterführende Literatur verwiesen /Beit-92/ /Feld-89b/ /Groe-92/. Im folgenden wird ausschließlich auf den Teil von KALEIT eingegangen, der sich mit der oben genannten Phase zum „Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung“ beschäftigt.

Der Aufgabenanalyseprozessor soll einerseits den Konstrukteur bei der Aufstellung der Anforderungsliste unterstützen und andererseits diesem helfen, die Konstruktionsaufgabe dahingehend zu analysieren, ob zur Lösung der gegebenen Konstruktionsaufgabe Ergebnisse bereits abgeschlossener Konstruktionsaufträge genutzt werden können. Das Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung erfolgt in KALEIT mit Hilfe der in der VDI Richtlinie 2221 /VDI 2221/ sowie in der Konstruktionslehre nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ beschriebenen Methoden. Die Vorgehensweise wird dem Benutzer schlagwortartig, auf Wunsch mit Erklärungen, dargestellt.



**Bild 2.21:** Grobkonzept zur durchgängigen und flexiblen Rechnerunterstützung nach Feldhusen /Feld-89a/

Wesentlicher Unterschied zu anderen Ansätzen ist, daß die Aufgabenstellung in diesem Zusammenhang ebenfalls aufgenommen werden kann bzw. werden sollte, wenn eine Überprüfung abgeschlossener Projekte hinsichtlich relevanter Übereinstimmung in der Aufgabenstellung angestrebt ist. Um diese Funktionalität bereitstellen zu können, bietet der verwendete Editor dem Nutzer neben der inzwischen selbstverständlich gewordenen

Möglichkeit, sämtliche konstruktionsspezifischen Zeichen in der korrekten Notation darstellen zu können, zwei weitere informationstechnisch gestützte Hilfsmittel an:

- Die Anzeige und Selektion von Suchwörtern, die bereits während der Definition der Aufgabenstellung den Zugriff auf andere Konstruktionen ermöglicht.
- Die Anzeige und Selektion von Termen und Ausdrücken mit oder ohne Beziehung zu bestimmten Werten, die der Anforderungsliste direkt übergeben werden.

Die Suche nach ähnlichen Aufgabenstellungen erfolgt über die Belegung mit Suchwörtern. Die Kernpunkte der Aufgabenstellung können zu diesem Zweck schlagwortartig erfasst oder in der Aufgabenstellung markiert werden. Über einen Thesaurus werden dann automatisch die vorhandenen Aufgabenstellungen gesucht, die ein oder mehrere dieser Suchwörter enthalten /Groe-90/.

**Anforderungsliste Geometrie**

LNr	Aend.	F/W	Anforderung	VOR	Ver
001	14.06.89	F	Koerper-Hoeh-absolut- Genormte Achshoehen verwenden	na	Groe 0 0
002	14.06.89	F	Koerper-Hoeh-absolut- Koerper/Hoeh-absolut=>NOSES		Groe 1 0
003	15.06.89	F	Schnittstelle-Energie-Drehmoment-Wellenende- Genormtes Wellenende verwenden		Groe 0 0

**Koerper** — Höhe — absolut  
 — Breite — relativ  
 — Länge —  
 — Durchmesser —  
 — Radius —  
 — Winkel —

Genormte Achshoehen verwenden [23]

minimal von 0  
 maximal bis 0

Einheit: Mikrom, mm, cm, m, Grad, Bogensekunde, Bogensiaule

Verantwortlich: Groeger Bernd

Fastforderung, Wunschforderung, uebernehmen, abrechen

Save, KNr. 0001, VIKON, NOSES, RESI, Engl, Last, Root

**KT**

**Bild 2.22:** Benutzungsschnittstelle des KALEIT-Moduls „Anforderungsliste“, in der das Hauptmerkmal Geometrie ausgewählt ist und der Benutzer problembezogen unterstützt wird

Die Eingabe der Anforderungen erfolgt grundsätzlich über eine Maske, deren Aufbau sich an der tabellarischen Gestaltung einer Anforderungsliste nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ orientiert. Das Modul „Anforderungsliste“ erlaubt dem Nutzer eine dedizierte, sehr in die

Tiefe gehende Strukturierung der Anforderungen. Als Grundlage dieser Ordnung dient die Hauptmerkmalliste ebenfalls nach Pahl und Beitz /PaBe-97/. Diese wurde von Feldhusen /Feld-89b/ hierarchisch in Untermerkmale untergliedert. Für jedes Hauptmerkmal existiert so ein Strukturbaum, mit dessen Hilfe der Konstrukteur zu einer möglichst detaillierten Spezifikation der Anforderungen bis hin zu quantitativen Angaben angehalten werden soll. Bild 2.22 zeigt die Benutzungsschnittstelle des Moduls „Anforderungsliste“, wobei das Hauptmerkmal *Geometrie* ausgewählt wurde und dadurch am rechten Bildrand die entsprechenden Unterkriterien aufgelistet sind. Weiterhin sind der entsprechende Strukturbaum erkennbar sowie eine ergänzende (auswahlbezogene) Eingabemaske für die Anforderung angezeigt.

Die Strukturbäume dienen aber nicht nur der Strukturierung der Anforderungen und geben dem Nutzer Assoziationshilfen, sie vereinfachen zusätzlich die Validierung der Arbeitsergebnisse eines nachgeordneten Arbeitsschrittes bezüglich einmal aufgestellter Anforderungen.

Ansatz		Dimension
Erfassung und Weiterverwendung von Anforderungen nach Feldhusen und Groeger		Konkretisierung
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• das Zusammenstellen der Anforderungen wird methodisch - wie der gesamte Konstruktionsablauf - unterstützt               <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Schlagworte geben den Einstieg für die abrufbaren Erläuterungen</li> </ul> </li> <li>• der Nutzer wird aber über das sehr detaillierte Klassifizierungssystem zur weitreichenden Präzisierung der Anforderungen angehalten               <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ für eine ausführliche Bewertung der verwendeten Methodik siehe Ansatz nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ in Kapitel 2.3.1.1</li> </ul> </li> </ul>	

Weiterhin geht bereits Groeger auf die dann auch von Kickermann /Kick-95/ erörterten Soll-Ist-Vergleiche zwischen Lösungen einzelner Arbeitsschritte und den Anforderungen ein. Auch Groeger kommt zu dem Ergebnis, daß eine derartige Überprüfung der Zwischenergebnisse möglich ist, wenn die Anforderungsdaten so aufbereitet werden, daß sie rechnerintern mit den Ergebnisdaten verglichen werden können. Groeger stellt aber ergänzend fest, daß dies nur unter der Prämisse der vollständigen Erfassung der Anforderungen ein wirklich nützliches Instrumentarium sein kann.

Insgesamt zielt der Ansatz von KALEIT und damit auch der Teil, der die Erfassung und Nutzung von Anforderungen ermöglicht, auf die Unterstützung des Produktentwicklers bei der Erstellung der erforderlichen Dokumentation sowie der Wieder- oder Weiterverwendung des dokumentierten Wissens ab. Infolgedessen unterstützen die bereitgestellten Hilfsmittel in erster Linie das strukturierte, systematische Erstellen der Anforderungsliste sowie die Suche

im vorhandenen Datenbestand der Aufgabenstellungen nach inhaltlichen Übereinstimmungen. Auf diese Weise können über die erzeugten Dokumentationen die in abgeschlossenen Projekten gesammelten Erfahrungen abgerufen und in neuen Entwicklungen genutzt werden. Die diesem Ansatz teilweise nachteilig anzurechnende, zwingende Durchgängigkeit bei der Dokumentation des Entwicklungsfortschritts wirkt sich in diesem Zusammenhang vorteilhaft aus, da auf diese Weise sämtliche Produktdaten mit Hilfe der Aufgabenstellung abrufbar sind.

Ansatz	Dimensionen
Erfassung und Weiterverwendung von Anforderungen nach Feldhusen und Groeger	Handhabung
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Handhabung der Anforderungen beginnt bereits mit der Erfassung und Nutzung der Aufgabenstellung und wird durch folgende Hilfsmittel unterstützt:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prüfen der Aufgabenstellungen hinsichtlich der Übereinstimmung mit abgeschlossenen Projekten</li> <li>– Übernahme von Teilen der Aufgabenstellung in die Anforderungsliste</li> <li>– Gliederung der Anforderungen über detailliertes Strukturierungssystem (reines Sortieren nach Merkmalen)</li> <li>– Verknüpfung der Anforderungsliste sowohl mit der Aufgabenstellung als auch mit Lösungen auf den unterschiedlichen Konkretisierungsstufen (Funktions-, Prinzip-, Wirkstruktur, ausgeführte Konstruktion)</li> </ul> </li> <li>• Anforderungen sind durch die IT-Unterstützung leicht zu ändern</li> </ul>

Auch Groegers Ansatz macht vorhandene Lösungen im Rahmen von KALEIT zugänglich. Es wird jedoch nicht versucht, dem Produktentwickler die Entscheidung hinsichtlich der Eignung gefundener vorhandener Lösungen für die Realisierung einer neuen Aufgabenstellung abzunehmen. Infolgedessen ist der zugrunde liegende Gesamtansatz sowohl für Anpassungs- als auch für Neukonstruktionen verwendbar.

Auch in diesem Ansatz fehlt die Unterstützung moderner Arbeitsorganisationsformen. So können die erzeugten Anforderungslisten beispielsweise nicht gemäß der verwendeten thematischen Gliederung oder anderer sinnvoller Parameter modifiziert werden. Die Anwendung der beschriebenen Software ermöglicht aber dem Produktentwickler unabhängig davon ein effektiveres Arbeiten während der Phase des Klärens und Präzisierens der Aufgabenstellung.

Ansatz	Dimension
Erfassung und Weiterverwendung von Anforderungen nach Feldhusen und Groeger	Flexibilität
<b>Bewertungsgrundlage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Ansatz ist für alle Konstruktionsarten geeignet und ist allgemein anpaßbar</li> </ul>

### 2.3.4 Ansätze zu den Einflußgrößen Zeit und Kosten

Bei der Festlegung der Analyse Kriterien sind zwei wichtige Aspekte wegen ihrer starken gegenseitigen Abhängigkeit sowie ihres Einflusses auf die anderen Kriterien für die vergleichende Bewertung der untersuchten wissenschaftlichen Ansätze ausgeschlossen worden: Die Zeit und die Kosten. Da die bestmögliche Reduzierung dieser Einflußgrößen neben dem Erreichen einer hohen Qualität aber für den Erfolg einer Entwicklung aufgrund des zunehmenden Wettbewerbs entscheidende Bedeutung hat, müssen diese Aspekte in den in dieser Arbeit zu entwickelnden, methodischen Ansatz zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen eingebettet werden.

Aus diesem Grund sollen in diesem Kapitel in wissenschaftlichen Ansätzen enthaltene Methoden und Hilfsmittel zur Unterstützung des Produktentwicklers beim Kosten- und Zeitmanagement, insbesondere im Rahmen der Aufgabenklärung und -festlegung mit Hilfe von Anforderungen, analysiert werden. Dabei sollen die Ausführungen vor allem Möglichkeiten zur Einbeziehung dieser Größen im Rahmen einer methodischen Unterstützung aufzeigen. Eine vollständige Sammlung von Methoden und Hilfsmitteln zum Kosten- und Zeitmanagement kann und soll im Rahmen dieser Arbeit nicht erbracht und eine Einschätzung bezüglich des effektiven Nutzens dieser nicht geleistet werden. An dieser Stelle sei ergänzend zu den folgenden Ausführungen auf einschlägige Literatur verwiesen /Kotl-97/ /EhSeKi-94/ /Reic-97/ /EhKiLi-98/ sowie auf das Forschungspotential in wirtschafts- und arbeitswissenschaftlich ausgerichteten Fachgebieten hingewiesen.

#### 2.3.4.1 *Die Einflußgröße Zeit bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen*

Aufgrund des zunehmenden Wettbewerbs ist neben der kundengerechten Produktentwicklung auch das Verkürzen der Entwicklungszeiten als wichtiges Unternehmensziel erkannt worden. Unter Entwicklungszeit wird dabei die Zeit zwischen der Entscheidung für eine Produktentwicklung und dem Verkaufsbeginn verstanden /Hund-97/.

Eine Verkürzung der Entwicklungszeit kann grundsätzlich durch Maßnahmen in folgenden Bereichen bewirkt werden /Ehrs-95/:

- **Organisation** (z.B. durch Einsatz von SIMULTANEOUS ENGINEERING, Teamarbeit, mit deren Hilfe u.a. Methoden und Hilfsmittel effektiver genutzt /PaBe-97/, Mißverständnisse und fehlerhafte Anforderungen durch interdisziplinäre Zusammenarbeit frühzeitig erkannt und dadurch unnötige Iterationen vermieden werden können)
- **Personal** (z.B. durch den Einfluß hoher Qualifikation, Motivation und eines guten Betriebsklimas auf die Qualität und Effektivität des Outputs)

- **Methoden und Hilfsmittel** (z.B. durch Hilfsmittel zur Projektplanung und Konstruktionsmethodik wie die durchgängige Anwendung der Anforderungsliste oder des QFD)
- **Rationalisierungsgeräte** (wie Rechner, die beispielsweise verstärkt zum Computer Aided Interviewing bei der Erfassung der Kundenanforderungen eingesetzt werden /UrHa-98/ oder die Handhabung der Anforderungen deutlich erleichtern können; Ein- und Ausgabegeräte wie Scanner oder Plotter; Kopierer sowie Telefon und Fax)
- **Struktur des Produktprogramms** (z.B. durch die Konzentration auf Kernkompetenzen, Verringern von Produktvarianten, bei Entwicklung neuer Produkte: Nutzen von temporär nicht ausgelasteten Kapazitäten zur Erbringung von Vorleistungen für aufwendige Komponenten)
- **Zeichnerstellung** (z.B. durch den Einsatz von CAD-Systemen)
- **Innerbetriebliche Normung** (z.B. Verringerung des Konstruktionsaufwands durch Verwendung von Gleichteilen)

Für die Zeitersparnis bei der Anforderungserfassung und -handhabung sind die Bereiche Organisation, Personal, Methoden und Hilfsmittel sowie Rationalisierungsgeräte - gemäß der kurzen Erläuterungen zu den oben genannten Bereichen - von besonderem Interesse. So tragen die in dieser Arbeit analysierten methodischen Hilfsmittel der Anforderungserfassung und -handhabung grundsätzlich über die frühzeitige, inhaltliche Sicherung der Aufgabenstellung zum Verkürzen von Entwicklungszeiten bei. Darüber hinaus findet man durch die Rechnerunterstützung, Personalpolitik, Organisation sowie Projektplanung weitere Methoden und Hilfsmittel, die vor allem die Abläufe bei der Anforderungserfassung und -handhabung beschleunigen können.

Auf die Potentiale der Rechnerunterstützung in diesem Zusammenhang ist in dieser Arbeit bereits wiederholt eingegangen worden (siehe insbesondere Kapitel 2.2.4 und 2.3.3).

Effiziente Organisationsformen sowie eine gute Personalpolitik sind ganzheitlich bezüglich des Entwicklungs- und Fertigungsprozesses zu betrachten. Strategien, die beispielsweise das frühzeitige Konsultieren zu berücksichtigender Fachkompetenz vorsehen oder das Vorgehen zum Parallelisieren von Arbeitsschritten beschreiben, sind für alle Entwicklungsschritte von Vorteil und generell anwendbar. An dieser Stelle sei nochmals ausdrücklich auf die Bedeutung der Zusammenarbeit vom Marketing und der Entwicklung/Konstruktion beim Erfassen der Kundenanforderungen und Übersetzen dieser in technische Anforderungen sowie der Zusammenarbeit von Entwicklung/Konstruktion und Produktion beim Vervollständigen der technischen Anforderungen hingewiesen. Eine Zusammenstellung und Erörterung

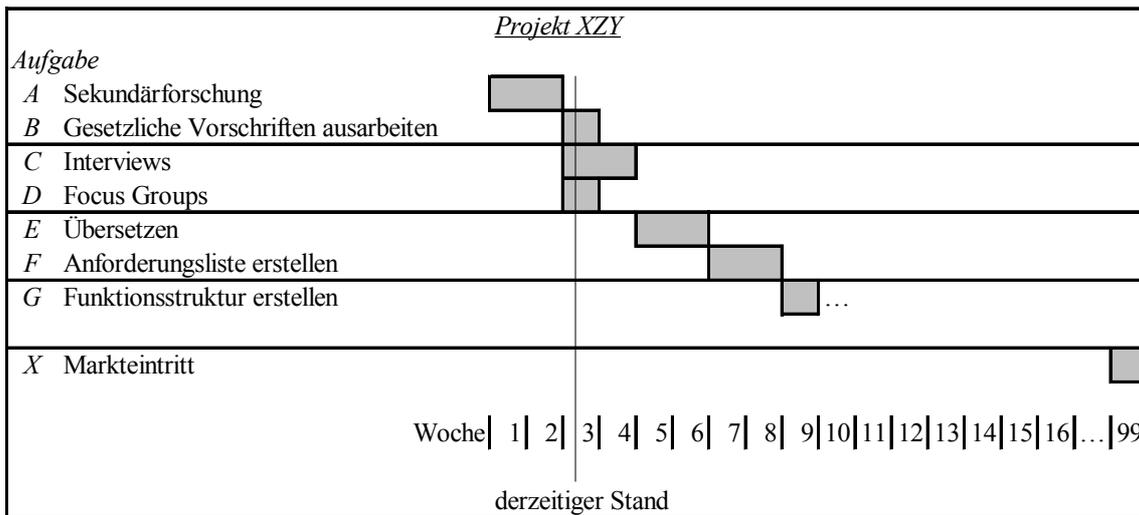
betrieblicher Organisationsformen findet man beispielsweise bei Kotler /Kotl-97/, Frese /Fres-95/, Kieser und Kubicek /KiKu-92/ sowie Wiendahl /Wien-89/. Laux und Liermann /LaLi-97/, Eversheim, Botchler und Laufenberg /EvBoLa-95/, das Handwörterbuch der Organisation /HWO-92/ sowie Vetter und Wiesenbauer /VeWi-94/ gehen insbesondere auf Formen der Arbeitsorganisation näher ein. Zum Thema Personalpolitik wird weiterhin auf Bullinger /Bull-99/, Weinert /Wein-92/ sowie Beitz und Helbig /BeHe-97/ verwiesen.

Die Methoden und Hilfsmittel zur Projektplanung haben im Gegensatz zu Organisation und Personalpolitik einen weniger strategischen Charakter. Sie unterstützen Vorgehensweisen, die auch direkt für die Erfassung und Handhabung von Anforderungen angewendet werden können und sollten. Im folgenden werden einige Methoden und Hilfsmittel zur Projektplanung analysiert.

#### **2.3.4.2 Methoden und Hilfsmittel zur Projektplanung**

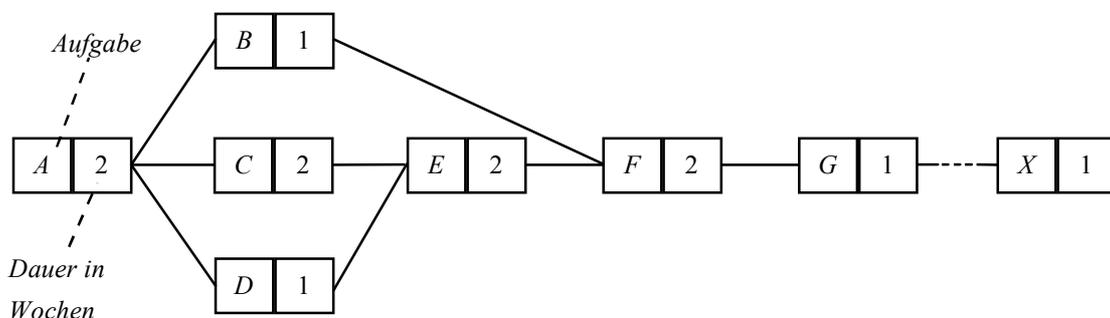
Im Rahmen der Anforderungserfassung und -handhabung ist es neben dem Verkürzen der Entwicklungszeit notwendig, für die Produktentwicklung bedeutende Termine zu erfassen. Diese Termine können durch Messen, einen Saisonbeginn, das Einsetzen von Trends, die voraussichtliche Einführung eines Konkurrenzprodukts oder die Vorgabe eines Auftraggebers festgelegt werden. Sudharshan gibt einen Überblick über Markteintrittsstrategien und sich daraus ergebende Termine /Sudh-95/. Wegen des möglichen Einflusses dieser Termine auf die gesamte Projektplanung sollte deren Erfassung möglichst früh erfolgen, deren Aktualität aber kontinuierlich geprüft werden.

Zur Erstellung von Projektplänen, mit denen das Einhalten der ermittelten Termine unterstützt werden kann, haben sich Balkendiagramme und die Netzplantechnik bewährt /UIEp-95/. In Balkendiagrammen werden die voraussichtlichen Vorgänge als Balken über einer Zeitachse aufgetragen, wobei die Balkenlänge proportional zur geplanten Dauer der jeweiligen Aktivität ist. In Bild 2.23 ist ein Balkendiagramm exemplarisch für die frühen Phasen eines Entwicklungsprojekts dargestellt.



**Bild 2.23:** Balkendiagramm am Beispiel der frühen Phasen eines Entwicklungsprojekts

Ein Nachteil dieses einfachen Hilfsmittels liegt darin, daß die Abhängigkeiten der verschiedenen Aktivitäten nicht dargestellt werden können. Diese Möglichkeit bietet die Netzplantechnik, für die es verschiedene Anwendungsformen gibt. In der von Ulrich und Eppinger favorisierten Form werden die Aktivitäten und die entsprechenden Zeitspannen als Knoten eines Netzes aufgezeichnet, deren Verbindungen die Abhängigkeiten widerspiegeln. Hieraus kann ein kritischer Pfad ermittelt werden, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die Verzögerung einer Aktivität dieses Pfades ein Verschieben aller danach eingeplanten Termine bedeutet. Diesen Vorteilen stehen allerdings auch Nachteile entgegen: Da die Zeitspannen mit Hilfe von Werten festgehalten werden, ist die im Balkendiagramm erreichte Übersichtlichkeit bezüglich vorhandener Überlappungen der einzelnen Arbeitsschritte nicht mehr gegeben. Weiterhin ist das Aufstellen eines Netzplanes selbst mit Rechnerunterstützung häufig sehr aufwendig /UIEp-95/. In Bild 2.24 ist ein in Analogie zu dem oben dargestellten Balkendiagramm erstellter Netzplan abgebildet.



**Bild 2.24:** Beispiel eines Netzplans in Analogie zum oben dargestellten Balkendiagramm

Sowohl das Balkendiagramm als auch der Netzplan sollten möglichst früh aufgestellt werden. Da Arbeitsabläufe jedoch dynamisch sind, muß die Ausprägung beider Hilfsmittel mit fortschreitendem Projekt kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Sobald ein Projektplan Termine enthält, ist dieser für Anpassungskonstruktionen besser durchführbar als für Neukonstruktionen. Letztere haben einen höheren Anteil an kreativen Aktivitäten, deren Zeitabläufe sich naturgemäß schwieriger abschätzen lassen /Ehrs-95/.

Für die Anforderungserfassung und -handhabung als Teil eines Produktentwicklungsprojekts sind beide vorgestellten Methoden zur Terminplanung hilfreich. Die Aktivitäten in den Kunden-, Transformations- und Konkretisierungsdimensionen haben nur geringe kreative Anteile und können somit gut geplant werden. Dies ist beispielsweise bei der Fremdvergabe einer Marktforschung relevant. Die Termine aus der Planung sollten bei der Zusammenstellung der Anforderungen berücksichtigt werden, sei es durch Ergänzung eines KONSTRUKTIONSAUFTRAGS durch die entsprechende Zeitvorgabe oder durch das zusätzliche Bereitstellen eines Ablaufdiagramms.

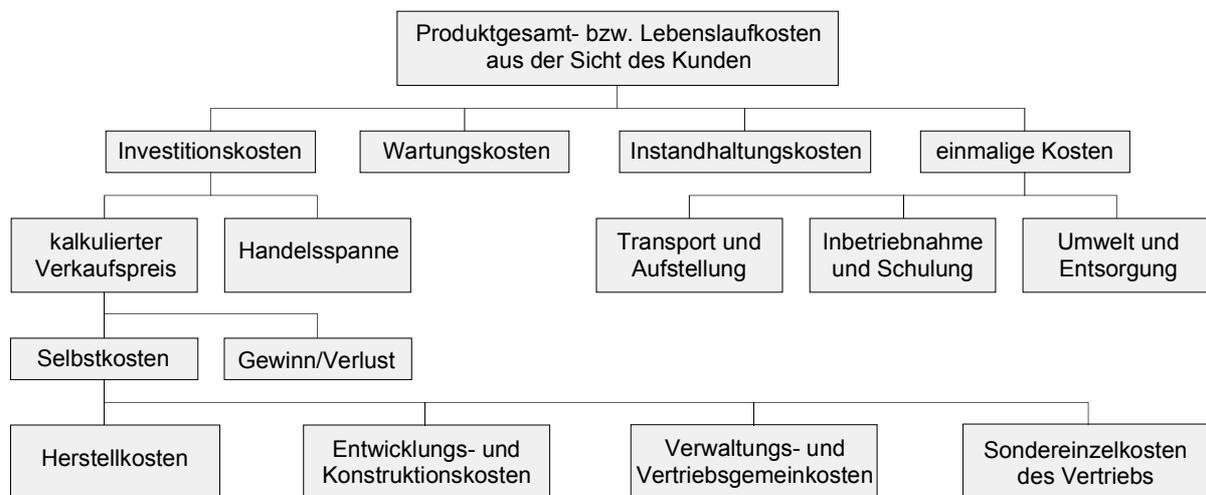
#### ***2.3.4.3 Die Einflußgröße Kosten bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen***

Ähnlich wie die Zeit werden auch die Kosten von nur wenigen der untersuchten Ansätze bei der Anforderungserfassung und -handhabung ausdrücklich bedacht. Die Kosten finden im Moment noch eher in späteren Phasen des Entwicklungsprozesses Berücksichtigung. Ehrlenspiel, Kiewert und Lindemann /EhKiLi-98/, Hundal /Hund-97/, Pahl und Beitz /PaBe-97/ sowie die VDI-Richtlinien /VDI 2225/ und /VDI 2235/ stellen für diese Phasen mehrere Methoden und Hilfsmittel zur Kostenabschätzung und -beeinflussung bereit. Im folgenden sollen aber ausschließlich Möglichkeiten für die Berücksichtigung von Kosten in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses untersucht werden.

Für den Absatz eines Produktes sind die Kosten ausschlaggebend, die der Kunde für dessen Anschaffung und Einrichtung (Investition), Betrieb, Instandhaltung sowie Entsorgung aufwenden muß. Aus diesem Grund müßten diese nach Bild 2.25 zusammenfassend als *Produktgesamtkosten aus der Sicht des Kunden* bezeichneten Aufwendungen als die Kosten verstanden werden, die es hier zu minimieren gilt.

In der Literatur zur Konstruktionslehre und -technik erfolgt jedoch eine Konzentration auf die Herstellkosten, die zumindest im Maschinenbau den größten Einfluß auf die Investitionskosten des Kunden haben /Ehrs-95/ /Hund-97/ /PaBe-97/ /UIEp-95/. Ein wichtiger

Grund dafür ist, daß Daten über die Produktgesamtkosten kaum zu erhalten sind /Ehrs-95/, weswegen auch im folgenden hauptsächlich die Herstellkosten betrachtet werden.



**Bild 2.25:** Aufteilung der Produktgesamt- bzw. Lebenslaufkosten in Anlehnung an Ehrlenspiel /Ehrs-95/ bzw. Ehrlenspiel, Kiewert und Lindemann /EhKiLi-98/

Die Kostenverantwortung der Konstruktion ist mit 60 bis 80% der veränderbaren Herstellkosten die höchste aller Unternehmensbereiche /Ehrs-95/ /VDI 2234/ (ähnlich auch /Wien-89/). Die Anforderungen wiederum sind nach Ehrlenspiel neben dem gewählten Konzept bzw. Lösungsprinzip, der Baugröße sowie der Stückzahl zu den Haupteinflußgrößen der Herstellkosten zu zählen. Über sie werden die Kosten weitgehend festgelegt, obgleich sie sich zu diesem frühen Zeitpunkt kaum beurteilen, geschweige denn kalkulieren lassen. Da die Kosten aber selbst eine der wichtigsten Anforderungen sind, muß in diesem Rahmen zumindest versucht werden, Kostenziele zu definieren.

Die übrigen Anteile der Produktgesamtkosten werden ebenfalls entscheidend durch die Entwicklung bzw. Konstruktion beeinflusst. Das gewählte Lösungsprinzip und die konstruktive Umsetzung desselben legen im wesentlichen die veränderbaren Betriebs- sowie die Instandhaltungskosten fest. Das Nutzungsverhalten des Kunden bestimmt den Rest dieser Produktgesamtkostenanteile. Aber auch auf die Entsorgung haben die konstruktiven Festlegungen klare Auswirkungen. Die Entscheidung für eine integrierte Bauweise, die Wahl von Verbundwerkstoffen oder der Einsatz nicht lösbarer Verbindungen können die Entsorgungskosten immens in die Höhe treiben, auch wenn hier die Art und Weise der Entsorgung noch eine wichtige Rolle spielt.

#### 2.3.4.4 *Methoden und Hilfsmittel zur Einbeziehung der Kosten*

Grundsätzlich kann die allgemein anerkannte, grundsätzliche Vorgehensweise des festigkeitsgerechten Konstruierens auch auf die Kosten angewendet werden /Ehrs-95/. Beim festigkeitsgerechten Konstruieren ist es selbstverständlich, daß ein klares Ziel in Form von geforderten Leistungen, Drehmomenten, Lasten usw. definiert wird. Mit Hilfe von Regeln und Überschlagsrechnungen wird auf dieser Grundlage ein Vorentwurf erarbeitet, der erst dann exakt nachgerechnet und angepaßt wird. In bezug auf die Kosten kann genauso vorgegangen werden: Das Kostenziel, d.h. eine quantitative Vorgabe der bei der Herstellung oder dem Gebrauch eines Produkts einzuhaltenden Kosten, muß zunächst am Markt ermittelt werden. Für die erarbeiteten ersten Lösungen können dann nach erfolgter Konkretisierung entsprechende Abschätzungen der Kosten angestellt werden /Ehrs-95/.

Diese Vorgehensweise entspricht dem TARGET COSTING oder Zielkostenansatz, die keine neue Kostenrechnung, sondern eine den Markt berücksichtigende Methode des modernen Kostenmanagements verkörpert /Ehrs-95/ und im folgenden näher untersucht werden soll.

Gibt es hinreichend ähnliche Produkte am Markt, können die im Rahmen der Anforderungserfassung zu bestimmenden Kostenziele durch den Vergleich ihrer Marktpreise festgesetzt werden (in Anlehnung an Ehrlenspiel /Ehrs-95/).

Eine andere Möglichkeit orientiert sich an dem vom Kunden wahrgenommenen Wert eines Produkts (Perceived-Value-Pricing). Dabei wird durch Marktforschung festgestellt, welchen Preis Kunden für ein Produkt mit neuen Funktionen zu zahlen bereit sind /Kotl-97/.

Lilien, Kotler und Moorthy haben leistungsfähige, aber sehr aufwendige Preismodelle erarbeitet, die auf Nachfragefunktionen beruhen. Ein Hilfsmittel, das in diesem Zusammenhang auch für Neukonstruktionen eingesetzt werden kann, ist die CONJOINT-ANALYSE /LiKoMo-92/. Es gibt verschiedene Ausprägungen der Conjoint-Analyse über die Lilien, Kotler und Moorthy in ihrem Buch einen Überblick geben. Grundsätzlich ist die Conjoint-Analyse ein Marktforschungs- bzw. Befragungsinstrument, mit dessen Hilfe die Kundeneinschätzung bestimmter Attribute eines Produkts über systematische Vergleiche dieser Attribute ermittelt werden kann. Diese Attribute können verschiedene Gestaltungselemente, Funktionen oder eben Produkthanforderungen sein. Die Genauigkeit der Analyse nimmt mit der Konkretisierung des Produkts zu, da das Nachfrageverhalten der Kunden recht gut in Abhängigkeit vorhandener Produktmerkmale mit Hilfe von Marktanalysen bestimmt, die Beziehung einer mitunter sehr abstrakten Anforderung zu einer zu erwartenden Nachfrage jedoch nur vage abgeschätzt werden kann. Der mit Hilfe der

Conjoint-Analyse ermittelte geschätzte Marktpreis enthält gemäß Bild 2.25 noch diverse Kostenanteile wie die Gewinnspanne, die Handelsspanne und die Transportkosten, die zur Bestimmung des Kostenziels von diesem noch abgezogen werden müssen.

Auch Ehrlenspiel sieht vor dem Hintergrund einer kostengerechten Konstruktion bzw. Entwicklung die Notwendigkeit, das Gesamtkostenziel dem Produktentwickler in seinen Bestandteilen zugänglich zu machen. Die Bestandteile hängen vom Konkretisierungsgrad des Produkts ab und lassen sich mit Hilfe von Kostenstrukturen abbilden. Eine solche Kostenstruktur kann bereits auf der Basis der technischen Anforderungen oder auf der Grundlage einer Funktionsstruktur aufgestellt werden. Zu diesem Zweck müssen die Kosten, die für die Umsetzung jeder der technischen Anforderungen bzw. Funktionen anfallen, geschätzt werden. Da das Ergebnis dieser Vorgehensweise stark von spezifischen Randbedingungen und subjektiven Erfahrung der schätzenden Personen beeinflusst wird, sollten mehrere Personen in den Prozeß einbezogen werden. Weiterhin sollten, sofern dies möglich ist, die geschätzten Kosten mit Kosten ähnlicher Anforderungen oder Funktionen verglichen werden /Ehrs-95/. Die (graphische) Darstellung der ermittelten Kostenanteile und -arten ergibt dann eine übersichtliche Struktur, mit deren Hilfe wesentliche Kostenschwerpunkte lokalisiert werden können.

Die für die einzelnen Anforderungen oder Funktionen ermittelten Kostenziele können mit in die Anforderungsliste übernommen werden. Durch die feste Verknüpfung der Anforderungen oder Funktionen mit den entsprechenden Kostenzielen ist dem Produktentwickler der angestrebte Kostenrahmen stets gegenwärtig. Lösungsvarianten können bezüglich der Rechtfertigung entstehender Kosten frühzeitig bewertet und eine nicht vertretbare Weiterverfolgung rechtzeitig abgebrochen werden. Hierbei ist jedoch anzumerken, daß die Kosten immer in bezug auf das gesamte Produkt gesehen werden müssen. Eine teurere Umsetzung einer Anforderung oder Funktion kann unter Umständen zu starken Kosteneinsparungen in einem anderen Bereich führen. Aus diesem Grunde müssen die ermittelten Kostenanteile wie die Anforderungen selbst kontinuierlich gepflegt und hinterfragt werden.

## 2.4 Zusammenfassung der Analyse

Die durchgeführte Analyse wissenschaftlicher Ansätze zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen gliedert sich grundsätzlich in drei Teile:

Im ersten Teil werden Methoden und Hilfsmittel vollständiger und unvollständiger Ansätze hinsichtlich ihrer Eignung zur **methodischen Unterstützung** der Erfassung und Handhabung von Anforderungen untersucht. Um die Ansätze vergleichen zu können, werden sechs

weitgehend voneinander unabhängige Einflußgrößen (Dimensionen) bestimmt, die die Grundlage der Bewertung der Ansätze bilden.

Die methodisch ausgerichteten Ansätze machen kaum Vorschläge zu einer **informationstechnischen Unterstützung** der Arbeit mit Anforderungen. Ausnahmen sind die Ansätze von Pahl und Beitz /PaBe-97/ und Danner /Dann-96/. Da die informationstechnische Unterstützung aber insbesondere zu einer Vereinfachung der Handhabung von Anforderungen beitragen kann, ist dieser der zweite Teil der Analyse gewidmet.

Über die im ersten Teil der Analyse zur Bewertung verwendeten unabhängigen Einflußgrößen der Erfassung und Handhabung von Anforderungen hinaus sind noch weitere relevante Einflußgrößen bestimmt worden: Die Qualität, Zeit und Kosten. Da diese voneinander abhängig sind, konnten sie nicht zur Bewertung herangezogen werden. Aufgrund der Bedeutung dieser Größen für den Erfolg eines Unternehmens im Wettbewerb sollten aber gerade diese so früh wie möglich in den Entwicklungsprozeß einbezogen werden. **Die Zeit und die Kosten** werden daher im dritten Teil der Analyse betrachtet. Auch zu diesen Einflußgrößen werden Methoden und Hilfsmittel beschrieben, deren prädestinierte Einsatzbereiche und Schwachstellen aufgezeigt. Da die Qualität implizit durch die ersten fünf Dimensionen der Bewertung beurteilt wird, wird diese nicht separat betrachtet.

### **Erster Teil der Analyse**

Die Ergebnisse des ersten Teils der Analyse sind einerseits tabellarisch im Anhang (Tabelle A1) und andererseits graphisch in den Bildern 2.26 und 2.27 zusammen- und dargestellt.

In der Tabelle sind den ersten fünf Bewertungsdimensionen bzw. den Kriterien dieser Dimensionen die analysierten Methoden und Hilfsmittel zugeordnet, durch deren Anwendung das entsprechende Kriterium berücksichtigt wird. In diesen Dimensionen wurden die (Zwischen-)Ergebnisse der in den wissenschaftlichen Ansätzen verwendeten Methoden und Hilfsmittel und deren Eigenschaften untersucht. In der Flexibilitätsdimension stehen die Kriterien für sich, da hier ausschließlich die Eignung der untersuchten Ansätze für die aufgestellten Merkmale überprüft wird.

Den Dimensionen und Kriterien sind die untersuchten Ansätze gegenübergestellt. In den entstehenden Feldern der Tabelle ist die erreichte Bewertung eingetragen. Darüber hinaus geben konkrete Seitenangaben darüber Aufschluß, wo genau in der angegebenen Quelle die

aufgelisteten Methoden und Hilfsmittel erläutert oder die Merkmale der Bewertung berücksichtigt werden.

Die graphische Darstellung<sup>24</sup> erleichtert den Vergleich der Bewertungsergebnisse der untersuchten wissenschaftlichen Ansätze. Die von den Verbindungslinien eines Ansatzes eingeschlossene Fläche ist ein Maß für die „Qualität“ des Ansatzes. Je größer die Fläche, um so besser erfüllt der Ansatz die aufgestellten Kriterien in Summe. Darüber hinaus ist aber ein Ansatz, der in allen Dimensionen lediglich gute Bewertungsergebnisse erreichte, besser zu bewerten, als ein Ansatz, der ein sehr inhomogenes Ergebnis erzielte. Zur Gewichtung der hier zusammengetragenen Ergebnisse ist noch anzumerken, daß die Bewertungskriterien so gewählt wurden, daß der aktuelle Stand der Forschung das maximal zu erreichende Ideal bezüglich der methodischen Unterstützung darstellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Bewertungsergebnisse der umfassenden und unvollständigen wissenschaftlichen Ansätze in getrennten Diagrammen dargestellt.

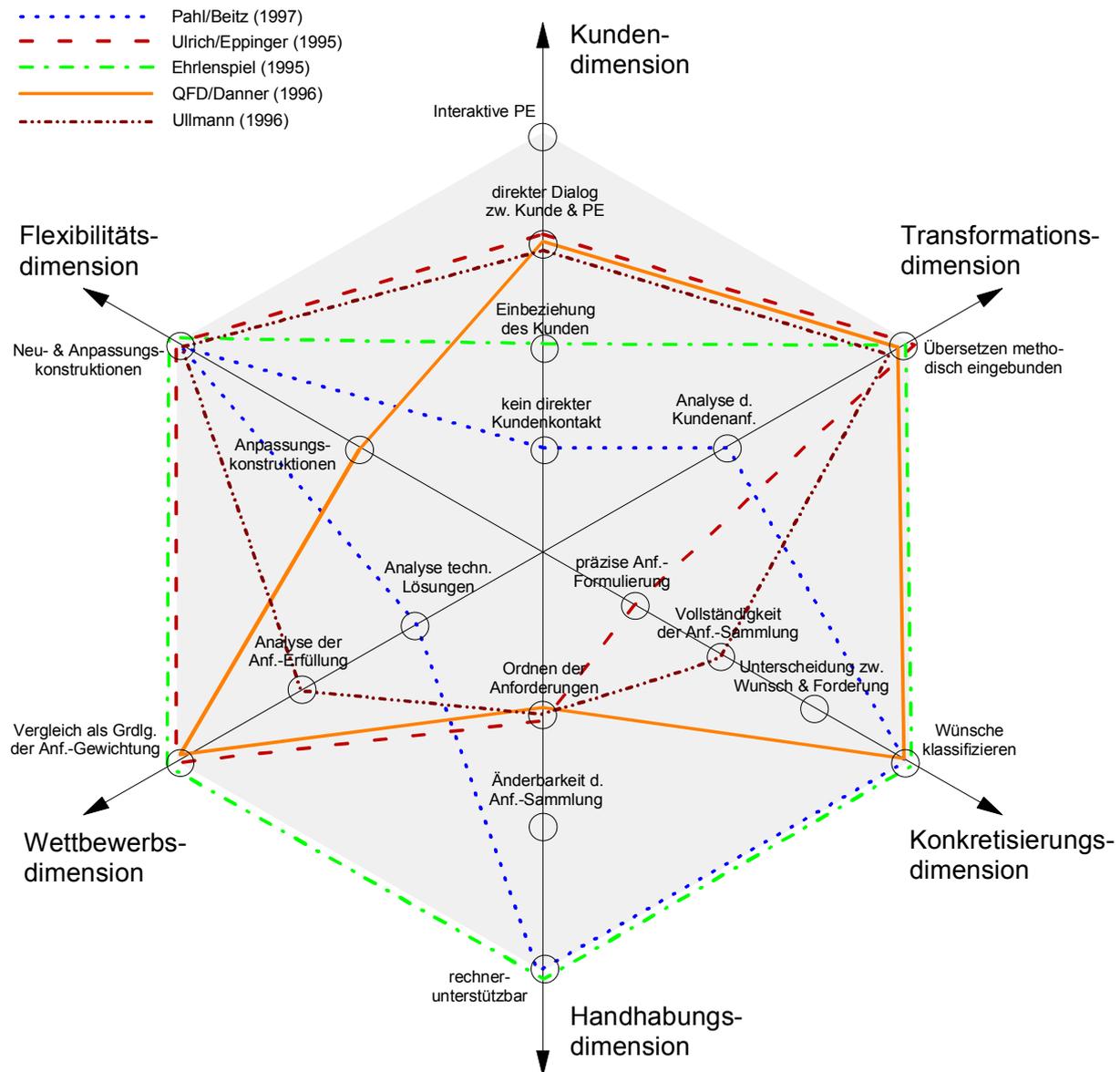
Generell fällt auf, daß die Ansätze, die den meisten Kriterien der Kundendimension und sämtlichen Kriterien der Transformationsdimension gerecht werden, stets in der Handhabungsdimension die größten Schwächen zeigen. Weiterhin sind ausschließlich solche Ansätze in der Flexibilitätsdimension auf die Unterstützung von Anpassungskonstruktionen beschränkt, die sich besonders der Erfassung von Kundenanforderungen und deren Übersetzung in technische Anforderungen widmen (QFD nach Danner /Dann-96/ und Otto /Otto-96/).

Umgekehrt haben die in der Handhabungsdimension herausragend beurteilten Ansätze zumindest in der Kundendimension nur wenig zu bieten. Dagegen sind diese Ansätze in der Konkretisierungsdimension immer die am besten bewerteten.

Zieht man zusätzlich die Herkunft der Ansätze in Betracht, läßt sich dieses Ergebnis begründen. Es läßt sich nämlich eine eindeutige Abhängigkeit zwischen der inhaltlichen Ausrichtung der Arbeiten und der Herkunft, bezogen auf den Kulturkreis, erkennen:

---

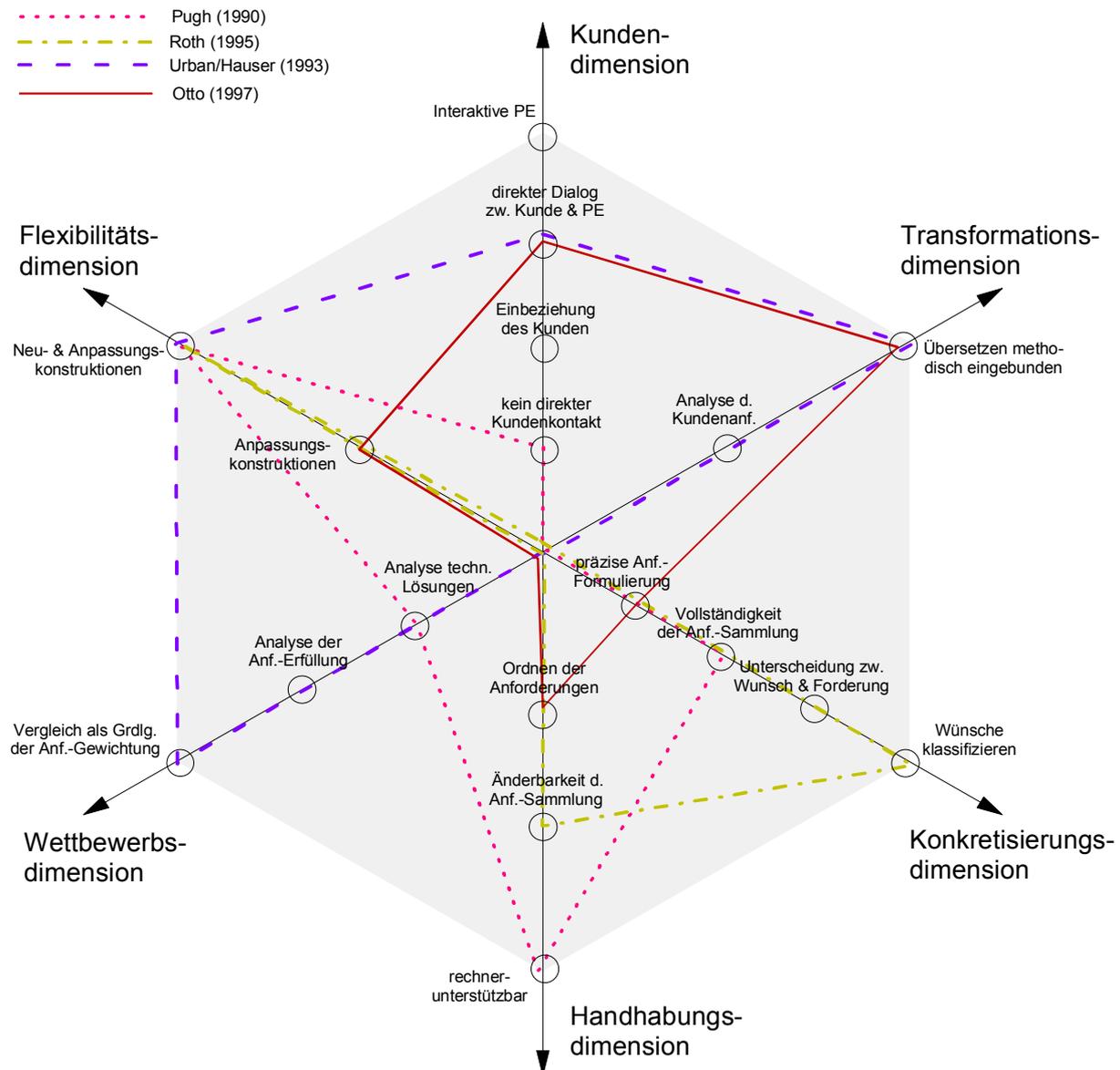
<sup>24</sup> Die sechs Bewertungsdimensionen sind auf den Achsen eines ebenen Koordinatensystems abgetragen. Die Skalierung der Achsen ist in bezug auf einen idealen wissenschaftlichen Ansatz normiert, d.h. die Maximalwerte der Dimensionen haben alle den gleichen Abstand zum Ursprung. Das bestmögliche Ergebnis, welches ein Ansatz in der Bewertung erreichen kann, würde, im Koordinatensystem eingetragen und durch Linien verbunden, ein regelmäßiges Sechseck ergeben.



**Bild 2.26:** Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse der umfassenden Ansätze

So sind die vorgestellten, aber auch die hier nicht explizit aufgenommenen Ansätze, die in den USA<sup>25</sup> entwickelt wurden, auf die methodische Unterstützung von Anpassungskonstruktionen ausgerichtet. Die in der Flexibilitätsdimension besser bewerteten US-amerikanischen Ansätze lassen sich grundsätzlich auf Neukonstruktionen übertragen. Der Kunde als wichtigster Faktor für den Erfolg einer Produktentwicklung in der Marktwirtschaft steht hier deutlich im Vordergrund sämtlicher Betrachtungen. Die Erfassung seiner BEDÜRFNISSE ist wichtigstes Ziel und basiert ohne Ausnahme auf der Hinterfragung vorhandener Technologie bzw. der Funktionalität existierender Produkte.

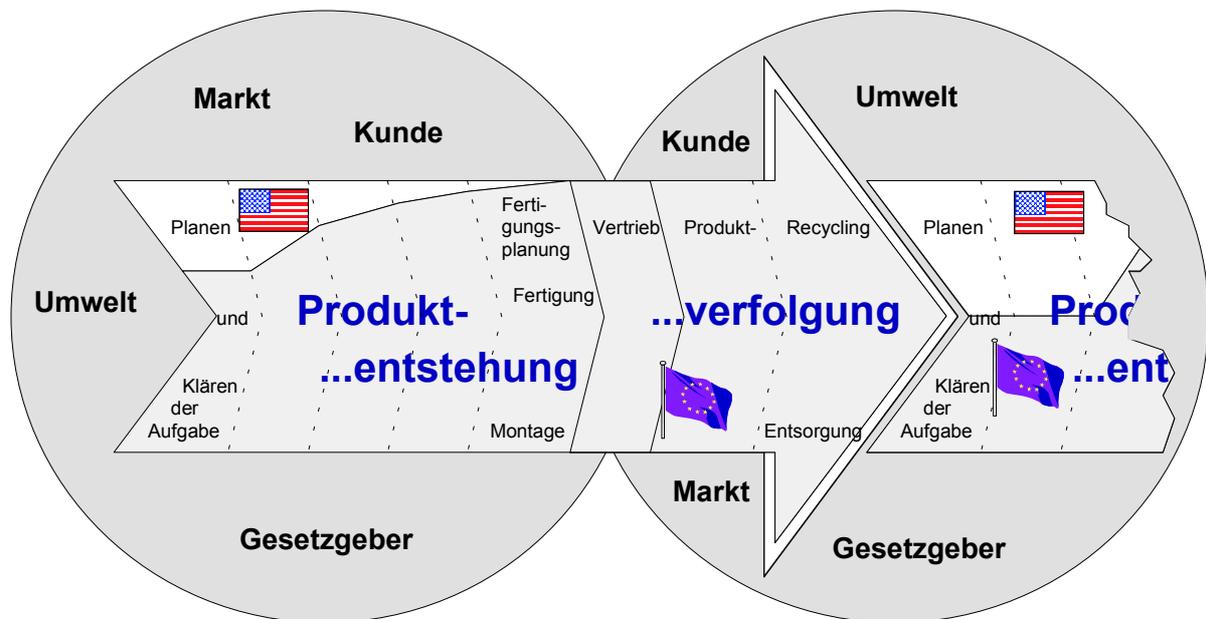
<sup>25</sup> Der Ansatz von Danner /Dann-96/ ist zwar aus Deutschland, QFD, welches die Grundlage für diesen erweiterten Ansatz bildet, wurde als methodisches Hilfsmittel in den USA vorher von Hauser und Clausing /HaCl-88/ eingeführt. Einfache Formen des QFD haben allerdings ihren Ursprung in Japan (für weitere Information siehe Kapitel 2.3.1.3)



**Bild 2.27:** Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse der unvollständigen Ansätze

Die in Europa und vor allem in Deutschland erarbeiteten Ansätze sind dagegen eher auf die Zusammenstellung der TECHNISCHEN ANFORDERUNGEN ausgerichtet. Der Grund dafür ist, daß mit deren möglichst vollständiger Zusammenstellung einerseits zeitraubenden Iterationen zur Behebung von Fehlern, die auf mangelnde Aufgabenklärung zurückzuführen sind, effektiv entgegengewirkt werden kann. Andererseits wurde die Anforderungsliste als eine sinnvolle Arbeitsgrundlage für die gesamte Entwicklung sowohl modifizierter als auch neuer Produkte erkannt. Die Motivation kommt hier nicht aus marktwirtschaftlicher Richtung, sondern aus der Produktentwicklung selbst. Der Markt wird zwar als Anforderungslieferant gegenwärtig, doch wird die Ermittlung der entsprechenden Bedürfnisse noch immer in erster Linie dem Marketing zugeordnet. Weiterhin steht bei europäischen Ansätzen wegen der Konzentration auf den Entwicklungsprozeß auch die Berücksichtigung der gesamten Produktentstehung und

-verfolgung sowie die Unterstützung der dort zu leistenden Arbeitsprozesse im Vordergrund. So ist es bezeichnend, daß die weitere anwendungsgerechte Nutzung der erfaßten (Kunden-)Anforderungen in keinen US-amerikanischen Ansatz eingeflossen ist, während allein in Deutschland unterschiedlichste Ansätze zu dieser Problematik zu finden sind<sup>26</sup>. Einen Überblick gibt Bild 2.28.



**Bild 2.28:** Zusammenhang des nationalen Ursprungs des wissenschaftlichen Ansatzes und der inhaltlichen Ausrichtung bei der Unterstützung der Arbeit mit Anforderungen im Produktentwicklungsprozess

Wegen der allmählichen Steigerung des Bekanntheitsgrades der jeweils entgegengesetzten Ansätze beginnen die Grenzen erfreulicherweise zu verschwimmen (siehe Ansatz von Danner /Dann-96/).

## Zweiter Teil der Analyse

Die existierenden informationstechnisch ausgerichteten Ansätze werden in drei Hauptgruppen unterteilt. Diese ergeben sich aus der unterschiedlichen Ausrichtung bzw. dem jeweils verfolgten Ziel bei der IT-Unterstützung der Arbeit mit Anforderungen (siehe Tabelle 2.8). Stellvertretend für jede der Hauptgruppen wird ein wissenschaftlicher Ansatz

<sup>26</sup> Da ein detaillierter Vergleich der wissenschaftlichen Ansätze auf eine Wiederholung der Ausführungen in der Analyse hinauslaufen würde, wird im Rahmen dieser Zusammenfassung davon abgesehen. Dem hinsichtlich eines solchen Vergleichs interessierten Leser geben die Diagramme und die Tabelle zunächst einen Überblick, welche Ansätze bezüglich der Berücksichtigung welcher der bewerteten Einflußgrößen geeignet sind und welche Defizite aufweisen. Der gleiche Aufbau der zusammenfassenden Darstellungen und der Bewertung ermöglicht dann ein schnelles Auffinden der Erläuterungen zu den Bewertungsergebnissen, in denen auch zwischen den Ansätzen verglichen wird.

hinsichtlich der aufgestellten Einflußgrößen - sofern diese zutreffen – sowie hinsichtlich informationsspezifischer Aspekte analysiert.

Dieser Teil der Analyse gibt damit einerseits einen Überblick über die Vielzahl unterschiedlicher Ansätze, deren Fokus und Defizite. Es gibt wenige Ansätze, die sich mit der Generierung von Lösungen auf der Basis vorhandener Anforderungen befassen. Diese konzentrieren sich auf die Auswertung und Nutzung der Anforderungsinhalte und lassen die Erfassung und Handhabung der Anforderungen außer Acht. Sie sind damit für die Ausrichtung der hier vorliegenden Arbeit von minderm Interesse. Die meisten der untersuchten Ansätze beschäftigen sich mit der Unterstützung der Tätigkeiten bei der Handhabung der Anforderungen, dies aber aus sehr unterschiedlichen, meist produkt- oder unternehmensbezogenen Blickwinkeln. Nur wenige Ansätze berücksichtigen dabei zusätzlich die informationstechnische Erfassung von Anforderungen oder das Vorgehen der Ermittlung der Anforderungen. Ausschließlich der Ansatz von Feldhusen /Feld-89b/ und Groeger /Groeger-90/ basiert auf einem durchgängig konstruktionsmethodischen Ansatz und geht daher auf die Strategie der Erfassung und weiteren Nutzung der Anforderungen im Produktentwicklungsprozeß ein.

### **Dritter Teil der Analyse**

Von den hinsichtlich der Dimensionen bewerteten Ansätzen gibt es kaum nennenswerte Bestrebungen, die Einflußgrößen Zeit und Kosten in die Arbeit mit Anforderungen zu integrieren. So bieten ausschließlich Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ Hilfsmittel zur Projektplanung an, und lediglich Ehrlenspiel /Ehrs-95/ und Danner /Dann-96/ gehen auf Möglichkeiten, die Kosten bereits bei der Formulierung von Anforderungen abzuschätzen, methodisch ein. Aus diesem Grund werden in diesem Teil der Analyse zusätzliche Methoden und Hilfsmittel zusammengetragen, die grundsätzlich für ein Kosten- und Zeitmanagement im Rahmen der Aufgabenklärung und -festlegung geeignet sind. Die Analyse bezieht sich in diesem Zusammenhang auf Möglichkeiten der Einbeziehung dieser Einflußgrößen im Rahmen einer methodischen Unterstützung.

### **Fazit**

Die in diesem Kapitel durchgeführte Analyse verdeutlicht, daß eine effektive Unterstützung der Arbeit mit Anforderungen nur durch ein Zusammenwirken von Methodik und Informationstechnologie erfolgen kann. Die Dimensionen der Bewertung und deren Kriterien oder Merkmale liefern die Aspekte, die bei der Gestaltung einer entsprechenden Methodik

beachtet werden müssen. Zusätzlich müssen die erarbeiteten Methoden noch stärker auf die gängigen Vorgehensweisen bei der Arbeit mit Anforderungen in der Praxis sowie den entsprechenden Randbedingungen – wie es unter anderem die Kosten und die Zeit sind – abgestimmt werden. Die erläuterte positive Bilanz zwischen Nutzen und Aufwand darf dabei nicht aus den Augen verloren werden. Die wirklich effiziente Unterstützung der zu durchlaufenden Arbeitsschritte kommt aber erst durch den auf die Methodik und die Vorgehensweisen zugeschnittenen Einsatz der Informationstechnologie zustande.

### 3 Erweitertes methodisches Konzept zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen

#### 3.1 Randbedingungen des erweiterten methodischen Konzepts

Auf der Grundlage der in Kapitel 2 durchgeführten Analyse wissenschaftlicher Ansätze, die sich mit der Erfassung und Handhabung von Anforderungen befassen, soll ein erweitertes methodisches Konzept erarbeitet werden, welches vor allem die Entwicklung *marktgerechter* Produkte sicherstellt. Wie bereits erläutert, müssen zu diesem Zweck alle neun in Kapitel 2.1 spezifizierten Einflußgrößen in die Vorgehensweise eingebunden werden. Dabei soll das Konzept eine systematische Grundlage für die möglichen Vorgehensweisen bei der Erfassung und Handhabung von Produkthanforderungen bilden. Es soll insbesondere unabhängig von der Branche, dem Produkt und der Firmenorganisation anwendbar, d.h. flexibel einsetz- und anpaßbar sein.

Gleichzeitig muß der Aufbau des Konzepts übersichtlich und einem hinsichtlich der Produktentwicklung geschulten Produktentwickler eingängig sein. Zu viele Informationen, die bei einem Einstieg in das theoretische Konzept verarbeitet werden müssen, schrecken aus unterschiedlichsten Gründen schnell ab und verhindern so dessen Anwendung.

Da die Arbeit in der Produktentwicklung immer stärker durch den Einsatz von Rechnern geprägt wird, soll darüber hinaus die aufzubauende Methodik auch in angemessenem Maße auf den Rechner übertragen werden können. Jedoch muß darauf geachtet werden, daß durch die IT-Anwendung nicht unnötige Arbeit erzeugt wird. Die Übertragung der theoretischen Ansätze zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen auf eine Rechneranwendung macht nur dann Sinn, wenn damit die Effizienz des gesamten Entwicklungsprozesses gesteigert werden kann. In diesem Sinne sollte insbesondere die rechnerunterstützte Zusammenstellung der Anforderungen durch die Methodik unterstützt werden, da sonst für die Übertragung der Anforderungsdaten auf den Rechner ein zusätzlicher Arbeitsschritt aufgewendet werden müßte. Im Gegensatz dazu ist die Erfassung der Kundenanforderungen mit Hilfe des Rechners nur dann zweckmäßig, wenn sie direkt bei der Erhebung informationstechnisch erfaßt werden können. Anderenfalls würde die Eingabe der Daten ausschließlich der redundanten, wenn auch elektronischen Dokumentation der Arbeitsergebnisse dienen. Bereits im Rahmen der sich anschließenden Übersetzung der Kundenanforderungen in die während der Entwicklung als Arbeitsgrundlage herangezogenen technischen Anforderungen ist der Übergang zur informationstechnischen Erfassung - wie oben beschrieben - von Vorteil.

Vor dem Hintergrund dieser Randbedingungen und auf der Grundlage der in Kapitel 2 durchgeführten, umfassenden Analyse wurde das in Bild 3.1 dargestellte, erweiterte methodische Konzept zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen entwickelt.

Im folgenden wird zunächst der grundsätzliche Aufbau des Konzepts erläutert (Kapitel 3.2). Die Auswahl der in diesen Ansatz aufgenommenen Methoden und Hilfsmittel wird dann auf der Grundlage der in Kapitel 2 ausgeführten Analyse begründet (Kapitel 3.3), bevor abschließend die Verwendung des Konzepts beschrieben und exemplarisch an Hand von vier Szenarien veranschaulicht wird (Kapitel 3.4)<sup>27</sup>.

### 3.2 Aufbau des erweiterten methodischen Konzepts

In dem in Bild 3.1 dargestellten, erweiterten methodischen Konzept zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen werden zwei grundlegende Hilfsmittel kombiniert: Eine Vorgehensweise und ein Methodenbaukasten.

Die Vorgehensweise umfaßt vier Hauptarbeitsschritte, die für eine marktgerechte Erfassung und Handhabung von Anforderungen durchlaufen werden müssen. Die Reihenfolge der Arbeitsschritte ergibt sich aus der logischen Abhängigkeit der ersten vier Dimensionen der Analyse. So können beispielsweise Kundenanforderungen erst in technische Anforderungen übersetzt werden (Arbeitsschritt: *Übersetzen in technische Anforderungen*), wenn diese vorher identifiziert wurden (Arbeitsschritt: *Marktbedarf ermitteln*). Die Grundlage der Bearbeitung eines Arbeitsschrittes - d.h. die Anforderungsquelle oder -art, auf die der Arbeitsschritt angewendet wird - ist in Bild 3.1 jeweils rechts von diesem dargestellt. Das dabei erarbeitete Ergebnis des Arbeitsschrittes ist darunter abgebildet und bildet wiederum die Grundlage des nächsten Arbeitsschrittes.

Die den Arbeitsschritten zugeordneten bzw. beigelegten Informationen geben Auskunft darüber, **wer** (bzw. welche Unternehmensbereiche) den Arbeitsschritt bearbeiten sollte, **welche Aspekte** (Dimensionen) bei der Bearbeitung des jeweiligen Arbeitsschrittes berücksichtigt werden sollten sowie **welche Methoden und Hilfsmittel** zur bestmöglichen Bewältigung dieser Aufgabe verwendet werden können.

---

<sup>27</sup> Die in Kapitel 3 dargestellten Ergebnisse basieren auf der Diplomarbeit des Herrn Ilius (siehe *Liste der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien- und Diplomarbeiten* in Kapitel 7)

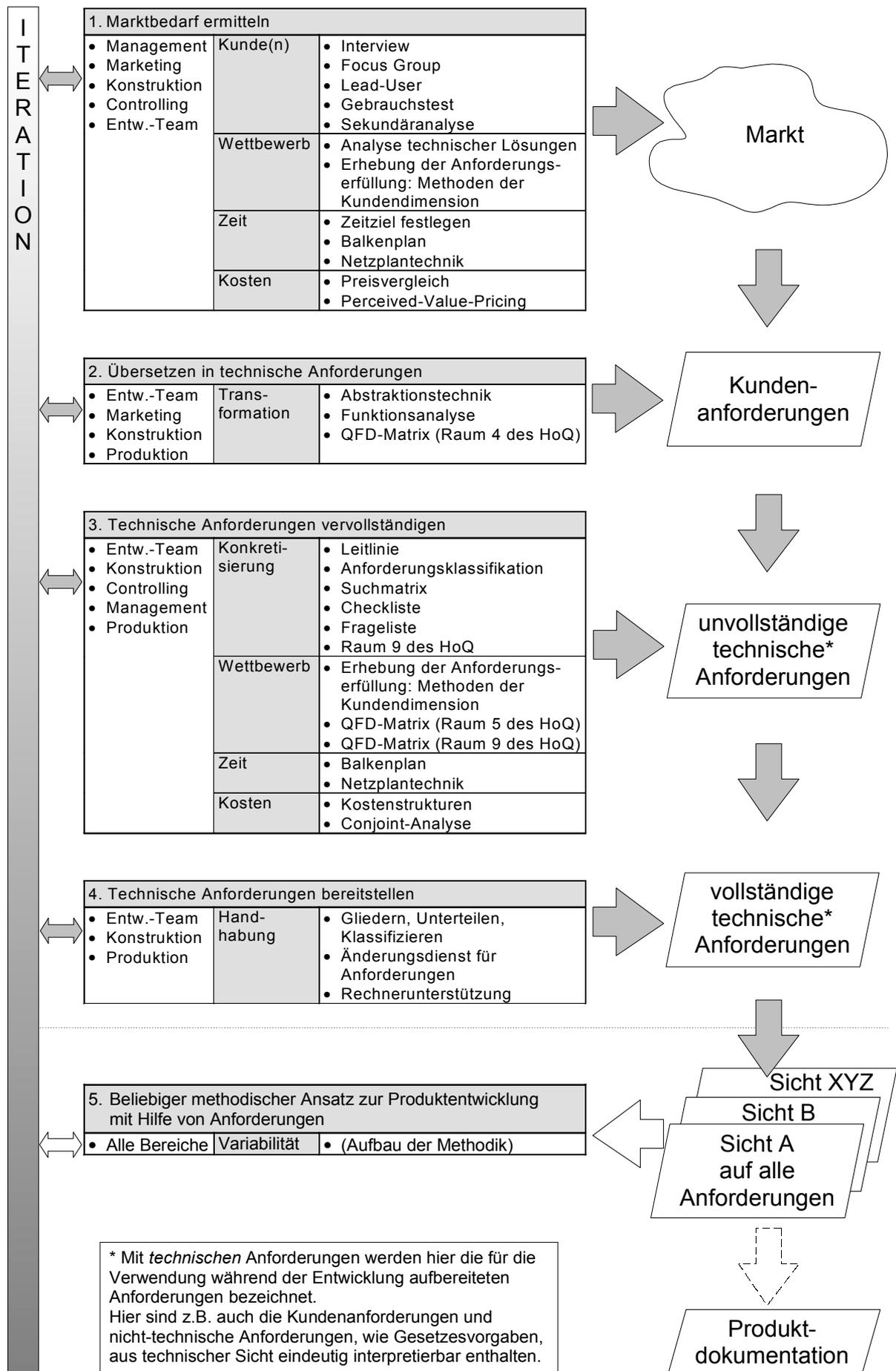


Bild 3.1: Erweitertes methodisches Konzept zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen

Die bezeichneten Unternehmensbereiche sollten an der Bearbeitung der einzelnen Arbeitsschritte aufgrund ihres spezifischen, aufgabenrelevanten Know-hows beteiligt werden. Die aufgeführten Bereiche können und sollen - in Abhängigkeit von den unternehmensspezifischen Gegebenheiten - durch weitere Bereiche ergänzt oder sogar ersetzt werden, die entsprechendes Know-how bzw. Informationen bereitzustellen in der Lage sind. So hat vor allem in einigen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung der Vertrieb einen direkten, selbst während der Produktnutzung gepflegten Kontakt zum Kunden und kann aus diesem Grunde insbesondere bei Neukonstruktionen den Einsatz einer Marketingabteilung weitgehend überflüssig machen. Weiterhin gibt es in der Praxis mitunter speziell definierte Funktionen, die den aus den aufgeführten Bereichen erwünschten Informationsumfang durchaus sinnvoll ergänzen können. Ein Beispiel ist hier die Funktion der Technologiebeobachtung. Derartige Funktionen sind in ihrem Aufgabenumfang bzw. Einsatzbereich auf die Gegebenheiten eines speziellen Unternehmens bzw. das zu entwickelnde Produktspektrum zugeschnitten. Eine Übertragung dieser Funktionen auf allgemein übliche Unternehmensbereiche ist aus diesem Grund genauso unmöglich wie eine Ermittlung sämtlicher, sinnvoll einsetzbarer Funktionen, weswegen hier nur allgemein übliche Unternehmensbereiche angegeben werden.

Das in diesem Zusammenhang vorkommende *Entwicklungsteam* (oder auch Projektteam) bezeichnet die einzubringenden Unternehmensbereiche, die sich branchen- und produktabhängig mit der Entwicklung des Produktes beschäftigen. Jedes Unternehmen muß aufgrund der gesammelten Erfahrungen in der Lage sein, Fachpersonal derart zusammenzuziehen, daß während des Entwicklungsprozesses auftretende Schnittstellen erkannt und organisiert werden können.

Die bei der Bearbeitung der einzelnen Arbeitsschritte einzubeziehenden Aspekte werden durch die in der Analyse berücksichtigten Einflußgrößen abgegrenzt. Im einzelnen sind das immer die dem Arbeitsschritt entsprechende Einflußgröße aus den ersten vier Dimensionen der Analyse und zusätzlich die darüber hinaus relevanten Einflußgrößen, nämlich der Wettbewerb, die Zeit und die Kosten. Die Anordnung der Dimensionen innerhalb einer Phase stellt keine Reihenfolge der Beachtung dar, sondern spiegelt eher ihre Bedeutung für eine marktgerechte Produktentwicklung wieder.

Die bislang noch unbeachtete Flexibilitätsdimension bezieht sich auf den Aufbau der Methodik im allgemeinen und ist bei der Erstellung des vorliegenden Konzepts durch die Erweiterung der Vorgehensweise durch einen Methodenbaukasten eingeflossen. Die

Flexibilitätsdimension taucht daher lediglich einmal explizit auf, nämlich als Hinweis für den Übergang des vorgestellten Konzepts zur bekannten Konstruktionsmethodik nach der VDI-Richtlinie 2221 /VDI 2221/. Für die Konstruktionsmethodik gelten die in dieser Dimension spezifizierten Kriterien in gleicher Weise.

Der Methodenbaukasten ordnet schließlich den einzelnen Arbeitsschritten der Vorgehensweise, die aus der Analyse der wissenschaftlichen Ansätze hervorgegangen sind, bestmögliche Methoden und Hilfsmittel zur Bearbeitung derselben zu. Dabei finden alle Methoden und Hilfsmittel Eingang, die zur bestmöglichen Berücksichtigung sämtlicher relevanten Aspekte beitragen können. Müssen also mehrere Unterarbeitsschritte in einem solchen Zusammenhang absolviert werden, werden auch Methoden und Hilfsmittel zur Unterstützung der meist vorbereitenden Arbeitsschritte in den Methodenbaukasten aufgenommen.

### **3.3 Nachweis der Methodenauswahl für das erweiterte methodische Konzept**

In diesem Kapitel wird auf die Auswahl der in den Methodenbaukasten einbezogenen Methoden und Hilfsmittel näher eingegangen. Die Begründung erfolgt dabei gemäß der Dimensionen bzw. Einflußgrößen, in der während der Analyse festgelegten Reihenfolge. Die Ausführungen sind als erläuternde Ergänzung des graphisch in Bild 3.1 dargestellten, erweiterten methodischen Konzepts zu sehen und sollen den Anwender des Konzepts beratend bei der Auswahl geeigneter Methoden und Hilfsmittel unterstützen. Die wesentlichen Hinweise zu den Dimensionen bzw. Einflußgrößen sind tabellarisch am Ende des entsprechenden Kapitels zusammengefaßt. Einzige Ausnahme ist die Flexibilitätsdimension. Zu dieser werden keine Methoden und Hilfsmittel angeboten. Die Aspekte der Flexibilitätsdimension sind von allgemeiner Bedeutung und in die Gestaltung des Konzepts eingeflossen.

#### **3.3.1 Kundendimension: Methoden zur Kundenintegration**

Die im Rahmen der Kundendimension einzusetzenden Methoden und Hilfsmittel sollen das Erfassen der Marktbedürfnisse bzw. Kundenanforderungen ermöglichen. Damit es dabei nicht zu Fehlinterpretationen der Bedürfnisse kommt, sollen im Methodenbaukasten ausschließlich solche Methoden aufgenommen werden, die einen direkten Kontakt zwischen Kunde und Produktentwickler vorsehen.

Aus der Analyse geht hervor, daß Urban und Hauser /UrHa-93/ im wesentlichen die gleichen Methoden wie Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ benutzen. Da deren Anwendung aber

durch das Marketing vorgesehen ist, existiert hier eine unerwünschte, zusätzliche Kommunikationsschnittstelle, die zu Mißverständnissen führen kann. Die Integration der Mitglieder des, wenn möglich, interdisziplinären Entwicklungsteams bei der Erhebung und Auswertung kann dieses Defizit der sonst hervorragend geeigneten Ermittlungsmethoden kompensieren.

Die höchste Bewertung in dieser Dimension erlangte der Ansatz von Ulrich und Eppinger /UIEp-95/. Aus Kostengründen ziehen die Autoren die von den Ergebnissen her gleich einzustufenden INTERVIEWS den FOCUS GROUPS vor. Die Effizienz der Interviews kann durch den Einsatz der auch von anderen Autoren empfohlenen (z.B. /PaBe-97/ /Ehrs-95/) LEAD-USER noch gesteigert werden. Mit Hilfe dieser Vorgehensweise können zusätzlich latente Marktbedürfnisse früh erkannt werden. Aber auch für die Focus Groups gibt es trotz des höheren Aufwands durchaus sinnvolle Anwendungsfälle, so daß diese Methode nach den Interviews und der Lead-User-Methode als drittes Hilfsmittel in den Methodenbaukasten übernommen wird.

Sehr umfassende Ergebnisse insbesondere in Bezug auf das Erkennen schlecht erfüllter Kundenanforderungen bei Anpassungskonstruktionen liefert auch der GEBRAUCHSTEST (z.B. /UIEp-95/), der von Otto /Otto-96/ /OtAh-97/ sehr detailliert vorgestellt wird. Dieser wird trotz der Einschränkung hinsichtlich der Anwendbarkeit im Baukasten aufgenommen, da in der Entwicklung heutzutage in erster Linie bestehende Konstruktionen angepaßt, optimiert oder variiert werden (siehe auch /UIEp-95/).

Schriftliche Befragungen sind für das Erfassen von Kundenanforderungen weniger geeignet. Sie können weder umfassende Informationen über den Produktgebrauch vermitteln (Anpassungskonstruktionen) noch unvorhersehbare Kundenbedürfnisse aufdecken (Neukonstruktionen). Sie werden dem Baukasten daher nicht hinzugefügt.

Die bislang berücksichtigten Methoden sind primäre Marktforschungsmethoden, deren Durchführung mit hohem Aufwand verbunden ist. Um sie zielgerichtet und damit effizienter einsetzen zu können, sollte zuvor die verfügbare Sekundärliteratur analysiert werden /UrHa-93/. Auf diese Weise lassen sich Marktsegmente eingrenzen, so daß bei den Primäruntersuchungen beispielsweise die Kunden befragt werden, die das Produkt später kaufen sollen. Außerdem können existierende Informationen direkt genutzt werden. Mitunter werden Teile der Erhebungen dadurch überflüssig. Eine Übersicht über Quellen zur Sekundäranalyse geben Urban und Hauser (/UrHa-93/) und Pugh (/Pugh-91/).

Sekundäruntersuchungen können jedoch kein Ersatz für Primäruntersuchungen sein, weil sie höchstens durch Zufall zum eigenen Untersuchungsziel passen /UrHa-93/.

In Tabelle 3.1 sind die in der Kundendimension ausgewählten Methoden nach ihrer Bedeutung sortiert aufgelistet und kurz charakterisiert.

**Tabelle 3.1:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel in der Kundendimension

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Interview	Kundenanforderungen	hoch	bevorzugte Methode
Focus Group	Kundenanforderungen	hoch	höhere Kosten als Interview bei vergleichbarem Ergebnis
Lead-User	latente Kundenanforderungen	hoch	Lead-User schwierig zu identifizieren
Gebrauchstest	schlecht erfüllte Kundenanforderungen	hoch	eigene und evtl. Konkurrenzprodukte erforderlich
Sekundäranalyse	Informationen über Marktsegmente	gering	Vorbereitung für Anwendung der übrigen Methoden

### 3.3.2 Transformationsdimension: Methoden zum Übersetzen von Kundenanforderungen in technische Anforderungen

Für die Transformationsdimension sollen Methoden bereitgestellt werden, die das Übersetzen von Kundenanforderungen in technische Anforderungen unterstützen. Da aber nicht davon ausgegangen werden kann, daß die Kundenanforderungen im direkten Kontakt von Produktentwickler und Kunde erhoben wurden, müssen auch Methoden im Methodenbaukasten enthalten sein, die das Verstehen der Kundenanforderungen unterstützen, auch wenn sie an sich nicht diese Dimension bestmöglich unterstützen können.

Die Ansätze von Danner /Dann-96/, Clausing /Clau-94/, Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ sowie Ehrlenspiel /Ehrs-95/ wurden in diesem Zusammenhang am besten bewertet. Zum Übersetzen verwenden alle die QFD-Matrix bzw. die mit dieser identischen Kundenanforderung-Maß-Matrix. Diese wird Bestandteil des Methodenbaukastens und im folgenden - wegen des hohen Bekanntheitsgrades - als QFD-Matrix bezeichnet. Weitere Hilfsmittel oder Methoden zur Übersetzung sind in der Literatur nicht zu finden. Der hohe Aufwand, den die Anwendung der QFD-Matrix als Hilfsmittel zur Übersetzung kostet, kann durch die Reduzierung von kostenintensivem Änderungsaufwand in späteren Phasen der Produktentwicklung sowie Vermeidung von Umsatzeinbußen aufgrund nicht erfüllter Anforderungen gerechtfertigt werden.

Das Verständnis der Kundenanforderungen läßt sich durch mehrere Methoden verbessern (vergleiche Ehrlenspiel /Ehrs-95/). Die Abstraktionstechnik ist am besten geeignet, um das Wesentliche eines Problems und somit auch einer Anforderung zu erkennen /Ehrs-95/ /PaBe-97/ /Roth-94/. Weiterhin können Analysemethoden wie die Funktionsanalyse das Verständnis für den Gesamtzusammenhang fördern. Der Aufwand für deren Durchführung ist jedoch höher als der des Abstrahierens, da das gesamte Produkt, zumindest aber das funktionell zusammengehörige Teilproblem untersucht und die Abhängigkeiten geklärt werden müssen. Da die Ergebnisse der Methoden sich sinnvoll ergänzen, sollen sie alle in den Methodenbaukasten übernommen werden, obwohl sie lediglich einen Teilarbeitsschritt der Übersetzung unterstützen.

**Tabelle 3.2:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel in der Transformationsdimension

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Abstraktions- technik	Verstehen der Kunden- anforderungen	gering	Vorbereitung der Anwen- dung einer Übersetzungs- methode
Funktionsanalyse	Verstehen der Kunden- anforderungen	mittel	Vorbereitung der Anwen- dung einer Übersetzungs- methode
QFD-Matrix (Raum 4 des HoQ)	technische Anforderungen	hoch	Methode des Arbeitsschrittes

### 3.3.3 Konkretisierungsdimension: Methoden zum Klären der Konstruktionsaufgabe

In der Konkretisierungsdimension werden Methoden benötigt, die einen hohen Informationsgehalt der Anforderungssammlung unabhängig von deren Form sicherstellen. Die Methoden sollen zur Vollständigkeit und weitestgehenden Präzision anhalten und möglichst rechnerunterstützbar sein.

Das eindeutige Formulieren einer technischen Anforderung ist fundamentale Voraussetzung für den Nutzen einer Anforderungsliste. Die Anforderungen müssen möglichst durch Zahlenangaben präzisiert, mindestens aber verbal deutlich beschrieben werden. Unterstützende Methoden liefert die Literatur hier nicht, obgleich alle untersuchten Ansätze die Wichtigkeit dieses Teilarbeitsschritts betonen.

Die aus der Analyse hervorgegangenen Hilfsmittel für das vollständige Erfassen der technischen Anforderungen unterscheiden sich hinsichtlich des für deren Anwendung erforderlichen Zeitaufwands:

Die Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ stellt lediglich nach den Hauptmerkmalen gegliederte Assoziationshilfen zur Verfügung. Das macht deren Anwendung überschaubar, gut übertragbar auf eine IT-Unterstützung, aber auch leicht einprägsam, wodurch Wiedererkennungseffekte genutzt werden können. Weiterhin ist sie flexibel einsetzbar für unterschiedliche Branchen und Produkte.

Die Anforderungsklassifikation nach Ehrlenspiel /Ehrs-95/ legt im Vergleich zur Leitlinie nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ mehr Gewicht auf wirtschaftliche und organisatorische Anforderungen. Eine Rechnerunterstützung existiert nicht, ist aber realisierbar.

Der Vorteil der Übersichtlichkeit der beiden oben genannten Methoden geht einher mit einer geringen Konkretisierungstiefe, die insbesondere bei Anpassungskonstruktionen zum Vergessen einiger Anforderungen führen kann. Die Suchmatrix nach Roth /Roth-94/ und die Checkliste nach Franke /Fran-75/ ergänzen sich zu einer sehr detaillierten Alternative, deren sehr aufwendige Anwendung jedoch nur dann zu empfehlen ist, wenn das die Anforderungen zusammenstellende Team wenig Erfahrung sowohl mit der Entwicklungsaufgabe als auch mit dem Zusammenstellen von Anforderungen hat. Eine Rechnerunterstützung für diese Hilfsmittel ist vorhanden, aber nur mäßig geeignet, da die erforderliche Übersichtlichkeit durch die begrenzte Darstellungsfläche des Monitors verloren geht.

Für Kundengespräche im Falle eines konkreten Auftrags ist die Frageliste nach Ehrlenspiel /Ehrs-95/ ein sinnvolles Hilfsmittel. Auf der Basis der oben aufgeführten Fragen ist die Frageliste an den aktuellen Auftrag anzupassen und kann weiterhin für alle Formen der Kundenbefragung (mündlich/schriftlich) genutzt werden.

Eine eindeutige Empfehlung für die Anwendung der Methoden kann ebenso wenig gegeben werden, wie eine der unterschiedlichen, eingesetzten Gliederungsarten als generell vorteilhaft beurteilt werden kann. Der Anwendungsfall ist in beiden Fällen für eine Favorisierung entscheidend. Für die Anwendung der Methoden ist zusätzlich vor allem das Verhältnis aus dem Aufwand für deren Anwendung zum geschätzten späteren Änderungsaufwand als Folge nicht erfaßter Anforderungen ausschlaggebend. Aus diesem Grund werden alle genannten Methoden dem Baukasten hinzugefügt.

Da auch das Bestimmen des Forderungscharakters einer Anforderung deren Informationsgehalt erhöht, müssen auch für diesen Teilarbeitsschritt Methoden bereitgestellt werden. Die Abstufung sollte sich an der Sicht der Kunden orientieren. Hilfsmittel dafür sind die in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Methoden der Marktforschung in Kombination mit der QFD-Matrix. Über die in der Matrix eingetragenen Beziehungen zwischen den

Kundenanforderungen und den technischen Anforderungen können die Gewichtungen der Kundenanforderungen auf die technischen Anforderungen übertragen werden.

Weiterhin kann unter Zuhilfenahme der Benchmark-Betrachtungen hinsichtlich der Kundenanforderungen (Raum 5 des HoQ) und der geschätzten Realisierungsschwierigkeiten der entsprechenden technischen Anforderungen (Raum 8 des HoQ) die Gesamtpriorität der technischen Anforderungen in Raum 9 des HoQ festgehalten werden.

Die Möglichkeit der Rechnerunterstützung des HoQ ist durch verschiedene Programme bereits nachgewiesen (vergleiche Danner /Dann-96/), was die generelle Eignung der Methode insbesondere im Hinblick auf die Weiterverwendung der erarbeiteten Ergebnisse in einer Anforderungssoftware zusätzlich untermauert.

**Tabelle 3.3:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel in der Konkretisierungsdimension

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Leitlinie	vollständig erfaßte technische Anforderungen im Hinblick auf Hauptmerkmale	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>flexibel einsetzbar</li> <li>gute Rechnerunterstützung</li> </ul>
Anforderungsklassifikation	vollständig erfaßte technische Anforderungen im Hinblick auf Hauptmerkmale	mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>flexibel einsetzbar</li> <li>Rechnerunterstützung möglich</li> </ul>
Suchmatrix	vollständig und detailliert erfaßte technische Anforderungen	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>geeignet für Anpassungskonstruktionen</li> <li>Rechnerunterstützung möglich</li> </ul>
Checkliste	weitere Detaillierung der technischen Anforderungen	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>geeignet für Anpassungskonstruktionen</li> <li>Rechnerunterstützung möglich</li> <li>Ergänzung der Suchmatrix</li> </ul>
Frageliste	vollständig erfaßte technische Anforderungen bei Kundengesprächen	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>flexibel einsetzbar; optimal für Anpassungskonstruktionen</li> <li>Leitlinie für Kundengespräche</li> <li>kann durch Leitlinie (s.o.) ergänzt werden</li> </ul>
Raum 9 des HoQ	Priorität der technischen Anforderungen	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>geeignet für Anpassungskonstruktionen</li> <li>nur in Zusammenhang mit QFD-Ansatz sinnvoll</li> <li>Rechnerunterstützung vorhanden</li> </ul>

### 3.3.4 Handhabungsdimension: Methoden zur verbesserten Anforderungshandhabung

In den untersuchten Ansätzen sind nur wenige Hilfsmittel integriert, die die Handhabung der Anforderungen während der weiteren Produktentwicklung positiv beeinflussen. Jedoch werden die gesammelten Anforderungen in allen Ansätzen in irgendeiner Form gegliedert. Geeignete Hilfsmittel sind bei Neukonstruktionen diejenigen, die auch zum Aufstellen der Anforderungsliste verwendet werden können. Als besonders zweckmäßig hat sich die Leitlinie nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ erwiesen. Diese gliedert die Anforderungen stärker nach technischen Merkmalen als andere verwendete Hilfsmittel. Wurde im Rahmen einer Neukonstruktion eine Funktionsstruktur entwickelt, kann diese eine leicht nachvollziehbare Gliederungshilfe der zusammengetragenen Anforderungen sein. Bei Anpassungskonstruktionen bietet sich eher die Gliederung nach der Baustruktur an. Die Gliederung kann listenartig oder in Form eines Baumdiagramms erfolgen, wie es bei der QFD-Methode üblich ist.

Des weiteren unterstützen Maßnahmen die Anforderungshandhabung, die ein einfaches und schnelles Ändern der Anforderungsliste ermöglichen. Hilfreich kann hierfür bereits der formale Aufbau einer Liste sein, in der Felder für das Handhaben von Änderungen vorgesehen sind. Zweckmäßige Beispiele für solche Felder sind *Datum der letzten Änderung*, *Nummer der ersetzten Ausgabe* oder *Verantwortlicher einer Änderung*. Grundsätzlich sollten Änderungen von einem Änderungsdienst organisiert werden, wie er von Ehrlenspiel vorgeschlagen wird /Ehrs-95/.

Im Zusammenhang mit den auftretenden Änderungen, der erforderlichen Pflege und Bereitstellung von Anforderungen, wie sie ein Änderungsdienst leisten sollte, wird die Bedeutung der Rechnerunterstützung bei der Anforderungshandhabung deutlich. Teilweise bereits kommerziell erhältliche Programme, die lediglich ein Übertragen der bisher auf Papier erzeugten Anforderungslisten in eine elektronische Form ermöglichen, verdeutlichen, daß bereits durch diese einfachste Form der Rechnerunterstützung Rationalisierungseffekte zu erzielen sind. Die drei exemplarisch in Kapitel 2.3.3 vorgestellten Konzepte zur Rechnerunterstützung zeigen jedoch, daß wesentlich mehr Potential zur Steigerung der Effektivität des gesamten Entwicklungsprozesses durch die durchgängige Rechnerunterstützung der Handhabung von Anforderungen vorhanden ist. Zu diesem Zweck sind derzeit noch weitreichende Anpassungen von Methoden und Hilfsmitteln an die Möglichkeiten der Rechnerunterstützung nötig, die von keinem der analysierten Konzepte bislang geleistet wird. Im Methodenbaukasten kann daher kein entsprechendes Hilfsmittel aufgeführt werden. Einen Überblick über die existierenden Hilfsmittel zur Anforderungshandhabung gibt Tabelle 3.4.

**Tabelle 3.4:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel in der Handhabungsdimension

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Gliedern und Unterteilen	Partialanforderungslisten in Form einer Liste oder eines Baumdiagramms	gering bis mäßig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Hilfe von Leitlinie (bei Neukonstruktion),</li> <li>• Funktionsstruktur (wenn diese vorhanden ist) oder</li> <li>• Baustuktur (bei Anpassungskonstruktion)</li> </ul>
Änderungsdienst	Nachvollziehbarkeit von Änderungen, Aktualität der genutzten Anforderungen	mäßig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergänzen der Anforderungen durch strukturierte Attribute</li> <li>• Organisation der Pflege und Bereitstellung der gültigen Anforderungen</li> </ul>
-	Rechnerunterstützung der Methodik	-	Anpassung der Methoden an die Möglichkeiten der Informationstechnologie

### 3.3.5 Wettbewerbsdimension: Methoden zur Konkurrenzanalyse

Die Wettbewerbsdimension dient der Überprüfung der Konkurrenz zur Absicherung der eigenen Entwicklung. Hierbei gilt es, durch die Analyse technischer Lösungen im allgemeinen Anregungen für neue Produkte oder Realisierungen von angebotenen Funktionalitäten zu bekommen. Dies ist aber die niedrigste bzw. früheste Stufe der Berücksichtigung dieser Dimension. Die in diesem Zusammenhang in den Methodenbaukasten aufzunehmenden Hilfsmittel kommen vor allem im ersten Arbeitsschritt zum Einsatz. Weiterhin müssen Methoden bereitgestellt werden, die die Anforderungserfüllung von Wettbewerber- aber auch eigenen Vorgängerlösungen vergleichen. Die auf diese Weise erlangten Hinweise, welche Anforderungen im Rahmen der eigenen Entwicklung in welcher Form realisiert bzw. optimiert werden müssen, sind sowohl im ersten als auch im dritten Arbeitsschritt von Nutzen. Sie können aber weiterhin mit der Gewichtung der Anforderungen aus der Sicht der Kunden zusammengeführt und zur umfassenden Gewichtung der Anforderungen herangezogen werden. Diesbezügliche Methoden sollen im Methodenbaukasten ebenfalls aufgenommen werden.

Die Analyse technischer Lösungen kann einmal mittels Sekundärliteratur wie Herstellerangaben oder Kataloge oder aber durch die Analyse des realen Produkts erfolgen. Für das Erheben der Güte der Anforderungserfüllung durch direkte oder indirekte Konkurrenzprodukte können alle in der Kundendimension ausgewählten Methoden der Marktforschung verwendet werden. Aus Effektivitätsgründen sollte demzufolge die

Beurteilung der Anforderungserfüllung mit der Ermittlung der Kundenanforderungen verknüpft werden.

Die Analyse der wissenschaftlichen Ansätze ergab, daß ausschließlich das House of Quality für den Vergleich der Anforderungserfüllung sowie die Gewichtung der Anforderungen auf der Basis dieses Vergleichs als Hilfsmittel existiert. Der Raum 5 des HoQ dient zunächst dem Vergleich und der Festlegung von BENCHMARKS, die eine Priorisierung der Anforderungen während der Anforderungsnutzung ermöglichen. Auf dieser Basis kann dann mit Hilfe der Räume 2 und 9 die Gesamtgewichtung vorgenommen werden. Tabelle 3.5 gibt einen Überblick über die Methoden dieser Dimension und deren Einsatzgebiete.

**Tabelle 3.5:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel in der Wettbewerbsdimension

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Analyse technischer Lösungen	Anregungen für alternative Lösungskonzepte (Produkt, Funktion etc.)	mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Hilfe von Sekundärliteratur oder dem realen Produkt</li> <li>• Einsatz: 1. Arbeitsschritt</li> </ul>
Erhebung der Anforderungserfüllung: Methoden der Kundendimension	Qualität der Anforderungserfüllung	mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten im Zusammenhang mit den Kundenanforderungen erheben</li> <li>• Einsatz: 1. und 3. Arbeitsschritt</li> </ul>
QFD-Matrix (Raum 5 des HoQ)	Vergleich der Anforderungserfüllung	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methode sollte zur Aufwandsreduzierung ganzheitlich angewendet werden</li> <li>• Einsatz: 3. Arbeitsschritt</li> </ul>
QFD-Matrix (Raum 9 des HoQ)	Gewichtung der Anforderungen	hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methode sollte zur Aufwandsreduzierung ganzheitlich angewendet werden</li> <li>• Einsatz: 3. Arbeitsschritt</li> </ul>

### 3.3.6 Sicherung der Flexibilität der Methodenauswahl

Da der Methodenbaukasten die Vorgehensweise nicht festlegt, kann dessen Flexibilität nicht pauschal bewertet werden. Hingegen ist es möglich, Aussagen über die Variabilität der einzelnen empfohlenen Methoden und Hilfsmittel zu machen, die in den Übersichtstabellen am Ende eines jeden Dimensionskapitels zur hier unternommenen Konzeptbeschreibung in Form von die Anwendungseignung betreffenden Hinweisen zusammengetragen sind. Als wichtigste Einschränkung der Flexibilität einer Methode sei in diesem Zusammenhang ausschließlich die Beschränkung der Anwendbarkeit des mehrere Arbeitsschritte unterstützenden Werkzeugs „House of Quality“ auf Anpassungskonstruktionen hervorgehoben. Im Falle einer

Neukonstruktion fällt auf diese Weise eines der wichtigsten Hilfsmittel des hier vorgestellten Gesamtkonzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen heraus.

### 3.3.7 Einflußgröße Zeit: Methoden zur Projektplanung

Zum Beachten der Einflußgröße Zeit ist es nötig, Zeitziele für den Konstruktionsprozeß zu ermitteln (1. Arbeitsschritt) und das Einhalten dieser mit Hilfe von Methoden und Hilfsmitteln zu unterstützen (3. Arbeitsschritt).

Die Zeitziele werden durch Marktforschung ermittelt. Im einfachsten Fall wird das Zeitziel durch Vorgaben eines Auftraggebers, durch wichtige Messen oder einen Saisonbeginn festgelegt. Weitaus schwieriger ist es, die Entwicklung von Trends oder die voraussichtliche Einführung eines Konkurrenzprodukts abzuschätzen. Hier kommen Erhebungsmethoden zur Marktforschung zum Einsatz.

Von den bereits in Kapitel 2.3.4.2 ausgewählten Methoden und Hilfsmitteln zur Einhaltung der festgelegten Zeitziele ist das Balkendiagramm das am wenigsten aufwendige. Unabhängig davon können in einem Netzplan auch Informationen über die Beziehungen zwischen den eingeplanten Aktivitäten abgebildet werden. Beide in der Praxis bewährten Hilfsmittel sind im übrigen gut informationstechnisch unterstützbar und werden in den Methodenbaukasten übernommen.

Die Ergebnisse dieser Methoden, wie Zeitziele für die verschiedenen Phasen eines Konstruktionsprojekts, sollten in die Anforderungsliste übertragen bzw. aktuelle Versionen der Anforderungsliste beispielsweise als Anhang beigefügt werden. Auf diese Weise kann deren Informationsgehalt weiter zweckmäßig gesteigert werden.

**Tabelle 3.6:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel zur Berücksichtigung der Zeit

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Zeitziel festlegen	Zeitziel für die Markteinführung	gering bis mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktforschung (Marketing)</li> <li>• Einsatz: 1. Arbeitsschritt</li> </ul>
Balkenplan	aufgeschlüsseltes Zeitziel; Arbeitsschritte	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• graphische Darstellung erhöht die Übersicht</li> <li>• Einsatz: 1. und 3. Arbeitsschritt</li> </ul>
Netzplantechnik	Erkennen abhängiger Zeitziele bzw. Arbeitsschritte	mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• graphische Darstellung erhöht die Übersicht</li> <li>• Einsatz: 1. und 3. Arbeitsschritt</li> </ul>

### 3.3.8 Einflußgröße Kosten: Methoden zum Beachten von Kostenzielen

Die Einflußgröße Kosten läßt sich erschließen, indem ein Kostenziel für ein zu entwickelndes Produkt ermittelt wird (1. Arbeitsschritt) und dieses dann möglichst bis auf jede einzelne technische Anforderung heruntergerechnet und in die Anforderungsliste übernommen wird (3. Arbeitsschritt). Eine Auswahl geeigneter Methoden und Hilfsmittel der Einflußgröße Kosten erfolgte bereits in Kapitel 2.3.4.4.

Bei Anpassungskonstruktionen lassen sich Kostenziele durch das Vergleichen von Preisen ähnlicher Produkte auf dem Markt oder das Ermitteln der Zahlungsbereitschaft des Kunden für ein Produkt mit neuen Funktionen (Perceived-Value-Pricing) ermitteln. Für den Fall einer Neukonstruktion wurde die CONJOINT-ANALYSE vorgestellt. In jedem Fall können auf der Basis der technischen Anforderungen geschätzte Kostenstrukturen ermittelt werden (vergleiche /Ehrs-95/ /EhKiLi-98/). Nachdem eine Funktionsstruktur erarbeitet wurde, kann die Wertanalyse verwendet werden.

**Tabelle 3.7:** Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel zur Berücksichtigung der Kosten

<b>Methode Hilfsmittel</b>	<b>wichtigstes Ergebnis</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Anmerkung</b>
Preisvergleich	Zielkosten für die Entwicklung	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voraussetzung ist Existenz ähnlicher Produkte</li> <li>• Einsatz: 1. Arbeitsschritt</li> </ul>
Perceived-Value-Pricing	Zielkosten für die Entwicklung	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voraussetzung ist Existenz ausreichender Menge ähnlicher Produkte</li> <li>• Einsatz: 1. Arbeitsschritt</li> </ul>
Kostenstrukturen	Erkennen von Kosten-schwerpunkten	mittel bis hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• graphische Dokumentation der Ergebnisse erhöhen Anschaulichkeit der Struktur</li> <li>• Einsatz: 3. Arbeitsschritt</li> </ul>
Conjoint-Analyse	Zielkosten für Realisierung von bestimmten Produkteigenschaften	mittel bis hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration von Kunden sinnvoll</li> <li>• Einsatz: 3. Arbeitsschritt</li> </ul>

## 3.4 Ermitteln von konkreten Vorgehensweisen mit Hilfe des erweiterten methodischen Konzepts

Aus der Darstellung des erarbeiteten Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen (Bild 3.1) werden vor allem die wesentlichen Arbeitsschritte sowie die zur Verfügung stehenden Methoden und Hilfsmittel zur Bearbeitung dieser ersichtlich.

In diesem Kapitel wird erläutert, wie das Konzept verwendet werden kann, um eine konkrete Vorgehensweise für die gegebenen Randbedingungen in einem Unternehmen

abzuleiten. Zu diesem Zweck wird zunächst der Einsatz der Elemente des erarbeiteten Konzepts beschrieben. Um weiterhin die Anwendbarkeit sowie die Allgemeingültigkeit des Konzepts zu belegen, werden anschließend exemplarisch für typische Anwendungsfälle denkbare Vorgehensweisen abgeleitet und präsentiert.

### 3.4.1 Verwendung der Konzeptelemente

Im Idealfall sollen die einzelnen Arbeitsschritte möglichst sequentiell abgearbeitet werden. Durch den meist starken Zeitdruck, dem sich die Unternehmen, wollen sie im immer härter werdenden Wettbewerb bestehen, aussetzen müssen, muß die Vorgehensweise oftmals drastisch gekürzt werden, soll sie überhaupt zum Einsatz kommen. Da aber Anpassungs- und Variantenkonstruktionen gegenüber Neukonstruktionen das Gros der Entwicklungen ausmachen, sind in der Regel große Teile der zu erhebenden und zu übersetzenden Daten hinlänglich auch in Form von technischen Parametern bekannt. Hier gilt es, mit Hilfe der Methodik vor allem das bestehende Defizit wettzumachen, was hinsichtlich des Aufwands eine deutliche Reduzierung bedeutet. Die spezifischen Randbedingungen einzelner Unternehmen, wie beispielsweise straffe Organisationsformen und flache Hierarchien, können zwar nicht unbedingt die Anwendung einzelner (Unter-)Arbeitsschritte überflüssig machen, aber den zu leistenden Aufwand merklich eingrenzen. Im Falle einer konkreten Bestellung eines existierenden Produkts mit lediglich modifizierten Eigenschaften oder Parametern, wie andere Leistung eines Antriebsmotors, können Arbeitsschritte sogar unabhängig von der betrieblichen Organisation übersprungen werden.

Aber selbst bei größter Sorgfalt und Durchführung aller Arbeitsschritte sind ergänzende oder korrigierende Iterationen nicht zu vermeiden, will man den Grund der Anwendung der Methode - nämlich die Entwicklung **marktgerechter** Produkte - nicht in Frage stellen. Ein sorgfältiges Vorgehen kann die Menge und Auswirkungen der erforderlichen Änderungen jedoch deutlich senken. Je später erkannt wird, daß eine Anforderung nicht erfaßt wurde, um so gravierender sind die finanziellen Folgen. Im schlimmsten Fall kann eine nicht berücksichtigte Kundenanforderung dazu führen, daß das Produkt nicht abgesetzt werden kann. Konkretisierende Anforderungen müssen mit fortschreitender Entwicklung kontinuierlich ergänzt werden. Abhängig davon, welchen Ursprung diese haben (Kunde, Gesetzgeber, Entwicklungsteam o.ä.), können beim Hinzufügen mitunter ein oder zwei Arbeitsschritte des vorliegenden Konzepts übersprungen werden.

Zur Durchführung der Arbeitsschritte muß Mitarbeitern Verantwortung übertragen werden. Die fachliche Ausrichtung bzw. Qualifikation, die für die Bearbeitung des jeweiligen

Arbeitsschrittes vorteilhaft ist, geht aus der Zusammenstellung der einzubeziehenden Unternehmensbereiche hervor. Wie bereits erwähnt, können und sollen dabei die aufgeführten Bereiche - in Abhängigkeit von den unternehmensspezifischen Gegebenheiten - durch weitere Bereiche oder mitunter eingerichtete, speziell definierte Funktionen im Unternehmen ergänzt oder sogar ersetzt werden, die entsprechendes Know-how bzw. Informationen bereitzustellen in der Lage sind.

Im Zuge des Entscheidungsspielraums bei der aufgabenangepaßten Zusammensetzung des Entwicklungsteams können Experten aus den weiterhin differenziert aufgeführten Bereichen bereits Mitglied des Entwicklungsteams sein. In diesem Fall muß gleichermaßen aufgrund der Randbedingungen entschieden werden, ob weitere Experten einbezogen werden müssen bzw. - aus Kapazitäts- und Kostengründen - auch können. Existieren im eigenen Unternehmen ein oder mehrere auf die angegebenen Fachrichtungen spezialisierte Bereiche nicht, so sollten, sofern unternehmensintern vorhanden, adäquate Wissensträger aus anderen Bereichen oder aber externe Experten hinzugezogen werden.

Welche Methoden und Hilfsmittel für die Bearbeitung eines Arbeitsschrittes angewendet werden, bleibt grundsätzlich dem Anwender überlassen. Dieser sollte sich bei der Auswahl stets das Verhältnis zwischen zu tätigendem Aufwand und dem erreichten Nutzen vor Augen halten. So ist beispielsweise im ersten Arbeitsschritt im Rahmen der Kundendimension die Sekundärforschung dem Interview vorzuziehen, wenn es lediglich um die Sichtung des Marktes und nicht um die detaillierte Erfassung auch verdeckter Kundenbedürfnisse geht. Weiterhin ist der Einsatz des HOUSE OF QUALITY für die Sichtung der Konkurrenz im Rahmen der Vervollständigung der technischen Anforderungen nur dann effizient, wenn es bereits für die Übersetzung der Kundenanforderungen in technische Anforderungen verwendet wurde. Obwohl die Anzahl der einsetzbaren Methoden für einen (Teil-)Arbeitsschritt aufgrund der Effektivitätsbetrachtungen teilweise reduziert wird, bleibt die Flexibilität des Gesamtkonzepts gewährleistet. Die Methoden bauen nicht zwangsweise aufeinander auf, so daß stets alternative Vorgehensweisen zur Verfügung stehen. Im Falle eines Einsatzes des HoQ zur Einbeziehung der Konkurrenz bietet der Methodenbaukasten weitere, von diesem Werkzeug unabhängige Methoden, wie die in der Kundendimension zur Marktforschung vorgeschlagenen, an.

Um dem ungeübten Anwender des erweiterten Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen die Auswahl der Methoden und Hilfsmittel zu erleichtern, sind in den Begriffsdefinitionen (Kapitel 8) knappe Beschreibungen der aufgeführten Methoden und Hilfsmittel zu finden. Die Kurzbeschreibungen umfassen Verweise auf die ausführlicheren,

bewertenden Erläuterungen im Rahmen der durchgeführten Analyse wissenschaftlicher Ansätze sowie auf weiterführende Literatur. Die die Analyse zusammenfassende, tabellarische Übersicht erweitert das Konzept um die übrigen im Rahmen der Analyse untersuchten, jedoch nicht in den Methodenbaukasten aufgenommenen Methoden und Hilfsmittel. Die Methoden und Hilfsmittel sind in der Tabelle unter den einzelnen Dimensionen gemäß den jeweils unterstützten Kriterien eingeordnet, zusätzlich entsprechend ihrer Bewertung sortiert sowie mit Quellenangaben verknüpft. Sind die am besten bewerteten Methoden und Hilfsmittel auf Grund besonderer Randbedingungen in einem Unternehmen nicht anwendbar, kann auf diese Weise schnell ein anderes Hilfsmittel identifiziert, beurteilt und mit Hilfe der um spezifische Seitenangaben konkretisierten Quellenangaben auf ausführliche Erläuterungen zugegriffen werden (siehe Anhang A).

### 3.4.2 Exemplarische Verwendung des Konzepts

Um einerseits die allgemeine Anwendbarkeit des erweiterten methodischen Konzepts zu beweisen und andererseits zu zeigen, wie die Anwendung desselben gedacht ist, werden in diesem Kapitel für typische Anwendungsfälle konkrete Vorgehensweisen zur Anforderungserfassung und -handhabung aus dem beschriebenen Konzept abgeleitet. Da die Anwendungsfälle zu diesem Zweck möglichst unterschiedlich ausfallen sollten, gilt es, über eine geringe Anzahl von Szenarien eine grundsätzliche und weitgehende Abdeckung aller Anwendungsmöglichkeiten zu erreichen. Wichtigstes Kriterium bei der Auswahl ist dabei der Einfluß auf die Erfassung der Anforderungen, da verschiedene Anwendungen des Konzepts diskutiert werden sollen.

Entscheidende Auswirkungen auf die für die Erfassung und Handhabung von Anforderungen erforderlichen Aktivitäten hat die Konstruktionsart. In der Literatur werden die Konstruktionsarten nach vielfältigen Kriterien unterschieden /Ehrs-95/ /PaBe-97/ /UIEp-95/. Zwei dieser Unterscheidungen werden wegen ihrer Bedeutung für die Zusammenstellung der Anforderungen hier in Betracht gezogen:

- Unterscheidung nach Neu- und Anpassungskonstruktion<sup>28</sup>
- Unterscheidung zwischen MARKET-PULL- und TECHNOLOGY-PUSH-SITUATION<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Bei einer **Neukonstruktion** liegt eine neue Konstruktionsaufgabe vor, für die erst die neuen Kundenanforderungen erfaßt werden müssen.

Bei einer **Anpassungskonstruktion** sind die Aufgabenstellung und die Lösung weitgehend bekannt, und es wird hauptsächlich die Gestaltung an veränderte Randbedingungen angepaßt. Die Veränderung einer solchen Randbedingung kann eine Kundenanforderung sein, die an Bedeutung gewonnen hat, wie die bessere Umweltverträglichkeit eines Produkts.

Die Unterscheidung hinsichtlich des Auslösers der Entwicklung, also zwischen Technology-Push und Market-Pull, ist zusätzlich wegen der beabsichtigten Unterstützung der Kreativität des Produktentwicklers hier von besonderem Interesse. Durch das Aufstellen einer Vorgehensweise bei der Anforderungserfassung und -handhabung für eine Technology-Push-Situation kann überprüft werden, ob das in dieser Arbeit vorgestellte Konzept auch auf einen Fall anwendbar ist, bei dem der Konstrukteur eine neue, kreative Erfindung außerhalb der systematischen Produktplanung macht, die dann marktgerecht umgesetzt werden soll.

Durch die systematische Kombination der Konstruktionsarten mit den genannten Auslösesituationen für Entwicklungsprozesse ergeben sich vier typische Entwicklungsszenarien. Diese bilden die Grundlage für die exemplarische Anwendung des erarbeiteten Konzepts. In Tabelle 3.8 sind die anforderungsspezifischen Ausgangsbedingungen der sich ergebenden Szenarien angegeben. Sie sind in jeweils in die Felder der aufgespannten Matrix eingetragen, die das entsprechende Szenario repräsentiert.

**Tabelle 3.8:** Anforderungsspezifische Ausgangsbedingungen der vier Entwicklungsszenarien, die sich aus der Kombination von Konstruktionsarten mit spezifischen Auslösesituationen für Entwicklungsprozesse ergeben

Auslöser		
Konstruk-tionsarten	<b>Technology-Push-Situation</b>	<b>Market-Pull-Situation</b>
<b>Neukonstruktion</b>	<i>gesucht werden:</i> • unerfüllte Anforderungen	<i>durch Produktplanung festgestellt:</i> • unerfüllte Anforderungen
<b>Anpassungs-konstruktion</b>	<i>gesucht werden:</i> • nicht vollständig erfüllte Anforderungen • veränderte Anforderungen • Kostensenkungspotentiale	<i>durch Produktplanung festgestellt:</i> • Anforderungen nicht vollständig erfüllt • Anforderungen verändert • Kosten zu hoch

Für die exemplarische Ermittlung konkreter Vorgehensweisen zu den ausgewählten vier Entwicklungsszenarien wird wegen der an dieser Stelle beabsichtigten Vergleichbarkeit übereinstimmend davon ausgegangen, daß für die Entwicklung des Produkts ein interdisziplinäres Team gebildet wird, dessen Kern aus Mitarbeitern des Marketing, der Konstruktion und der Produktion besteht. Alternativ kann die Entwicklung auch auf

<sup>29</sup> Nach Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ wurde bei einer **Market-Pull-Konstruktion** ein Marktsegment mit einem Kundenbedürfnis gefunden, für das ein Produkt entwickelt werden soll.

Bei einer **Technology-Push-Konstruktion** liegt dagegen bereits eine neue Technik vor, für die dann ein Kundenbedürfnis und ein Marktsegment gesucht werden.

traditionelle Art und Weise von der Konstruktionsabteilung durchgeführt werden, wobei dann eine enge Zusammenarbeit mit dem Marketing und der Produktion vorausgesetzt wird.

Die abgeleiteten Vorgehensweisen basieren auf dem in Bild 3.1 veranschaulichten Konzept und werden je in einer Übersicht dargestellt. Sie sind jeweils in *Arbeitsschritte* und unterhalb dieser Ebene in *Teilarbeitsschritte* untergliedert. Aus Umfangsgründen werden hier ausschließlich besondere Hintergründe für die Auswahl einzelner Teilarbeitsschritte exemplarisch detaillierter betrachtet.

#### **3.4.2.1 Neukonstruktion bei einer Market-Pull-Situation**

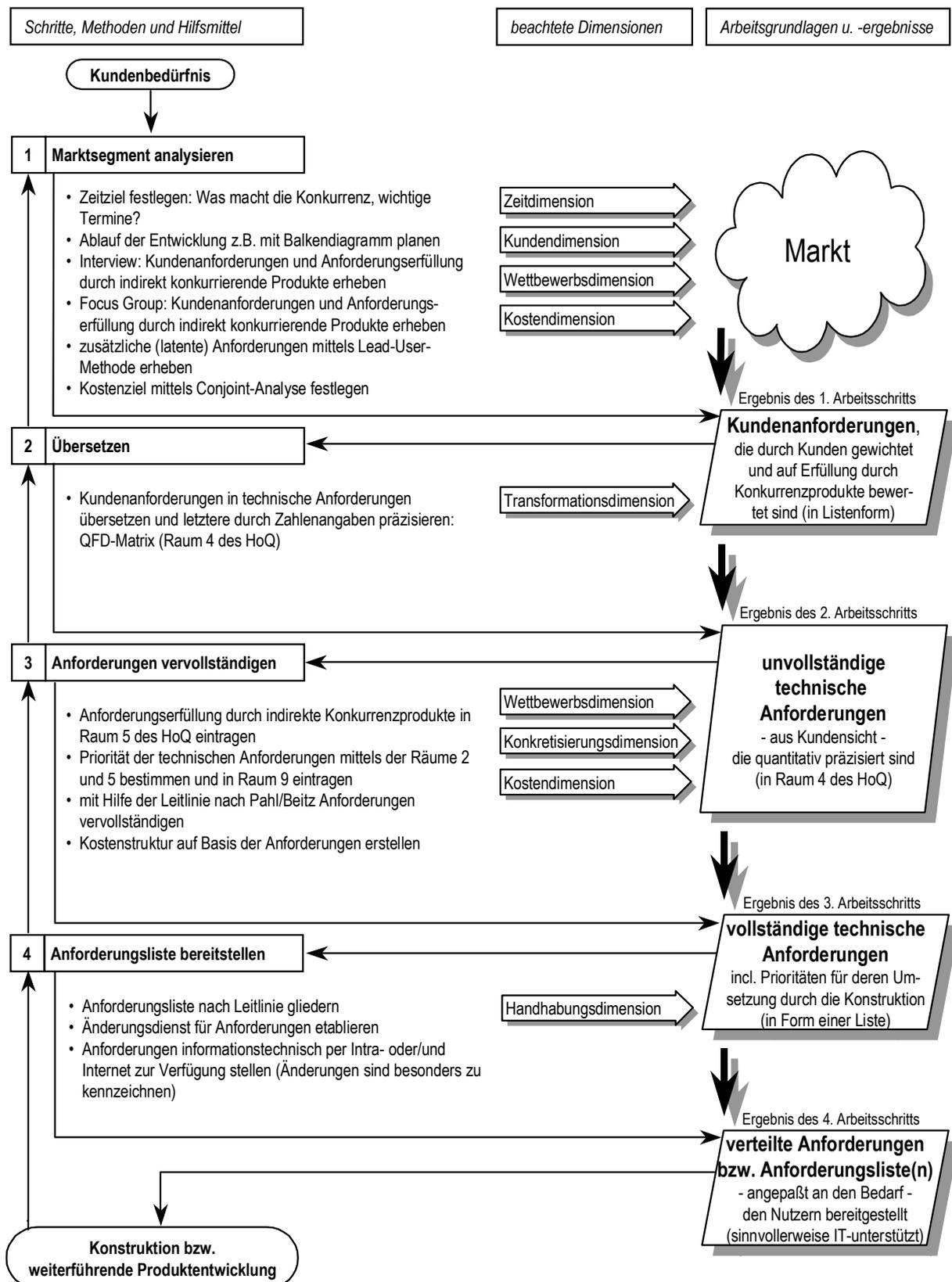
Auslöser des hier betrachteten Prozesses zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen ist ein vom Unternehmen erkanntes, erfolgversprechendes Marktsegment. Dieses resultiert aus einem KUNDENBEDÜRFNIS, das von keinem existierenden Produkt befriedigt wird. Weiterhin erscheint der potentielle Absatz im ermittelten Marktsegment groß genug, um die Durchführung einer erforderlichen Neuentwicklung zu rechtfertigen.

Idealerweise ist das Marktsegment aus einer systematischen Produktplanung, wie sie beispielsweise Urban und Hauser /UrHa-98/ oder Pahl und Beitz /PaBe-97/ beschreiben, hervorgegangen. Diese wird hauptsächlich von der Unternehmensführung und dem Marketing durchgeführt. Durch regelmäßige Teamsitzungen sollte aber auch das spezifische Know-how der Konstruktion sowie der Produktion in die Produktplanung einbezogen werden.

Bild 3.2 zeigt eine Anwendung des erweiterten methodischen Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen.

##### **Erster Arbeitsschritt**

Hauptziel des ersten Arbeitsschrittes dieses Szenarios ist die Präzisierung und Erweiterung des ermittelten Kundenbedürfnisses zu einer vollständigen Definition der Entwicklungsaufgabe aus der Sicht des Kunden sowie die Absicherung der geplanten Entwicklung gegenüber der Konkurrenz. Aus diesem Grund muß zunächst das Zeitziel für die Entwicklung festgelegt werden, sofern dies noch nicht im Rahmen der Produktplanung erfolgt ist. Sekundärquellen können neben zeitlichen Randbedingungen, wie Termine von wichtigen Messen, auch Hinweise zu vorhandenen Aktivitäten der Konkurrenz in diesem Segment (Wettbewerbsdimension) liefern. Mit Hilfe des definierten Zeitziels kann dann - wie in Bild 3.2 angegeben - die Planung des Entwicklungsprozesses angestoßen werden (Einflußgröße Zeit).



**Bild 3.2:** Mögliche Vorgehensweise bei einer Neukonstruktion in einer Market-Pull-Situation

Auf der Grundlage einer Analyse von Sekundärquellen, die unter Umständen bereits während der Produktplanung durchgeführt wurde, müssen anschließend alle

Kundenanforderungen ermittelt und durch die Kunden hinsichtlich ihrer Bedeutung beurteilt werden. Hierzu wird die Durchführung von Interviews empfohlen. Welche Anzahl von Interviews für ein statistisch abgesichertes Ergebnis erforderlich sind, geben Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ sowie Griffin und Hauser /GrHa-93/ an. Die vorgeschlagenen Interviews mit Lead-Usern sollen vor allem latente Kundenbedürfnisse offenlegen, wozu aufgrund der besonderen Erfahrung dieser Kundengruppe hinsichtlich der Nutzung von Vorgängerversionen des Produkts nur wenige Interviews erforderlich sind. Der hierbei entstehende, direkte Kontakt zwischen Kunden und Produktentwickler erleichtert letzterem die korrekte Interpretation der Kundenanforderungen sowie das Verständnis für diese. Ist die anlaufende Produktentwicklung voraussichtlich sehr umfangreich, sollten des weiteren wenige FOCUS GROUPS organisiert werden, da auf diesem Wege auch das Management mit den Kundenbedürfnissen direkt konfrontiert wird. Unter Umständen erforderlich werdender, erhöhter Entwicklungsaufwand ist so leichter gegenüber dem Management zu rechtfertigen bzw. überhaupt erst durchzusetzen (Kundendimension).

Der Wettbewerbsdimension kann ebenfalls über die vorgeschlagenen Erhebungsmethoden Rechnung getragen werden, indem ergänzend die Anforderungserfüllung durch Konkurrenzprodukte differenziert hinterfragt wird.

Das Kostenziel wird aus Mangel an für einen Preisvergleich erforderlichen, vergleichbaren Produkten mittels einer Conjoint-Analyse festgelegt (Einflußgröße Kosten). Damit ist das Entwicklungsziel aus der Sicht des Kunden vervollständigt.

### **Zweiter Arbeitsschritt**

Die Transformation der erfaßten Kundenanforderungen in technische Anforderungen sowie deren, wenn möglich, quantitative Präzisierung soll von denselben Personen durchgeführt werden, die die Kundenanforderungen erhoben haben oder zumindest daran beteiligt waren. Dadurch müssen nur im Einzelfall Hilfsmittel zum Analysieren und Verstehen der Kundenanforderungen wie die Abstraktionstechnik angewendet werden. Direkte Rückkopplungen mit dem Kunden sind auf jeden Fall der sicherste Weg, eine dennoch auftretende Unsicherheit hinsichtlich der Übersetzung in technische Anforderungen auszuräumen.

Zum Übersetzen soll gemäß des erweiterten methodischen Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen das House of Quality verwendet werden. Auch wenn zu dessen Erzeugung eines der von Danner /Dann-96/ genannten Rechnerwerkzeuge eingesetzt wird, empfiehlt sich, als Diskussionsgrundlage für abgleichende Teamsitzungen eine

großformatige Papierversion zu erzeugen, da durch den am Bildschirm lediglich darstellbaren Ausschnitt des HoQ die das Werkzeug ausmachende Übersichtlichkeit verlorengeht. Die Übersetzungsergebnisse sowie eventuell diesen vorausgegangene Argumentationen sollten möglichst während der Sitzung elektronisch erfaßt werden, um auch die verwendeten Formulierungen allgemein abzusichern. Ist das nicht möglich, sollte eine direkt im Anschluß an die Sitzung erzeugte Zusammenstellung den Sitzungsteilnehmern zur Kenntnis mit Einspruchsrecht übermittelt werden. Die elektronische Erfassung der Anforderungen vereinfacht nicht nur die angesprochene Verteilung des Anforderungsdokuments, beispielsweise via E-Mail, sondern reduziert auch den anfallenden Änderungsaufwand und wirkt sich positiv auf die Unterstützung der Handhabung der Anforderungen aus.

### **Dritter Arbeitsschritt**

Ziel des dritten Arbeitsschrittes ist es, die bisher ausschließlich auf der Basis der Kundenanforderungen erarbeiteten technischen Anforderungen zu vervollständigen und sämtliche Anforderungen hinsichtlich ihrer Bedeutung zu bewerten.

Zur Evaluierung der aus den Kundenanforderungen abgeleiteten, technischen Anforderungen werden als erstes die im ersten Arbeitsschritt erhobenen Informationen über die Anforderungserfüllung durch Konkurrenzprodukte in das House of Quality übernommen. In der in Kapitel 3.3.3 (Konkretisierungsdimension) beschriebenen Weise wird daraus eine Priorität der einzelnen technischen Anforderungen für die Konstruktion abgeleitet, die in Raum 9 des HoQ eingetragen wird (Wettbewerbsdimension). Ein Ausfüllen der Räume 7 und 8 des HoQ ist in diesem Zusammenhang nicht erforderlich.

Zum Vervollständigen der technischen Anforderungen wird, wegen der Übersichtlichkeit des Hilfsmittels, die Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ in der Vorgehensweise verwendet. Da keine vergleichbaren Produkte für das vorliegende Szenario existieren, ist zunächst die Berücksichtigung aller Hauptmerkmale der Leitlinie durch Anforderungen wichtiger als ein hoher Detaillierungsgrad einzelner Merkmale. Auf diese Weise kann das Vergessen von Anforderungsbereichen weitgehend vermieden werden.

Die ergänzten technischen Anforderungen müssen anschließend ebenfalls durch Zahlenangaben präzisiert und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Realisierung eingestuft werden. Für diese Teilarbeitsschritte kann auf die Einbeziehung der Kunden jedoch verzichtet werden, da es sich hier ausschließlich um die Bewertung von Anforderungen rein technischen Ursprungs handelt. Weil diese aber über die umzusetzenden Produkteigenschaften mit den aus den Kundenanforderungen ermittelten technischen Anforderungen verknüpft sind, müssen

deren Abhängigkeiten beachtet werden. Dazu bietet sich die Nutzung der Korrelationsmatrix (Raum 7) des HoQ an, zu welchem Zweck die Anforderungen rein technischen Ursprungs im HoQ ergänzt werden müßten. An dieser Stelle muß abgewogen werden, ob der zu leistende Aufwand im Falle der vollständigen Anwendung des HoQ durch den erreichbaren Nutzen zu rechtfertigen ist. Im vorliegenden Szenario wird von diesem Schritt abgesehen, da die Wahrscheinlichkeit von nachbessernden oder konkretisierenden Iterationen durch die Neukonstruktion sehr hoch sind. Diese Änderungen sind aber nur mit sehr hohem Aufwand in ein bestehendes HoQ einzuarbeiten. Die oben erwähnte Abhängigkeit der einzelnen Anforderungen muß bei der Bewertung und Priorisierung der ergänzten technischen Anforderungen durch ein interdisziplinäres Entwicklungsteam abgeschätzt werden.

Die vollständige Sammlung der technischen Anforderungen wird dann beispielsweise in einer Anforderungsliste nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ zusammengetragen. Eine wesentliche Vereinfachung dieses Arbeitsschrittes kann eine durchgängige Rechnerunterstützung der verwendeten Hilfsmittel bewirken, da die Übertragung dann ein reines Kopieren elektronischer Daten wäre, die zusätzlich beliebig formatierbar an die neuen Randbedingungen eines Dokuments angepaßt werden könnten.

Die letzten beiden Hauptmerkmale der Leitlinie nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ sind Kosten und Termine, die hier als Einflußgrößen berücksichtigt werden. Eine erste Zeitplanung erfolgte bereits im ersten Arbeitsschritt, die durch eine Arbeitsplanung oder -vorbereitung mit zunehmender Konkretisierung der Entwicklung kontinuierlich nachgeführt bzw. detailliert werden muß. Das Festsetzen von Terminen für die Umsetzung einzelner Anforderungen ist bei einer Neukonstruktion nur möglich, wenn die Abhängigkeiten der Anforderungen untereinander, z.B. mit Hilfe der Korrelationsmatrix des HoQ (Raum 7), analysiert werden. Daraus läßt sich eine sinnvolle zeitliche Abfolge für deren Umsetzung erarbeiten. Da die Korrelationsmatrix jedoch in diesem Szenario nicht verwendet wird, kann die Terminplanung erst erfolgen, nachdem eine prinzipielle Festlegung (siehe Pahl und Beitz /PaBe-97/) des zu entwickelnden Produktes abgeschlossen ist<sup>30</sup>.

Zum Beachten der Einflußgröße Kosten kann eine Kostenstruktur auf der Basis der Anforderungen erstellt werden. Wenn die Umsetzung einer technischen Anforderung, die auf einer Kundenanforderung von geringer Bedeutung beruht und von keinem Konkurrenzprodukt

---

<sup>30</sup> Hilfsmittel zur Arbeitsplanung insbesondere vor dem Hintergrund der Zeiteinsparungen durch SIMULTANEOUS ENGINEERING stellen auch Eppinger, Whitney, Smith und Gebala /EpWhSmGe-94/ sowie Kusiak und Wang /KuWa-93/ vor. In beiden Fällen werden hierbei die eine bestimmte Arbeitsreihenfolge bedingenden Abhängigkeiten der Konstruktionsparameter berücksichtigt.

erfüllt wird, als sehr kostenintensiv eingeschätzt wird, sollte diese nicht weiter verfolgt werden.

#### **Vierter Arbeitsschritt**

Bei einer Neukonstruktion existiert zu diesem Zeitpunkt weder eine Funktions- noch eine Baustruktur, die als anschauliche produktbezogene Gliederungsgrundlage für eine anwendergerechte Bereitstellung der Anforderungen dienen kann. Die Gliederung bleibt somit auf thematische Zusammengehörigkeit der Anforderungen beschränkt, die aber mit Hilfe von systematisch aufgebauten Leitlinien eine leicht nachvollziehbare Zuordnung ermöglicht. Der in Bild 3.2 aufgeführte, einzurichtende Änderungsdienst hat beispielsweise die Aufgaben, sich um den Aufbau und die Einrichtung eines derartigen Gliederungssystems zur anwendergerechten Bereitstellung der Anforderungen zu kümmern sowie dieses kontinuierlich zu pflegen.

Wie bereits erwähnt, soll die elektronische Erfassung der Anforderung mit dem Definieren der technischen Anforderungen aus der Sicht der Kunden beginnen. Vor dem Hintergrund der angestrebten durchgängigen Rechnerunterstützung muß die Schnittstelle beim Vervollständigen der Anforderungen mit Hilfe der Leitlinie nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ derart gestaltet sein, daß die Anforderungen direkt in eine standardisiert bereitgestellte, leicht modifizierbare Gliederungsstruktur eingefügt werden können. Auf die mögliche Ausprägung weiterer, die Handhabung der Anforderungen unterstützender Randbedingungen wird im Zusammenhang mit der Erarbeitung eines IT-unterstützten Werkzeugs zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen differenziert eingegangen.

#### ***3.4.2.2 Neukonstruktion bei einer Technology-Push-Situation***

Bei diesem Szenario wird die Produktentwicklung durch die Entwicklung einer neuen Technologie herbeigeführt. Für diese Technologie bzw. für die darauf aufbauenden ersten Produktideen gilt es, ein Marktsegment zu finden, in dem die potentielle Nachfrage groß genug ist, um eine erforderliche Neuentwicklung zu rechtfertigen. Wegen des technischen Ursprungs des Anstoßes müssen die Mitglieder des Entwicklungsteam zur umfassenden Abschätzung der zu beachtenden Randbedingungen und möglichen Einflußfaktoren stark in die Produktplanungsaktivitäten einbezogen werden. Eine denkbare, sich aus der Anwendung des erweiterten methodischen Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen ergebende Vorgehensweise für eine Neukonstruktion im Falle einer Technology-Push-Situation ist in Bild 3.3 dargestellt.

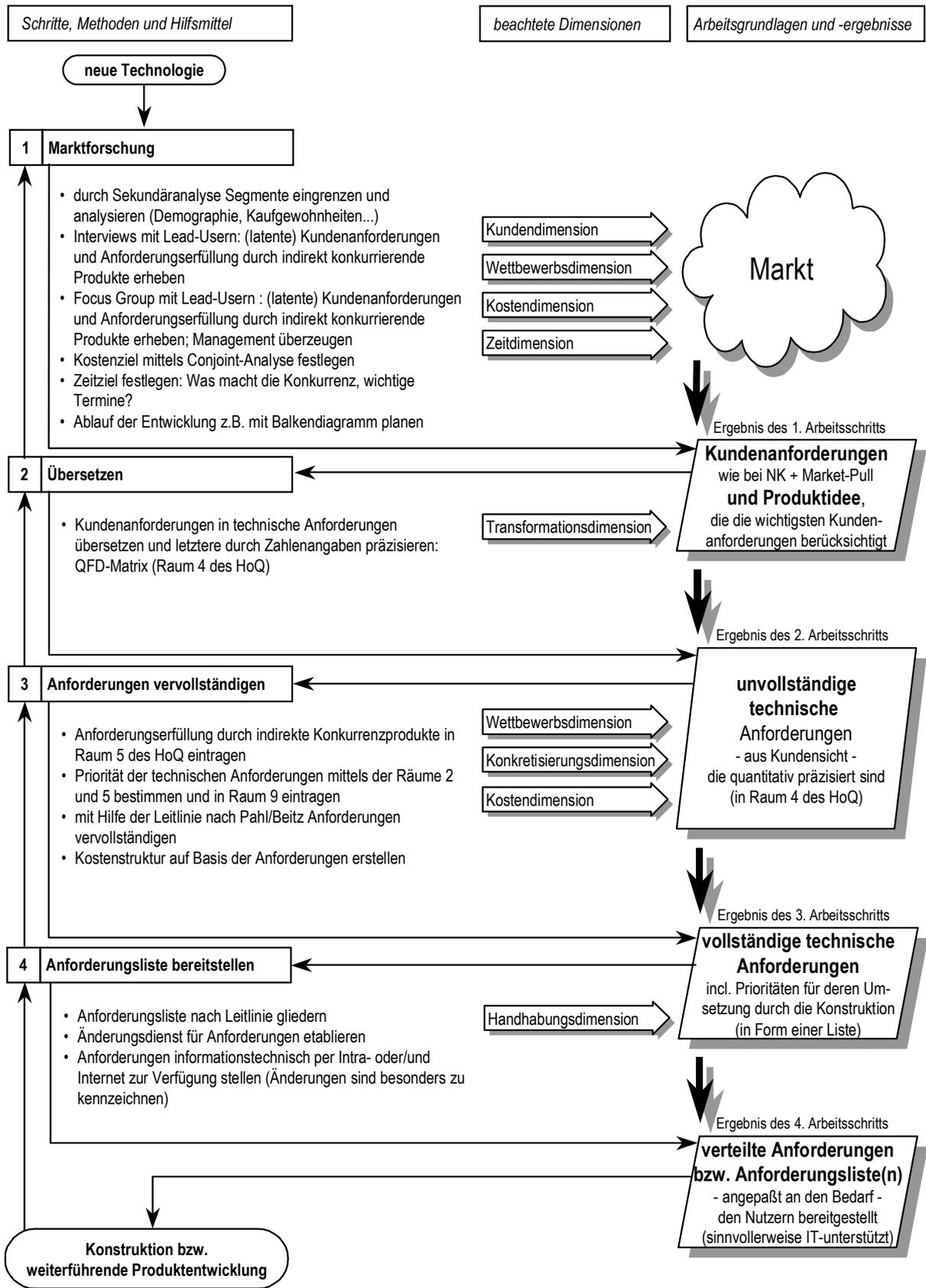


Bild 3.3: Mögliche Vorgehensweise bei einer Neukonstruktion in einer Technology-Push-Situation

### Erster Arbeitsschritt

Auch im Falle des Technology-Push wird zunächst die Sekundärliteratur ausgewertet, um die Effektivität der Folgeschritte zu verbessern. Es können z.B. Veröffentlichungen des statistischen Bundesamtes oder Untersuchungen von Marktforschungsunternehmen verwendet werden, um demographische Merkmale, Käuferverhalten und unter Umständen sogar Kundenbedürfnisse von spezifischen Marktsegmenten zu erfassen. In diesem Zusammenhang sind Analyseverfahren wie die Portfolio-Analyse oder die Produkt-Markt-Matrix von besonderem Nutzen, da mit diesen strategische Freiräume am Markt aufgedeckt werden können. Mit Hilfe der Sekundärliteratur können so einerseits passende Marktsegmente abgegrenzt und andererseits die anschließend durchzuführenden Kundenbefragungen zielgerichtet aufgebaut werden (Kunden- und Wettbewerbsdimension).

Für die Kundenbefragungen kommen auch hier Interviews und Focus Groups zum Einsatz. Da eine neue Technologie mitunter einigen Kundenbedürfnissen entgegenkommt, aber auch vorher nicht bewußte Bedürfnisse erwecken kann, muß in diesem Teilarbeitsschritt dem Offenlegen von latenten Kundenbedürfnissen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Wahrscheinlichkeit, das Wechselspiel zwischen dem Nutzen der neuen Technologie und bekannten Randbedingungen korrekt zu erfassen, ist bei Lead-Usern höher einzustufen als bei durchschnittlichen Kunden. Aus diesem Grund sollten insbesondere diese in diesem Zusammenhang befragt werden (Kundendimension). Darüber hinaus sind Focus Groups verstärkt einzusetzen, wenn das Management vom Erfolgspotential der neuen Technologie noch zu überzeugen ist. Gleichzeitig kann mit Hilfe der beschriebenen Befragungsmethoden die Anforderungserfüllung durch indirekt konkurrierende Produkte ermittelt werden (Wettbewerbsdimension).

Für die Festlegung des Kostenziels gelten für die Neukonstruktion in einer Technology-Push-Situation die gleichen Randbedingungen wie beim vergleichbaren Market-Pull-Szenario.

Ein Ziel dieses Arbeitsschrittes ist die Auswahl einer weiterzuverfolgenden Produktidee. Die Gegenüberstellung der vorgegebenen Kostenziele und der entsprechenden potentiellen Absatzfähigkeit in den ermittelten Marktsegmenten ermöglicht diese Entscheidung, sofern nicht aufgrund einer konsequent negativen Bilanz dieser Bewertung ein genereller Abbruch der Entwicklung veranlaßt werden muß.

Ist jedoch eine erfolgversprechende Produktidee mit entsprechendem Marktsegment ermittelt, kann in gleicher Weise, wie bei dem zuvor beschriebenen Market-Pull-Szenario, die Planung der Produktentwicklung angestoßen werden.

## **Arbeitsschritte 2 bis 4**

Die weiteren Arbeitsschritte unterscheiden sich nicht von denen der Neukonstruktion in einer Market-Pull-Situation. Die Anmerkungen aus Kapitel 3.4.2.2 gelten hier in gleichem Maße.

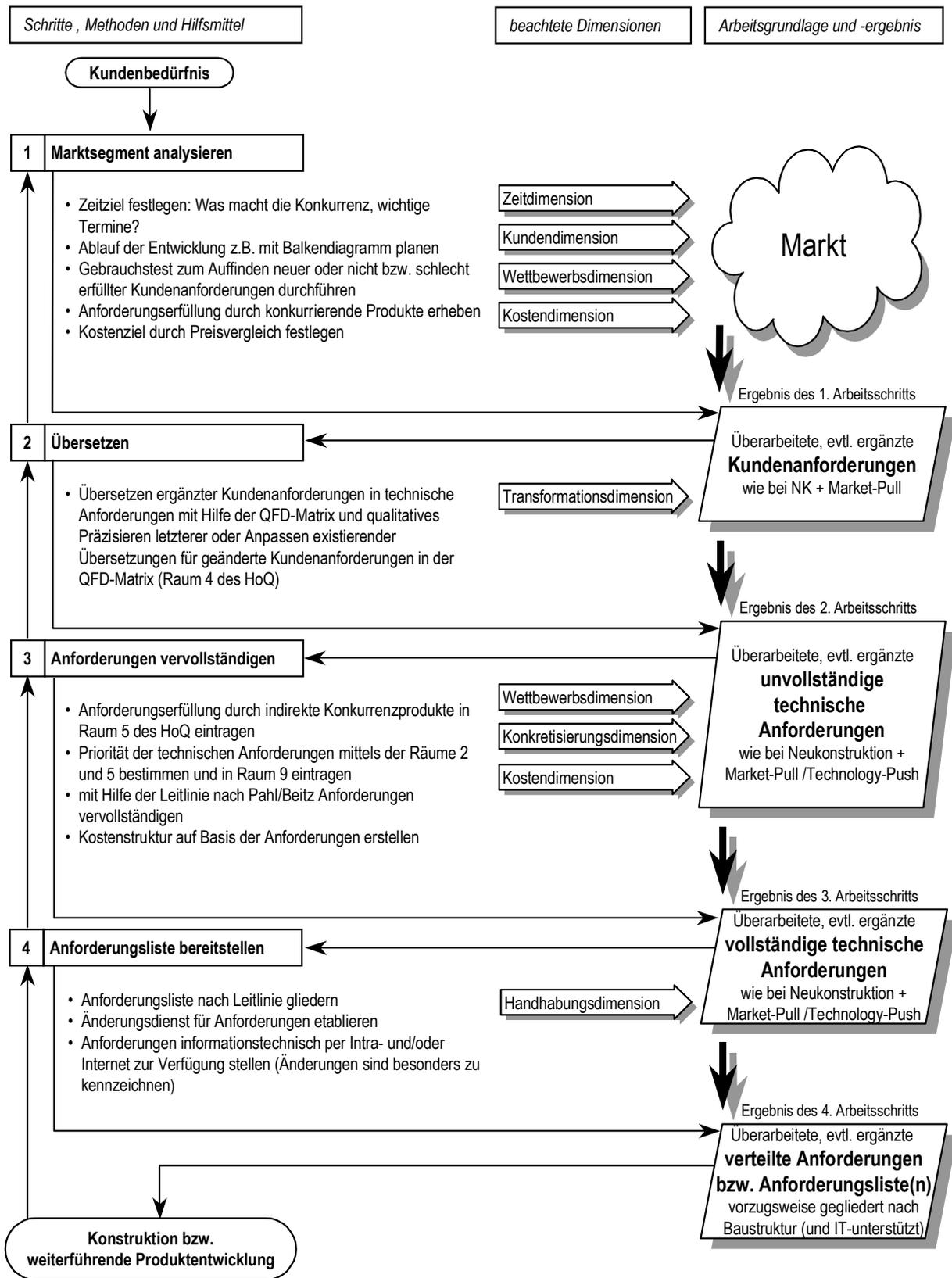
### ***3.4.2.3 Anpassungskonstruktion bei einer Market-Pull-Situation***

Die Erkenntnis, daß eine oder mehrere Produktanforderungen nicht (mehr) zufriedenstellend durch das Produkt erfüllt werden, kann eine marktgetriebene Anpassungskonstruktion zur Folge haben. Gründe hierfür können beispielsweise die Entwicklung besserer Produkte durch Wettbewerber, Veränderung der Kundenanforderungen als Resultat von übergeordneten Einflüssen wie Gesetzgebung oder Trends, aber auch die Notwendigkeit der Reduktion der (Herstell-)Kosten wegen rückläufigen Absatzes, der auf preiswertere Konkurrenzprodukte vergleichbarer Funktionalität zurückzuführen ist, sein. Eine für diesen Fall sinnvolle Vorgehensweise geht aus Bild 3.4 hervor.

#### **Erster Arbeitsschritt**

Aus den Erfahrungen einer oder mehrerer, früherer Entwicklung(en) des konstruktiv zu verbessernden Produkts sind die grundsätzlich anzuwendenden Arbeitsschritte bekannt und die für diese anzusetzenden Zeitrahmen somit von Beginn an kalkulierbar. Aus diesem Grund kann in diesem Szenario als erstes das Zeitziel festgelegt und die Planung der Entwicklung gemäß den Ausführungen in Kapitel 3.4.2.1 unternommen werden (Einflußgröße Zeit).

Die nicht oder schlecht erfüllten sowie die zusätzlich zu berücksichtigenden Anforderungen können mit Hilfe von Gebrauchstests am aktuellen Produkt unter Zuhilfenahme der entsprechenden Anforderungsliste ermittelt werden (Kundendimension), sofern diese aufgestellt wurde (siehe hierzu Otto /Otto-96/ /OtAh-97/). Die Ergebnisse der Tests sollten anschließend durch die Überprüfung der Anforderungserfüllung durch Konkurrenzprodukte erweitert werden, wozu für den direkten Vergleich auch Konkurrenzprodukte bereitgestellt werden können und sollten (Wettbewerbsdimension). Der Einflußgröße Kosten kann durch Preisvergleiche der in diesem Szenario vorhandenen, vergleichbaren Produkte Rechnung getragen werden.



**Bild 3.4:** Mögliche Vorgehensweise bei einer Anpassungskonstruktion in einer Market-Pull-Situation

### **Zweiter und dritter Arbeitsschritt**

Die Durchführung des zweiten Arbeitsschritts ist durch die reine Anwendung der QFD-Matrix in Abhängigkeit von der Existenz einer Vorgängerversion derselben selbsterklärend und wird hier nicht näher betrachtet. Zu der Verwendung des House of Quality im dritten Arbeitsschritt sollen hier nochmals die Potentiale der Informationsgewinnung mit Hilfe dieses Werkzeugs für Anpassungskonstruktionen herausgestellt werden. Ergänzt man die technischen Anforderungen aus Kundensicht mit Hilfe zusätzlicher Hilfsmittel wie der Leitlinie mit Hauptmerkmalen nach Pahl und Beitz /PaBe-97/, erhält man für eine vollständige Sammlung technischer Anforderungen alle erforderlichen Daten über vergleichbare Wettbewerberprodukte, Gewichtungen aus Kundensicht, gegenseitige Abhängigkeiten der Anforderungen bis hin zu einer Priorisierung der Anforderungen für die Konstruktion in einer übersichtlichen, nachvollziehbaren Form.

### **Vierter Arbeitsschritt**

Generell stimmen die dazu vorgeschlagenen Teilarbeitsschritte mit denen der vorigen Szenarien überein. Die Besonderheit in diesem Szenario ist die, wenn möglich, vollständige Erstellung des HoQ. Ziel dieses Arbeitsschrittes sollte nun die anwendergerechte Bereitstellung der enthaltenen Informationen sein. Dazu ist auch eine rechnerunterstützte Form des HoQ nicht geeignet. Die Strukturen sind starr, so daß Ergänzungen, Änderungen oder Konkretisierungen nur umständlich eingebracht werden können. Aus diesem Grunde sollten die erarbeiteten Informationen, insbesondere aber die technischen Anforderungen (Raum 4) und die dazugehörigen Prioritäten für die Konstruktion (Raum 9) in die Anforderungsliste nach Pahl und Beitz /PaBe-97/ übertragen werden. Die flexibel gemäß der gewünschten Eintragungen zu modifizierende Listenform erleichtert zudem die Gliederung der Anforderungen nach der im vorliegenden Fall der Anpassungskonstruktion - zumindest zu großen Teilen - bekannten Baustruktur. Über diese sowie über die unter Umständen ebenfalls vorhandene Funktionsstruktur sollten dann auch die Kostenziele und Terminvorstellungen den Baugruppen oder/und Bauteilen zugeordnet werden.

Auch in diesem Szenario sind die Installation eines Änderungsdienstes sowie die Rechnerunterstützung der Bereitstellung der Anforderungen und deren Ausprägungen sinnvoll.

Der Umstand, daß für ein Vorgängerprodukt bereits ein House of Quality erstellt wurde, kann den Aufwand zur Abarbeitung der beschriebenen Vorgehensweise deutlich senken. Eine Rechnerunterstützung der Erstellung und Nutzung des House of Quality sowie die

anzustrebende Rechnerunterstützung der Anforderungserfassung und Handhabung hilft dabei insbesondere, die wenig anspruchsvollen, aber zeitaufwendigen Kopiertätigkeiten der Kunden- und technischen Anforderungen von früheren in aktuelle Versionen (HoQ) sowie die Übertragung der technischen Anforderungen aus dem HoQ in die vollständige „Anforderungsliste“ zu reduzieren (Handhabungsdimension).

#### ***3.4.2.4 Anpassungskonstruktion bei einer Technology-Push-Situation***

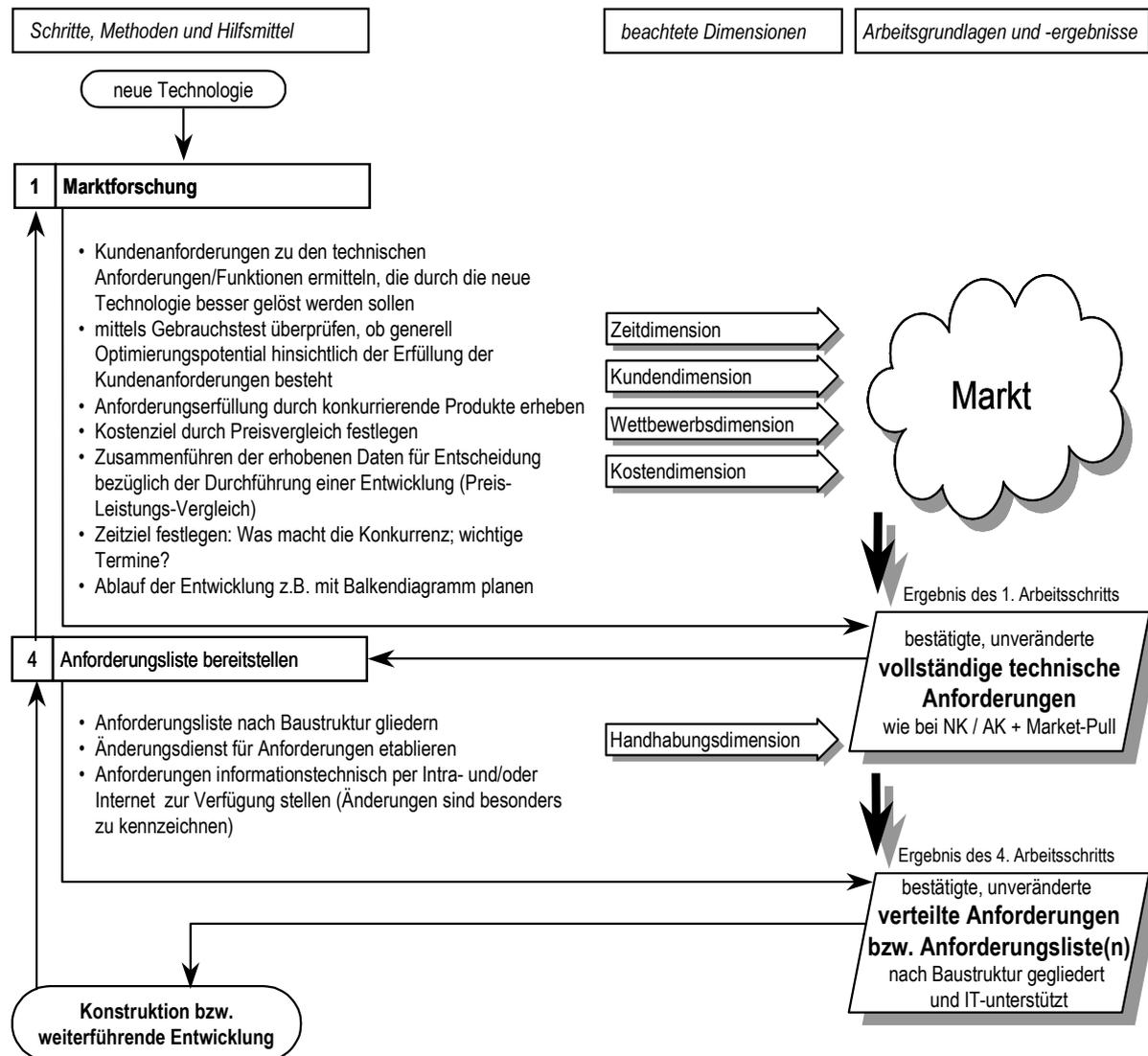
Dieses Szenario deckt den Fall ab, daß ein Unternehmen eine Technologie entwickelt hat, die zur besseren Lösung einer bekannten technischen Anforderung oder einer Funktion eines existierenden Produkts verwendet werden kann. Aus strategischen Gründen kann das Unternehmen den Einsatz dieser Technologie in einem neuen Produkt forcieren, selbst wenn die abgeschätzten Kosten für die Umsetzung eine Weiterverfolgung der anzustellenden Entwicklung theoretisch verbieten würden. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, wenn das Unternehmen sich durch diesen Schritt unter Umständen einen Vorsprung in einem bestimmten Marktsegment verschaffen kann. Die zunächst unvertretbar hohe Investition kann in diesem Fall durch den Zeitvorsprung vertreten werden, den die Konkurrenz braucht, um vergleichbare Funktionalität nachzuliefern, da man in diesem Zeitraum eine Monopolstellung inne hätte.

Der wesentlich häufiger auftretende Fall ist aber der, daß zunächst weitere Randbedingungen und Einflußparameter überprüft werden. Einerseits kann so über eine Weiterverfolgung fundiert entschieden werden, andererseits werden gleichzeitig Anforderungen überprüft und ergänzt. Eine für diesen Fall anwendbare Vorgehensweise ist in Bild 3.5 dokumentiert, wobei das Vorliegen eines House of Quality für das aktuelle Produkt angenommen wird.

#### **Erster Arbeitsschritt**

Zunächst gilt es zu ermitteln, ob tatsächlich Optimierungspotential im aktuellen Produkt besteht, welches den Anstoß einer Anpassungskonstruktion rechtfertigen würde. Hierzu kann mit Hilfe von Gebrauchstests der Erfüllungsgrad der Anforderungen durch die Funktionen des eigenen Produkts überprüft werden (Kundendimension). Mit Hilfe der QFD-Matrix (Raum 4 des HoQ) können zu den potentiell optimierbaren technischen Anforderungen bzw. Funktionen (sind in Raum 3 des HoQ enthalten) die entsprechenden Kundenanforderungen (Raum 1 des HoQ) ermittelt werden. Dazu muß man nur den umgekehrten Weg der Erstellung des HoQ bzw. der QFD-Matrix verfolgen.

Ergänzend sollte dem Gebrauchstest wiederum die Überprüfung der Anforderungserfüllung durch Konkurrenzprodukte angehängt werden. Die erreichte Anforderungserfüllung der Funktionen des eigenen Produktes kann entsprechenden Ergebnissen der Konkurrenzprodukte gegenübergestellt und daraus eventuell vorhandener zusätzlicher Handlungsbedarf erkannt werden (Wettbewerbsdimension).



**Bild 3.5:** Mögliche Vorgehensweise bei einer Anpassungskonstruktion in einer Technology-Push-Situation

Ein durchführbarer Preisvergleich ähnlicher Produkte am Markt (Einflußgröße Kosten) ermöglicht eine Abschätzung des Verhältnisses aus angebotener Leistung zu dem gegebenen (Konkurrenzprodukte) bzw. aufgrund der Einbeziehung der neuen Technologie anzusetzenden Preis der einzelnen, konkurrierenden Produkte. Ist das ermittelte Preis-Leistungs-Verhältnis des angedachten, neuen Produkts nicht besser als die für die Konkurrenz ermittelten Verhältnisse, sollte das Vorhaben eingefroren werden. Ist es besser, muß als nächstes ein

Zeitziel definiert und - wie oben beschrieben - die Entwicklungsplanung begonnen werden (Einflußgröße Zeit).

Abweichend von der dargelegten Vorgehensweise könnte der Gebrauchstest aber auch ergeben, daß durch die neue Technologie latente Kundenbedürfnisse entstanden sind. In diesem Fall würde das weitere Vorgehen dem in Kapitel 3.4.2.2 beschriebenen ähneln. Um die Variabilität des in dieser Arbeit entwickelten Konzepts zu verdeutlichen, wird davon ausgegangen, daß keine neuen Kundenanforderungen entdeckt werden. Dadurch ergibt sich eine stärkere Abweichung bei der Vorgehensweise von den in den drei vorherigen Unterkapiteln erläuterten.

#### **Zweiter und dritter Arbeitsschritt**

Da die neue Technologie gemäß den angenommenen Randbedingungen den gleichen Kundenanforderungen gerecht wird wie zuvor eine andere Lösung, ist das Ergebnis des ersten Arbeitsschrittes eine bestätigte Zusammenstellung der Kundenanforderungen. Aus diesem Grund müssen weder eine Übersetzung nachgeführt noch die Liste der technischen Anforderungen vervollständigt werden. Die Anpassung erfolgt erst im Wirk- oder Bauzusammenhang, d.h. frühestens auf prinzipieller Ebene.

#### **Vierter Arbeitsschritt**

Die Berücksichtigung der Handhabungsdimension ist wieder von Bedeutung und erfolgt gemäß den Angaben zur Anpassungskonstruktion im Falle einer Market-Pull-Situation. Einziger Unterschied ist, daß die Nutzung der informationstechnischen Unterstützung bereits im ersten Arbeitsschritt beginnen kann, sofern das zur Marktanalyse verwendete House of Quality rechnerisch aufgestellt wurde.

Die Gliederung der Anforderungen in bauteilbezogene Partialanforderungslisten sollte auch hier zur gezielten Nutzung der Anforderungen erfolgen.

### **3.4.3 Abschließende Bemerkungen zur Anwendung des erweiterten methodischen Konzepts**

Unabhängig von den angenommenen Randbedingungen und den sich daraus ergebenden Besonderheiten in den möglichen Vorgehensweisen weisen alle beschriebenen Strategien wiederkehrende Grundstrukturen auf, die auf die besondere Effektivität, die aus der Kombination einzelner Methoden und Hilfsmittel des vorgestellten Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen resultiert, hindeuten. Natürlich spielen subjektive Einflüsse, wie besondere Kenntnis einiger Methoden oder Erfahrungen (positive wie negative) mit der Verwendung derselben, eine große Rolle für deren Auswahl. Auch die Motivation zu

einer Perfektionierung aufgestellter Strategien, wie durch spezielle Anpassungen für den Einzelfall oder der Initiierung einer IT-Unterstützung einzelner Methoden oder der angewandten Strategie, wird grundlegend durch die persönliche Einstellung der Nutzer beeinflusst.

Dieser Umstand wirkt einer praktischen Anwendung des erweiterten methodischen Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen entgegen. Diesem kann man mit Hilfe eines Ausbaus der methodischen Grundausbildung an den Hochschulen, von betriebsinternen Schulungen, generellem Ausbau der Rechnerunterstützung in diesem Bereich und Bereitstellung von leicht an die Gegebenheiten eines Anwendungsfalles anzupassenden Bausteinen zur Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen, die zudem angepaßte, sicher funktionierende Schnittstellen zu anderen IT-Werkzeugen bereitstellen, entgegenwirken. Gelingt dies, ist man dem wesentlichen Ziel einer jeden Produktentwicklung, nämlich der marktgerechten Produktentwicklung, einen großen Schritt näher gekommen.

Ein Anreiz zur Anwendung des erarbeiteten Konzepts sollte in einem produktentwickelnden Unternehmen auch dadurch gegeben sein, daß eine vollständige Erfassung technischer Anforderungen methodisch unterstützt wird. Zudem ist das vorgestellte Konzept flexibel, so daß es auf die spezifischen Randbedingungen, vom Zweck des Einsatzes bis hin zu den zur Verfügung stehenden Ressourcen, abgestimmt werden kann.

Wegen des großen Einflusses einer angepaßten Rechnerunterstützung auf die Effizienz und damit auf die Motivation zur Anwendung des vorgestellten Konzepts wird im folgenden exemplarisch ein informationstechnisches Werkzeug zur Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen erarbeitet.

## 4 Konzept zur rechnerunterstützten Erfassung und Handhabung von Anforderungen

### 4.1 Rahmenbedingungen der Erarbeitung des IT-Konzepts

In den Kapiteln 2 und 3 steht die methodische Vorgehensweise bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen im Rahmen einer effizienten Produktentwicklung im Vordergrund. Für eine anwendungsgerechte Nutzung in der industriellen Praxis müssen die existierenden theoretischen Vorgehensweisen (Methodenbaukasten in Kapitel 3) sinnvoll in die bestehenden Entwicklungsprozesse integriert werden.

In zahlreichen industriellen Projekten<sup>31</sup> wurden die vorhandenen Arbeitsabläufe in der Produktentwicklung hinsichtlich der Erstellung, Bereitstellung und Nutzung mannigfaltiger Ausprägungen von Aufgabenstellungen, Arbeitsanweisungen sowie Konstruktionsaufträgen untersucht. Durch die verschiedenen Ausrichtungen, Größen und Organisationsformen der Unternehmen, mit denen im Rahmen dieser Arbeit zusammengearbeitet wurde, wurde die Analyse unterschiedlicher Entwicklungsprozesse verschiedenartiger Produkte bzw. von Teilen dieser möglich. Einen Überblick über die Untersuchungsergebnisse, die insbesondere Einfluß auf die Entwicklung des IT-Konzepts zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen gehabt haben, gibt Tabelle 4.1. In der Spalte *weitere Ergebnisse* sind jeweils nur die wichtigsten Erkenntnisse aufgelistet, die in den einzelnen Unternehmen gesammelt wurden. Dies sind die Punkte hinsichtlich der IT-unterstützten Erfassung und Handhabung von Anforderungen, die für das jeweilige Unternehmen von besonderer Bedeutung waren bzw. als typisch empfunden wurden.

Obwohl die Probleme bei der Übermittlung der Anforderungen an das Produkt bzw. den Produktentwicklungs- und Fertigungsprozeß vom Sender zum beabsichtigten oder aber potentiellen Empfänger im Detail durchaus differierten, deckten sich die wesentlichen Schwierigkeiten und die daraus resultierenden Anforderungen an diesen Übermittlungsprozeß im großen und ganzen. Diese sind die Erreichbarkeit des Empfängers beim Senden von Nachrichten bzw. Anweisungen, die Verfügbarkeit und Aktualität der Daten beim Einsehen bereitgestellter Aufgabenstellungen, die leichte Anpaßbarkeit des Datenbestands bei auftretenden Änderungen sowie die Aufwandsreduzierung bei der angestrebten Benachrichtigung der von der Änderung betroffenen Mitarbeiter.

---

<sup>31</sup> vergleiche *Liste der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien- und Diplomarbeiten* in Kapitel 7

Darüber hinaus konnte festgestellt werden, daß die Gründe, weswegen Unternehmen der Einführung methodischer Ansätze ablehnend gegenüberstanden, immer dieselben waren: Zum einen wurde die mangelnde Kenntnis der Methoden und deren Eigenschaften offenbar. Zum anderen war der für die Anwendung der Methode zu erbringende Aufwand offensichtlich größer als der dadurch entstehende Nutzen.

Vor diesem Hintergrund und wegen der bereits zur Verfügung stehenden informationstechnischen Möglichkeiten sollte die Arbeit mit Anforderungen durch ein flexibel an die Gegebenheiten des vorhandenen Arbeitsablaufs anpaßbares IT-Werkzeug unterstützt werden. Im Hinblick auf eine Verbesserung der Arbeitsprozesse sollten Bestrebungen der Nutzer, methodische Hilfsmittel einzusetzen, gefördert, keinesfalls aber erzwungen werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein solches IT-Werkzeug konzipiert (Kapitel 4.2 und 4.3) und exemplarisch umgesetzt (siehe Kapitel 5).

## 4.2 Vorgehen bei der Erarbeitung des IT-Konzepts

Im Sinne einer methodischen Softwareentwicklung wurden die Anforderungen an ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen zusammengetragen. Die Grundlage bildeten sowohl die theoretischen Betrachtungen zu den Möglichkeiten des methodischen Vorgehens bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen als auch die Ergebnisse aus vielfältigen industriellen Untersuchungen (vergleiche Tabelle 4.1). Ergänzend wurden Anwendungsszenarien<sup>32</sup> bestimmt, mit deren Hilfe typische Arbeitsabläufe bei der Erfassung und Verwendung von Anforderungen im weiteren Produktentwicklungsprozeß theoretisch analysiert wurden. Auf diese Weise konnten insbesondere Anforderungen an das zu entwickelnde IT-Werkzeug ermittelt werden, die auf eine Vereinfachung von Arbeitsabläufen bzw. die gezielte Unterstützung der erforderlichen Arbeitsschritte ausgerichtet sind, z. B. die Unterstützung von Änderungsmechanismen wie Freigabeprozeduren.

Die Grobgliederung der Anforderungsliste erfolgte in Anlehnung an Brunthaler /Brun-86/. Die aufgabenspezifisch wichtigen Merkmale *Ergonomie*, *Kommunikation*, *Methodik* und *Sicherheit* wurden ergänzt. Die vollständige Liste<sup>33</sup> befindet sich im Anhang B.

---

<sup>32</sup> Die Szenarien wurden auf der Grundlage der vorangegangenen industriellen Untersuchungen im Rahmen der Studienarbeit von Herrn Johansen bestimmt und angewendet.

<sup>33</sup> Sämtliche in der *Liste der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien- und Diplomarbeiten* aufgeführten Arbeiten haben die Ausprägung dieser Anforderungsliste beeinflusst. Besonders hervorzuheben sind im Hinblick auf das Zusammentragen industrieller Anforderungen an das Werkzeug die Arbeiten der Herren Briesenick (SA), Düsselmann (DA), Göbel, Kammerer, Kasaj, Kasiske, Meißner, Schrader und Sellner. Die Anforderungen aus informationstechnischer Sicht wurden insbesondere durch die Arbeiten der Herren Achtert, Dömer (SA), Johansen und Sellner formuliert und konkretisiert. Herr Johansen hat darüber hinaus die Anforderungen aus allen Arbeiten gesammelt und strukturiert.

Tabelle 4.1, Teil 1: Ergebniszusammenstellung der Untersuchungen in industrieller Praxis

UNTERNEHMEN	BRANCHE	Ausrichtung / Ziel(e) des Projekts	Ergebnisse hinsichtlich der praktischen Verwendung von Anforderungen im jeweils untersuchten Unternehmen bzw. Unternehmensbereich					
			Verfahrens- anweisung./ Dokument- vorgaben vorhanden	Anf.- erfas- sung gemäß Vor- gaben	Form der Anforderungs- dokumentation	IT- sup- port ange- strebt	weitere Erkenntnisse	
A	weiße Ware	Entwicklung eines produktspezifischen Klassifizierungssys- tems für Produkt- und Prozeßanforderungen als Grundlage für zu entwik-keinde Software zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen	Vorlagen, ohne vor- schreiben- den Charakter	ja	bautyp- bzw. bauteil- spezifische, gegliederte Listen	wie vor- gesehen (Motivation der Erzeu- gung ging von definie- renden Abteilun- gen selbst aus)	ja	- Anforderungen an ein unterstützendes Hilfs- mittel variieren mit der Erfahrung und der Quali- fikation der Mitarbeiter - Relevanz von Assoziationshilfen bei der Zusammenstellung von Anforderungen - abgeschlossene Projekte werden als Informati- onsquelle für Problemlösungen und zu treffende Entscheidungen verwendet - Flexibilität, sich von eingefahrenen Vorge- hensweisen und verwendeten Dokumentations- formen zu trennen, muß unterstützt werden
B	Auto- mobil	Analyse des PEPs bzgl. verwendeter Kommunikationsmittel u. deren spezifischen Eigenschaften, Erarbeitung eines prozeßoptimierenden Informations- managementkonzepts; Produkt- und Systemanalyse, Erarbeitung eines Konzepts zur Redu- zierung der Varian- tenvielfalt	Verfahrens- anweisun- gen incl. Freigabe, keine Vorgaben zur Doku- mentation	-	gemäß Kunden- vorgaben	wie vor- gesehen unter Verwen- dung von Check-/ Fragelisten	nein	- asynchrone elektronische Kommunikations- mittel wie E-mail sind am zuverlässigsten bei der Datenübermittlung (Unabhängigkeit von Anwesenheit des Kontaktierten) - persönliche Gespräche sind verlässlicher hinsichtlich der korrekten Interpretation der zu übermittelnden Information (Telefon, Video- konferenz und face-to-face) - dokumentierte Information ist nur nutzbar, wenn der Ablageort bekannt ist oder eine effektive Suchmethode zur Verfügung steht - Anforderungen können nicht immer aus- schließlich mit Text beschrieben werden, erläuternde Zeichnungen sind oft besser zu interpretieren

Tabelle 4.1, Teil 2: Ergebniszusammenstellung der Untersuchungen in industrieller Praxis

UNTERNEHMEN	BRANCHE	Ausrichtung / Ziel(e) des Projekts	Verfahrens- anweisung./ Dokument- vorgaben vorhanden	Anf- erfas- sung gemäß Vor- gaben	Form der Anforderungs- dokumentation		IT- sup- port ange- strebt	Ergebnisse hinsichtlich der praktischen Verwendung von Anforderungen im jeweils untersuchten Unternehmen bzw. Unternehmensbereich
					vorgesehen	praktiziert		
C	Auto- mobil	Systemanalyse, Erarbeitung von Varianten für dieses System	Verfahrens- anweisung ein- schließlich Freigabe, Formular- vorgabe	ja	gegliederte Liste, sehr detailliert	wie vor- gesehen; aus Zeit- gründen meist erst im Rahmen der Produkt- dok., dann sehr aus- führlich	-	weitere Erkenntnisse  - Bestätigung der Erhebungen zur Verlässlichkeit von Kommunikationsmedien in Unternehmen B - Notwendigkeit der IT-Unterstützung der Erfassung und der Handhabung (Zugriff auf benötigte Anforderungen aktueller, aber auch abgeschlossener Projekte) ⇔ Aufwandsreduzierung, Verfügbarkeit und Aktualität der Daten
D	Elektro Hoch- span- nung	Analyse der RBen des Outsourcings, Entwicklung einer produkt- und prozessspezifischen IT- Unterstützung zur Unterstützung des verteilten Arbeitens mit Zulieferern, Klären der Sicherheits- anforderungen	nein	-	willkürlich	elektro- nisch ver- arbeitete, gegliederte Liste; ent- hält jeweils zu berück- sichtigende Aspekte in Form v. Check- listen, zu erst. Doku- mente, jeweils An- gabe zu Termin und Verantw.	ja	- starkes Sicherheitsbedürfnis zur Wahrung der Kernkompetenz - im Gegensatz dazu Wichtigkeit der verstärkten Öffnung gegenüber den Vertragspartnern, um überzogene Anforderungen vermeiden zu können - Art der Anforderungen: sehr homogen, meist quantifizierte Größen oder -bereiche incl. Einheiten - Vermeidung unterschiedlicher Formen der Anforderungsdokumentation bei Unternehmen und Zulieferer zur Minimierung fehlerbehafteter Transaktionen - Nutzung der Anforderungen als Vertragsgrundlage Bestätigung von Punkt 2 von Unternehmen C

Tabelle 4.1, Teil 3: Ergebniszusammenstellung der Untersuchungen in industrieller Praxis

UNTERNEHMEN	BRANCHE	Ausrichtung / Ziel(e) des Projekts	Ergebnisse hinsichtlich der praktischen Verwendung von Anforderungen im jeweils untersuchten Unternehmen bzw. Unternehmensbereich					
			Verfahrens-anweisung./ Dokument-vorgaben vorhanden	Anf.-erfassung gemäß Vor-gaben	Form der Anforderungs-dokumentation		IT-sup-port ange-strebt	weitere Erkenntnisse
					vorgesehen	praktiziert		
E	Elektro Groß-ma-schi-nen	Analyse des PEPs und des Produkts, Untersuchung der der Konstruktion zugrundeliegenden Normen und Richtlinien, Standardisierung von Bauzonen und Konstruktionsschritten, Entwerfen eines Konzepts zum Ausbau der IT-Unterstützung	nein	-	willkürlich	Kunden-auftrag, aus dem im Verlauf der Entw. für die Kon-struktion erforderl. Größen abgeleitet werden ⇔ frei gestalt. Zusam-menstellg.	nein	- Übermäßige Automatisierung in der Entwicklung verhindert Innovation (negative Auswirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit) - Software darf dem Nutzer nicht den Eindruck vermitteln, überflüssig zu sein ⇔ Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine gemäß den Fähigkeiten - Entscheidungsbefugnis muß dem Menschen vorbehalten bleiben
F	Groß-ma-schi-nen und An-lagen-bau	Analyse des PEPs, Parallelisierung von Arbeitsschritten, Möglichkeiten der IT-Unterstützung des verteilten Arbeitens, Optimierung des Zusammenwirkens von Konstruktion und Fertigung mit Hilfe des Einsatzes von IT	ja	ja	zwei Listen: eine statische (Aus-gangssi-tuation und Normen) und eine dynami-sche (erforder-lich wer-dende Änderun-gen)	wie vorgesehen	nein	- Wichtigkeit der verstärkten Öffnung gegenüber Zulieferern, um überzogene Anforderungen vermeiden (Ausschöpfung der jeweiligen Kernkompetenzen) und Entwicklungszeiten deutlich reduzieren zu können - Nutzung der Anforderungen auch durch nicht-konstruktive Bereiche wie die Arbeitsplanung oder Fertigung

Tabelle 4.1, Teil 4: Ergebniszusammenstellung der Untersuchungen in industrieller Praxis

UNTERNEHMEN	BRANCHE	Ausrichtung / Ziel(e) des Projekts	Ergebnisse hinsichtlich der praktischen Verwendung von Anforderungen im jeweils untersuchten Unternehmen bzw. Unternehmensbereich					
			Verfahrens- anweisung./ Dokument- vorgaben vorhanden	Anf.- erfas- sung gemäß Vor- gaben	Form der Anforderungs- dokumentation	IT- sup- port ange- strebt	weitere Erkenntnisse	
G	Bahn- tech- nik	Analyse des PEPs, Optimierung der Abläufe unter besonderer Berücksichtigung von Anforderungen als dyn. Arbeitsgrundlage sowie dem Einsatz von IT	ja	ja	vorgesehen gegliederte Liste	wie vor- gesehen praktiziert	nein	- Verwendung einer ersten Version der Anforderungsliste zur Angebotserstellung - bei angestrebter Durchgängigkeit elektronischer Datenerfassung und -nutzung wirkt inhomogene Rechnerlandschaft schwerwiegende Probleme auf - Notwendigkeit des Zugriffs auf Anforderungen unabhängig vom Standort - Forderung nach Effizienz bei der Anforderungserfassung - Forderung nach Aktualität der Anforderungsdaten
H	Luft- und Raum- fahrt	Analysen des PEPs, Optimierung der Abläufe, Analyse der RBN bei der Definition und Nutzung von Anforderungen, Erarbeiten eines Konzepts zur Anforderungs- handhabung	Verfahrens- anweisung einschließl. Freigabe, Formular- vorgabe	nein	Formular mit Feldern für formale Angaben (auch Ver- antwort- lichkeit, Geheim- haltung, Auftragge- ber, Liefere- rant etc.), sonst grobe Gliederung nach Norm	frei formu- lierte Ar- beitsan- weisungen aus der Projektlei- tung (Pa- pier, meist handschrift- lich), sehr unterschied- lich zwischen den Abteilun- gen	nein	- mangelnde Kenntnis methodischer Hilfsmittel - Problem: effektiver Nutzen durch die (konsequente) Verwendung von Anforderungen zur Aufgabenspezifikation ist nicht abschätzbar - unterschiedlichste Form der Aufgabenspezifikation: Text, quantifizierte Größen, aber auch graphische Objekte, Normen und Prüfvorschriften, die die eigentlichen Randbedingungen enthalten - Formular für Problemdokumentation in Verfahrensanweisungen

Tabelle 4.1, Teil 5: Ergebniszusammenstellung der Untersuchungen in industrieller Praxis

UNTERNEHMEN	BRANCHE	Ausrichtung / Ziel(e) des Projekts	Verfahrens- anweisung./ Dokument- vorgaben vorhanden	Anf.- erfas- sung gemäß Vor- gaben	Form der Anforderungs- dokumentation		IT- sup- port ange- strebt	Ergebnisse hinsichtlich der praktischen Verwendung von Anforderungen im jeweils untersuchten Unternehmen bzw. Unternehmensbereich
					vorgesehen	praktiziert		
I	Klima- tech- nik	Analyse des Produkts, Marktanalyse, Patentrecherche, Optimierung einzelner Bauteile	nein	-	-	DV- unterstützt erstelltes Dokument, aus Erfahrung sind die wenigen vorzu- gebenden Größen bekannt	-	weitere Erkenntnisse  - nur wenige, sehr konkrete Anforderungen bestimmen die Entwicklung bereits vollständig - Nutzung der Erfahrung von Fachleuten aus Fertigung und Prüfung bei der Erstellung von Anforderungen direkt in Teamarbeit und durch Nutzung dokumentierter Standardanforderungen aus diesen Bereichen
J	Medi- zin- tech- nik	Analyse des Fehlervorgangs- und Änderungs- managements im PEP, Optimierung der Abläufe, Entwicklung einer Software zur Unterstützung der Abläufe	ja	ja	gegliederte Liste, sehr detailliert, enthält jew. zu berück- sichtigende Aspekte in Form von Checklist., sog. auszu- füllende Tabellen u. gültige Nor- men sind vorgege- ben	wie vor- gesehen	nein	- wesentliche Probleme bei der Nutzung unterschiedlicher Software sind auf Schnittstellenprobleme zurückzuführen - strikte Dokumentation von Fehlern und Randbedingungen verbunden mit konsequenter Nutzung dieser Informationen führt zu erhöhter Qualität - praktizierte Teamarbeit verhindert Iterationen und steigert Identifikation mit Produkt (Steigerung der Motivation)

Auf der Basis der Anforderungen wurde ein funktionales Konzept für das Werkzeug erarbeitet und in Form von Flußdiagrammen dargestellt. Das funktionale Konzept ist unabhängig von der hard- und softwaretechnischen Umsetzung, da es auf dieser Abstraktionsstufe um die Klärung der im Idealfall zu realisierenden Funktionen und deren Verknüpfungen geht. Eine Prüfung der Realisierbarkeit darf an dieser Stelle noch nicht erfolgen, da ein rein funktionales Konzept besser für die Umsetzung geänderter Anforderungen an die zu unterstützenden Vorgehensweisen **und** deren Umsetzung verwendet werden kann.

Zusätzlich wurden – ebenfalls von der Implementierung unabhängig – Benutzungsschnittstellen<sup>34</sup> entworfen, die den erforderlichen Dialogen zwischen Mensch und Maschine sowie die darzustellenden Funktionselemente und Daten einen ersten Rahmen gaben.

In Richtung der beabsichtigten Unterstützung durch die Informationstechnologie wurde dieses Konzept dann insbesondere durch detaillierte Betrachtungen zur Umsetzung von spezifizierten Funktionen wie *Anforderung(en) Suchen* oder *nicht autorisierten Zugriff verhindern* konkretisiert.

Aus Umfangsgründen können nicht sämtliche Einzelheiten des IT-Konzepts in dieser Arbeit dargestellt werden. Deswegen beschränken sich die folgenden Ausführungen auf die Präsentation und Erläuterung der wesentlichen Elemente des Konzepts, die zudem bisher im Zusammenhang der informationstechnischen Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen noch nicht wissenschaftlich betrachtet wurden.

### 4.3 Diskussion spezifischer Aspekte der Bereitstellung von Anforderungen

Der immer härter werdende Wettbewerb erfordert ein Ausschöpfen aller Potentiale, um die benötigte Zeit für die und die verursachten Kosten durch die Produktentwicklung zu senken und gleichzeitig die Produktqualität zu steigern. Neben einem Forcieren des effizienten Einsatzes von Informationstechnologie erfordert dieses Ziel vor allem neue Arbeitsformen und -bedingungen wie Simultaneous Engineering, Teamarbeit, projektbezogene Zusammensetzung temporärer Teams und/oder Auflösung der festen Bindung eines Mitarbeiters an einen Arbeitsplatz.

Die in Kapitel 4.2 zusammengetragenen Anforderungen beschreiben unter anderem die Voraussetzungen und Funktionalität, die ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen haben bzw. erfüllen muß, um moderne Arbeitsformen und -prozesse in der Produktentwicklung effizient zu unterstützen. Die relevanten Anforderungen in diesem

---

<sup>34</sup> Das funktionale Konzept sowie die Benutzungsschnittstellen sind im Rahmen der Studienarbeit von Herrn Johansen entworfen worden.

Zusammenhang können durch drei Aspekte zusammengefaßt werden, deren konzeptionelle Umsetzung im Anschluß detailliert diskutiert wird:

- Beschleunigung der Prozesse
- Notwendigkeit bzw. Gewährleistung der Aktualität und inhaltlichen Richtigkeit der Anforderungen
- Sicherung der unternehmensspezifischen Kernkompetenz

Diese Aspekte können nicht durch eine Funktion oder einen vom restlichen Systemkonzept unabhängigen Funktionskomplex umgesetzt werden. Die Beschreibung entsprechender Teile des Systemkonzepts erfolgt aus diesem Grund funktionsorientiert. Der Bezug der Hauptforderungen zu den folgenden Kapiteln geht aus den oben angegebenen Verweisen hervor. Die Abhängigkeiten der Funktionen untereinander werden im Text aufgezeigt.

#### 4.3.1 Verteilte Anforderungsnutzung

Die oben beschriebene moderne Arbeitssituation erfordert die Gewähr, daß die Daten, auf die im Verlaufe des dynamischen Entwicklungsprozesses zugegriffen wird, den letzten Stand der repräsentierten Information darstellen. Das setzt voraus, daß ausschließlich eine Datenbasis, die zwar verteilt gehalten werden kann, für die Bereitstellung der Daten verwendet wird. Jede redundante Datenhaltung<sup>35</sup> birgt die Gefahr, unbeabsichtigt Versionen zu erzeugen, die erst wieder abgeglichen werden müssen. Der Zugriff auf diese Datenbasis sollte unter Berücksichtigung von Einschränkungen, die aus Sicherheitsaspekten notwendig sind, quasi von überall möglich sein.

Für die Entwicklung des IT-Werkzeugs resultieren daraus die Forderungen nach der Plattformunabhängigkeit<sup>36</sup>, Netzwerkfähigkeit<sup>37</sup> sowie der Vereinfachung bzw. Förderung der erforderlichen Kommunikation<sup>38</sup>. Diese beeinflussen stark die Auswahl der Software, mit der das funktionelle Konzept des IT-Werkzeugs zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen, das in den weiteren Ausführungen SPECtool<sup>39</sup> genannt wird, schließlich umgesetzt werden soll. Die Implementierung des Konzepts kann aber nur dann den

---

<sup>35</sup> Redundante Datenhaltung kann in Form von Spiegelungen der eigentlichen Datenbasis vor allem zur Absicherung des Arbeitsfortschritts bei Serverausfällen sowie zur Datensicherung sinnvoll sein.

<sup>36</sup> Wegen der Aufteilung von Entwicklungsaufgaben, die projektbezogen variieren kann, muß das IT-Werkzeug auf verschiedenen Rechnertypen mit unterschiedlichen Betriebssystemen in vergleichbarer Qualität laufen.

<sup>37</sup> Wegen der Aufteilung von Entwicklungsaufgaben, die projektbezogen variieren kann, muß das IT-Werkzeug in verschiedenen Netzen mit unterschiedlichen Protokollen, insbesondere aber der Zugriff über das Internet funktionieren. Weiterhin muß der Zugriff auf externe Informationssysteme gewährleistet sein.

<sup>38</sup> Das IT-Werkzeug soll die Informationsbeschaffung und -handhabung vereinfachen, darf jedoch keinesfalls die zur eindeutigen Interpretation der DATEN u.U. unbedingt erforderliche zwischenmenschliche Rückkopplung erschweren.

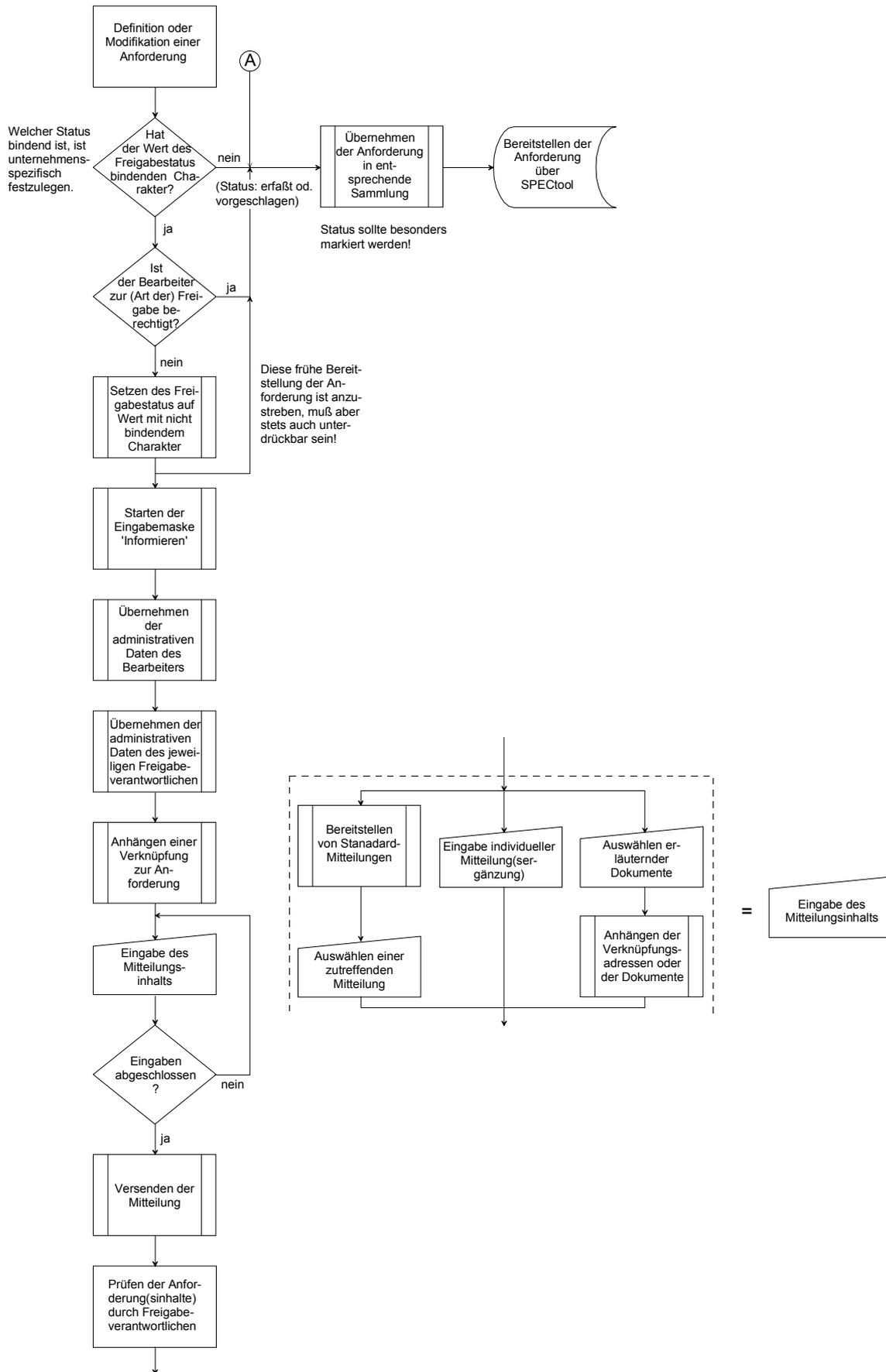
Anforderungen gerecht werden, wenn diese bereits bei der Entwicklung des Konzepts berücksichtigt wurden. Erst die anwendungsorientierte Gestaltung und Bereitstellung von Funktionen kann beispielsweise helfen, den im Sinne kleiner Iterationsroutinen erforderlichen und durch die Netzwerkfähigkeit und Plattformunabhängigkeit möglichen elektronischen Informationsfluß zu optimieren. Dadurch können die bestehenden räumlichen Trennungen überbrückt und somit die verteilte Erfassung und Handhabung von Anforderungen effektiv unterstützt werden:

Bei der verteilten Produktentwicklung sollten alle beteiligten Mitarbeiter frühzeitig Kenntnis von Anforderungen haben, auch wenn diese noch nicht technisch oder wirtschaftlich freigegeben sind. Dies ist sinnvoll, da auf diese Weise Tendenzen der Entwicklung absehbar sind sowie Konflikte frühzeitig erkannt werden können.

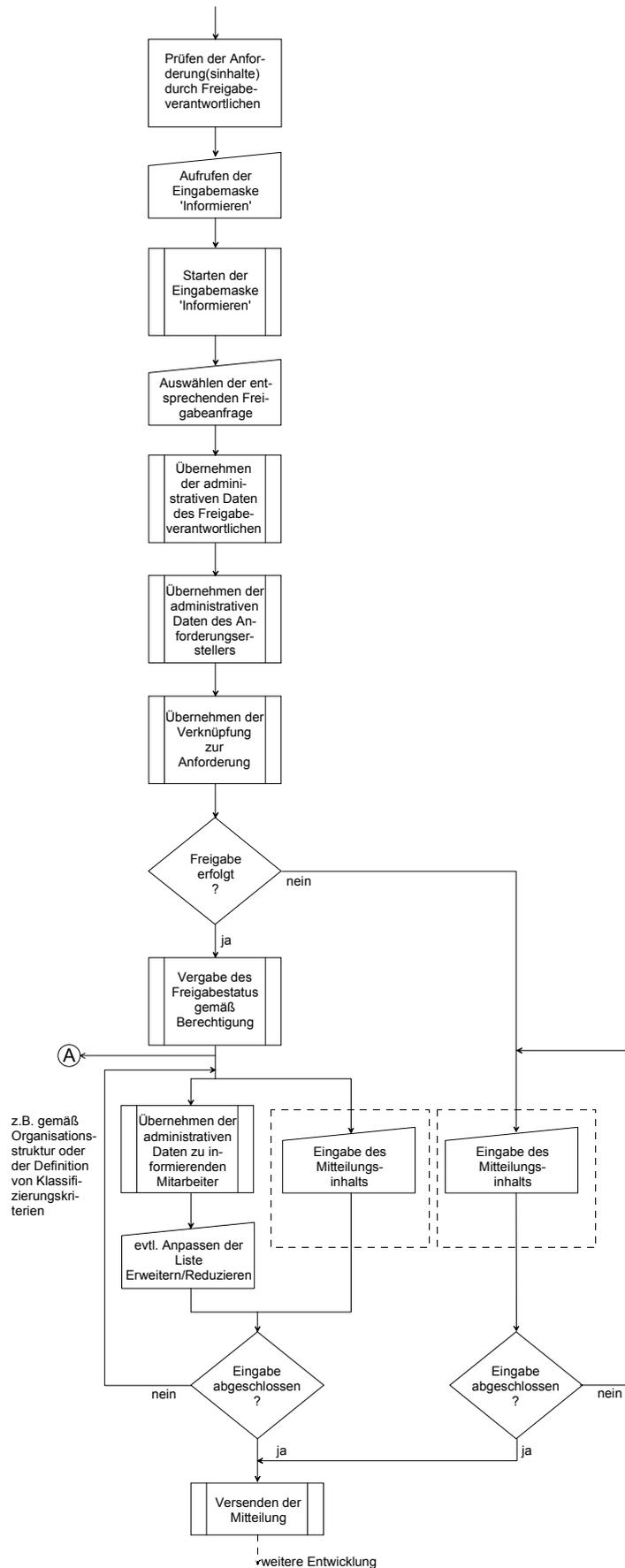
SPECtool soll in diesem Zusammenhang die Definition und Änderung von Anforderungen unter Vorbehalt ermöglichen. Jeder beteiligte Mitarbeiter sollte generell die Möglichkeit haben, diese Eingaben zu vollziehen. Das System muß abhängig von den spezifischen organisatorischen Randbedingungen des Projekts und/oder des Unternehmens die Richtigkeit der Abläufe kontrollieren. Es muß sicherstellen, daß ausschließlich berechtigte Mitarbeiter sowohl Anforderungen ansehen als auch diese definieren oder manipulieren. Es sollte - auch im Sinne einer Arbeitserleichterung - die festgelegten FreigabeprozEDUREN einleiten, unterstützen und kontrollieren und zu gegebener Zeit, die ebenfalls individuell festgelegt werden kann, die diesbezügliche Information der Mitarbeiter gezielt unterstützen, für die die Definition oder Änderung einer Anforderung relevant ist. Zwei Möglichkeiten zur Unterstützung dieser Arbeiten sind in den Bildern 4.1 und 4.2 dargestellt.

---

<sup>39</sup> SPECtool steht für specification tool (englisch für Anforderungswerkzeug)



**Bild 4.1:** Ablauf zur Kontrolle der Freigabe und Freigabeberechtigungen nach Eingabe oder Modifikation von Anforderungen einschließlich der automatisierten Einleitung der Freigabeprozedur



**Bild 4.2:** Ablauf zur Automatisierung der Beantwortung von Freigabeanfragen durch den Freigabeberechtigten einschließlich Information der Mitarbeiter und Bereitstellung der Anforderungen in der projektbezogenen Sammlung

Ein wesentliches Element der in den Bildern 4.1 und 4.2 dargestellten Abläufe ist die Unterstützung der durch die Arbeitsabläufe vorgeschriebenen Konsultation der Freigabeberechtigten, aber auch der anzustrebenden frühzeitigen Information der beteiligten Mitarbeiter über Veränderungen in der Anforderungssammlung. Die Unterstützung von Kommunikation zur Sicherstellung der korrekten Interpretation der Daten ist, wie oben angesprochen, insbesondere bei einer Verlagerung des Arbeitsplatzes auf den Rechner ebenso wichtig. Durch die starke Vereinfachung der Suche nach DATEN sinkt die Bereitschaft des Suchenden, Unklarheiten im Gespräch zu klären. Schnell wird ein erneuter Suchvorgang angestoßen und ein anderes Ergebnis damit erzielt, welches diese Unklarheiten aus dem Weg räumen könnte. Was beim allgemeinen Surfen im Internet sehr interessant sein kann, verschlingt in der Produktentwicklung unnötig Zeit. Niemand kennt die Bedeutung der Daten besser als dessen Erzeuger. Dessen Konsultation sollte informationstechnisch, ähnlich wie in den Bildern 4.1 und 4.2 vorgeschlagen, unterstützt werden. So muß bei der Definition oder Manipulation einer Anforderung der Name des Bearbeiters automatisch fester Bestandteil des Datensatzes werden. Eine feste Verknüpfung des Namens zu den wichtigsten Kontaktadressen sowie das Angebot, diesen direkt zu Rate zu ziehen, zum Beispiel über E-Mail-Adressen, die beim Selektieren ein Mail-Programm öffnen, vereinfacht diese sinnvollen Rückkopplungen zusätzlich.

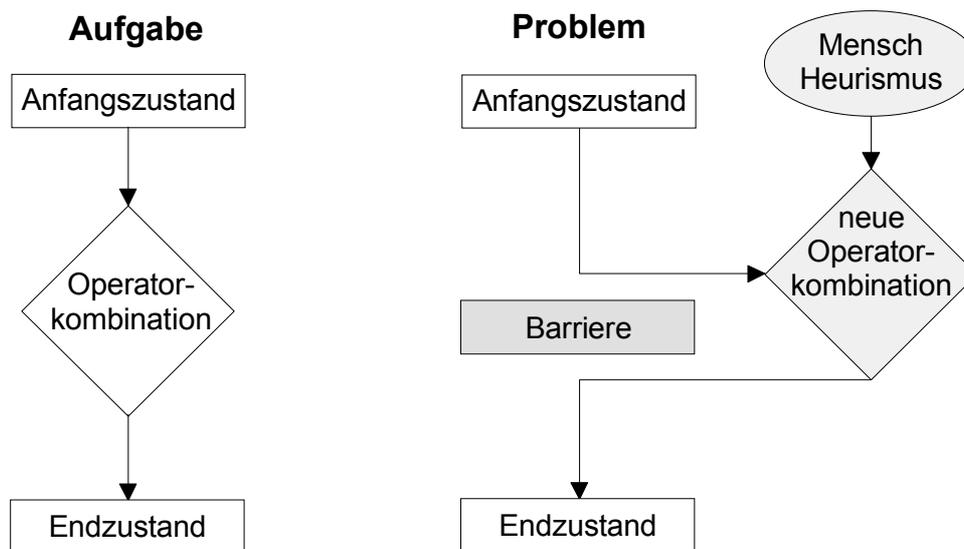
Grundsätzlich werden in Gesprächen viele Informationen ausgetauscht, die über den engen Rahmen der Fragestellung hinausgehen. Grund hierfür ist, daß der Fragesteller oft den eigentlichen Kernpunkt des Problems nicht erfaßt hat und dieser erst im Gespräch erarbeitet wird. Ein daraus resultierender positiver Nebeneffekt der Kommunikation zwischen Mitarbeitern ist, daß auf diese Weise das Verständnis für den Gesamtzusammenhang der Produktentwicklung gefördert wird, was erheblich zur Motivation der Mitarbeiter beiträgt.

Darüber hinaus wirkt sich die Nutzung des Netzes generell positiv auf die Informationsbeschaffung aus. Speicherplatz kann durch die Angabe von Verweisen anstelle des Einbindens ganzer Dokumente eingespart, Datenredundanz vermieden, die Aktualität und Verfügbarkeit der Daten gefördert werden. Die Bereitstellung von Richtlinien, (Werk-) Normen, Nachschlagewerken und Katalogen über Netzwerke ermöglicht firmenintern und -extern einen schnellen Zugriff und damit - zeitlich und räumlich - kurze Wege.

#### 4.3.2 Suche nach Anforderungen

Der Einsatz von Informationstechnologie führt nicht zwangsläufig zu einer Steigerung der Effizienz des zu unterstützenden Prozesses. Eine erfolgreiche IT- Unterstützung spezifischer

Arbeitsabläufe setzt neben der benutzungsgerechten Gestaltung der Software vor allem eine sinnvolle Arbeitsteilung zwischen Mensch und Rechner voraus. Eine Arbeitsteilung ist nur dann sinnvoll, wenn die Arbeitsschritte gemäß den besonderen Fähigkeiten von Mensch und Rechner verteilt und ausgeführt werden. So ist der Vorzug der Rechner, daß sie eine präzise spezifizierte Aufgabe mit Hilfe gegebener Regeln extrem schnell lösen können. Zum Problemlösen ist dagegen der Mensch besser geeignet, da hierzu die Anwendung heuristischer Prozesse erforderlich ist, die nur mit sehr hohem Aufwand rechnertechnisch umgesetzt werden können /Dörn-87/ (siehe hierzu auch Bild 4.3).



**Bild 4.3:** Aufgabenerfüllung und Problemlösung nach Dörner /Dörn-87/

Bei der Handhabung von Anforderungen ist die Suche nach bzw. der Zugriff auf relevante Anforderungen insbesondere bei komplexen Produkten ein sehr zeitaufwendiger Arbeitsschritt, dessen erfolgreiche Bearbeitung stark die Kosten und die Qualität eines zu entwickelnden Produkts beeinflusst. Will man diesen Arbeitsschritt effektiv unterstützen, benötigt man vor allem geeignete Suchstrategien. Diese müssen zum einen das grundsätzliche Vorgehen beim Suchen von Informationen im allgemeinen, zum anderen die charakteristischen Eigenschaften von Anforderungen sowie die besonderen Gegebenheiten bei der Arbeit mit Anforderungen berücksichtigen.

Aus diesem Grund werden zunächst generell die Einflußfaktoren der Suche nach Informationen bestimmt sowie die Möglichkeiten einer effizienten Unterstützung der Suche nach Informationen aufgezeigt. Darauf aufbauend werden dann die Erkenntnisse auf die in den Kapiteln 2 und 3 definierten Randbedingungen bei der Arbeit mit Anforderungen übertragen und verschiedene rechnerunterstützbare Suchstrategien für die Handhabung von Anforderungen vorgestellt.

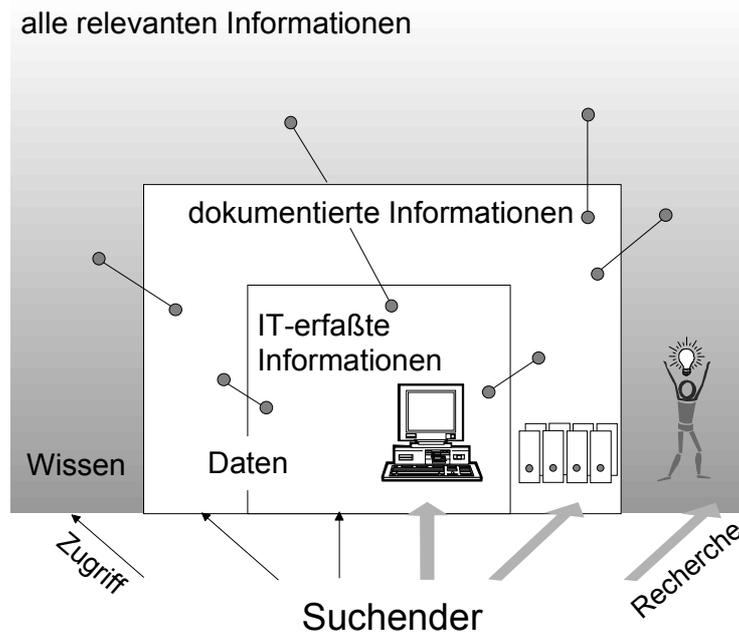
#### 4.3.2.1 *Wesentliche Einflußfaktoren bei der Suche nach Information*

Die Suche nach Information wird wesentlich durch die Information an sich bzw. deren Eigenschaften beeinflusst. Die beiden wesentlichen Einflußfaktoren sind nach /AhDüScTe-99/ hierbei die Verfügbarkeit der Information und deren zeitliches Verhalten.

#### **Verfügbarkeit der Information**

Die Verfügbarkeit von Informationen hängt vor allem von der Art der Ablage ab. Die in einem Produktentwicklungsprozeß verarbeiteten Informationen können in drei Formen auftreten (vergleiche Bild 4.4):

- Sie können einerseits vorhanden, aber nicht dokumentiert sein. In diesem Fall existiert die Information in Form von WISSEN im Kopf eines oder mehrerer Mitarbeiter. Die eigentliche Information wird dabei durch subjektive Kenntnisse und Erfahrungen beeinflusst. Beispiele hierfür sind Schlußfolgerungen oder Entscheidungen.
- Sie können dokumentiert, aber nicht IT-erfaßt sein. Sind Informationen dokumentiert, spricht man von ihnen als DATEN. Die INFORMATION ist dabei aus der Sicht einer oder mehrerer Mitarbeiter in Form von Daten abgelegt worden. Beispiele sind Berichte, Prototypen oder Modellstudien. Erst die Interpretation dieser Daten durch einen Menschen macht diese wieder zu Information, die jedoch nicht zwangsweise mit der Information übereinstimmen muß, die abzulegen beabsichtigt wurde.
- Sie können informationstechnisch erfaßt sein (siehe auch Punkt 2). Beispiele hierfür sind CAD-Daten, Berechnungen und Fertigungsunterlagen.



**Bild 4.4:** Verfügbarkeit von Information nach /AhDüScTe-99/

Die generelle Verfügbarkeit der Informationen steigt durch deren Dokumentation und die Vereinfachung des Zugriffs auf die abgelegten Daten wie beispielsweise durch den Einsatz von Rechnernetzwerken. Die Verfügbarkeit ist dabei unabhängig davon, ob auf eine bestimmte Information zugegriffen werden soll oder hinsichtlich einer Aufgabenstellung recherchiert wird. Der Einsatz moderner Netzwerkkonzepte ermöglicht die zeitlich und räumlich nahezu uneingeschränkte Bereitstellung einmal abgelegter Daten, was weder Papierdokumente und noch weniger einzelne Personen zu vermögen in der Lage sind.

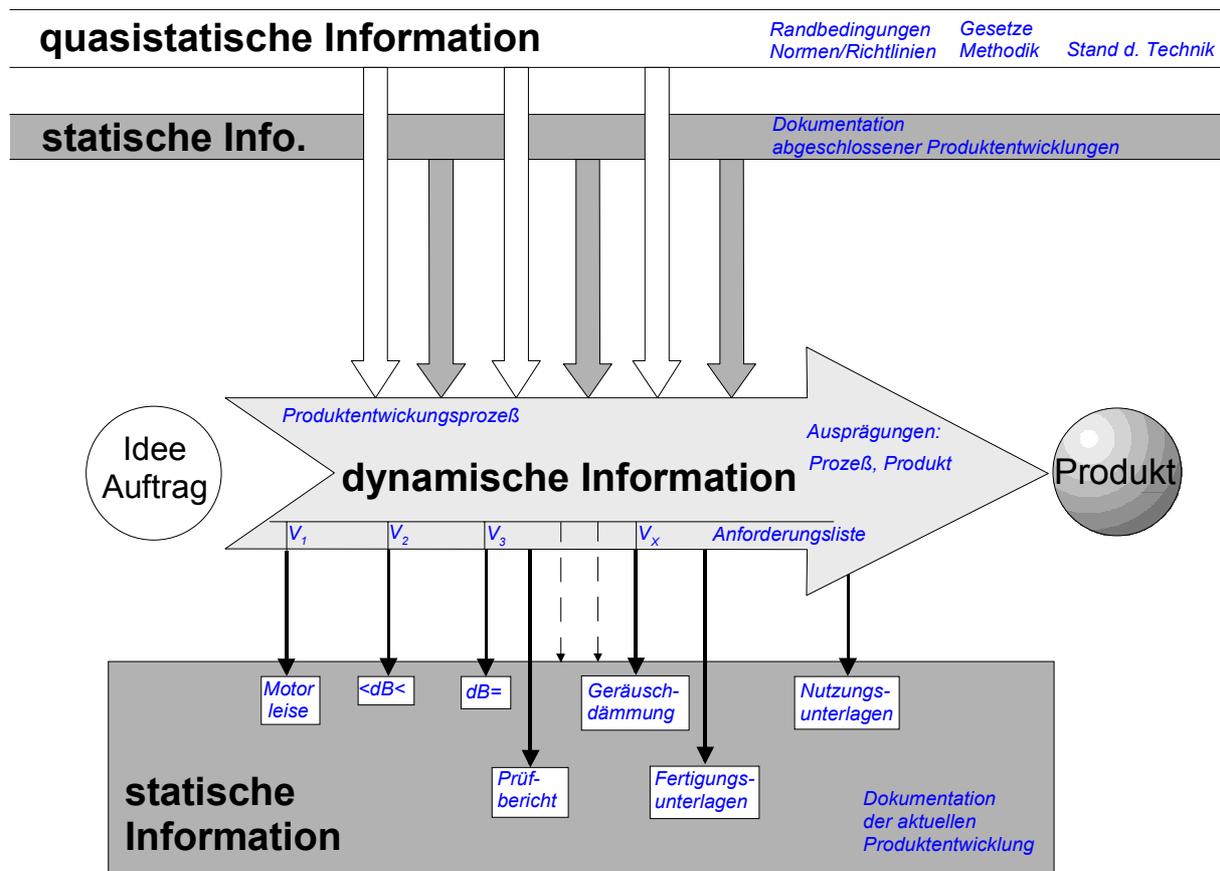
Eine hohe Qualität einer ermittelten Information ist allerdings bei der Schnittstelle Mensch-Mensch aufgrund der möglichen Überprüfung hinsichtlich gleichen Verständnisses dieser Information wahrscheinlicher. Diese Tatsache sollte generell bei der Rechnerunterstützung nie außer Acht gelassen werden. Es muß stets versucht werden, die Vorzüge der besseren Verfügbarkeit von IT-erfaßten Informationen und die Nutzung von nicht abgelegter Information in Form von persönlichem Wissenstransfer zu verknüpfen. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, beschreibt Tegel /Tege-94/. Er definiert hierzu Kompetenz- und Wissensbereiche, denen auf verschiedene Weise qualifizierte Ansprechpartner zugeordnet werden. Das Informationssystem dient dann der Verwaltung dieser Zuordnungen.

Zwischen den unzähligen Informationen innerhalb dieser drei Gruppen bestehen Beziehungen. So kann beispielsweise in den rechnertechnisch erfaßten Anforderungen auf den Lagerort eines relevanten Prototyps, eine zu berücksichtigende Prüfvorschrift oder die Existenz eines Experten zu einer spezifizierten Randbedingung verwiesen werden.

## Zeitliches Verhalten

Das zeitliche Verhalten einer Information beschreibt die Dauer ihrer Gültigkeit und kann in statisch, quasistatisch und dynamisch unterschieden werden (siehe Bild 4.5).

Dynamische Informationen sind während des Produktentwicklungsprozesses nicht dauerhaft gültig. Dieser Umstand resultiert aus der kontinuierlichen Konkretisierung des Produktmodells sowie der Dynamik des Entwicklungsprozesses. So werden Zwischenergebnisse aus Berechnungen erzeugt, variiert und verworfen oder Anforderungen aufgrund bestimmter Randbedingungen modifiziert.



**Bild 4.5:** Zeitliche Einordnung von Informationen im Produktentwicklungsprozeß nach /AhDüScTe-99/

Wird eine dynamische Information zu einem bestimmten Zeitpunkt dokumentiert und dauerhaft abgelegt, so wird sie zur statischen Information. In ihren unterschiedlichen Ausprägungen (Anforderungen, Berechnungen, geometrische Modelle usw.) beschreiben dynamische Informationen einen spezifischen Entwicklungsstand des Produkts. Eine arbeitsteilige Produktentwicklung, der Wunsch nach einer Produktdokumentation oder gesetzliche Auflagen erfordern nach Wellniak /Well-95/ die Handhabung statischer Information. Beispielsweise muß die Ausprägung relevanter Anforderungen abgestimmt und

eingefroren werden, wenn diese als Vertragsgrundlage für eine Zulieferkooperation verwendet werden soll. Wird bei der weiteren Entwicklung festgestellt, daß eine oder mehrere dieser Anforderungen nicht eingehalten werden kann bzw. können, muß unter einvernehmlicher Aufhebung des Vertrags eine Anpassung erfolgen.

Quasistatische Informationen sind produktunabhängig und haben über längere Zeiträume Gültigkeit. Beispiel hierfür sind Gesetze und Richtlinien, aber auch der Stand der Technik oder methodische Hilfsmittel.

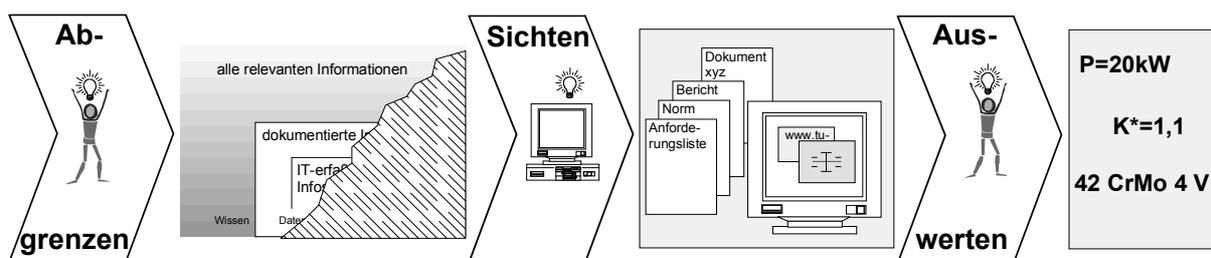
Je mehr statische Informationen abgeschlossener Produktentwicklungen neben den quasistatischen Informationen für eine aktuelle Produktentwicklung leicht zugänglich zur Verfügung stehen, um so mehr kann das Know-how des Unternehmens genutzt, gesichert und ausgebaut werden.

#### 4.3.2.2 Möglichkeiten der rechnerunterstützten Informationssuche

Die Suche nach Information kann grundsätzlich in einen mehr oder weniger gezielten Zugriff auf bekannte Daten (Inhalte, Arten und Ablageorte) oder eine Recherche unterschieden werden (siehe Bild 4.5). Bei einer Recherche ist mitunter nicht einmal bekannt, ob die gesuchte Information überhaupt dokumentiert ist. Eine Suche ist in diesem Fall aufwendig und die Qualität des Ergebnisses unklar.

In beiden Fällen kann die Suche aber durch eine stufenweise Reduktion der zu durchsuchenden Datenmenge beschleunigt werden. Dabei gilt es zunächst, die relevante Datenmenge einzugrenzen, diese dann grob inhaltlich zu sichten, um die verbleibende Datenauswahl konkret inhaltlich auszuwerten und die gesuchte Information schließlich zu extrahieren (vergleiche Bild 4.6).

Es ist naheliegend, daß eine sinnvolle Unterstützung des Produktentwicklers über die genannten drei Stufen erreicht werden kann. Im folgenden sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, diese Arbeitsschritte der Informationssuche rechnertechnisch zu unterstützen.



**Bild 4.6:** Effektive Durchführung einer dreistufigen Informationssuche in Arbeitsteilung zwischen Mensch und Informationstechnik

### Erste Stufe: Abgrenzen

Am Anfang jeder Suche entscheidet sich der Suchende ex- oder implizit für eine zu verfolgende Suchstrategie und grenzt damit die zu durchsuchende Menge an Daten und Wissen deutlich ab. Dies geschieht mit Hilfe von charakteristischen Merkmalen der gesuchten Information, die bewußt oder unbewußt hinterfragt und ausgewertet werden. Beispielsweise entscheidet sich ein nach Informationen suchender Produktentwickler aufgrund seines Wissens über die gesuchte Information für die Suche in einer bestimmten Datenbank, das Einsehen von technischen Zeichnungen oder die Konsultation eines Experten.

In Tabelle 4.2 wird das mehr oder weniger intuitive Vorgehen eines nach Informationen Suchenden durch sechs Fragen und den sich aus den Antworten ergebenden Konsequenzen für die Suche beschrieben.

**Tabelle 4.2:** Zusammenhang zwischen dem charakterisierenden Wissen zur gesuchten Information und der möglichen Abgrenzung der zu durchsuchenden Daten- und Wissensmenge

Abfrage von charakterisierendem Wissen zur gesuchten Information	Konsequenz(en) für den Suchenden
Ist die benötigte Information dokumentiert?	nein (sicher): reine Suche nach Wissen (Interaktion von Mensch zu Mensch) ja oder u.U.: Suche nach Daten (in Papier- oder elektronischer Form)
Ist die benötigte Information elektronisch erfaßt?	Die Suche nach Daten kann mit Hilfe des Rechners erfolgen bzw. unterstützt werden.
Wie komplex ist die benötigte Information? <i>Verknüpfungsgrad</i>	ermöglicht grobe Einschränkung der relevanten Informationsquellen <i>(Auswahl potentieller Ansprechpartner, entsprechender Bücher, Software, Datenbanken, Internetadressen etc.)</i>
Welcher Art ist die benötigte Information? <i>Sach-, Ziel-, Methoden-, Prozeßinformation</i>	
Ist die Quelle bzw. der Ablageort (ungefähr) bekannt? <i>Quelle: Mitarbeiter, (Werk-)Norm, eine bestimmte Produktdokumentation o.ä., Ablageort: intern/extern, Abteilung, Rechner o.ä.</i>	ermöglicht grobe Einschränkung der relevanten Informationsquellen <i>(In Kombination mit dem Wissen zu weiteren Merkmalen der benötigten Information kann die Suche noch zielgerichteter erfolgen.)</i>
Wie aktuell ist die gesuchte Information bzw. muß diese sein?	ermöglicht Einschränkung der relevanten Informationsquellen vor allem zugunsten elektronisch erfaßter Daten <i>(In Kombination mit dem Wissen zu weiteren Merkmalen der benötigten Information kann die Suche noch zielgerichteter erfolgen.)</i>

Die gewählte Reihenfolge der Fragen resultiert zwar aus einer Logik, die vom Konkretisierungsgrad der hinterfragten Merkmale ausgeht, ist aber nicht bindend. Die

Einschränkung der relevanten Informationsquellen durch die Kenntnis der Art und des Ablageortes der benötigten Information ist vor der Abgrenzung durch die Dokumentationsart ebenso möglich und sinnvoll.

Die hier zusammengestellten Fragen müssen vom Suchenden nicht bestimmt beantwortet werden können, um Informationen finden zu können. Auch ist es denkbar, daß eine oder mehrere Fragen gar nicht beantwortet werden können. Die Beantwortung der Fragen ermöglicht lediglich ein strukturiertes Vorgehen bei der Wahl einer spezifischen Suchstrategie.

Die Tabelle verdeutlicht weiterhin, daß eine IT-Unterstützung dieses Abgrenzungsprozesses nur schwer möglich ist. Insbesondere sind auch die Organisation und effektive Unterstützung der Informationsgewinnung aus menschlichen Ressourcen Thema (denk-)psychologischer und arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen /Hack-96/. Weil auch die Suche nach Daten, die in Papierform erfaßt sind, eine eigene Strategie bedingt, soll hier der Fokus auf die Suche nach elektronisch dokumentierten Daten gelegt werden, da sich in der Produktentwicklung diese Form der Datenerfassung immer mehr durchsetzt.

Ist das charakterisierende Wissen zu den gesuchten Informationen genau bekannt, kann unter Umständen der folgende Schritt des Sichtens der Daten übersprungen werden. Die Auswertung der erlangten Suchergebnisse bleibt aber auch in diesem Fall erforderlich.

### **Zweite Stufe: Sichten**

Der Abgrenzung mit Hilfe des Charakters der gesuchten Information schließt sich die Nutzung des Wissens in bezug auf den inhaltlichen Zusammenhang derselben an. Auch hier gilt: Je konkreter das Wissen, um so gezielter kann man die erforderlichen Daten ausfindig machen. Tabelle 4.3 stellt das potentiell vorhandene Wissen möglichen Suchstrategien gegenüber, die rechner technisch umgesetzt werden können oder bereits worden sind.

Das Ziel dieses Arbeitsschritts ist das Auswählen von relevanten oder zumindest als relevant einzuschätzenden Daten. Bei dieser Sichtung der abgegrenzten Datenmenge kann die Informationstechnik effizient eingesetzt werden. Eine zielorientierte Navigation zu einer gesuchten Information, wie sie in /AhDüScTe-99/ für Produktdaten eines grundsätzlich bekannten Entwicklungsprozesses beschrieben ist, setzt die Verwendung geeigneter Modelle und einer spezifischen Struktur bei der Datenablage voraus. Existiert dieses Wissen hinsichtlich der Randbedingungen der Produktdaten, können beispielsweise die Modelle unterschiedlicher Abstraktionsstufen des Produkts, deren Detaillierungsgrad sowie deren logische Verknüpfungen, die sich beispielsweise aus der Konstruktionsmethodik oder aus

einem typischen Entwicklungsprozeß ergeben, die nachvollziehbare Grundlage für eine zielorientierte, informationstechnisch unterstützbare Navigation bilden. Die Verknüpfungen können dabei entwicklungsprozeßbegleitend erzeugt, ergänzt oder geändert werden.

**Tabelle 4.3:** Zusammenhang zwischen der Art des inhaltlichen Wissens über die gesuchte Information und geeigneten Suchstrategien

<b>Abfrage von inhaltlichem Wissen zur gesuchten Information</b>	<b>geeignete Suchstrategien, die IT-unterstützt werden können</b>
Sind vorhandene Unternehmens-, Prozeß-, Produkt-, Baustrukturen sowie die Organisation der Datenablage bekannt?	Navigation zu den Daten, wobei der Suchende diese Suche selbst steuert (vergleiche /AhDüScTe-99/)
Wie läßt sich die gesuchte Information inhaltlich klassifizieren? bzw. Wie ist die Information inhaltlich einzuordnen?	Erzeugung von Sichten auf Daten, wobei diese Vorgehensweise automatisch oder automatisiert erfolgen kann (vergleiche Kapitel 4.3.2.3 und /AhDüScTe-99/)
Ist die Dokumentation der gesuchten Information zumindest teilweise exakt bekannt?	gezielte Suche nach den inhaltlich bekannten Daten über einen Vergleich (vergleiche Kapitel 4.3.2.4)
Sind Daten bekannt, die im direkten Zusammenhang zur gesuchten Information stehen?	Nutzen dieser Daten als Ausgangspunkt für weiterführende Informationen (Hinweise, Verweise, Dokumente etc.) (vergleiche Kapitel 4.3.2.5)

Ist dagegen das Wissen um die Entstehung der Daten sowie die Organisation der Datenablage nicht vorhanden, können Klassifizierungssysteme helfen, die Daten über inhaltliches Wissen zu der gesuchten Information zugänglich zu machen. Wesentlicher Unterschied zur Navigation ist hierbei, daß das verwendete Klassifizierungssystem, bestehend aus strukturiert geordneten Merkmalen, sinnvollerweise *vor* der rechnerischen Erfassung der Daten festgelegt sein muß. Dem wesentlichen Nachteil, daß durch diese Festlegung nicht alle Fragestellungen einer Suche optimal unterstützt werden können, steht der entscheidende Vorteil der *systematischen* Einschränkung der zu durchsuchenden Datenmenge gegenüber. Ein mögliches Klassifizierungssystem zur IT-Unterstützung der Suche nach dynamischen Informationen, wie es die in dieser Arbeit betrachteten Anforderungen sind, wird in Kapitel 4.3.2.3 vorgestellt. Ein Klassifizierungssystem zur Suche nach statischen Informationen in Produktdaten, beispielsweise spezifische Konstruktionslösungen, wird in /AhDüScTe-99/ näher erläutert.

Bei genauer Kenntnis der die gesuchte Information beschreibenden Daten, eines Teils dieser oder von Daten, die in direktem Zusammenhang zur gesuchten Information stehen, kann die Suche noch gezielter erfolgen. Da diese Suchstrategien weitgehend unabhängig vom zeitlichen Verhalten der gesuchten Information sind, lassen sie sich auch gut mit den oben genannten Suchstrategien kombinieren. Konkrete Mechanismen zur IT-Umsetzung dieser Suchstrategien werden in Kapitel 4.3.2.4 und 4.3.2.5 dargelegt.

### **Dritte Stufe: Auswerten**

Ist eine Auswahl relevanter Daten bestimmt, so müssen die Daten ausgewertet werden. Ziel ist es hierbei, die gesuchte Information sowie eventuell vorhandene, weitere nützliche Informationen aus den Daten zu extrahieren. Zu diesem Zweck müssen zunächst die DATEN vom Nutzer mit Hilfe seines WISSENS interpretiert und somit in INFORMATIONEN umgewandelt werden (siehe auch Begriffsdefinitionen). Erst im Anschluß daran kann dann die gesuchte Information ausgewählt bzw. bestimmt werden.

Die Entscheidungsfindung, welche Informationen dem Zweck der Suche am besten genügen, bedingt ein Beurteilungsvermögen des Suchenden (Erfahrung, Wissen). Die Durchführung einer Bewertung der Informationen hinsichtlich verschiedener, die Eignung der Informationen bestimmender Kriterien kann die Beurteilungsgüte verbessern. Weiterhin wird der subjektive Charakter der Auswahl durch die Systematik der Bewertung relativiert.

Wichtige Auswahlkriterien (vergleiche /Ehrs-95/) sind hierbei

- die Relevanz,
- die Genauigkeit der Information sowie die Eindeutigkeit des Inhalts,
- der Detaillierungsgrad und
- die Zuverlässigkeit der Information.

Ist dem Suchenden bekannt, wie die zu durchsuchenden Daten diesen Kriterien genügen, können diese bereits beim Abgrenzen oder Sichten der Informationen zu einer effektiven Reduzierung der zu durchsuchenden Daten- und Wissensmenge führen.

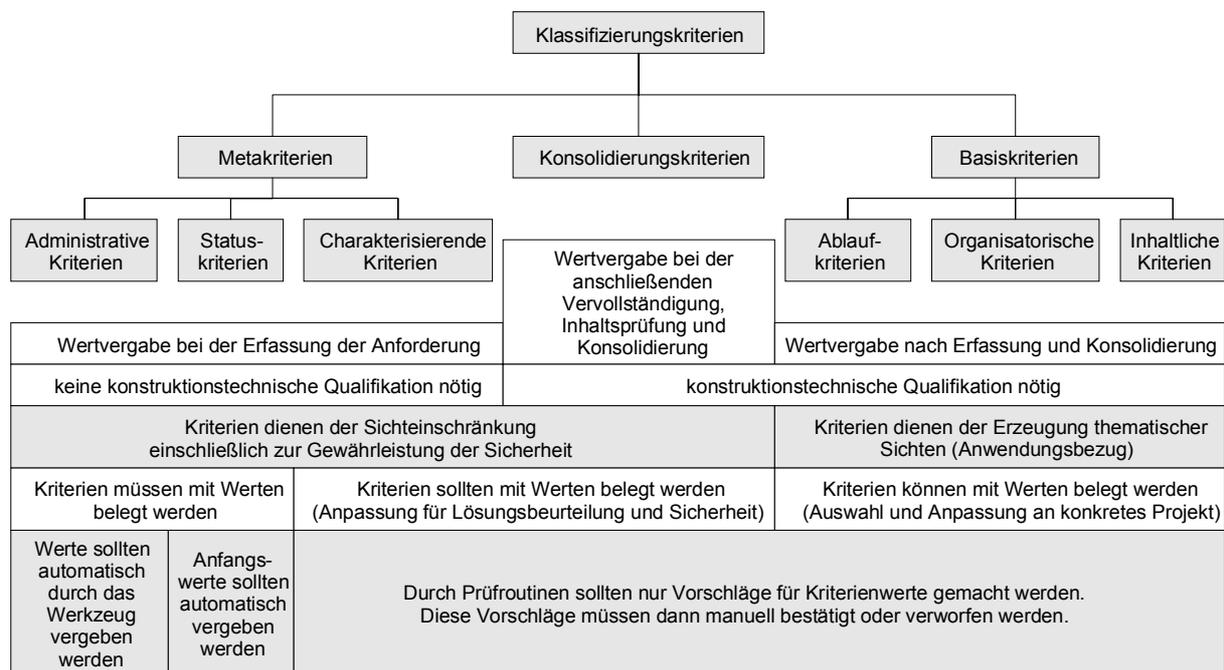
#### **4.3.2.3 Unterstützung der Anforderungssuche durch ein Klassifizierungssystem**

Wie bereits erläutert, dient die Definition und Bereitstellung von Anforderungen im Rahmen der Produktentwicklung der eindeutigen Klärung und der Berücksichtigung der Aufgabenstellung. Mit fortschreitender Entwicklung können und müssen die auch als Arbeits- und Vertragsgrundlage verwendeten Anforderungen entsprechend angepaßt werden. Diese werden zum einen spezialisiert und zerlegt (siehe hierzu auch /KrDiLe-97/), zum anderen modifiziert oder gelöscht. Auf diese Weise entstehen schnell große, dynamische Datenmengen, deren

Nutzung für den Anwender ohne unterstützende Werkzeuge zeitaufwendig ist. Die Berücksichtigung dieser Arbeitsgrundlage ist in der Praxis damit - trotz oftmals bestehender unternehmensinterner Anweisungen oder Vorschriften - in Frage gestellt.

Erfaßt man die Anforderungen elektronisch, kann man deren Ablage und Organisation und damit auch die Suche nach ihnen an die spezifischen Gegebenheiten der Anwendung flexibel anpassen. Von Vorteil ist hierbei zusätzlich, daß die eigentlichen Anforderungen in reiner Textform spezifiziert werden. Deren Ablage und Organisation kann demnach einheitlich erfolgen. Erst die Erläuterungen, Hinweise oder Ergänzungen enthalten Zeichnungen, Diagramme, Rechnungen oder Tabellen. Über diese wird aber im Regelfall nicht nach der eigentlichen Anforderung gesucht, so daß man sich bei der Suche auf die Auswertung und Zuordnung reiner Textelemente sowie deren Eigenschaften beschränken kann.

Basierend auf der durchgeführten Analyse wissenschaftlicher Arbeiten, die sich mit der Erfassung und Handhabung von Anforderungen auseinandersetzen, wurde eine Gliederung von Klassifizierungskriterien für Anforderungen abgeleitet<sup>40</sup>, deren erste drei Hierarchieebenen in Bild 4.7 dargestellt sind.



**Bild 4.7:** Grobgliederung der Klassifizierungskriterien ergänzt durch Überlegungen zur Wertvergabe bzw. -zuordnung für die diese Kriterien beschreibenden Merkmale

Für die Unterstützung von Suchmechanismen durch dieses Klassifizierungssystem müssen nun weiterhin Merkmale zu den Kriterien gefunden werden, mit deren Hilfe die Anforderun-

gen in geeignete, nachvollziehbare bzw. leicht verständliche Klassen gegliedert werden können. Tabelle 4.4 enthält eine Sammlung möglicher Klassifizierungsmerkmale für Anforderungen, die auf der Grundlage einer Literaturrecherche und zahlreichen industriellen Untersuchungen zusammengestellt wurde. Die Merkmale wurden dabei hinsichtlich ihrer generellen Eignung für die praktische Anwendung überprüft und in einigen Fällen um zusätzlich sinnvolle Merkmale ergänzt. Die weiterhin enthaltenen möglichen Ausprägungen, die die Anforderungen hinsichtlich dieser Merkmale beschreiben, müssen zur Nutzung derselben für eine merkmalgestützte Suche vergeben werden. Wann und wie diese Wertvergabe erfolgt, welche Qualifikation hierzu erforderlich ist und wozu welche Kriterien bei der Suche verwendet werden, geht aus Bild 4.7 hervor.

Es ist offensichtlich, daß eine solche Menge von klassifizierenden Merkmalen in der praktischen Anwendung nicht für jede Anforderung an ein zu entwickelndes Produkt spezifiziert werden kann. Der Zeitdruck im Tagesgeschäft ist dafür zu hoch und der damit verbundene Nutzen ist im Verhältnis zu gering. Aus diesem Grund muß firmen- und produktspezifisch eine Auswahl dieser Kriterien bzw. Merkmale getroffen werden, die von den Anwendern zeitlich und inhaltlich bearbeitbar ist und gleichzeitig eine wirkungsvolle Suche nach einzelnen Anforderungen ermöglicht.

Aber auch bei dieser Auswahl sollte hinsichtlich einer besseren Akzeptanz eines solchen Systems die Bestimmung der Ausprägungen ausschließlich für unbedingt erforderliche Kriterien erzwungen werden. Durch eine automatisierte Wertvergabe können ergänzend Standardwerte gesetzt oder aber Wertvorschläge auf der Grundlage des Anforderungsinhaltes unterbreitet werden, wodurch der Eingabeaufwand weiter reduziert wird.

Da das Verständnis der Bezeichnung der Merkmale über die erfolgreiche Nutzung des Klassifizierungssystems zur Suche nach Informationen entscheidet, muß deren Eindeutigkeit sichergestellt werden. Sind unterschiedliche Interpretationen einer Merkmalsbezeichnung, z.B. aufgrund unterschiedlicher Begriffswelten verschiedener Fachrichtungen, möglich, müssen diese durch Erläuterungen ausgeschlossen werden.

---

<sup>40</sup> Das dargestellte Klassifizierungssystem (Bild 4.7 und Tabelle 4.4) sowie dessen Verwendung bei der Suche nach relevanten Anforderungen für eine gezielte Sichteinschränkung (Bild 4.8) basieren auf den Ausarbeitungen in der Diplomarbeit von Herrn Achttert.

**Tabelle 4.4:** Zusammenstellung von Klassifizierungsmerkmalen für Anforderungen sowie deren mögliche Ausprägungen

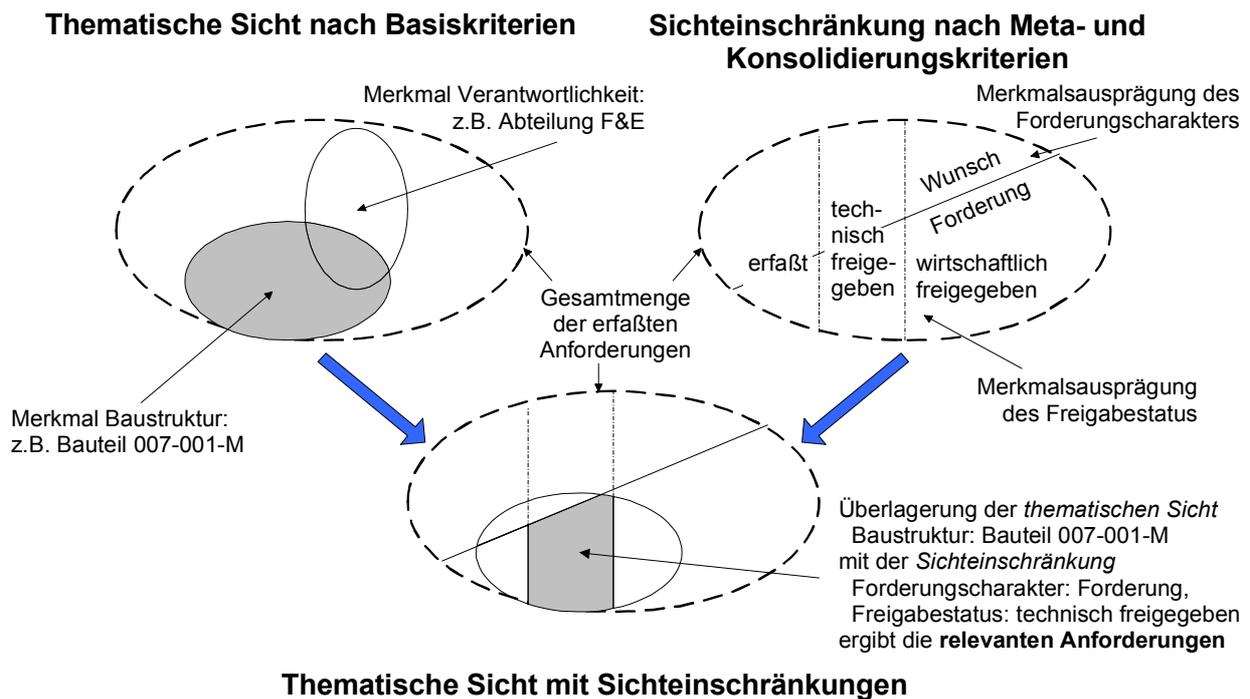
Kriterien		Merkmale	mögliche Ausprägungen oder Werte sowie Erläuterungen
Meta- krite- rien	Administrative Kriterien	Projektkennung ID Nummer der Anf. Bearbeitername Datum/Uhrzeit	1,2,3, ... <i>oder</i> : Fahrzeug xyz ... 3.2.1 ... <i>oder</i> : 3 245 876 Otto, Meyer, Schulze ... <i>oder</i> : ot, me, sz ... Tag/Monat/Jahr ... <i>oder</i> : TT:MM:JJ ...
	Statuskriterien	Administrativer Status Erfüllungsstatus Freigabestatus	gültig, gelöscht, geändert nicht erfüllt, erfüllt, nicht erfüllbar erfaßt, (technisch / wirtschaftlich) freigegeben, nicht freigegeben ...
	Charakterisierende Kriterien	Forderungscharakter Erfüllungscharakter Forderungstyp Herkunftsbereich Akquisitionstyp	Wunsch (Priorität ?), (Fest-, Ziel-...)Forderung ... Erfüllung, Grad der Erfüllung (z.B. >50%, >90%) qualitativ, quantitativ quellenbezogen (Richtlinien, Werknorm ...), ursachenbezogen (Marktanalyse; Kundenauftrag...) explizit, implizit
<b>Konsolidierungskriterien</b>		Konkretisierungsgrad Relevanzbereich Lösungscharakter Gültigkeitsbereich Beschränkungen Verteiler	Elementar- oder Zwischen- / zusammengesetzte Anforderung Lösungsprinzip, Gestaltung, Organisation ... bestimmend, einschränkend Projekt xyz <i>oder</i> : Baureihe abc <i>oder</i> : Version uv-99 lesender/schreibender Zugriff auf einzelne oder sämtliche Anforderungsbestandteile; Art der Freigabeberechtigungen; Entwickler- sowie Managerrechte (vergleiche Kapitel 4.3.3) Adressen für Information <i>oder</i> für Freigabe
Basis- krite- rien	Inhaltliche Kriterien	Assoziationsliste Lebenslaufmatrix Funktionsstruktur Kostenstruktur QFD Disziplin Systemzusammen- hang Entscheidungen Baustruktur/ Schnittstellen	Funktion, Geometrie, Kinematik, Kräfte ... Numerierung nach zutreffenden Feldern der Matrix Energie leiten, Kraft wandeln, ... nach Kostenstellen (firmenspezifisch) entsprechend der Anordnung im erstellten HoQ Konstruktion, Thermodynamik, Marketing, ... Schnittstellen zu angrenzenden Baugruppen, Aggregaten oder dem Umfeld Anforderungen beeinflussen vorwiegend: technische, ökonomische, indirekte E. Baugruppe/-teil 007-001-M ...
	Organisatorische Kriterien	Normenbezug Verantwortlichkeit Organisationsstruktur	DIN, Prüfnorm, Werknorm ... alle Mitarbeiter (+ Zulieferer), Team x, Mitarbeiter y Projekt xyz <i>oder</i> : Abteilung qrs <i>oder</i> : Baugruppe efg
	Ablaufkriterien	Funktionsablauf Lebenslaufphasen Arbeitsablauf	entspr. des chronologischen FA des Produkts Herstellung, Verteilung, Verwendung, Rückführung Planung, Entwicklung, Vertrieb

### Sichten und Sichteinschränkungen als Hilfsmittel zur Suche

Ist das Klassifizierungssystem für die Anforderungen aufgestellt und an die speziellen Gegebenheiten des Unternehmens, des Projekts oder/und des Produkts angepaßt, benötigt man nun noch Suchmechanismen, die diese Voraussetzungen effektiv nutzen. Das hier vorgestellte Konzept verwendet die definierten Merkmale der genannten Kriterien zur Erzeugung von thematischen Sichten sowie Sichteinschränkung.

Die Betrachtung von Anforderungen wird vor allem durch die Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung bei der Produktentwicklung bestimmt. Eine drastische Reduktion der zu durchsuchenden Datenmenge kann demnach über deren thematischen oder inhaltlichen Kontext erreicht werden. Die Basiskriterien ermöglichen diese inhaltliche Klassifizierung. Ihre Festlegung setzt aber entwicklungspezifisches Wissen voraus (vergleiche Bild 4.7).

Eine *Sichteinschränkung* ist über Meta- und Konsolidierungskriterien realisierbar. Diese Kriterien sind immer auf alle zu durchsuchenden Anforderungen anwendbar und untergliedern deren Gesamtmenge in Teilmengen (siehe Bild 4.8, rechte Ellipse).



**Bild 4.8:** Unterstützung der Suche nach relevanten Anforderungen durch die Überlagerung von thematischen Sichten und Sichteinschränkungen

Das Suchen nach relevanten Anforderungen wird nun durch die Kombination der thematischen Sichten mit der Sichteinschränkung erreicht: Der Produktentwickler definiert dabei zunächst das betrachtete Themengebiet durch die Auswahl zutreffender Basiskriterien. Anschließend kann er durch die Benennung bekannter Meta- oder/und

Konsolidierungskriterien die Menge der gefundenen, thematisch passenden Anforderungen weiter reduzieren.

### **Vollständigkeit**

Für die Akzeptanz eines IT-Werkzeugs, welches die Handhabung von und damit auch die Suche nach Anforderungen unterstützt, ist die Vollständigkeit der in einer Sicht angezeigten Daten erforderlich. Eine Sicht kann unvollständig sein, weil die Ausprägung eines die Sicht bestimmenden Kriteriums für die Anforderungen nicht oder falsch festgelegt wurde.

Beiden Fehlerquellen kann zunächst mit einer weitgehenden Automatisierung der Wertvergabe entgegengewirkt werden. Die unterste Zeile in Bild 4.7 gibt an, für welche Kriterien die Wertvergabe in welcher Form informationstechnisch unterstützt werden kann und sollte. Eine Fehldefinition kann weiterhin durch Einschränkung der Anzahl obligatorisch zu spezifizierender Klassifizierungskriterien eingeschränkt werden. Dabei sollte anwendungsspezifisch, d.h. abhängig von der Unternehmensorganisation, dem Produkt und vorhandenen, zusätzlich nutzbaren Produkt- und Prozeßdokumentationen, eine Auswahl an Kriterien bestimmt und über die Notwendigkeit der Festlegung entschieden werden.

Da von der Sorgfalt bei der Festlegung der Klassifizierungskriterien der Erfolg bei der Suche nach Anforderungen abhängt, ist hier die Vorgabe eines einfachen, wenig untergliederten Klassifizierungssystems anzustreben. Dadurch wird einerseits eine einvernehmliche Zuordnung bei der Vergabe der Kriterien als auch eine allgemein verständliche Auswahl von Kriterien für die Suche gefördert.

#### ***4.3.2.4 Ergänzung der IT-unterstützten Anforderungssuche durch Volltext- bzw. Schlüsselwortsuche***

Aus den vorangegangenen Ausführungen wird deutlich, daß eine gesuchte Information - deren Existenz vorausgesetzt - nur dann gefunden werden kann, wenn diese einerseits bezüglich ihrer Eigenschaften charakterisiert, andererseits inhaltlich beschrieben werden kann. Diesen Umstand macht sich eine weitere, vor allem durch den Einsatz von Rechnertechnologie entstandene und perfektionierte Suchstrategie zunutze. Hierbei wird der rechnertechnisch erfaßte Datenbestand nach bestimmten Suchwörtern durchsucht. Die Suchwörter charakterisieren und beschreiben die gesuchte Information und müssen vom Suchenden angegeben werden.

Die Suche basiert auf einem genauen Vergleich der Zeichenketten. Es kann sowohl in den Namen von Dateien oder in beigefügter Metainformation der Dateien nach

Übereinstimmungen gesucht werden, aber auch die Inhalte von Dateien, deren Text interpretierbar ist, können entsprechend überprüft werden. Was bei begrenzten Datenbeständen sehr effizient ist, verliert bei größeren Datenmengen auf Grund des drastisch steigenden Zeitbedarfs schnell an Attraktivität.

Entgegenwirken kann man diesem Nachteil beispielsweise durch eine Arbeitsteilung bei der Suche. Die zu durchsuchenden Daten werden in Bereiche unterteilt, die dann gleichzeitig bearbeitet werden. Eine andere Möglichkeit ist das Indizieren von Dateien bzw. Dokumenten. Dabei wird den Dokumenten ein Index angehängt, der deren Inhalt mittels charakterisierender Schlagworte beschreiben soll. Durchsucht werden dann nicht mehr die vollständigen Inhalte der Dateien, sondern ausschließlich die Indizes.

Wesentliches Problem der Indizierung wie auch der Volltext- und Schlüsselwortsuche im allgemeinen ist die bereits angesprochene Verwendung unterschiedlichen Vokabulars zur Bezeichnung derselben Sachverhalte sowie die Intoleranz gegenüber differierender Schreibweisen. In beiden Fällen kann die gesuchte Information nicht gefunden werden. Durch den Einsatz von anwendergerecht zusammengestellten Thesauri und Rechtschreibhilfen können diese Defizite begrenzt werden.

Diese Vorgehensweise wird - beschränkt auf Dateinamen - bereits überall dort eingesetzt, wo Dokumente verwaltet werden (Bsp.: MS Windows Explorer, EDM/PDM-Systeme). Außerdem findet sie auch bei der Auswertung von Dokumentinhalten bereits vielseitige Anwendung (z.B.: in Groupware wie Lotus Notes oder Suchmaschinen für das Internet). Aus diesem Grund soll auf diese Suchstrategie nicht weiter eingegangen werden.

#### ***4.3.2.5 Nutzen gegebener Hin- bzw. Verweise zur Suche nach weiterführenden Informationen***

Dokumente enthalten in der Regel zahlreiche explizite und implizite Hinweise, die dem Leser Informationen zugänglich machen können, die über den eigentlichen Inhalt des Dokuments hinausgehen. So enthalten die durch gängige Software automatisch erzeugten Dateieigenschaften neben statistischen Auswertungen auch Angaben zum Autor, dem Erstellungszeitpunkt oder auch dem Zeitpunkt eines Ausdrucks. Die Hinweise können das Finden weiterer Informationen ebenso unterstützen wie explizite Verweise auf einschlägige Literatur, Quellenverweise oder Verweise auf Ergänzungsdokumente.

Informationstechnisch ist es möglich, zumindest das Prüfen der expliziten Hin- bzw. Verweise zu vereinfachen. Die Verweise agieren dann als Zeiger, mit denen über die Verknüpfung mit entsprechender Funktionalität das angegebene Dokument nicht nur

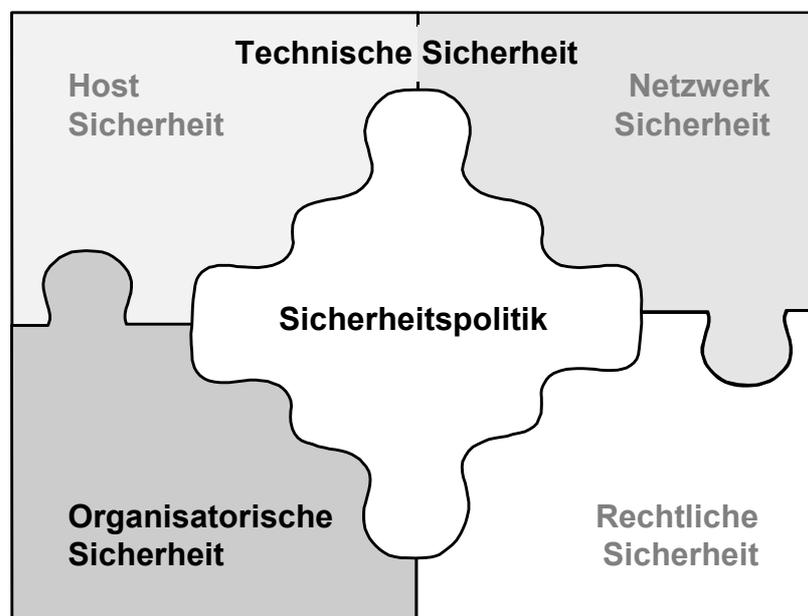
gefunden, sondern auch angezeigt werden kann. Ob letzteres gelingt, hängt von den vorhandenen System- und Softwarevoraussetzungen ab. Insbesondere im Internet ist dieses Verknüpfen von Daten gängiges, leicht anwendbares Instrumentarium.

Generell kann eine Kombination der genannten Suchstrategien die erreichbare Qualität des Suchergebnisses erhöhen.

### 4.3.3 Sicherheit

Anforderungen definieren einerseits die zu bearbeitende Aufgabenstellung im Idealfall zu jedem Zeitpunkt der Produktentwicklung und sind damit dynamische Arbeitsgrundlage, die allen beteiligten Entwicklern, einschließlich Zulieferern, auch zugänglich gemacht werden sollte. Andererseits beschreiben Anforderungen produkt- und prozeßspezifisches Wissen des entwickelnden Unternehmens. Die die Anforderungen repräsentierenden Daten müssen aus diesem Grund nicht nur abteilungs- und firmenübergreifend über Computernetzwerke leicht nutzbar sein, sondern auch unkompliziert gepflegt werden können. Andererseits müssen sie vor nicht autorisiertem Zugriff sowie unberechtigter Manipulation geschützt werden<sup>41</sup>.

Oppliger /Oppl-97/ identifiziert vier Bestandteile der Sicherheit in verteilten Computersystemen (siehe Bild 4.9). Diese vier Bestandteile müssen aufeinander abgestimmt und in die übergeordnete Sicherheitspolitik des Unternehmens integriert werden.



**Bild 4.9:** Sicherheitspolitik für verteilte Computersysteme in Anlehnung an Oppliger /Oppl-97/

<sup>41</sup> Wesentliche Grundlagen der Ausführungen dieses Kapitels wurden in der Diplomarbeit von Herrn Achtert erarbeitet.

Die Sicherheitspolitik eines Unternehmens legt fest, in welchem Umfang das spezifische Know-how gewahrt bzw. gesichert werden soll. Es wird beispielsweise darüber entschieden, welche Art Informationen an Zulieferer weitergegeben werden dürfen oder in welchem Umfang den Mitarbeitern der verschiedenen Hierarchieebenen Entscheidungsbefugnis übertragen wird. Da diesem Sicherheitsaspekt tatsächlich politische Überlegungen zugrunde liegen und die zu treffenden Entscheidungen einzig durch die Randbedingungen des einzelnen Unternehmens bestimmt werden, wird auf die Einzelheiten hier nicht weiter eingegangen.

Die organisatorische Sicherheit legt im einzelnen fest, wie die grundsätzliche Sicherheitspolitik im spezifischen IT-Werkzeug umgesetzt werden kann. Die Benutzung des Werkzeugs wird also im Einklang mit der übergeordneten Sicherheitspolitik inhaltlich und organisatorisch abgesichert. Was das für das hier zu erarbeitende Anforderungswerkzeug im einzelnen bedeutet, wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

Die Host- und Netzwerksicherheit sind die technischen Bestandteile der Sicherheit für verteilte Computersysteme und werden in Kapitel 4.3.3.2 erörtert. Die technische Sicherheit muß grundsätzlich den Zugriffsschutz und die Kommunikationssicherheit gewährleisten.

Die rechtliche Sicherheit eines Anforderungswerkzeuges umfaßt beispielsweise Fragen nach der Zulässigkeit der Anwendung bestimmter Verschlüsselungsmechanismen oder zwingend zu berücksichtigende Gesichtspunkte des Datenschutzes. Im Rahmen dieser Arbeit kann und soll keine rechtliche Analyse nationaler Gesetzgebungen oder der Zulässigkeit der Veröffentlichung von Informationen über das Internet (z.B. durch verbundene Dokumente) im Bezug auf das Anforderungswerkzeug erfolgen. Die rechtliche Sicherheit wird deshalb an dieser Stelle nicht betrachtet.

#### **4.3.3.1 Organisatorische Sicherheit**

Die Tätigkeiten, die ein Nutzer mit dem zu entwickelnden Anforderungswerkzeug auf Grund der bereitgestellten Funktionalität grundsätzlich ausführen kann, müssen aus oben genannten Sicherheitsüberlegungen beschränkt werden. Die Berechtigungen, die einem Nutzer für die Arbeit an oder mit einer Anforderung eingeräumt werden können müssen, sind von drei Bedingungen abhängig, die durch die folgenden Fragen beschrieben werden:

- Welche Tätigkeit soll ausgeführt werden?
- Wer will die Tätigkeit ausführen?
- Welchen Freigabestatus hat die Anforderung?

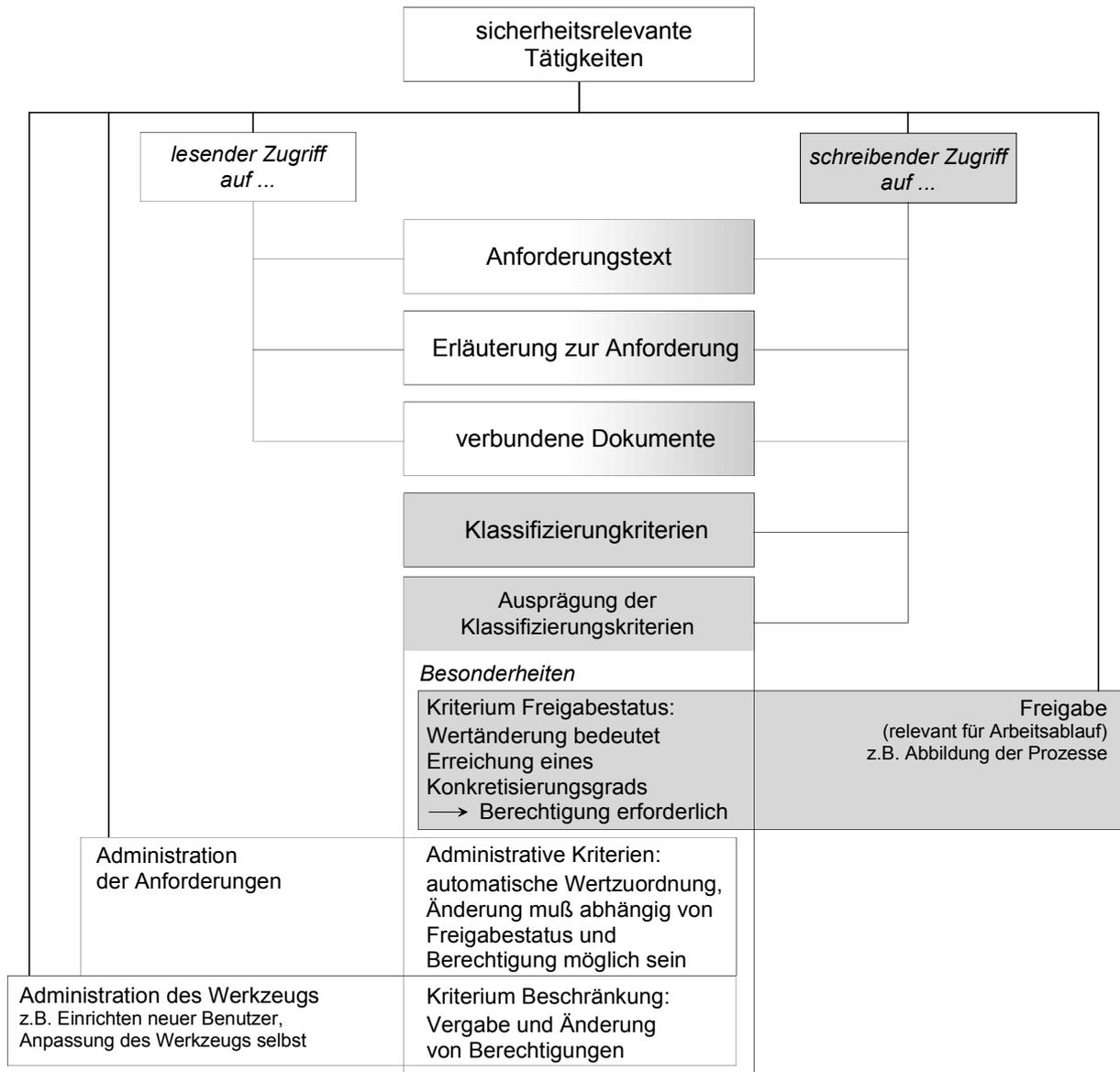
Die drei Bedingungen werden anschließend einzeln diskutiert. Danach werden die drei Bedingungen zusammengeführt und grundsätzliche Beschränkungen und deren Abhängigkeit von Freigabestatus und Nutzer des Werkzeugs festgelegt.

### **Tätigkeiten**

In einem Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen sind nicht sämtliche Tätigkeiten, die zur Umsetzung der in Kapitel 4.2 beschriebenen Anforderungen erforderlich sind, sicherheitsrelevant. So können beispielsweise Sortiervorgänge oder die Auswahl der Art der thematischen Sicht die Sicherheit der Daten nicht gefährden. Ein lesender Zugriff auf die angebotenen Klassifizierungskriterien kann unter Umständen, wie bei Verwendung von Bau- oder Kostenstrukturen sowie Arbeitsabläufen als Klassifizierungsgrundlage, detailliertes Produkt- oder Prozeßwissen offenlegen. Der Nutzen dieser Art Informationen liegt aber in erster Linie im Erkennen von entwicklungsrelevanten Zusammenhängen, wie angrenzende Baugruppen und deren Schnittstellen oder mögliche Ansprechpartner bei fachlichen Problemen, deren Kenntnis sich ausschließlich positiv insbesondere auf die Qualität des Produktes auswirken kann. Aus diesem Grund ist das mit dieser Berechtigung verbundene Sicherheitsrisiko für die Klassifizierungskriterien grundsätzlich vertretbar. Sollte ein Unternehmen aus unternehmenspolitischen Gründen diese Informationen nicht in dieser Form preisgeben wollen, sollten andere Kriterien zur Klassifizierung der Anforderungen verwendet werden. Schließlich ist der Aufwand für Zuordnung von Werten zu den Merkmalen nur dann vertretbar, wenn diese dann auch zur Vereinfachung der Suche nach den Anforderungen genutzt werden.

Bild 4.10 faßt alle sicherheitsrelevanten Tätigkeiten zusammen, die mit dem zu entwickelnden IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen ausgeführt werden sollen. Hierbei umfaßt der schreibende Zugriff stets auch die grundsätzliche Erfassung sowie die Modifikation des genannten Anforderungsbestandteils bzw. der zur Ausführung einer spezifizierten Tätigkeit berechtigenden Parameter.

Wie aus Bild 4.10 hervorgeht, müssen die Freigabe von Anforderungen sowie die Administration der Anforderungen und des Werkzeugs gesondert betrachtet werden. Während die Anforderungen die Beschreibung der Aufgabenstellung und damit eine Art Dokument sind, ist die Freigabe bzw. Genehmigung der Anforderungen ein Prozeß. Da durch diesen Prozeß über die Weiterverfolgung einer definierten Produkt- oder Prozeßanforderung entschieden wird, darf die Wertvergabe für den Freigabestatus nur entsprechend befugten Personen gestattet sein.



**Bild 4.10:** Sicherheitsrelevante Tätigkeiten bei der Nutzung des IT- Anforderungswerkzeugs

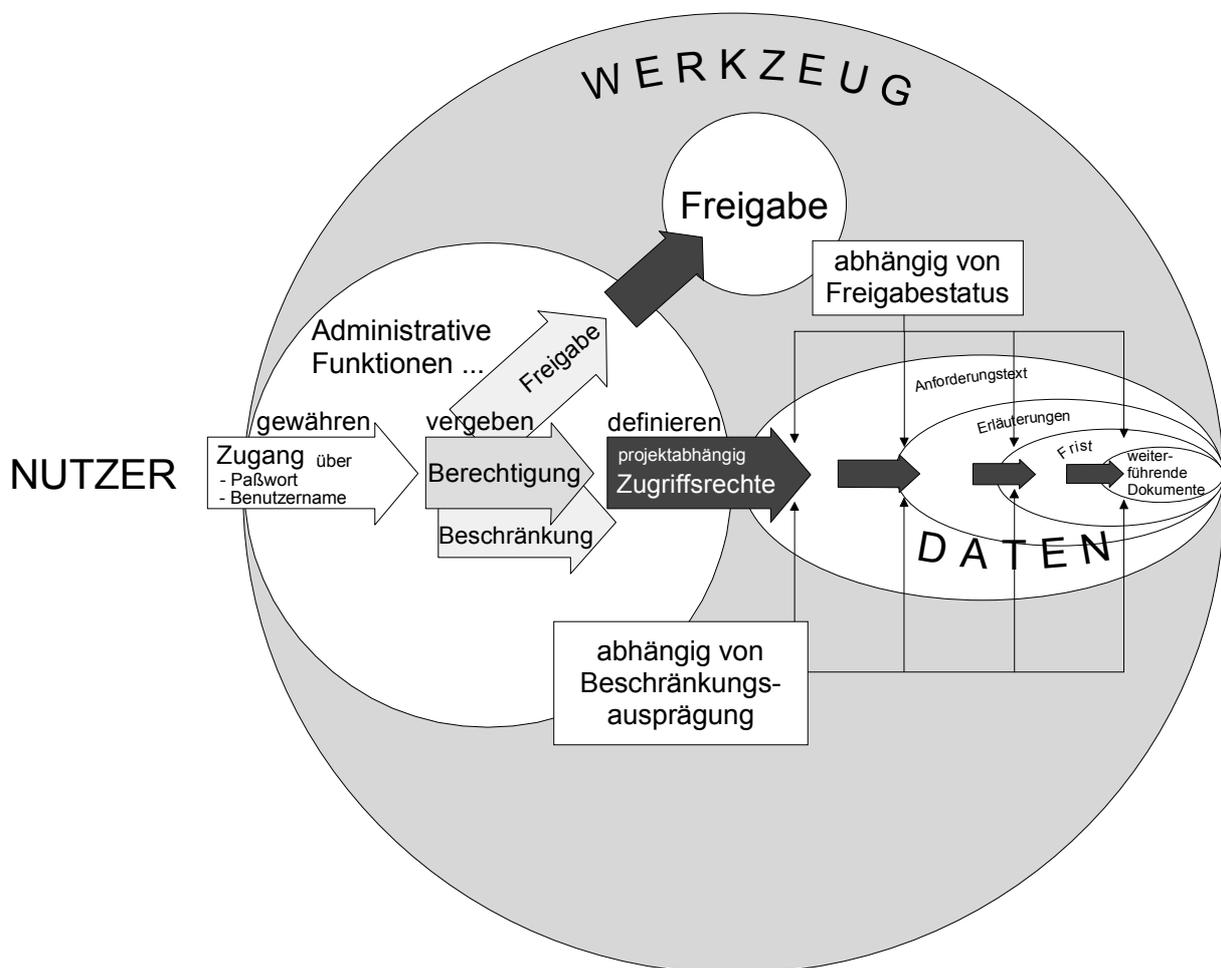
Von der Administration sollte der eigentliche Nutzer des Anforderungswerkzeugs vollständig ausgeschlossen sein. Fehler bei der Vergabe von Berechtigungen, Definition oder Auswahl von Klassifizierungskriterien oder auch bei der Bedienung des Werkzeugs an sich können zu Schäden am System, einem Absinken der Effizienz des Systems oder schlimmstenfalls zu Verlust von INFORMATIONEN und DATEN, die das Know-how des Unternehmens abbilden, führen. Infolgedessen ist bei der Erfassung und Verwendung der Ausprägungen für die administrativen Kriterien sowie für das Beschränkungskriterium besondere Sorgfalt geboten.

### Nutzer des Werkzeugs

Um unterschiedliche Berechtigungen abhängig von Werkzeugnutzern abbilden zu können, muß ein Weg gefunden werden, daß ein Benutzer vom Anforderungswerkzeug identifiziert werden kann. Eine solche Identifizierung erfolgt bei Computersystemen heute üblicherweise

durch eine Kombination aus dem Benutzernamen und dem Paßwort. Damit kann gleichzeitig der Personenkreis eingeschränkt werden, der überhaupt zur Nutzung des Systems zugelassen wird.

Ein solcher Authentifizierungsmechanismus erfolgt in aller Regel auf individueller Basis. Ein Benutzer muß seinen Benutzernamen und sein Paßwort eingeben und nach Auswertung der Kombination durch das System wird der Zugang gewährt oder verweigert. Diesen Mechanismus auf ganze Personengruppen anzuwenden, ist möglich. Davon soll hier aber abgesehen werden, da der Mechanismus gleichzeitig zur automatischen Belegung des Metakriteriums *Bearbeitername* verwendet werden soll.



**Bild 4.11:** Zugang, Berechtigung und Zugriffsrechte in einem Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen aus der Sicht des Nutzers; Administration, Entwicklung und Anpassung des Werkzeugs an sich sind nicht dargestellt.

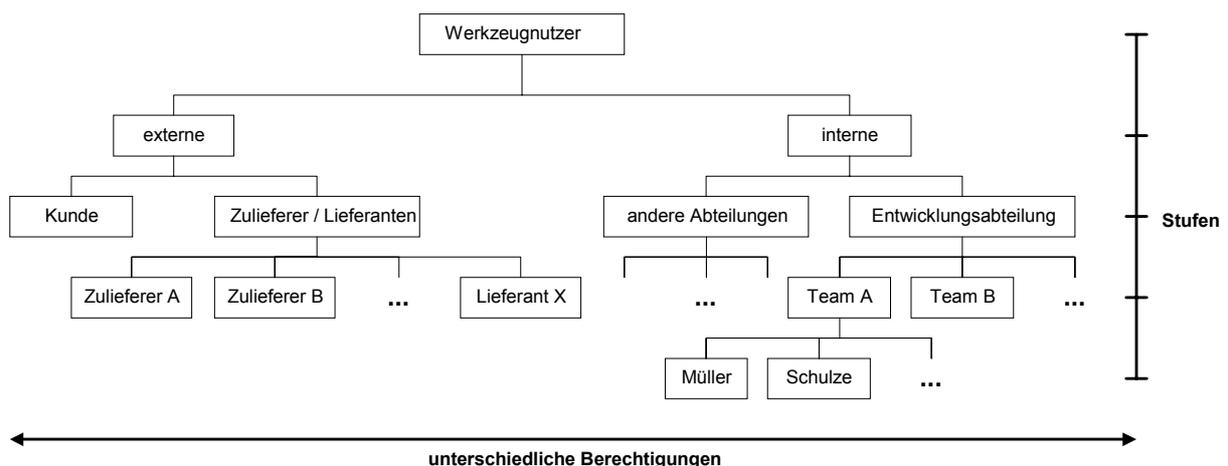
Bild 4.11 faßt die erläuterten Sicherheitsmechanismen und ihre jeweiligen Wirkungsbereiche aus der Sicht des Nutzers des Werkzeugs zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen zusammen. Diesem präsentiert sich das Werkzeug als zwar optisch anpaßbare, grundsätzlich jedoch nicht modifizierbare Schnittstelle für die Erfassung, Erweiterung,

Änderung von und der Suche nach Anforderungen. Die Zugriffsrechte werden aus dem Wert des Beschränkungskriteriums abgeleitet. Der Freigabestatus erweitert zusätzlich die Flexibilität der Berechtigungen durch eine zu überlagernde Abhängigkeit vom Entwicklungsfortschritt.

Die in dieser Abbildung nicht visualisierten Berechtigungen zur Modifikation des Werkzeugs an sich ergeben sich wie die dargestellten Zugriffsrechte auf die Daten aus dem in Tabelle 4.4 erläuterten Beschränkungskriterium. Über diese Berechtigungen müssen zum einen die Entwicklung und Modifikation der Benutzungsschnittstelle, z.B. die Definition und Gestaltung von Feldern, Masken, Ansichten etc., sowie die generelle Kontrolle über die verwendete Datenbank, wozu das Verwalten der Datenbank, das Setzen von Zugriffsrechten und vieles mehr zählt, entsprechend qualifiziertem Personal vorbehalten bleiben. Nur so können die Daten und das Werkzeug, welches die Daten erst zugänglich macht, insbesondere auch vor unbeabsichtigter Beschädigung bewahrt werden.

Eine Bewertung und Vergabe der genannten Berechtigungen für jeden potentiellen Nutzer wird schnell sehr zeitaufwendig. Die Definition von Gruppen, die Nutzer gleicher Berechtigungen zusammenfassen, vereinfacht diesen aus oben genannten Gründen sorgfältig durchzuführenden Prozeß.

Eine starre eindimensionale Gruppeneinteilung löst das Problem eines hohen Bewertungsaufwandes aber nur unzureichend, und die Einsatzmöglichkeiten sind wenig flexibel. Aus diesem Grund wird eine hierarchische Gruppeneinteilung über mehrere Stufen vorgeschlagen, wie sie exemplarisch in Bild 4.12 zu sehen ist.



**Bild 4.12:** Stufenkonzept zur aufwandsreduzierten Vergabe von Berechtigungen für Werkzeugnutzer

Die Einteilung der Werkzeugnutzer in Bild 4.12 steht noch in keinem Zusammenhang mit den sicherheitsrelevanten Tätigkeiten. Der Zusammenhang wird erst hergestellt, wenn für eine

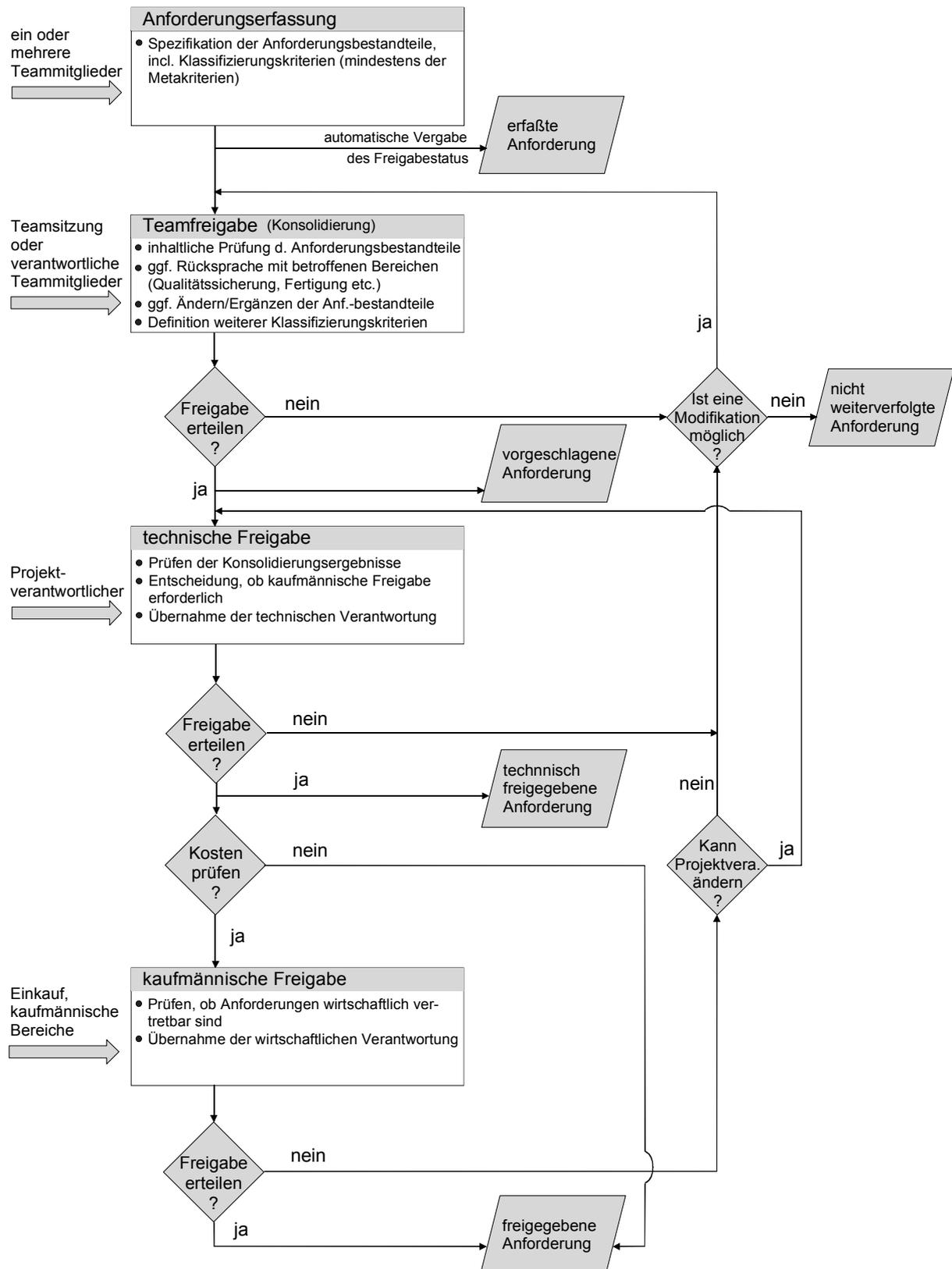
Benutzergruppe auf einer bestimmten Stufe entschieden wurde, welche sicherheitsrelevanten Tätigkeiten sie ausführen darf, d.h. welche Berechtigungen sie erhält.

Der Bewertungsaufwand wird dadurch reduziert, daß Berechtigungen auf einer hohen Stufe einmal vergeben werden. Diese Berechtigungen vererben sich auf die Stufen darunter. Nur wenn sich auf einer Stufe Veränderungen, wie Erweiterungen oder zusätzliche Einschränkungen, dieser Berechtigungen ergeben, müssen diese auf dieser Stufe zusätzlich vergeben oder entzogen werden.

Beispielsweise können alle internen Abteilungen zwar die Berechtigung zum lesenden Zugriff auf alle Anforderungsbestandteile (siehe Bild 4.10), jedoch nicht die zur Freigabe haben. Diese Berechtigungen vererben sich auf die nächste Stufe, z.B. auf die Entwicklungsabteilung. Auf der Teamebene können diese Berechtigungen für die einzelnen Teams projektbezogen auf schreibenden Zugriff für den Anforderungstext, die Erläuterungen, die verbundenen Dokumente und die Ausprägungen der Klassifizierungskriterien erweitert werden. Auf der nächsten Stufe kann einer verantwortlichen Person, z.B. dem entsprechenden Teamleiter, zusätzlich das Schreibrecht für die Klassifizierungskriterien sowie die Berechtigung zur technischen Freigabe der Anforderungen eingeräumt werden. Dadurch wird einerseits sichergestellt, daß die zu spezifizierenden Klassifizierungskriterien nur zentral, d.h. für alle Nutzer gleich, geändert werden können. Dies ist wichtig, da die einheitlich konsequente Vergabe der Werte für die Klassifizierungskriterien über die zu erreichende Qualität der Suchergebnisse entscheidet. Andererseits können über die Freigabeberechtigung die auf der Team- bzw. Projektebene zugelassenen Eingaben der bzw. Manipulationen an den Anforderungen auf ihre Korrektheit überprüft werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß nur inhaltlich geprüfte Anforderungen bzw. deren Bestandteile für das betreffende Projekt Gültigkeit erlangen. Wegen der Wichtigkeit der Freigabe von Anforderungen als Bestandteil des gesamten Sicherheitskonzepts wird auf diese im folgenden Kapitel detaillierter eingegangen.

### **Freigabe**

Die Freigabe oder auch Genehmigung von Anforderungen in entwickelnden Unternehmen ist heute nicht einheitlich geregelt. Ist die Erfassung von Anforderungen überhaupt als fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses vorgesehen, findet man von der simplen Verwaltung der Anforderungsliste durch einen verantwortlichen Mitarbeiter, dessen Arbeit vor allem in der Kontrolle der Einhaltung einer vorgesehenen einheitlichen Dokumentvorlage besteht, bis hin zu detaillierten Verfahrensanweisungen zur Erstellung und Genehmigung der Anforderungsliste zahlreiche Zwischenstufen.



**Bild 4.13:** Beispiel einer detaillierten Freigabeprozedur, wobei zu berücksichtigende Berechtigungen wie auch der zu vergebende Freigabestatus zur Gewährleistung der organisatorischen Sicherheit in diesem Zusammenhang ergänzt sind

Exemplarisch soll hier eine sehr detaillierte Freigabeprozedur vorgestellt werden (Bild 4.13), die an eine bestehende Verfahrensanweisung der Qualitätssicherung eines bedeu-

tenden Zulieferers der Flugzeugindustrie angelehnt ist. Mit dem beschriebenen Vorgehen wird allen sinnvoll erscheinenden Anforderungen an den Detaillierungsgrad derartiger Vorgänge Rechnung getragen. Der Ablauf ist weiterhin so aufgebaut, daß er leicht zu vereinfachen ist und somit auch weniger komplexe Freigaberoutinen damit abgebildet werden können.

Bei der Spezifikation einer technischen Anforderung bzw. einzelner Bestandteile dieser können die durch die „Login“- und Starteingaben des Mitarbeiters definierten Metakriterien automatisch zugeordnet werden. Hierzu gehören vor allem das betreffende Projekt, Name des Bearbeiters und das Datum. Sind Eingaben zur Anforderungsspezifizierung erfolgt, sollte automatisch der niedrigste Freigabestatus gesetzt werden. Weiterhin steht es dem jeweiligen Mitarbeiter frei, auch Ausprägungen für weiterführende Klassifizierungskriterien festzulegen.

Die erfaßten Anforderungen sollten dann - möglichst in einer Teamsitzung - inhaltlich hinterfragt und die Wertvergabe für die Klassifikationskriterien überprüft werden. Sind im bearbeitenden Team ausschließlich Mitglieder einer bestimmten Fachrichtung vertreten und könnten sich die zu bewertenden Anforderungen im- oder explizit auch auf andere Bereiche auswirken, sollten Experten dieser Bereiche hinzugezogen oder problemspezifisch konsultiert werden. Sind die aus der inhaltlichen Überprüfung der Anforderung(en) resultierenden Anpassungen eingearbeitet, sollte dies durch die Vergabe eines angehobenen Freigabestatus angezeigt werden können. In Bild 4.13 ist/sind die Anforderung(en) damit zur technischen Freigabe vorgeschlagen.

Alle an einem Projekt beteiligten Mitarbeiter sollten bereits für die Erfassungs- und Konsolidierungsphase Leseberechtigung auf alle Anforderungsbestandteile haben, um Tendenzen bei der Aufgabenformulierung in die eigene Entwicklungstätigkeit frühzeitig einfließen lassen zu können und bei sich abzeichnenden Konflikten auf diese rechtzeitig hinweisen zu können. Darüber hinaus benötigen alle Mitarbeiter eines Teams die Berechtigung, die Anforderungsbestandteile auch definieren, d.h. schreiben, zu dürfen. Weiterhin kann es sinnvoll sein, allen Mitarbeitern auch die Teamfreigabe zu gestatten. Hierdurch würde dem einzelnen Mitarbeiter mehr Verantwortung übertragen werden und ein Überspringen der interdisziplinären Überprüfung ermöglicht werden. Soll das Überspringen dieser Freigabestufe dagegen verhindert werden, kann es zweckmäßig sein, wenn die Teamfreigabe auf einen oder mehrere Verantwortliche übertragen wird.

Im Rahmen der Konsolidierung sollte weiterhin entschieden werden, wer außer den an der Entwicklung des Projektes direkt beteiligten Mitarbeitern und den Freigabeberechtigten wie auf welche Bestandteile der jeweiligen Anforderung bzw. auf welche Anforderungen zugrei-

fen darf. Beispielsweise könnte man einem Zulieferer für ein Gußgehäuse eines beliebigen Aggregats die Berechtigung erteilen, alle Anforderungstexte und Erläuterungen der Anforderungen ansehen zu dürfen, die das Gußgehäuse betreffen und die Schnittstellen beschreiben. Voraussetzung hierfür ist selbstverständlich ein entsprechend gewähltes und gepflegtes Klassifizierungssystem. Zur Reduzierung des Bewertungsaufwands sollte auch hier das oben beschriebene Stufenkonzept (vergleiche Bild 4.12) eingesetzt werden.

Die technische Freigabe ist die Bestätigung der vorgeschlagenen Anforderung(en) durch eine dafür berechtigte Person, die damit auch die Verantwortung für die in dieser Form spezifizierten Anforderungen übernimmt. Da mit der technischen Freigabe der Gültigkeit der Anforderung als Arbeitsgrundlage nicht mehr viel im Wege steht, müssen spätestens mit dem Erteilen dieser Freigabe auch die vorgeschlagenen Berechtigungen für den Zugriff auf die Anforderungen bzw. deren Bestandteile im Anforderungswerkzeug - deren Bestätigung vorausgesetzt - implementiert werden. Es erscheint sinnvoll, die Bestätigung der Zugriffsberechtigungen für die Anforderungen mit der technischen Freigabe der Anforderungsinhalte zu koppeln.

Hat der Verantwortliche Änderungswünsche, Zweifel oder Vorbehalte, muß auch er diesen nachgehen bzw. deren Beseitigung in Auftrag geben. Erteilt er die technische Freigabe, muß er aufgrund seiner Erfahrung weiterhin beurteilen, ob die Anforderung(en) aus kaufmännischer Sicht zusätzlich zu prüfen ist. Dies kann der Fall sein, wenn eine Anforderung den Einsatz eines teureren Werkstoffs, den Einsatz eines neuen Fertigungsverfahrens oder die Vergabe eines Auftrags an einen Zulieferer erforderlich macht.

Ist die kaufmännische Freigabe aus seiner Sicht nicht erforderlich, kann er diese - mit Übernahme der entsprechenden Verantwortung - überspringen und damit die Anforderung(en) generell freigeben. Anderenfalls führt erst die positive Bestätigung der Person, die mit der wirtschaftlichen Prüfung der Anforderung betraut wurde, zur endgültigen Freigabe.

Ist eine Freigabe erteilt, muß allen Mitarbeitern, die nicht für die entsprechende oder die nachfolgenden Freigabe(n) berechtigt sind, die Schreibberechtigung entzogen werden, um nachträgliche, nicht geprüfte Manipulationen zu verhindern. Einzige Ausnahme bildet hierbei der Verantwortliche für die kaufmännische Freigabe, dessen Schreibberechtigung mindestens die den Anforderungstext ergänzenden Erläuterungen umfassen muß, in die gegebenenfalls die Gründe für eine Ablehnung eingetragen werden sollen. Diese Berechtigung kann - abhängig von der Qualifikation und Position der verantwortlichen Person - erweitert werden. Wird die wirtschaftliche Freigabe abgelehnt, muß der Verantwortliche für die technische Frei-

gabe entscheiden, ob er die Anforderung gemäß den Auflagen ändern kann oder diese vom Entwicklungsteam erneut bearbeitet werden muß.

Wird im weiteren Verlauf der Entwicklung die Änderung, Ergänzung oder Detaillierung einer freigegebenen Anforderung erforderlich, wird diese entsprechend gekennzeichnet und muß als solche den gesamten Freigabeprozess erneut durchlaufen. Wegen der vorausgegangenen Prüfung der Ausgangsanforderung kann dabei unter Umständen auf die erste oder sogar auf die ersten beiden Freigabestufe(n) verzichtet werden. Diese Entscheidung ist aber grundsätzlich für das entwickelnde Unternehmen zu treffen und entsprechend in die verfolgte Freigabestrategie zu integrieren.

**Tabelle 4.4:** Mögliche Vergabe von Zugriffsbeschränkungen auf Anforderungsbestandteile in Abhängigkeit vom Nutzer des Werkzeugs und des Freigabestatus der Anforderung: Auf die in Klammern stehenden Anforderungsbestandteile kann der entsprechende Zugriff bei gegebenem Vertrauensverhältnis zusätzlich gewährt werden.

Nutzer des Werkzeugs		Freigabestatus der Anforderung			
		erfaßt	vorgeschlagen	technisch freigegeben	freigegeben
<b>intern</b>	Verantwortlicher für techn. Freigabe	lesen, schreiben	lesen, schreiben	lesen, schreiben	lesen, schreiben
	Verantwortliche für Teamfreigabe	lesen, schreiben	lesen, schreiben	lesen	lesen
	Verantwortlicher für kaufm. Freigabe	lesen	lesen	lesen, schreiben nur Erläuterungen	lesen
	projektbezogenes Entwicklungsteam (ET)	lesen schreiben	lesen	lesen	lesen
	Abteilungen/Bereiche der ET-Mitglieder	-	lesen eingeschränkt	lesen eingeschränkt	lesen eingeschränkt
	andere Abteilungen	-	-	lesen eingeschränkt	lesen eingeschränkt
<b>extern</b>	Zulieferer	-	(lesen nur A.-text, Erläuterungen)	lesen nur A.-text, Frist, (Erläuterungen)	lesen nur A.-text, Frist, (Erläuterungen)
	Kunde	-	-	-	lesen eingeschränkt

Tabelle 4.4 verdeutlicht die Flexibilität der zu vergebenden Berechtigungen. Diese kommt dadurch zustande, daß die Beschränkungen bezüglich des Zugriffs auf die einzelnen Anforderungsbestandteile in Abhängigkeit vom Nutzer des Werkzeugs, dessen Freigabeberechtigung(en) und dem Freigabestatus einer Anforderung unterschiedlich gesetzt werden können.

Insgesamt kann die organisatorische Sicherheit des zu entwickelnden Anforderungswerkzeugs dadurch gewährleistet werden, daß neben den möglichen Ausprägungen der Klassifizierungskriterien Freigabestatus und Beschränkungen vor allem die vielschichtigen Berechtigungen definiert werden. Für die einzelnen Bestandteile einer Anforderung sind hierfür die von der Person, dem Projekt, weiteren organisatorischen Größen sowie dem

Freigabestatus abhängigen Zugriffsrechte zu spezifizieren. Die die inhaltliche Sicherheit gewährleistende Freigabe der Anforderungen erfordert weiterhin die Vergabe von Berechtigungen, diese zu erteilen.

#### 4.3.3.2 Technische Sicherheit

Die aus den Rahmenbedingungen des heutigen Wettbewerbs und der dezentralen Organisation von Entwicklungsprojekten resultierende Forderung nach der Netzwerkfähigkeit eines IT-Werkzeugs zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen führt in Kombination mit der Forderung nach weitgehender Plattformunabhängigkeit zur Nutzung des Internet als Kommunikationsmedium. Da das Internet nicht zentral kontrolliert ist und jedem Zugang gewährt, ergeben sich im Hinblick auf die technische Sicherheit daraus einige Besonderheiten.

Die oben behandelte organisatorische Sicherheit garantiert die Datensicherheit im Werkzeug unter Berücksichtigung der unternehmensspezifischen Sicherheitspolitik. Diese wird im Werkzeug implementiert. Über das Internet wird nun aber von den Nutzern des Werkzeugs auf diese Informationen zugegriffen. Damit werden die vertraulichen Informationen aus dem gesicherten Werkzeug herausgelöst und auch Unbefugten zugänglich, sofern nicht andere Sicherheitsmechanismen greifen.

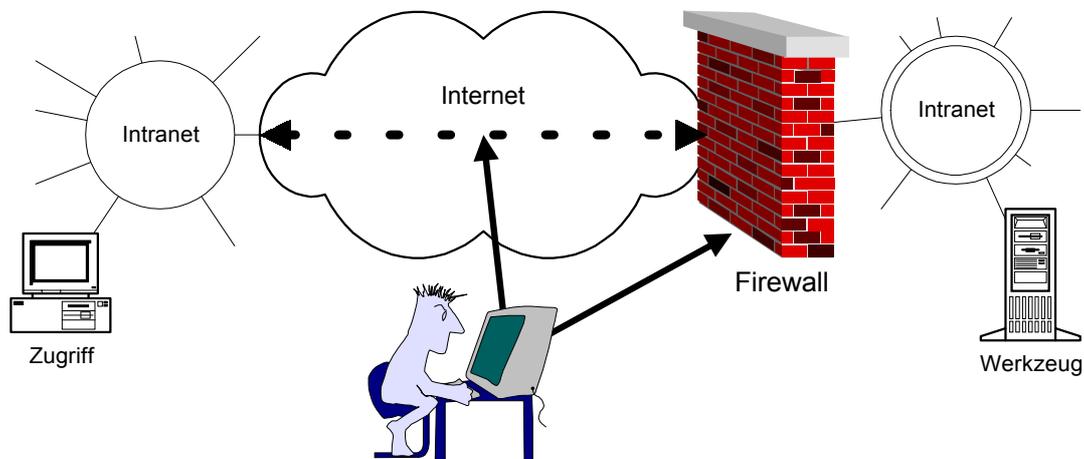
Wird das Internet als Kommunikationsmedium verwendet, bestehen demnach drei Bedrohungsarten für die Daten:

- Attackieren des Systems bzw. Werkzeugs an sich. Dabei kann versucht werden, in das unternehmensinterne Rechnernetzwerk einzudringen oder das Netzwerk von außen zu stören.
- Die passive Verfolgung des Kommunikationsverkehrs zwischen zwei berechtigten Nutzern des Werkzeugs, d.h. Lesen (Abhören) der ausgetauschten Daten.
- Der aktive Eingriff in den Kommunikationsverkehr zwischen zwei berechtigten Nutzern des Werkzeugs, d.h. Manipulation oder Löschen der ausgetauschten Daten während der Transaktion.

Wie für jedes vernetzte System muß für die Nutzung des Anforderungswerkzeugs im Internet der generell zu gewährleistende Zugriffsschutz des Werkzeugs erweitert sowie die Kommunikationssicherheit garantiert werden.

Unternehmensinterne Netzwerke (Intranets) werden über einen generellen Zugriffsschutz, sogenannte Firewalls (siehe Bild 4.14), gesichert (zum Thema Intra-/Internets sowie Firewalls siehe auch /FiStBeSt-98/ und /WaCa-95/). Diese sollen den unbefugten Zugang vom Internet

verhindern. Der über den Benutzernamen und das Paßwort gesicherte Zugang zur Nutzung des Werkzeugs wird durch diesen vorgeschalteten Sicherheitsmechanismus weiter erschwert.

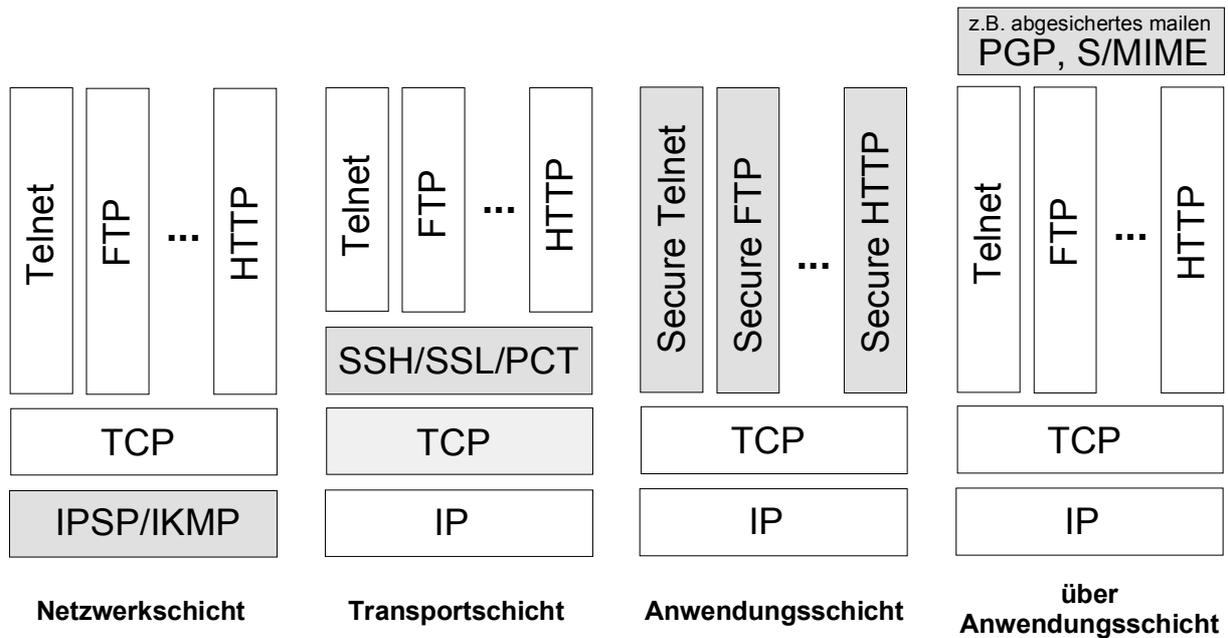


**Bild 4.14:** Bedrohungsarten und technische Sicherheit im Internet

Die Kommunikationssicherheit im Internet hat die Aufgabe, die Kommunikation zwischen den Beteiligten gegen aktive und passive Angriffe zu immunisieren. Dies wird durch den Einsatz kryptographischer Sicherheitsprotokolle realisiert. Diese enthalten Methoden und Verfahren, mit deren Hilfe Daten ver- und entschlüsselt werden können. Ein solches Sicherheitsprotokoll kann bei jedem vorhandenen Übertragungsprotokoll im Internet und darüber ansetzen. Vier Schichten stehen nach Opplinger /Oppl-97/ hierfür zu Verfügung: Die Netzwerk-, die Transport- und die Anwendungsschicht sowie die Schicht über der Anwendung, wobei die Anwendung dabei für den jeweiligen Internetdienst, wie Telnet oder ftp, steht (vergleiche Bild 4.15).

Grundsätzlich gibt es dabei die Möglichkeiten der Absicherung des Netzwerks oder der übertragenen Information:

Die Sicherung des Netzwerkes, über das die Daten transportiert werden, vollzieht sich in der Netzwerkschicht. Das Internet bietet diese Sicherheitsdienste in Form des Internet Protocol Security Protocol (IPSP) und Internet Key Management Protocol (IKMP) an. Die Standardisierung dieser Protokolle ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Eine Änderung in der Funktionalität der einzelnen Anwendungen ist dabei nicht nötig.



**Bild 4.15:** Sicherheit in den Schichten des Internet nach Oppliger /Oppl-97/

Die Sicherung der Daten, die übertragen werden, vollzieht sich in der Anwendungsschicht oder darüber. In der Anwendungsschicht erfordert diese Möglichkeit eine Veränderung der einzelnen Internetdienste, wie bei der Übertragung des Anwendungsprotokolls HTTP<sup>42</sup> zu Secure-HTTP. Diese Übertragung ist heute noch nicht vollständig abzusehen. Oberhalb der Anwendungsschicht erfolgt die Sicherung durch separate Verschlüsselungssoftware wie PGP<sup>43</sup> bei der Versendung von E-Mail-Nachrichten. Dies bedeutet, daß in Applikationen, wie z.B. einem Anforderungswerkzeug, entsprechende sicherheitsspezifische Erweiterungen implementiert oder aber die Voraussetzungen für den Einsatz von Authentifizierungssystemen<sup>44</sup> geschaffen werden müssen. Der Aufwand hierfür ist mitunter hoch.

Des weiteren gibt es die Alternative, nur einen Teil des Netzwerkes abzusichern und die Information über diesen Teil, nämlich die abgesicherte Transportschicht, zu übertragen. Sicherheitsprotokolle für die Transportschicht, wie Secure Shell<sup>45</sup> (SSH), Secure Socket Layer<sup>46</sup> (SSL) oder Private Communication Technology Protocol<sup>47</sup> (PCT Protocol) von

<sup>42</sup> Das **H**ypertext **T**ransfer **P**rotocol ist ein Internetdienst, der die nahtlose Erzeugung und Anwendung von Präsentationen im Internet ermöglicht und von der „World Wide Web global information initiative“ seit 1990 verwendet wird. Siehe hierzu auch <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>

<sup>43</sup> **P**retty **G**ood **P**rivacy dient der Verschlüsselung von Textnachrichten. Siehe hierzu auch <http://www.pgp.com>

<sup>44</sup> Authentifizierungssysteme prüfen zunächst die Identität des potentiellen Nutzers. Hat der Nutzer die erforderliche Berechtigung, erhält er den Schlüssel, mit dessen Hilfe die kryptographisch verschlüsselten Daten entschlüsselt werden können. Die am MIT entwickelten Systeme Kerberos (<http://web.mit.edu/kerberos/www/>), NetSP, SPX oder TESS sind Beispiele für Authentifizierungssysteme, die über oder in der Anwendungsschicht arbeiten.

<sup>45</sup> Siehe auch <http://www.ssh.org/>

<sup>46</sup> Siehe auch <http://home.netscape.com/security/techbriefs/ssl.html>

<sup>47</sup> Siehe auch <http://www.lne.com/ericm/pct.html>

Microsoft, sind heute ausgereift. Die Verwendung dieser Sicherheitsprotokolle wirkt sich nicht auf die Nutzung einer Applikation aus.

Infolgedessen kann die Entwicklung des Werkzeugs zur Anforderungserfassung unabhängig von den Sicherheitsaspekten im Internet erfolgen. Die Auswahl geeigneter Sicherheitsprotokolle kann, je nach Fortschritt der Entwicklungen, hinsichtlich der Verbreitung bzw. Standardisierung im nachhinein erfolgen.

## 5 Umsetzung des IT-Konzepts

### 5.1 Grundlage der Entwicklung

Das in Kapitel 4 anhand von wesentlichen Anforderungskomplexen vorgestellte Konzept für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen wurde im Rahmen dieser Arbeit exemplarisch umgesetzt<sup>48</sup>. Das Ziel war hierbei nicht, ein gemäß dem entwickelten Konzept voll funktionsfähiges Programmsystem aufzubauen, sondern Ansätze zur informationstechnischen Umsetzung zu visualisieren.

Im Rahmen einer umfassenden Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen sollen die existierenden theoretischen Vorgehensweisen in eine informationstechnische Unterstützung der anwendergerechten Arbeit mit Anforderungen eingebunden werden. Die Implementierung zielt in einem ersten Schritt auf die IT-Unterstützung wesentlicher Gesichtspunkte der Erfassung und Handhabung von Anforderungen in der industriellen Praxis ab (vergleiche Anforderungen zum Merkmal *Realisierungsumfang* in der Anforderungsliste für SPECtool, Anhang B). Sie steht zusätzlich im Einklang mit der in dieser Arbeit entwickelten generellen Vorgehensweise bei der Erfassung und Handhabung von Anforderungen sowie mit den im Methodenbaukasten aufgenommenen Methoden und Hilfsmitteln. Dem Nutzer wird aber kein fester Ablauf aufgezwungen, sondern der Aufwand für generell zu bewältigende Arbeitsschritte reduziert. Eine zusätzliche IT-Unterstützung der einzelnen methodischen Hilfsmittel erfolgte aus Aufwandsgründen nicht, zumal Ansätze hierfür - wie das Programm HyperQFD von Danner /Dann-96/ - bereits existieren.

Vor dem Hintergrund begrenzter Entwicklungskapazität, dem zeitlichen Rahmen sowie den finanziellen Möglichkeiten wurde im Rahmen dieser Arbeit die Entscheidung für die Verwendung von Lotus Notes bzw. der Entwicklungsumgebung Lotus Domino für die exemplarische Umsetzung von SPECtool getroffen. Der Entwicklungs- und Wartungsaufwand ist bei dieser Software insbesondere im Vergleich zur Verwendung von HTML-Seiten in Kombination mit relationalen Datenbanken<sup>49</sup> und CGI, Datenbankgateways oder Java-Applets<sup>50</sup> gering. Viele funktionelle Anforderungen an SPECtool sind bereits implementiert

---

<sup>48</sup> Die exemplarische Umsetzung des IT-Konzepts geht auf die Studien- bzw. Diplomarbeiten der Herren Sellner (grundsätzliche Idee der Umsetzung), Johansen (funktionales Konzept und Schnittstellenentwürfe), Achtert (IT-Vorarbeiten) und Dömer (Gesamtentwicklung und Gestaltung von SPECtool, einschließlich der Auswahl der verwendeten Software) zurück.

<sup>49</sup> Diese Kombination scheidet wegen des hohen Entwicklungs- und Pflegeaufwandes sowie der eingeschränkten Plattformunabhängigkeit trotz der erreichbaren Flexibilität in der Gestaltung aus.

<sup>50</sup> Um Daten aus einer Datenbank in einer HTML-Seite darstellen zu können, bedarf es eines Prozesses, der die Verbindung zur Datenbank herstellt sowie die weitere Verarbeitung der Daten übernimmt. Das Common

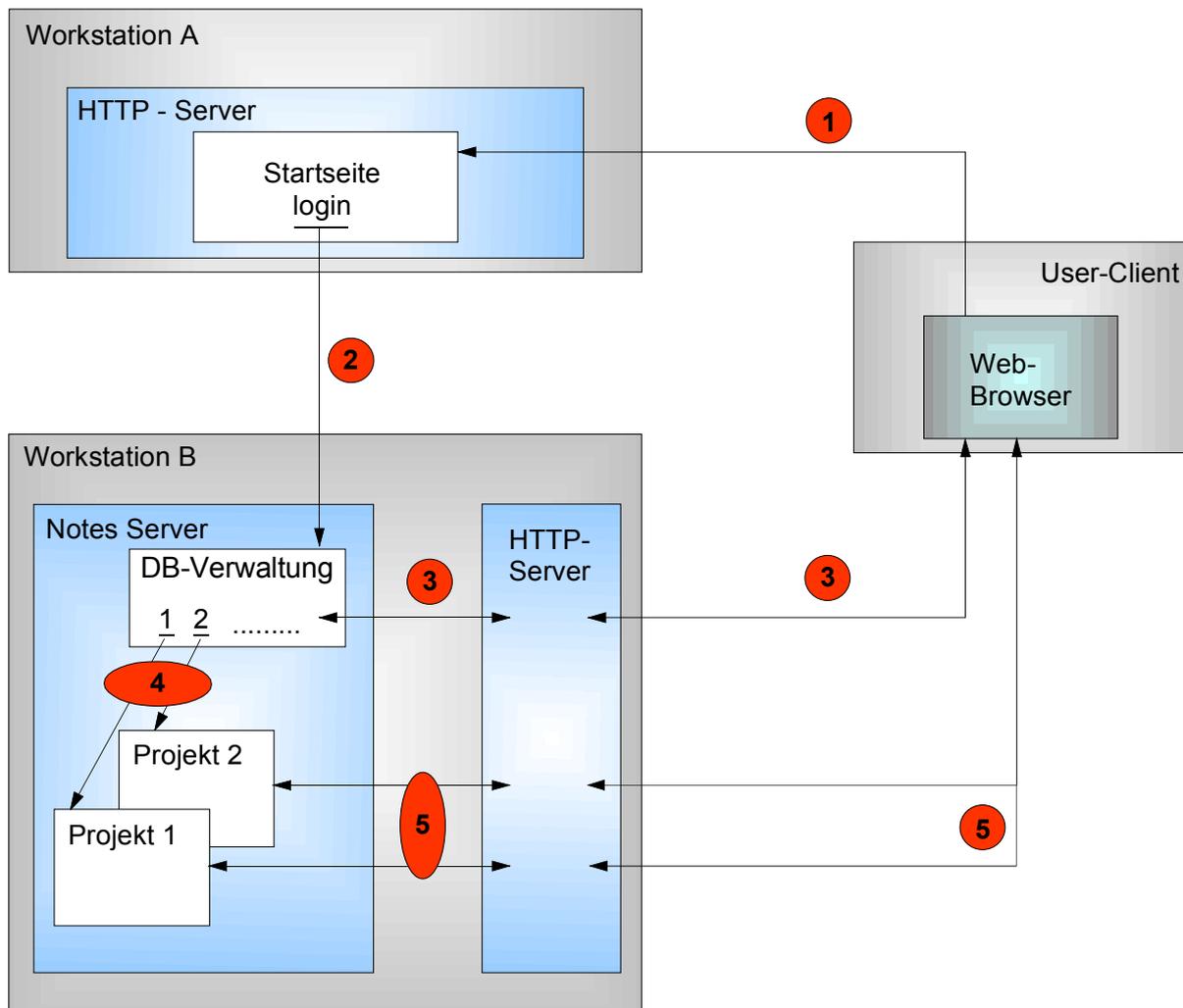
oder können durch vorgefertigte Funktionen sichergestellt werden. Als Beispiele können hier die Plattformunabhängigkeit, die direkte Übersetzung von Notes-Elementen in HTML, die Verwaltung von Systemnutzern sowie die Suchfunktionalität genannt werden. Weiterhin entspricht die dokumentenorientierte Datenverwaltung der derzeitigen Verwendung und Handhabung von Daten in der Produktentwicklung.

## 5.2 Systemarchitektur

Der grundsätzliche Aufbau des Systems wurde maßgeblich durch die Kundenanforderung nach lokaler Unabhängigkeit bei der Verwendung bestimmt. Die größte Unabhängigkeit kann wegen der großen Verbreitung derzeit durch die Nutzung des Internets erreicht werden.

SPECTool ist, wie bereits erwähnt, eine unter Lotus Notes laufende Anwendung. Der erforderliche Lotus Notes Server ist auf einer beliebigen Workstation oder einem leistungsfähigen PC installiert. Auf diesem Rechner ist auch SPECTool abgelegt. Der User kann auf SPECTool über das Internet mit Hilfe einer Startseite zugreifen, die auf einem HTTP-Server installiert ist (Punkte 1 und 2 in Bild 5.1). Die Kommunikation zwischen der Datenbank- bzw. Projektverwaltung von SPECTool sowie den einzelnen Projekten und dem User erfolgt dann über den in Lotus Notes integrierten HTTP-Server (Punkte 3 und 5 in Bild 5.1). Dieser wandelt die Ausgangsdaten von SPECTool in den für den Transfer über das Internet erforderlichen HTML-Code um bzw. interpretiert die eingehenden HTML-Daten.

Durch diese Systemarchitektur muß auf dem Rechner, von dem aus der Nutzer auf SPECTool zugreift, nicht Lotus Notes oder gar ein Server installiert sein. Voraussetzung für den Zugriff sind die Netzanbindung des verwendeten Rechners, die Installation eines Web-Browsers sowie eine gültige Zugriffsberechtigung. Der Aufwand für den einzelnen Nutzer ist demnach gering.



**Bild 5.1:** Systemarchitektur von SPECtool

Die getrennte Anordnung von Startseite und dem Lotus Notes Server ermöglicht ein schnelles Reagieren im Falle des Ausfalls des Servers oder des Rechners. In der den Nutzern bekannten Startseite wird der URL eines funktionierenden Systems angegeben. Auf diese Weise kann der Nutzer mit den zur Sicherheit kontinuierlich replizierten Daten weiterarbeiten, ohne daß er über die Änderung des URL informiert werden muß.

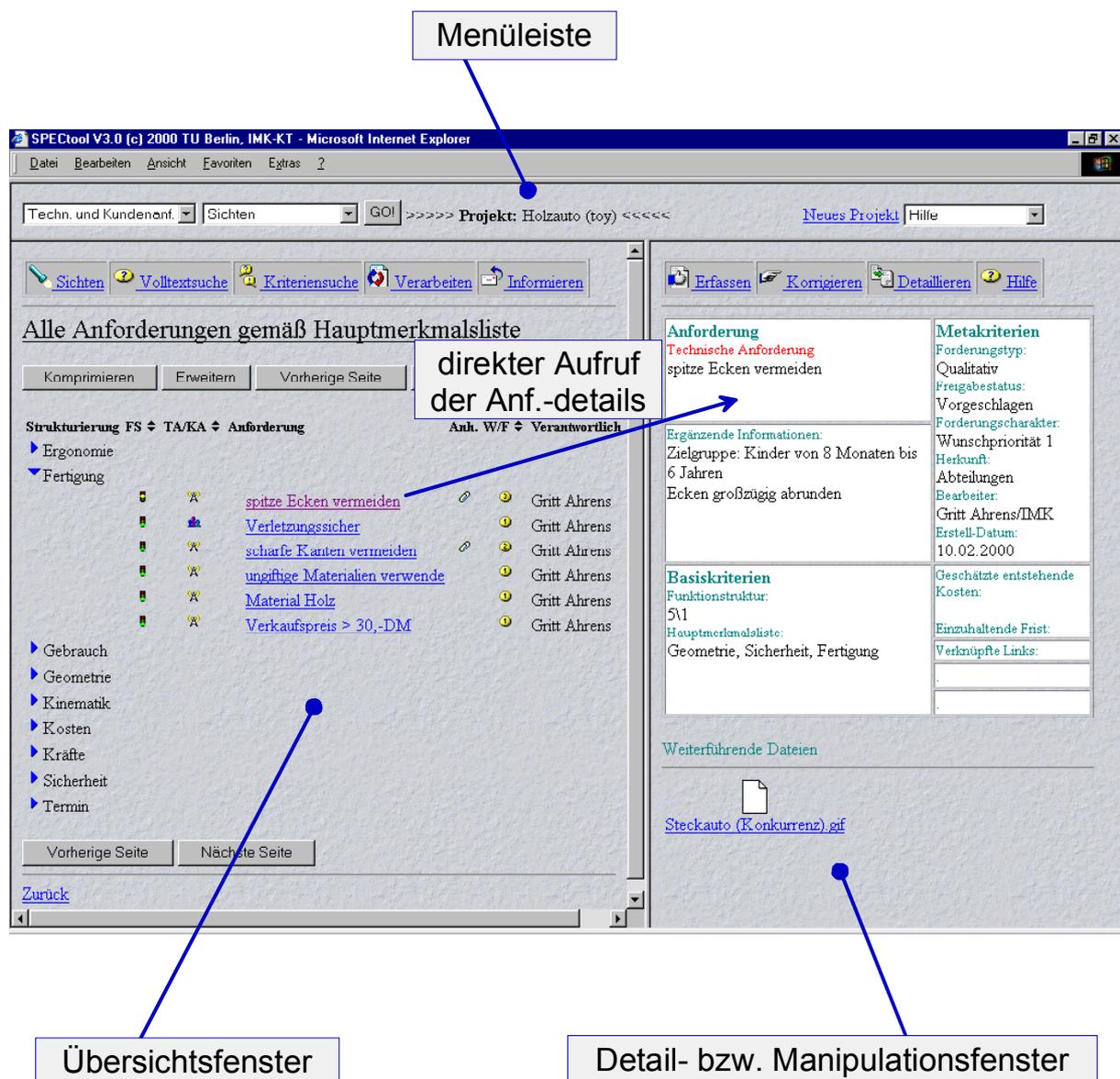
### 5.3 Beschreibung der Funktionalität

Der Zugang zu SPECtool erfolgt über eine beliebige Web-Browsersoftware<sup>51</sup>, in der der URL der Startseite der Datenbank aufgerufen werden muß, und ist über eine Kombination aus dem Namen des Nutzers und einem Paßwort gesichert. Der erste Schritt für die Verwendung von SPECtool - abgesehen von der Nutzung der Hilfen - ist die Auswahl eines Projektes (Punkt 4 in Bild 5.1), zu dem Anforderungen erfaßt, ergänzt, detailliert, geändert, gelöscht oder einfach angesehen werden sollen. Durch die Selektion des Projekts gelangt man auf die dreigeteilte

<sup>51</sup> SPECtool ist optimiert für die Verwendung auf dem Microsoft Internet Explorer sowie Netscape.

Haupt- oder Arbeitsseite (Bild 5.2). Sie enthält eine *Menüleiste*, ein *Übersichtsfenster* und ein *Detail- bzw. Manipulationsfenster*.

Im *Übersichtsfenster* werden Kurzversionen der Anforderungen des gewählten Projektes angezeigt. Es kann dabei über die Einstellungen in der *Menüleiste* (links) festgelegt werden, ob Kunden-, technische oder sämtliche Anforderungen angezeigt sowie ob und nach welchem Klassifizierungsmerkmal bzw. Ausprägungen desselben (vergleiche Tabelle 4.4, S. 174) diese zusätzlich sortiert werden sollen. Die gewählten Einstellungen werden oberhalb der Liste der präsentierten Anforderungen angezeigt.



**Bild 5.2:** Dreigeteilte Haupt- bzw. Arbeitsseite von SPECtool

Die Kurzversionen der Anforderungen enthalten grundsätzliche Informationen zum Anforderungsinhalt und -umfang. Die Zusammenstellung der präsentierten Informationen richtet sich nach der gewählten Sicht auf die Anforderungen. Immer angezeigt werden ein

Kurztitel der Anforderung, der aus den ersten 30 Zeichen des Anforderungstextes besteht, der Freigabestatus, der Forderungscharakter, ein Hinweis auf angehängte Dokumente sowie der Name des Verantwortlichen für diese Anforderung. Zur Erleichterung des Navigierens in einer Anforderungssammlung bzw. des (Wieder-)Findens einzelner Anforderungen wird weiterhin immer eine Strukturierungsinformation angegeben. Wählt man beispielsweise die Sicht „Hauptmerkmalliste“, werden die entsprechenden Gliederungsmerkmale in der Anzeige ergänzt.

Werden auf Grund der präsentierten Anforderungsart weitere die Anforderungen charakterisierende Informationen sinnvoll, werden diese kontextabhängig der Kurzversion der Anforderung hinzugefügt. Beispielsweise wird in der Anzeige der Kunden- und technischen Anforderungen zusätzlich deklariert, um welche Anforderungskategorie es sich jeweils handelt. Bei der Anzeige der technischen Anforderungen vervollständigen dagegen der Monat und das Jahr der Erstellung den Informationsgehalt der Kurzversion der Anforderungen.

Die Handhabung der Anforderungen bzw. die Arbeit mit einer Anforderungssammlung werden durch die über Buttons wählbaren speziellen Funktionen unterstützt. Über die Sichten, die Kriterien- sowie die Volltextsuche<sup>52</sup> (siehe Bild 5.2) werden drei verschiedene Vorgehensweisen zur Anforderungssuche bereitgestellt. Die Sichten realisieren dabei die in Kapitel 4.3.2.3 beschriebene Sichteinschränkung, mit deren Hilfe die Sichten auf die selektierbaren Anforderungsarten weiter eingeschränkt werden können (Bild 5.3).

---

<sup>52</sup> Bei einer **Volltextsuche** wird die zu durchsuchende Datenmenge über einen reinen Vergleich nach der eingegebenen Zeichenkette durchsucht. Bei der **Kriteriensuche** wird die auch in der Volltextsuche mögliche Erweiterung der Suche nach Zeichenketten durch deren logische Verknüpfung durch eine entsprechende Maske unterstützt.

**Einschränkungen für die Sicht "Hauptmerkmalsliste"**  
 Anzeige der Anforderungen, für die ausgewählte Merkmalsausprägungen zutreffen. ?

Erstellungsdatum	<input type="checkbox"/> Vor dem <input checked="" type="checkbox"/> Nach dem <input type="text" value="01.11.99"/>
Freigabestatus	<input type="checkbox"/> Vorgeschlagen <input checked="" type="checkbox"/> Freigegeben <input type="checkbox"/> Gestrichen
Forderungscharakter	<input checked="" type="checkbox"/> . <input checked="" type="checkbox"/> Festforderung <input checked="" type="checkbox"/> Zielforderung <input type="checkbox"/> Wunschkategorie 1 <input type="checkbox"/> Wunschkategorie 2 <input type="checkbox"/> Wunschkategorie 3
Forderungstyp	<input checked="" type="checkbox"/> . <input checked="" type="checkbox"/> Qualitativ <input checked="" type="checkbox"/> Quantitativ
Herkunft	<input checked="" type="checkbox"/> . <input checked="" type="checkbox"/> Marktanalyse <input checked="" type="checkbox"/> Abteilungen <input checked="" type="checkbox"/> Externe Norm <input checked="" type="checkbox"/> Interne Norm <input checked="" type="checkbox"/> Zulieferer

In folgende Sicht zurückkehren:

Technische Anforderungen  
 Kundenanforderungen  
 Technische und Kundenanforderungen

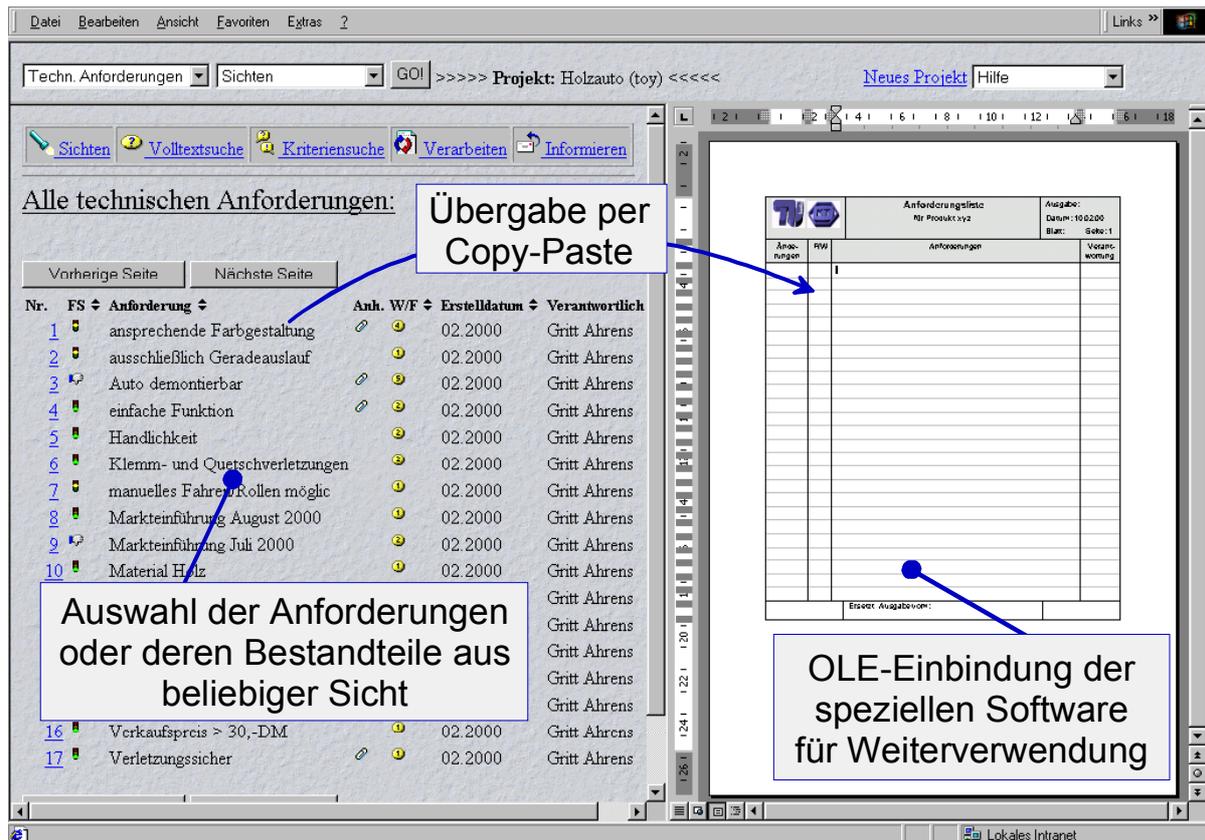
Filter aktivieren    Filter deaktivieren

**Sichteinschränkung über die Definition von Filtern**

**Wahl der Sicht, auf die die Einschränkung angewendet wird**

**Bild 5.3:** Maske zur differenzierten Einschränkung der Sichten auf eine Anforderungssammlung. Die Art der Anforderung, auf die die definierten Filter angewendet werden sollen, können in diesem Fenster zusätzlich den Filtervorgaben angepaßt werden.

Der Button „Verarbeiten“ (Bild 5.2) dient der Unterstützung der weiteren Verwendung der Anforderungen z.B. in Textverarbeitungs- oder Präsentationsprogrammen. Der Nutzer soll aufgabenangepaßt Anforderungssammlungen, -bestandteile, Teile von diesen oder aber einzelne Anforderungen vollständig in entsprechend spezialisierte Programme übernehmen können, um sie dort bestmöglich unterstützt weiterverwenden zu können. In Bild 5.4 ist ein solches Szenario für eine Weiterverwendung in einer Microsoft Word Formatvorlage dargestellt.



**Bild 5.4:** Weiterverarbeiten von Anforderungen am Beispiel einer Microsoft Word Formatvorlage

Der Button „Informieren“ stellt eine Maske zur Vereinfachung des Benachrichtigens von Mitarbeitern im Rahmen einer anforderungsgesteuerten methodischen Produktentwicklung zur Verfügung. Die wesentlichen Bestandteile der Nachricht sind aufgabenbezogen zusammengestellt. Das Fertigstellen der Nachricht wird durch die Bereitstellung von Adressenlisten, häufigen Benachrichtigungsgründen entsprechenden Standardtexten sowie Hilfen zum Anhängen von Anforderungen und Dokumenten unterstützt (Bild 5.5).

Die im Kopf des Fensters angebotenen zusätzlichen Funktionen ermöglichen es dem Nutzer, in diesem Zusammenhang häufig unternommene Aktionen direkt anstoßen zu können. Durch die im Funktionsbutton „Standard-Mailprogramm öffnen“ umgesetzte Option, ein bekanntes Mailprogramm zu öffnen, soll weiterhin die Akzeptanz von SPECtool gesteigert werden. Auf diese Weise kann der Nutzer auch Software nutzen, mit der er meint, zum aktuellen Zeitpunkt besser arbeiten zu können.

Im *Detail- bzw. Manipulationsfenster* (Bild 5.2) wird die einzelne Anforderung vollständig angezeigt. Der Zugriff kann aus jeder möglichen Sicht und Anzeigeform direkt über deren Auswahl in der Darstellung im Übersichtsfenster erfolgen. Die Buttons am oberen Fensterrand stellen dem autorisierten Bearbeiter neben der Ansicht der vorhandenen Anforderungen auch

die zu deren Korrektur oder Manipulation sowie zum Erfassen neuer Anforderungen erforderliche Funktionalität zur Verfügung.

[Zum Adressbuch](#) [Mail ausdrucken](#) [Standard-Mailprogramm öffnen](#)

## Mitarbeiter informieren

Thema der Nachricht:

Empfänger der Nachricht: Abteilung F&E Abteilung Marketing Achtert - Markus R. Ahrens - Gritt Dömer - Thomas

Standardtexte: Erbitte Freigabe Erbitte Rücksprache Freigabe erfolgt Freigabe nachträglich modifizierter Anforderung erfolgt Freigabe nicht erfolgt - Anforderung gelöscht

Kommentar:

Anhänge (Auswahl/Durchsuchen): Anforderung(en) Dokument(e) Diese Mail jetzt versenden! Mail versenden

[Zurück](#)

Erhalt der Flexibilität bzw. Ermöglichen alternativer/gewohnter Vorgehensweisen

Unterstützung des Verfassens von Nachrichten durch Auswahllisten

Erweitern des Informationsgehalts der Nachricht durch Anforderungsübernahme

Übergabe der Bestandteile der Nachricht an leistungsfähiges Mailprogramm

Bild 5.5: Maske zum aufgabenorientierten Informieren von Mitarbeitern

Um einen minimalen Aussagewert einer Anforderung zu gewährleisten, stellt SPECtool die Spezifikation einiger Anforderungsbestandteile sicher. Sind die erforderlichen Bestandteile nicht definiert, kann die Anforderung als solche nicht abgelegt werden. Damit die Motivation, die Anforderungen mit SPECtool zu erfassen, nicht sinkt, wird die Spezifikation durch das System unterstützt. So werden anzugebende Werte aus den Login-Informationen des Bearbeiters automatisch übernommen oder Standardwerte, die aber vom Bearbeiter angepaßt werden können, automatisiert gesetzt. Will der Bearbeiter die Anforderung gemäß dem Minimalumfang unvollständig abspeichern, weist SPECtool ihn auf diesen Umstand hin. Um des weiteren eine unüberlegte, sachlich falsche Angabe einzelner Merkmale, die zu Fehlfunktionen bei der Unterstützung der Suche führen würde, zu verhindern, müssen insbesondere die Ausprägungen der die Sichten erzeugenden Klassifizierungsmerkmale (Basiskriterien) nicht zwangsweise angegeben werden.

Damit nun aber Anforderungen, denen keine dieser Merkmale zugeordnet wurden, auch über die Suchfunktionen gefunden werden können, werden diese beim Abspeichern automatisch einer Kategorie „nicht kategorisiert“ zugeordnet. Beim Suchen werden sie stets berücksichtigt und entsprechend gekennzeichnet jeder Sicht auf die Suchergebnisse hinzugefügt.

Unabhängig von der anwendungsgerechten Funktionalität sowie der Gestaltung der Benutzungsschnittstelle ist ein wesentlicher Schritt zur Steigerung der Akzeptanz eines Programms die Bereitstellung einer übersichtlichen, leicht verständlichen Hilfe. Die Hilfe für SPECtool muß entsprechend der Ausrichtung des Programms auf die industrielle Anwendung nicht nur die Funktionalität der Software, sondern auch die methodische Unterstützung und Anleitung umfassen. Der Aufbau und die Funktionalität von SPECtool zielen auf die generelle Unterstützung der im Methodenbaukasten zusammengestellten Vorgehensweisen ab. Die Entwicklung und Implementierung einer angepaßten methodischen Hilfe, die insbesondere auf die zweifelsfreie Erläuterung der Methoden und die effiziente Einführung der Strategien in vorhandene Arbeitsabläufe ausgerichtet ist, kann jedoch nur in Zusammenarbeit mit Arbeitswissenschaftlern und Psychologen geleistet werden. Die im Rahmen dieser Arbeit aufgebaute Methoden-Autoren-Matrix (Anhang A) in Kombination mit den Ausführungen in Kapitel 2 sowie dem entwickelten Methodenbaukasten und den Tabellen zur Nutzen-Aufwand-Abschätzung bilden eine fundierte methodische Grundlage für diese Hilfe, die dann wie auch die generelle Hilfe für das SPECtool von der *Menüleiste* aus aufgerufen werden könnte. Exemplarisch sind einige Beispiele in Form erläuternder Texte, die zum Verständnis der Bedeutung verwendeter methodischer oder anforderungsspezifischer Begriffe beitragen, realisiert (Hinweise zur Verwendung der erarbeiteten methodischen Hilfsmittel sind Anhang A zu entnehmen).

Weiterhin ist über die *Menüleiste* der Wechsel zu anderen Projekten während einer Sitzung möglich. Das zweite Projekt kann dann zur parallelen Bearbeitung herangezogen werden. Dies ist beispielsweise bei der Konsultation eines früheren Projektes zur Unterstützung der Zusammenstellung der Anforderungen für das aktuelle Projekt sinnvoll. Weiterhin kann bei der Bearbeitung eines Projekts dem Bearbeiter die Übertragbarkeit eines Sachverhalts auf ein anderes Projekt offensichtlich werden. Auch hier trägt ein direktes Festhalten der spezifischen Ergänzungen bzw. Manipulationen einer oder mehrerer Anforderung(en) in einem zweiten Projekt zur Zeitersparnis und Vermeidung redundanter Datenhaltung bei. Die Übernahme der Daten erfolgt auch hier über Copy- und Paste-Funktionalität.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit ist auf eine umfassende Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen in der praktischen Anwendung ausgerichtet. Die Unterstützung ist dabei nicht auf eine bestimmte Branche oder eine spezifische Vorgehensweise zur systematischen Verwendung von Produktanforderungen eingeschränkt.

Ausgangspunkt für die Arbeit sind gründliche Erhebungen hinsichtlich existierender wissenschaftlicher Ansätze zu dieser Thematik auf der einen und der Nutzung von Anforderungen in der industriellen Praxis auf der anderen Seite.

Eine Auswahl der wichtigsten wissenschaftlichen Ansätze, die sich mit der Erfassung und Handhabung von Anforderungen befassen, wurde hinsichtlich allgemeingültiger Kriterien analysiert und bewertet (Kapitel 2). Diese Kriterien sind wesentliche Einflußgrößen der Unterstützung der praxisorientierten Arbeit mit Anforderungen. Besondere Beachtung galt in diesem Zusammenhang den in den Ansätzen enthaltenen Strategien zur Integration von Anforderungen in den Produktentwicklungsprozeß, den unterschiedlichen Ansätzen zur IT-Unterstützung der Arbeit mit Anforderungen sowie der Berücksichtigung der Einflußgrößen Zeit und Kosten.

Die wesentlichen Ergebnisse der industriellen Untersuchungen sind tabellarisch zusammengetragen (Tabelle 4.1, S. 152). Aus den Gegebenheiten der Verwendung von Anforderungen in realen Produktentwicklungsprozessen wurden entsprechende Anforderungen an die zu erarbeitenden Hilfsmittel abgeleitet.

Bei der Verknüpfung der existierenden wissenschaftlichen Ansätze und der industriellen Randbedingungen wurden verschiedene Zielkonflikte identifiziert, die unter anderem wesentlich zur praxisorientierten Gestaltung des erarbeiteten Methodikkonzepts beigetragen haben (Kapitel 3). So wurden die verschiedenen methodischen Vorgehensweisen zur anwendungsgerechten Ermittlung, Festlegung, Nutzung und Pflege von Produktanforderungen in einem flexibel einsetzbaren Methodenbaukasten zusammengeführt. Der gewählte Aufbau wird in diesem Zusammenhang erläutert und dessen Verwendung anhand von vier typischen Anwendungsfällen veranschaulicht. Ergänzende Tabellen ermöglichen weiterhin die Abschätzung des Verhältnisses zwischen dem zu erbringenden Aufwand für die Anwendung der angebotenen Methoden und Hilfsmittel und dem zu erzielenden Ergebnis, also dem Nutzen. Eine Methoden-Autoren-Matrix (Anhang A) ermöglicht die gezielte Verwendung der Analyseergebnisse zur differenzierten, vergleichenden Bewertung der Methoden und Hilfsmittel und gibt darüber hinaus Auskunft über weiterführende Literatur.

Das erarbeitete erweiterte methodische Konzept zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen kann in bekannte Vorgehensweisen der Konstruktionsmethodik wie die der VDI 2221 /VDI 2221/ eingegliedert werden. Es ersetzt bzw. erweitert den ersten der sieben Arbeitsschritte „Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung“ durch die systematische Einbeziehung der „voice of the customer“. Der vierte Arbeitsschritt des vorgestellten Konzepts, „Technische Anforderungen bereitstellen“, muß prinzipiell parallel zu allen Arbeitsschritten verlaufen, da die die Handhabung unterstützenden Vorgehensweisen und Methoden während des gesamten Entwicklungsprozesses relevant sind.

Die Erhebung, Erfassung, Pflege und Handhabung von, aber auch die aufgabenbezogene Suche nach Anforderungen ist zumindest immer mit Zeitaufwand verbunden. Zudem beeinflusst die Qualität der Ergebnisse dieser Arbeitsschritte direkt den Nutzen der Anforderungsverwendung im Entwicklungsprozeß. Infolgedessen kann der industrielle Einsatz des erarbeiteten Methodenbaukastens nur in Verbindung mit einer gleichzeitig angepaßten Rechnerunterstützung wirtschaftlich sein. Die Anforderungen an ein entsprechendes informationstechnisches Konzept wurden unter Berücksichtigung der vorangehenden theoretischen Betrachtungen sowie der Untersuchungen in der industriellen Praxis zusammengetragen und werden in Kapitel 4.3 präsentiert.

Anhand mehrerer Aspekte, die insbesondere durch die informationstechnische Bereitstellung der Anforderungen von grundsätzlicher Bedeutung sind, wird die Ausrichtung des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten IT-Konzepts verdeutlicht. Der Fokus liegt dabei auf der IT-Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen. Die Unterstützung spezieller Methoden und Hilfsmittel wird dagegen nicht verfolgt. Einerseits existieren solche Ansätze bereits, andererseits ist eine Kommunikation spezieller Werkzeuge mit dem hier vorgestellten IT-Werkzeug über die entsprechende Schnittstellen vorbereitet.

Für die exemplarische Umsetzung des netzwerkorientierten Konzepts (siehe Kapitel 5) wurde die aus dem Groupware-Bereich kommenden Software Lotus Notes / Domino verwendet. Diese stellt eine umfassende Basisfunktionalität zur Unterstützung moderner Arbeitsformen und -techniken bereits zur Verfügung. Im Verlaufe der Entwicklung des Werkzeugs SPECtool wurde jedoch deutlich, daß bei einer reinen Anwendung im Internet (für Hintergründe siehe Kapitel 4.3 und 5) die generell vorhandene Funktionalität nur stark eingeschränkt zur Verfügung steht. Unabhängig davon konnte mit SPECtool das erarbeitete IT-Konzept zur Unterstützung der Erfassung und Handhabung von Anforderungen nutz-

bringend umgesetzt werden. Die Unterstützungsfunktionalität konnte weiterhin anhand unterschiedlich ausgerichteter Entwicklungsszenarien erfolgreich überprüft werden.

Die Entwicklung der Versionen von Lotus Notes und Designer läßt aber eine zunehmende Orientierung hinsichtlich der Nutzung des Internet erkennen. Das erarbeitete, erweiterte methodische Konzept zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen wird aus diesem Grund in absehbarer Zeit auch mit Hilfe von integrierten Systemen wie Lotus Notes mit moderatem Entwicklungsaufwand attraktiv umsetzbar sein.

Eine sinnvolle Perspektive für die Weiterentwicklung stellt der Aufbau und die Integration eines Assistenzsystems für das Werkzeug dar (vergleiche Kapitel 5.3). Dieses muß neben der Beschreibung auch die Einführung der vorgestellten Methoden und Hilfsmittel in laufende Entwicklungsprozesse dem Anwender im Zusammenhang mit der SPECtool-Benutzung näher bringen. Die methodischen Voraussetzungen dafür wurden in dieser Arbeit geschaffen.

## 7 Literaturverzeichnis

- /AhTe-95/ Ahrens, G.; Tegel, O.: *The Significance of Specifications in the Product Development Processes*. Proceedings, ASME Engineering Database Symposium 1995, Boston / MA, U.S.A., pp. 1097-1105
- /AhTe-96/ Ahrens, G.; Tegel, O.: *Conceptual Product Development*. Proceedings, ASME-Engineering Information Management Symposium 1996, Irvine / CA, U.S.A., Paper No 96-DET C/EIM-1402
- /AhDüScTe-99/ Ahrens G.; Düselmann, S.; Scheithauer, I.; Tegel, O.: *Ein Ansatz zur effizienten Handhabung von Informationen im Produktentwicklungsprozeß*. VDI Berichte, Nr. 1497. Informationsverarbeitung in der Konstruktion'99 - Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie. Düsseldorf: VDI Verlag 1999, S. 471-489
- /Akao-83/ Akao, B.: *Quality Function Deployment and Company Wide Quality Control in Japan*. Quality Progress, October 1983.
- /Akao-90/ Akao, B.: *QFD -Quality Function Deployment*. Cambridge, MA: Productivity Press 1990.
- /BaDrSi-89/ Barrenscheen, J.; Drebing, U.; Sieverding, H.: *Rechnerunterstützte Erstellung von Anforderungslisten*. VDI-Z 131 (1989), Nr. 4-April, S. 84-89
- /Beit-92/ Beitz, W.; u.a.: *Strukturen rechnerunterstützter Konstruktionsprozesse*. Teilprojekt B2 des Sonderforschungsbereiches SFB 203: Rechnerunterstützte Konstruktionsmodelle im Maschinenwesen. Abschlußbericht, TU Berlin 1992.
- /BeHe-97/ Beitz, W.; Helbig, D.: *Neue Wege zur Produktentwicklung - Berufsfähigkeit und Weiterbildung*. Schriftenreihe Konstruktionstechnik (Hrsg. W. Beitz), H. 37, TU Berlin, 1997.
- /Bloo-83/ Bloos, J.: *Marketing*. Würzburg: Vogel-Verlag 1983.
- /Borb-77/ Borschberg, E.: *Das Marketing-System*. Schriftenreihe „Die Orientierung“. Schweizerische Volksbank Nr. 65, 1977.
- /Bors-94/ Bors, M. E.: *Ergänzung der Konstruktionsmethodik um Quality Function Deployment - ein Beitrag zum qualitätsorientierten Konstruieren*. München: Hanser 1994.
- /Brun-86/ Brunthaler, S.: *Methodische Entwicklung technischer Systeme mit Software- und Hardwarekomponenten für integrierte Meßdatenverarbeitung*. Schriftenreihe Konstruktionstechnik (Hrsg. W. Beitz), H. 9, Dissertation TU Berlin 1986.
- /Bull-99/ Bullinger, H.-J. (Hrsg.): *Effizientes Informationsmanagement in dezentralen Organisationsstrukturen*. Berlin: Springer-Verlag 1999.
- /Clau-94/ Clausing, D.: *Total Quality Development: A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering*. New York: ASME Press 1994.

- /Clau-95/ Clausing, D.: *EQFD and Taguchi Effective Systems Engineering*. Proceedings, First Pacific Symposium on Quality Development, Sydney Feb. 1995.
- /Dann-96/ Danner, S.: *Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse*. Konstruktionstechnik München (Hrsg. U. Lindemann), B. 24, Aachen: Shaker Verlag 1996.
- /DIN 44300/ DIN 44300: *Informationsverarbeitung*. Berlin: Beuth Verlag 1988.
- /DIN 69905/ DIN 69905: *Projektentwicklung: Begriffe*. Berlin: Beuth Verlag 1990.
- /DIN EN ISO 9004-1/ DIN EN ISO 9004-1: *Qualitätsmanagement und Elemente eines Qualitätsmanagements*. Teil 1: Leitfaden, Berlin: Beuth Verlag 1991.
- /DIN ISO 8402/ DIN ISO 8402: *Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung*. Berlin: Beuth Verlag 1992.
- /Dörn-87/ Dörner, D.: *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. 3. Aufl., Stuttgart: Kolhammer 1987.
- /EhKiLi-98/ Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren*. 2. Aufl., Berlin: Springer-VDI-Verlag 1998.
- /EhSeKi-94/ Ehrlenspiel, K.; Seidenschwarz, W.; Kiewert, A.: *Target Costing - ein Rahmen für zielkostengesteuertes Konstruieren*. Konstruktion 46 (1994) H. 7/8, S. 245-254
- /Ehrs-95/ Ehrlenspiel, K.: *Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. München; Wien: Hanser-Verlag 1995.
- /EpWhSmGe-94/ Eppinger, S. D.; Whitney, D. E.; Smith, R. P.; Gebala, D. A.: *A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development*. Research in Engineering Design (1994) 6, pp. 1-13
- /EvBoLa-95/ Eversheim, W.; Botchler, W.; Laufenberg, L.: *Simultaneous Engineering*. Berlin: Springer-Verlag 1995.
- /Feld-89a/ Feldhusen, J.: *Durchgängige und flexible Rechnerunterstützung der Konstruktion*. Konstruktion 41 (1989), S. 47-56
- /Feld-89b/ Feldhusen, J.: *Systemkonzept zur durchgängigen und flexiblen Rechnerunterstützung in der Konstruktion*. Schriftenreihe Konstruktionstechnik (Hrsg. W. Beitz), H. 16. Dissertation TU Berlin 1989.
- /FiStBeSt-98/ Fischer, S.; Steinacker, A.; Bertram, R.; Steinmetz, R.: *Open Security*. Berlin: Springer-Verlag 1998.
- /Fran-75/ Franke, H.-J.: *Methodische Schritte beim Klären konstruktiver Aufgaben*. Konstruktion 27 (1975), S. 395-402
- /Fres-95/ Frese, E.: *Grundlagen der Organisation*. 6. Aufl., Wiesbaden: Gabler-Verlag 1995.
- /GaBrHu-96/ Gausemeier, J.; Brexel, D.; Humpert, A.: *Anforderungsbearbeitung in integrierten Ingenieursystemen*. Konstruktion 48 (1996), S. 119-127

- /GaFiSc-96/ Gausemeier, J.; Fink, A.; Schalke, O.: *Szenario-Management: Planen und Führen mit Szenarien*. 2. Aufl., München: Hanser-Verlag 1996.
- /GrHa-93/ Griffin, A.; Hauser, J.: *The Voice of the Customer*. Marketing Science, 12 (1) 1993, pp. 1-27
- /Groe-90/ Groeger, B.: *Ein System zur rechnerunterstützten und wissensbasierten Bearbeitung des Konstruktionsprozesses*. Konstruktion 42 (1990), S. 91-96
- /Groe-92/ Groeger, B.: *Die Einbeziehung der Wissensverarbeitung in den rechnerunterstützten Konstruktionsprozeß*. Schriftenreihe Konstruktions-technik (Hrsg. W. Beitz), H. 23. Dissertation TU Berlin 1992.
- /GrSr-95/ Green, P. E.; Srinivasan, V.: *Conjoint-Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook*. Journal of Consumer Research, 5 (September) 1995, pp. 103-123
- /Hack-96/ Hacker, W.: *Entwickeln und Konstruieren - zu einer Arbeitswissenschaft geistiger Erwerbstätigkeit*. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Band 50 (1996) Heft 2, S 111-116
- /HaCl-88/ Hauser, J. R.; Clausing, D.: *The House of Quality*. Harvard Business Review, May-June 1988, pp. 63-73
- /Hale-87/ Hales, C.: *Analysis of the Engineering Design Process in an Industrial Context*. Hampshire (GB): Gants Hill Publ. 1987.
- /Hans-66/ Hansen, F.: *Konstruktionssystematik*. Berlin: VEB Verlag Technik 1966.
- /HaRoWaZi-95/ Hacker, W.; Rothe, H.-J.; Wandke, H.; Ziegler, J. (Hrsg.): *Entwicklung und Einsatz wissensorientierter Unterstützungssysteme*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1995.
- /Hump-95/ Humpert, A.: *Methodische Anforderungsbearbeitung auf Basis eines objektorientierten Anforderungsmodells*. HNI-Verlagsschriftenreihe (Hrsg.: J. Gausemeier), Heinz Nixdorf Institut, Univ.-GH Paderborn 1995.
- /Hund-97/ Hundal, M. S.: *Systematical Mechanical Design: A Cost and Management Perspective*. New York: ASME Press 1997.
- /HWO-92/ Handwörterbuch der Organisation. Hrsg.: E. Frese, 3. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag 1992.
- /KaBr-93/ Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: *Qualitätsmanagement von A-Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements*. München, Wien: Hanser-Verlag 1993.
- /Kick-95/ Kickermann, H.: *Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen im methodischen Konstruktionsprozeß*. Dissertation TU-Braunschweig, Bericht Nr. 44, 1995.
- /KiKu-92/ Kieser, A.; Kubicek, H.: *Organisation*. 3. Aufl., Berlin: de Gruyter-Verlag 1992.

- /Kläg-93/ Kläger, R.: *Modellierung von Produktanforderungen als Basis für Problemlösungsprozesse in intelligenten Konstruktionssystemen*. Reihe Konstruktionstechnik, Dissertation TU Karlsruhe, Aachen: Shaker Verlag 1993.
- /Klix-92/ Klix, F.: *Die Natur des Verstands. Werden und Wirken menschlicher Erkenntnis*. Göttingen: Hogrefe-Verlag 1992.
- /Kotl-97/ Kotler, P.: *Marketing Management*. 9th ed., Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall 1997.
- /KrDiLe-97/ Kruse, P. J.; Dietz, P.; Leschonski, K.: *Behandlung von Anforderungen in der Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse, Maschinen und Anlagen*. Konstruktion 49 (1997) H. 1-2, S. 41-48
- /Krus-95/ Kruse, P. J.: *Anforderungen in der interdisziplinären Systementwicklung: Erfassung, Aufbereitung, Bereitstellung*. Dissertation TU Clausthal 1995.
- /KuWa-93/ Kusiak, A.; Wang, J.: *Decomposition of the Design Process*. Journal of Mechanical Design, December 1993, Vol. 115, pp. 687-695
- /LaLi-97/ Laux, H.; Liermann, F.: *Grundlagen der Organisation*. 4. Aufl., Berlin: Springer-Verlag 1997.
- /LiKoMo-92/ Lilien, G. L.; Kotler, P.; Moorthy, K. S.: *Marketing Models*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall 1992.
- /MiScBe-99/ Michaeli, K.; Schlesinger, K.; Berger, C.: *Informationsmanagement in der Formteilentwicklung - Anforderungsliste als Integrationsansatz*. Konstruktion Juni 6 - 1999, S. 21-26
- /MoFl-97/ Montau, R.; Flemming, M.: *Föderatives Produktdatenmanagement eröffnet neues Rationalisierungspotential für die Konstruktion*. Konstruktion 49 (1997) H. 6, S. 36-42
- /Mont-96/ Montau, R.: *Föderatives Produktdatenmanagement anhand semantischer Informationsmodellierung*. Dissertation ETH Zürich, Nr. 11640; VDI Fortschrittsberichte, Reihe 20, Nr. 213, Düsseldorf: VDI-Verlag 1996.
- /MüKo-73/ Müller, J.; Koch, P.: *Programmbibliothek zur Systematischen Heuristik für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. 3. Aufl., Halle (Saale): Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR 1973.
- /Müll-70/ Müller, J.: *Programmbibliothek zur Systematischen Heuristik für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. 2. Aufl., Halle (Saale): Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR 1970.
- /Müll-90/ Müller, J.: *Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften - Systematik, Heuristik, Kreativität*. Berlin: Springer-Verlag 1990.
- /Oppl-97/ Oppliger, R.: *IT-Sicherheit*. Wiesbaden: Vieweg Verlag 1997.
- /Otto-96/ Otto, K. N.: *Forming Product Design Specifications*. Proceedings, ASME-Engineering Information Management Symposium 1996, Irvine/CA, USA, Paper No 96-DETC/DTM-1517

- /OtAh-97/ Otto, K. N.; Ahrens, G.: *Eine Methode zur Definition technischer Produktanforderungen*. Konstruktion 49 (1997) H. 11-12, S. 19-25
- /PaBe-97/ Pahl, G.; Beitz, W.: *Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung*. 4. Aufl., Berlin: Springer-Verlag 1997.
- /Patz-82/ Patzak, G.: *Systemtechnik - Planung komplexer innovativer Systeme*. Berlin: Springer-Verlag 1982.
- /PhAn-97/ Philipp, M.; Anderl, R.: *Validierung technischer Systeme in frühen Phasen der Produktentwicklung*. Konstruktion 49 (1997) H. 4, S. 19-26
- /Pugh-91/ Pugh, S.: *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*. Wokingham, GB; Bonn, D: Addison-Wesley Publishing Company 1991.
- /Reic-97/ Reichmann, T.: *Controlling*. Berlin: Springer-Verlag 1997.
- /Roth-94/ Roth, K.: *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen*. 2. Aufl., 2 Bände, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 1994.
- /RuDi-82/ Rugenstein, J.; Dietrych, J.: *Einführung in die Konstruktionswissenschaft*. Gliwice: Dzial Wydawnictw Politechniki Slaskiej 1982.
- /Ruge-74/ Rugenstein, J.: *Methodisches Konstruieren*. Schriftenreihen des Instituts für Fachschulwesen. Karl-Marx-Stadt: Institut für Fachschulwesen der DDR 1974.
- /ScFü-98/ Schröter, U.; Fügner, S.: *Das Domino-Prinzip - Dynamische Generierung interaktiver HTML-Dokumente mit Lotus Notes/Domino*. dpunkt.verlag 1998.
- /Schm-97/ Schmidt, E.: *Rechner erstellt vollständige Lastenhefte für Neuentwicklungen*. VDI-N, 3. Oktober 1997, Nr. 40, S. 17
- /Schu-95/ Schubert, B.: *Conjoint-Analyse*. In: Tietz, B.; Köhler, R.; Zantes, J. (Hrsg.): *Handbuch des Marketing*. 2. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Pöschel Verlag 1995.
- /Sudh-95/ Sudharshan, D.: *Marketing Strategy*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall 1995.
- /Sull-86/ Sullivan, L. P.: *Quality Function Deployment*. Quality Progress, June 1986, pp. 39-50
- /Tege-94/ Tegel, O.: *Integrating Human Knowledge into the Product Development Process*. Proceedings, ASME Engineering Database Symposium 1994 Minneapolis / MN, U.S.A., pp. 93-100
- /Tege-96/ Tegel, O.: *Methodische Unterstützung beim Aufbau von Produktentwicklungsprozessen*. Schriftenreihe Konstruktionstechnik (Hrsg. W. Beitz), H. 35. Dissertation TU Berlin 1996.
- /Trop-89/ Tropschuh, P.: *Rechnerunterstützung für das Projektieren mit Hilfe eines wissensbasierten Systems*. München: Hanser-Verlag 1989.
- /UIEp-95/ Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D.: *Product Design and Development*. New York: McGraw-Hill 1995.

- /Ullm-97/ Ullman, D. G.: *The Mechanical Design Process*. 2nd ed., Boston: McGraw-Hill 1997.
- /UrHa-93/ Urban, G. L.; Hauser, J. R.: *Design and Marketing of New Products*. 2nd ed., Englewood Cliffs, New York: Prentice Hall 1993.
- /UrHa-98/ Urban, G.; Hauser, J. R.: *Design and Marketing of New Products*. 3rd ed., Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall 1998.
- /VDI 2221/ VDI-Richtlinie 2221: *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.
- /VDI 2225/ VDI-Richtlinie 2225: *Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - vereinfachte Kostenermittlung*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997.
- /VDI 2234/ VDI-Richtlinie 2234: *Wirtschaftliche Grundlagen für den Konstrukteur*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.
- /VDI 2235/ VDI-Richtlinie 2235: *Wirtschaftliche Entscheidungen beim Konstruieren - Methoden und Hilfen*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1987.
- /VDIE 3694/ VDI/VDE-Richtlinie 3694: *Lastenheft / Pflichtenheft für den Einsatz von Automatisierungssystemen*. Berlin: Beuth Verlag 1991.
- /VeWi-94/ Vetter, R.; Wiesenbauer, L.: *Teamarbeit: Kritische Erfolgsfaktoren im Projekt*. In: zfo - Zeitschrift Führung und Organisation (1994), S. 226-231
- /WaCa-95/ Wack, J. P.; Carnahan, L. J.: *Keeping Your Site Comfortably Secure: An Introduction to Internet Firewalls*. NIST Special Publication 800-10. U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 1995.
- /Wein-92/ Weinert, A. B.: *Lehrbuch der Organisationspsychologie*. 3. Aufl., Weinheim: Psychologie-Verl.-Union 1992.
- /Well-95/ Wellniak, R.: *Das Produktmodell im rechnerintegrierten Arbeitsplatz*. München: Hanser-Verlag 1995.
- /Wien-89/ Wiendahl, H.-P.: *Betriebsorganisation für Ingenieure*. 3. Aufl., München: Hanser-Verlag 1989.

### Liste der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien- und Diplomarbeiten

- Achtert, M. R.: *Entwicklung und exemplarische Implementierung der Bereitstellungs- bzw. Zugriffsfunktionalität für ein rechnerunterstütztes Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (Kooperation mit dem MIT, Boston/MA, USA) 1999.
- Arend, J.: *Konzipierung eines Baukastensystems für Heimwerkerelektrogeräte*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1995.
- Briesenick, J.: *Optimierung eines Entwicklungsprozesses von Verdichterschaufeln*. Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.

- Briesenick, J.: *Erarbeitung und Bewertung von Varianten für die Änderungskonstruktion einer variablen in eine feststehende Verdichterstufe*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.
- Dömer, T.: *Überarbeitung und exemplarische Implementierung eines Konzepts zur rechnerunterstützten Erfassung und Handhabung von Anforderungen*. Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1999.
- Dömer, T.: *Verbesserung des Änderungs- und Fehlerverfolgungsmanagements im Entwicklungsprozeß durch den Einsatz des Programms ClearQuest®*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 2000.
- Düsselmann, S.: *Entwurf eines Lenkschloßsystems mit Hilfe des CAD-Systems Pro/ENGINEER*. Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1995.
- Düsselmann, S.: *Rechnerunterstützung von Aufgabenverteilung im Konstruktionsprozeß*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.
- Glimm, A.: *Entwicklung eines allgemein anwendbaren Klassifizierungssystems für Produkt- und Prozeßanforderungen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1998.
- Göbel, C.: *Unterstützung des verteilten Arbeitens mit Zulieferern mit Hilfe von rechnerunterstützter Anforderungshandhabung*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1997.
- Ilius, L.: *Erarbeiten eines anwendergerechten Konzepts zur Anforderungserfassung und -handhabung*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1998.
- Johansen, L.: *Erarbeiten eines Konzepts für ein rechnerunterstütztes Anforderungserfassungs- und -managementtool*. Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1999.
- Kammerer, U.: *Entwicklung von Vorgehensweisen zum verteilten Arbeiten im Konstruktionsprozeß*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.
- Kasaj, R.: *Prozeß- und Kommunikationsoptimierung der Produktentwicklung mit Hilfe eines Informationsmanagementkonzepts*. Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.
- Kasiske, R.: *Erarbeiten von Vorgehensweisen für die Auftragsabwicklung in den Bereichen Konstruktion und Arbeitsvorbereitung der Deutschen Waggonbau AG - Werk Görlitz*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1997.

- Kluge, P.: *Erarbeiten eines Konzepts zur Reduzierung der Variantenvielfalt von Lenkhebeln von LKW-Vorderachsen der Firma Mercedes-Benz AG.* Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1997.
- Krüger, S.: *Definieren und Entwerfen eines Segelboot-Simulators unter Anwendung der Prinzipien des Methodischen Konstruierens.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (Kooperation mit Pat Pending Marketing, Chicago/IL,USA) 1997.
- Lukoscsek, J.: *Untersuchung der Eignung eines kommerziellen 3D-Modelliersystems zur Entwicklung von Baureihen und prototypische Implementierung eines Beispiels.* Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1996.
- Meißner, M.: *Erarbeiten eines Konzepts zum Ausbau der rechnergesteuerten Konstruktionsabwicklung bei Variantenkonstruktionen.* Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.
- Pishwa, L.: *Ermitteln von Anforderungen an Konstruktionssysteme und Erarbeiten von Lösungsstrategien zu deren Realisierung.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1997.
- Ribbe, T.: *Optimierung der Gestaltung der Ein- und Auslaßkanäle von Seitenkanalgebläsen in getrennten Verdichterstufen.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1997.
- Schauer, K.: *Untersuchung der Eignung eines kommerziellen 3D-Modelliersystems zur Entwicklung von Baukästen und prototypische Implementierung eines Beispiels.* Unveröffentlichte Studienarbeit am IMK/KT der TU Berlin 1996.
- Schierstädt, P. v.: *Entwicklung eines Konzepts zur Definition von Produktanforderungen.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (Kooperation mit dem MIT, Boston/MA, USA) 1998.
- Schrader, M.: *Entwicklung einer Vorgehensweise zur NC-Datenerzeugung mit Hilfe von Pro/MANUFACTURING.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1995.
- Sellner, S.: *Analyse und Konzeptfindung für die Anforderungshandhabung im Entwicklungsprozeß.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1997.
- Seydel, C.: *Erarbeitung und Bewertung von Varianten der Verbindung des Motorlagers mit Aufhängungselement, Vorderachsträger und Motortragbock bei einem Pkw mit Standardantrieb und längs eingebautem Motor.* Unveröffentlichte Diplomarbeit am IMK/KT der TU Berlin (industrielle Kooperation) 1996.

## 8 Begriffsdefinitionen

### **Anforderung**

Eine *Anforderung* ist eine Vorgabe, deren Erfüllung den zielgerichteten Verlauf des jeweiligen Konstruktionsprozesses und/oder Eigenschaften des betreffenden Produktes bestimmt /Kick-95/.

### **Anforderungsausprägung**

Die *Anforderungsausprägung* bezeichnet den eigentlichen Soll-Wert für den ANFORDERUNGSGEGENSTAND. Sie beinhaltet bei qualitativen ANFORDERUNGEN einen Größenwert bzw. Wertebereich und eine Einheit, bei qualitativen Anforderungen einen entsprechenden verbalen Ausdruck /Kick-95/.

### **Anforderungseigenschaft**

Die *Anforderungseigenschaft* bezeichnet die eigentliche Forderung an den ANFORDERUNGSGEGENSTAND. Sie umfaßt das Merkmal (beispielsweise die Länge) und die AUSPRÄGUNG.

### **Anforderungserfüllung**

Die *Anforderungserfüllung* ist ein Produktattribut, welches zum Ausdruck bringt, wie treffsicher ein Produkt entweder eine bestimmte KUNDENANFORDERUNG oder alle Kundenanforderungen insgesamt gesehen erfüllt.

### **Anforderungsexpansion**

Eine *Anforderungsexpansion* ist die Aufspaltung einer ANFORDERUNG in mindestens zwei Anforderungen, die eine weitere Präzisierung, Konkretisierung oder Erweiterung im Hinblick auf den Forderungsinhalt darstellen /Kick-95/.

### **Anforderungsgegenstand**

Der *Anforderungsgegenstand* ist das Bezugsobjekt, dessen AUSPRÄGUNG/Wert die Anforderung beschreibt /Kick-95/.

### **Anforderungsinhalt**

Der *Anforderungsinhalt* bezeichnet alles, was als „Anforderungstext“ niedergelegt wird. Er umfaßt den ANFORDERUNGSGEGENSTAND und dessen EIGENSCHAFT.

### **Anforderungswert**

siehe ANFORDERUNGS AUSPRÄGUNG;

Vom *Anforderungswert* wird in diesem Zusammenhang vor allem gesprochen, wenn die Anforderung quantitativ spezifiziert ist, also einen Größenwert oder Wertebereich sowie eine Einheit umfaßt.

### **Anforderungssatz**

Die *Anforderungssätze* enthalten nach Roth /Roth-94/ die aus der Aufgabenstellung, der Analyse der Produktumgebung bzw. aus der Analyse des Produktlebenslaufs abgeleiteten Forderungen an das Produkt und werden in der Anforderungsliste zusammengefaßt.

→ siehe hierzu auch die Bewertung des Ansatzes von Roth in Kapitel 2.3.2.2, Konkretisierungsdimension

### **Anweisungssatz**

Der *Anweisungssatz* enthält nach Roth /Roth-94/ die Summe aller notwendigen Tätigkeiten, Veranlassungen und Handlungen, welche zur Erstellung der erstrebten Konstruktions- und Fertigungsunterlagen erforderlich sind.

Ein Beispiel für einen solchen Anweisungssatz ist: „(Herr X soll eine) Neukonstruktion bis zur Anfertigung der Herstellungsunterlagen durchführen.“

→ siehe hierzu auch die Bewertung des Ansatzes von Roth in Kapitel 2.3.2.2, Konkretisierungsdimension

### **automatisch**

Als *automatisch* ablaufend werden Vorgänge bezeichnet, bei denen der Nutzer keine Möglichkeit der Einflußnahme auf den Ablauf hat. Alle für den Anstoß der möglichen Vorgänge erforderlichen Gesetzmäßigkeiten müssen hierfür rechnerintern abgebildet sein (vergleiche AUTOMATISIERT).

### **automatisiert**

*Automatisiert* ablaufende Vorgänge erlauben dem Nutzer das Standardvorgehen zu manipulieren. Die Entscheidungsbefugnis bleibt beim Nutzer (vergleiche AUTOMATISCH).

### **Benchmarking**

*Benchmarking* ist grundsätzlich eine Maßstabssetzung:

Prozesse sowie Eigenschaften von Produkten werden mit denen der führenden Wettbewerber verglichen. Die Stärken und Schwächen des eigenen Produktes werden transparent (in Anlehnung an Danner /Dann-96/). In diesem Zusammenhang gilt es dann für spezifizierte Vergleichskriterien Maßstäbe zu definieren, die es einzuhalten oder zu überschreiten gilt.

### **Black-Box**

Die *Black-Box* ist ein Hilfsmittel zur Funktionsbeschreibung, das in der FUNKTIONSANALYSE verwendet wird. Hierbei wird der die Funktion beschreibende Text in einen Kasten geschrieben, der mit den weiteren Funktionen des Systems verknüpft werden kann. Dadurch entstehen Strukturen oder Abläufe, die die Zusammenhänge im System visualisieren.

Zur Formulierung der Funktionen geben Pahl und Beitz /PaBe-97/ sowie Ehrlenspiel /Ehrs-95/ Hinweise. In der Regel soll die Beschreibung der Funktion durch eine Zusammensetzung aus Substantiv und Verb erfolgen (z.B. „Energie wandeln“ oder „Flüssigkeit speichern“).

### **Conjoint-Analyse**

Unter dem Begriff *Conjoint-Analyse* wird eine Reihe von multivarianten Untersuchungsansätzen zusammengefaßt, die auf unterschiedlichen Wegen versuchen, den Zusammenhang zwischen der Gesamtbeurteilung von Objekten und den sie definierenden Objektmerkmalen zu bestimmen /GrSr-78/. Die größte praktische Relevanz hat die *Conjoint-Analyse* als Verfahren der Präferenzmessung bei der Konzeptentwicklung für neue oder modifizierte Produkte. In der klassischen Form der *Conjoint-Analyse* (Profil-Ansatz) werden hierzu verschiedene Ausprägungen der festgelegten Attribute systematisch miteinander kombiniert und der Auskunftsperson als ganzheitliche Produktkonzepte zur Bildung einer Präferenzrangreihe vorgelegt. Das Ziel der *Conjoint-Analyse* besteht nun darin, aus diesem globalen Präferenzurteilen über Produktkonzepte (Stimuli) die partiellen Beiträge

(Teilpräferenzwerte, Teilnutzenwerte) der einzelnen Merkmalsausprägungen für das Zustandekommen der globalen Präferenzurteile zu bestimmen /Schu-95/.

Es gibt verschiedene Ausprägungen der *Conjoint-Analyse* über die Lilien, Kotler und Moorthy /LiKoMo-92/ einen Überblick geben.

### **Daten**

*Daten* sind Gebilde aus Zeichen oder kontinuierlichen Funktionen, die aufgrund bekannter oder unterstellter Abmachungen INFORMATION darstellen /DIN 44300/.

### **Dekomposition**

Die Dekomposition einer Anforderung ist nach Kruse, Dietz und Leschonski /KrDiLe-97/ die Zerlegung in Teilforderungen durch detailliertere Beschreibung.

### **Focus Groups**

Diese Methode zur Ermittlung von KUNDENANFORDERUNGEN bzw. -BEDÜRFNISSEN ist insbesondere für Neukonstruktionen geeignet und vor allem in den USA weit verbreitet. Ein Moderator führt eine Diskussion zwischen 8 und 12 potentiellen Kunden. Die Ergebnisse werden auf einem Video festgehalten. *Focus Groups* werden in der Regel in speziellen Räumen mit einem durchsichtigen Spiegel durchgeführt, so daß mehrere Mitglieder des Entwicklungsteams die Diskussion verfolgen können, ohne daß die Kunden sich direkt beobachtet fühlen oder die Reaktionen der Beobachter sehen können. Die Teilnehmer erhalten ein geringfügiges Entgelt.

→ siehe hierzu auch Ulrich und Eppinger /UIEp-95/ und Ullman /Ullm-97/

### **Funktionsanalyse**

Die Funktion(en) des Produktes wird bzw. werden hierbei bestimmt und in eine Struktur gebracht. Als Hilfsmittel zur Darstellung der Funktion wird die BLACK-BOX verwendet. Die Methode wird meist in der Konzeptphase im Rahmen der Aufgabenklärung angewendet.

→ siehe auch Ehrlenspiel /Ehrs-95/

### **Gebrauchstest**

Beim *Gebrauchstest* wird der Kunde beim Benutzen eines existierenden Produkts oder beim Ausführen einer Aufgabe, für die ein neues Produkt geplant wird, beobachtet. Der Test kann sich auf ein passives Beobachten beschränken, er kann aber auch gemeinsam vom Entwicklungsteam und vom Kunden durchgeführt werden.

→ siehe hierzu auch Ulrich und Eppinger /UIEp-95/

### **Hauptaufgabensatz**

Der *Hauptaufgabensatz* bezeichnet nach Roth /Roth-94/ den eigentlichen Zweck sowie die Summe der Wirkungen von technischen, physikalischen, chemischen usw. Vorgängen, die das technische Produkt erfüllen soll.

→ siehe hierzu auch die Bewertung des Ansatzes von Roth in Kapitel 2.3.2.2, Konkretisierungsdimension

### **House of Quality (HoQ)**

Das *House of Quality* ist ein methodisches Hilfsmittel, das im Rahmen des QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT zur Abbildung der Abhängigkeiten zwischen

KUNDENANFORDERUNGEN und technischen Parametern sowie der technischen Parameter untereinander verwendet wird. Die Darstellung vermittelt dem PRODUKTENTWICKLER ein Gefühl für die konstruktiven Einflußmöglichkeiten über die Parameter und die Auswirkungen von Änderungen der technischen Parameter. Weiterhin wird das Bewußtsein für die wesentlichen Ziele der durchzuführenden Entwicklung sowie die Befriedigung der Kundenwünsche gestärkt /Tege-96/.

→ siehe hierzu auch Clausing /Clau-94/, Danner /Dann-96/

Weiterhin geht Clausing in /Clau-95/ auf die durchgängige Verwendung des HoQ zur Strukturierung des Produktentwicklungsprozesses ein.

### Information

Als *Informationen* sollen die Inhalte von DATEN verstanden werden /HaRoWaZi-95/. Nur Lebewesen vermögen DATEN in *Informationen* bzw. *Informationen* in DATEN zu übersetzen, d.h. *Information* ist immer etwas Subjektives.

### Interviews

*Interviews* werden in der Regel beim Kunden durchgeführt und dauern etwa ein bis zwei Stunden. Ein oder mehrere Mitglieder des Entwicklungsteams diskutieren Anforderungen mit einem einzelnen Kunden.

→ siehe hierzu auch Ulrich und Eppinger /UIEp-95/

### Lastenheft

In der industriellen Praxis gebräuchliche Variante einer auf die Auftraggeberanforderungen beschränkten Anforderungsliste. Nach /DIN 69905/ umfaßt das *Lastenheft* die Gesamtheit der Anforderungen des Auftraggebers an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragnehmers (siehe auch Bild B1).



**Bild B1:** Abgrenzung zwischen Lasten- und Pflichtenheft gemäß der VDI/VDE-Richtlinie 3694 /VDIE 3694/

### **Lead-User**

*Lead-User* sind Kunden, die in besonderem Maße mit existierenden Produkten zu tun haben und somit helfen können, latente Bedürfnisse des Marktes frühzeitig aufzuzeigen.

### **Konkretisieren**

Anforderungen werden im Verlaufe der Produktentwicklung - im Idealfall - durch sie erfüllende Lösungen umgesetzt. Durch den Zugewinn an Wissen um die anzustrebende Lösung wandelt sich diese mit fortschreitender Entwicklung in immer konkretere Formen wie die funktionelle oder prinzipielle Lösung. Das Endergebnis ist ein Produkt, das beispielsweise im Maschinenbau eine geometrische Gestalt hat.

→ siehe hierzu auch Kruse, Dietz und Leschonski /KrDiLe-97/

### **Konstruktionsauftrag**

Ein *Konstruktionsauftrag* ist eine präzise Arbeitsanweisung für das Umsetzen einer Konstruktionsaufgabe.

### **Kundenanforderung**

*Kundenanforderungen* sind von Marketingspezialisten oder Produktentwicklern technisch aufbereitete KUNDENBEDÜRFNISSE. Dazu werden die meist umgangssprachlich erfaßten Kundenbedürfnisse interpretiert, zusammengefaßt und - soweit möglich - technisch eindeutig interpretierbar formuliert. Kundenanforderungen beschreiben zwar die Bedürfnisse der Kunden aus technischer Sicht (Beispiel: *Kunde sagt*: „Produkt muß auch mal runterfallen können, ohne gleich zu verbeulen.“ *daraus wird*: „hohe Stoßfestigkeit“), sind aber nicht zu verwechseln mit TECHNISCHEN ANFORDERUNGEN.

### **Kundenbedürfnis**

Ein *Kundenbedürfnis* bezeichnet ein nicht präzise beschriebenes Verlangen des Marktes. Es kann stark abgegrenzt, wie das aus einer Mode entstehende Begehren nach verspiegelten Sonnenbrillen, aber auch sehr pauschal, wie das Begehren nach Umweltverträglichkeit. In der Regel ist die Formulierung mehrerer KUNDENANFORDERUNGEN erforderlich, um ein *Kundenbedürfnis* zu beschreiben. Ein Kundenbedürfnis kann beispielsweise in schriftlichen oder mündlichen Befragungen erhoben werden.

→ siehe hierzu auch INTERVIEWS, FOCUS GROUPS, GEBRAUCHSTESTS, /UIEp-95/ /OtAh-97/

### **Kundenkontakt**

Unter dem Begriff des *Kundenkontakts* wird in dieser Arbeit ausschließlich der Kontakt zwischen dem Kunden und dem PRODUKTENTWICKLER und nicht der Kontakt zwischen dem Kunden und dem Marketing oder Vertrieb verstanden.

### **Market-Pull- Konstruktion**

Bei einer *Market-Pull-Konstruktion* wurde ein Marktsegment mit einem Kundenbedürfnis gefunden, für das ein Produkt entwickelt werden soll.

→ siehe hierzu auch Ulrich und Eppinger /UIEp-95/

### **Marktanalyse**

Die *Marktanalyse* ist eine Methode zur Klärung der Situation auf dem Markt (Bedarf, Preise, Funktionen, Trends, Anwendergruppen, Zielgruppen ...), die im Rahmen einer Produktplanung zum Einsatz kommt.

→ siehe /VDI 2221/, /Bloo-83/, /Bors-77/

### Modell

Unter einem *Modell* wird ganz allgemein die Abbildung eines bestimmten Ausschnitts der Realität verstanden /Patz-82/.

### Modellierung

*Modellierung* ist der Prozeß der *Modellerzeugung*, sprich das Abbilden oder Beschreiben eines Ausschnitts der Realität.

### Pflichtenheft

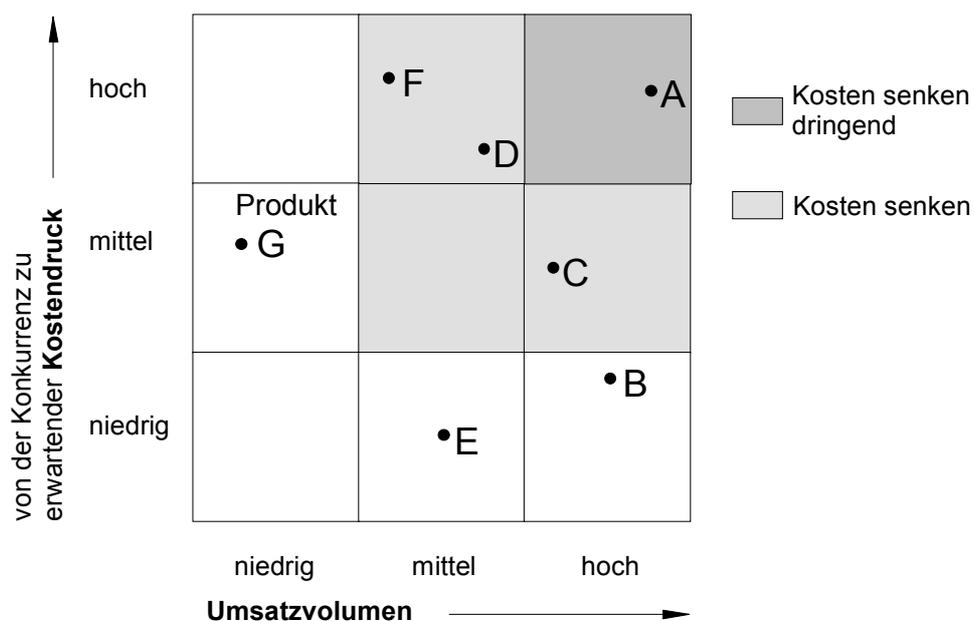
In der industriellen Praxis gebräuchliche Variante einer umsetzungsorientierten Anforderungsliste. Nach /DIN 69905/ umfaßt das *Pflichtenheft* die vom Auftragnehmer erarbeiteten Realisierungsvorgaben aufgrund der Umsetzung des LASTENHEFTES (siehe auch Bild B1).

### Portfolio-Analyse

Eine *Portfolio-Analyse* dient dem übersichtlichen Produktvergleich durch die Gegenüberstellung verschiedener Eigenschaften. Die Eigenschaften werden hierzu abschnittsweise in grobe Bereiche unterteilt, die entsprechend ihrer Ausprägung bezeichnet werden (z.B. mit niedrig, mittel und hoch). Dadurch entsteht eine schachbrettartige Unterteilung des Diagramms. Den Feldern dieses Portfolio-Diagramms (Bild B2) können desweiteren Schlußfolgerungen oder Resultate der entsprechenden Eigenschaftskombinationen für die Produkte zugeordnet werden.

Die *Portfolio-Analyse* wird zum Beispiel in der Produktplanung angewendet.

→ siehe auch Ehrlenspiel /Ehrs-93/ und Sudharshan /Sudh-95/



**Bild B2:** Portfolio-Diagramm für die Auswahl von Produkten, die zur Kostensenkung anstehen nach Ehrlenspiel /Ehrs-95/

### **Problemanalyse durch Systemgrenzenverschiebung**

Die *Systemgrenzenverschiebung* unterstützt das Erkennen des Problemkerns im Rahmen einer Produktentwicklung.

→ siehe auch Ehrlenspiel /Ehrs-95/

### **Produktanforderung**

*Produktanforderungen* dienen der genauen Definition des Entwicklungsumfangs bzw. der (dynamischen) Konkretisierung der Aufgabenstellung im Rahmen der Produktentwicklung. *Produktanforderungen* gehen inhaltlich weit über die rein TECHNISCHEN ANFORDERUNGEN hinaus. Diese werden durch weitere, das Produkt betreffende Randbedingungen, wie beispielsweise Kosten, Terminvorstellungen, Gesetzesvorgaben, zur Verfügung stehende Transportmittel, zu bevorzugende Rezyklieverfahren oder Designvorstellungen, sowie den Produktentwicklungsprozeß beschreibende Informationen erweitert.

→ siehe Konstruktionsmethodik nach Pahl und Beitz /PaBe-97/

*Produktanforderungen* werden idealer Weise von den PRODUKTENTWICKLERN oder einem interdisziplinären Team zusammengetragen.

### **Produktentwickler**

Unter dem Begriff *Produktentwickler* wird in dieser Arbeit die Gesamtheit aller am Produktentwicklungsprozeß, insbesondere aber am Entwurf und der Konstruktion des Produktes, direkt beteiligter Personen verstanden. Dies sind in erster Linie Konstrukteure, können aber auch - vor allem bei interdisziplinärer Zusammenarbeit und früher Berücksichtigung sämtlicher Einflußgrößen der Entwicklung - Designer, Elektronik-, Fertigungs- und weiterer Spezialisten sowie Zulieferer sein.

### **Produktumgebung**

Betrachtet man das Produkt als abgeschlossenes System, so besteht nach Roth /Roth-94/ die *Produktumgebung* aus allen Systemen, die mit dem Produkt oder Teilen des Produkts in irgendeiner seiner Lebensphasen in Beziehung treten.

### **Quality Function Deployment (QFD)**

Das *Quality Function Deployment* ist eine im Rahmen des TOTAL QUALITY MANAGEMENT eingesetzte Methode, die darauf abzielt, KUNDENANFORDERUNGEN strukturiert zu erfassen und beeinflussbaren technischen Parametern gegenüberzustellen. Zur übersichtlichen Dokumentation der Ergebnisse wird das HOUSE OF QUALITY verwendet.

→ siehe hierzu auch Akao /Akao-90/, Clausing /Clau-94/, /Clau-95/, Danner /Dann-96/, Hauser und Clausing /HaCl-88/ und Sullivan /Sull-86/

Weiterhin diskutiert Bors in /Bors-94/ die Integration von QFD in die Konstruktionsmethodik eingehend.

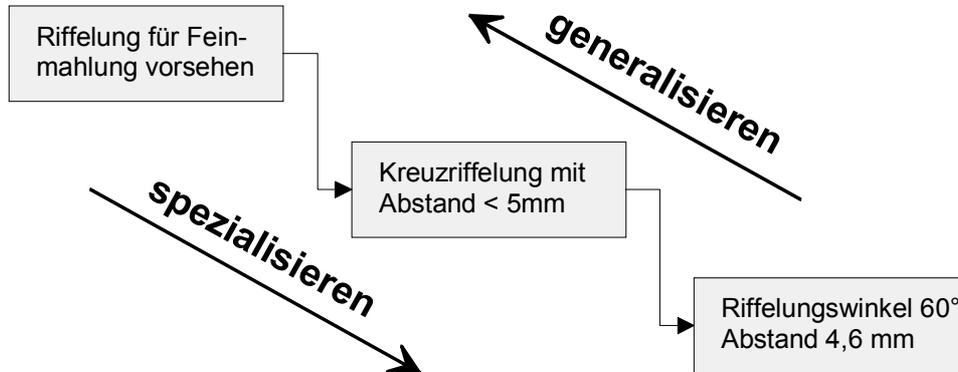
### **Simultaneous Engineering (SE)**

*Simultaneous Engineering* ist die zielgerichtete, interdisziplinäre Zusammen- und Parallelarbeit für Produkt-, Produktions- und Vertriebsentwicklung für den ganzen Produktlebenslauf mit straffem Projektmanagement unter Einsatz von Methoden /Ehrl-95/.

## Spezialisierung

Die *Spezialisierung* einer Anforderung geht mit einem Zuwachs von Eigenschaften durch eine detailliertere Beschreibung einher (vergleiche Bild B3).

→ siehe hierzu auch Kruse, Dietz und Leschonski /KrDiLe-97/

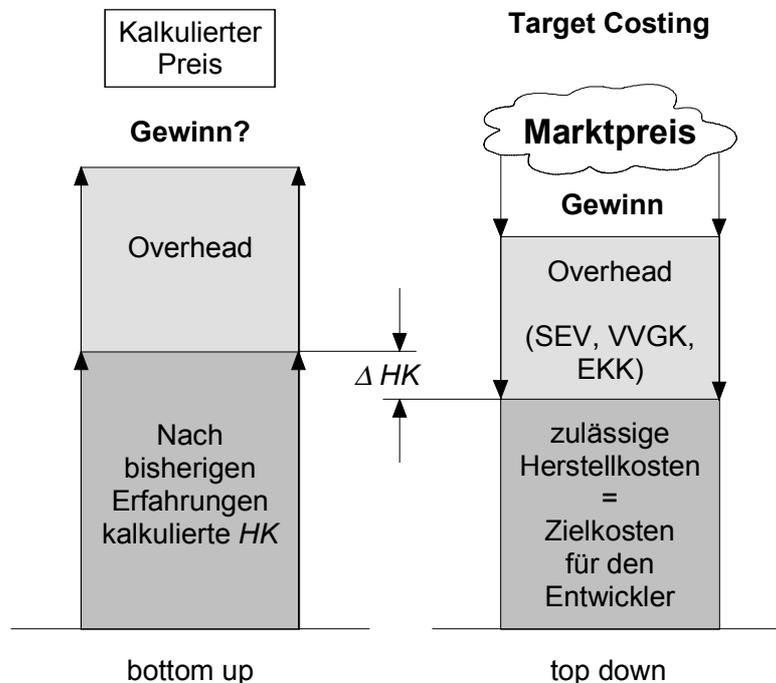


**Bild B3:** Spezialisierungsbeziehung einer Anforderung am Beispiel der Entwicklung einer Walzenmühle nach Kruse, Dietz und Leschonski /KrDiLe-97/

## Szenarioanalyse

Die *Szenarioanalyse* ist eine Methode zur Klärung der Umstände und Randbedingungen bei typischen Anwendungsfällen oder Abläufen. Sie kann zur Ermittlung von Produkteigenschaften und -funktionen eingesetzt werden.

→ siehe auch Pahl und Beitz /PaBe-97/



**Bild B4:** Bestimmung der Zielkosten für die Entwicklung über den Marktpreis nach /EhKiLi-98/ (vergleiche auch Bild 2.26)

### Target Costing

Das *Target Costing* ist eine den Markt berücksichtigende Methode des modernen Kostenmanagements /Ehrs-95/. Beim *Target Costing* werden ausgehend von Marktuntersuchungen die Eigenschaften eines neu zu entwickelnden Produktes festgelegt und gleichzeitig ein marktkonformer, hypothetischer Verkaufspreis ermittelt. Zieht man von diesem Preis den geplanten Gewinn ab, so gelangt man zu den sogenannten Zielkosten /EhKiLi-98/ (siehe Bild B4).

→ siehe hierzu auch /EhSeKi-94/ /Kotl-97/ /EhKiLi-98/

### Technische Anforderung

*Technische Anforderungen* sind möglichst skalierbare Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt sowie diesbezügliche Restriktionen. Sie sind die exakte Beschreibung dessen, was ein Produkt sein oder können soll /UIEp-95/.

→ vergleiche Kundenanforderungen

*Technische Anforderungen* werden idealer Weise von den Produktentwicklern oder einem interdisziplinären Team aus den Kundenanforderungen übersetzt, können aber auch direkt von den selben Gremien zusammengetragen werden.

→ siehe hierzu auch exemplarisch die wissenschaftlichen Ansätze nach Pahl und Beitz /PaBe-97/, Ulrich und Eppinger /UIEp-95/, Otto /OtAh-97/

### Technology-Push-Konstruktion

Bei einer *Technology-Push-Konstruktion* liegt im Gegensatz zur MARKET-PULL-KONSTRUKTION eine neue Technik vor, für die ein Kundenbedürfnis und ein Marktsegment gesucht werden.

→ siehe hierzu auch Ulrich und Eppinger /UIEp-95/

### Total Quality Management (TQM)

Auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder beruhende Führungsmethode 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 /DIN ISO 8402/

### Wissen

*Wissen* existiert nicht "an sich", sondern ist wesentliche Grundlage für die bedingungsangepaßte Verhaltensregulation des Individuums an seine Umgebung /Klix-92/. Bei *Wissen* handelt es sich um im Gedächtnis eingetragene Resultate psychophysischer Prozesse /HaRoWaZi-95/.

### Zielkostenansatz

vergl. TARGET COSTING

## Anhang A

### METHODEN-AUTOREN-MATRIX

Auf den folgenden Seiten sind die in Kapitel 2 differenziert beschriebenen Ansätze zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen den sechs betrachteten Bewertungsdimensionen in einer Matrix gegenübergestellt. In den Schnittpunkten sind die erreichten Bewertungsergebnisse in Punkten eingetragen, deren genaue Bedeutung Tabelle 2.1 entnommen werden kann.

Um die Ergebnisse dieser Untersuchung für die in dieser Arbeit angestrebte, aber nicht im IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen implementierte Methodik-Hilfe (siehe Kapitel 5) nutzbar zu machen, sind die in den einzelnen Dimensionen anwendbaren Methoden in der Matrix aufgeschlüsselt. Bei deren Berücksichtigung durch einen Ansatz sind sie mit der entsprechenden Seitenzahl in der konsultierten und angegebenen Literatur oder einem Verweis auf die Ausführungen zur Analyse gekennzeichnet (zur Erläuterung der Matrix beachte man deren Legende auf Seite A-4).

Auch ohne die Realisierung einer informationstechnisch unterstützten Methodik-Hilfe können diese Ergebnisse zur Bestimmung geeigneter Methoden und Hilfsmittel für den Einsatz unter spezifischen Randbedingungen verwendet werden. Die dimensionsorientiert geordneten Bewertungsergebnisse ermöglichen dem potentiellen Nutzer die Auswahl für den speziellen Bedarf grundsätzlich geeigneter Methoden und Hilfsmittel. Da die Übersicht und die Bewertung in Kapitel 2 gleich aufgebaut sind, kann auf die detaillierten Erläuterungen der Eigenschaften, die eine endgültige Auswahl zweckmäßiger Methoden und Hilfsmittel ermöglichen, direkt zugegriffen werden. Über die konkreten Literaturverweise findet der Nutzer weiterhin die Stellen in der Originalliteratur, in denen die Verwendung der Methoden und Hilfsmittel ausführlich beschrieben ist.

Der in Kapitel 3 entwickelte Methodenbaukasten (Bild 3.1) kann den Nutzer bei der Auswahl des Hilfsmittels in Bezug auf die konkreten Randbedingungen des Einsatzes zusätzlich unterstützen.

Tabelle A1: Übersicht der Ergebnisse der Bewertung (Teil 1/3)

	Pahl/Beitz (1997)	Ulrich/Eppinger (1995)	Ehrlenspiel (1995)	QFD/Danner (1996)	QFD/Clausing (1994)	Ullman (1997)	Pugh (1990)	Urban/Hausser (1993)	Roth (1994)	Otto (1997)
<b>Kundendimension</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<i>Stufe 1: kein direkter Kunden-Entwickler Kontakt</i>										
Situationsanalyse (Sekundärforschung)							32-35			
Lebenszyklusphasen analysieren	156-62		300f					46f		
Produkt-Markt-Matrix	156-62							23f		
Portfolio Technik	156-62		299					111		
Suchstrategien/ Suchfelder (hauptsächlich Primärforschung, aber unklar welche Methoden, z.B. Befragungen, Workshops etc.)						105f				
Bedürfnis-Stärken-Matrix	156-62									
Kunden-Problem-Analyse	156-62									
Szenario Technik	156-62									
allgemein Marktforschung (z.B. Trendanalyse)	156-62		302	38			32-35	181f		
Cluster Analyse				39						
<i>Stufe 2: direkter Kunden-Entwickler Kontakt</i>										
schriftliche Befragungen		(38)	319			105		(182-99)		
telefonische Befragungen			319			105		(182-99)		
mündliche Befragungen		38	319			105		(182-99)		
<i>Stufe 3: Diskussion zwischen Entwicklern und Kunden</i>										
Workshops										
Focus Groups		38				105f		(224f)		20
Lead-User	(165)	39						134-41		
persönliche Befragung/Interview		38-43			115	105f		(224f)		20
Conjoint Analyse				(39f)				272-79		
Gebrauchstest		38			116					20
<i>Stufe 4: Interaktive Kundenintegration</i>										
Kunde Mitglied im Entwicklungsteam			(307)							

Tabelle A1: Übersicht der Ergebnisse der Bewertung (Teil 2/3)

	Pahl/Beitz (1997)	Ulrich/Eppinger (1995)	Ehrlenspiel (1995)	QFD/Danner (1996)	QFD/Clausing (1994)	Ullman (1997)	Pugh (1990)	Urban/Hauser (1993)	Roth (1994)	Otto (1997)
<b>Transformationsdimension</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<i>0 Punkte: kein Übersetzen der Kundenanforderungen in techn. Anf.</i>							text		text	
<i>1 Punkt: Kundenanforderungen analysieren</i>										
Abstraktion zum Erkennen des eigentlich Wesentlichen	180		323							
Funktionsanalyse			320							23f
Problemanalyse durch Systemgrenzenverschiebung			321							
<i>2 Punkte: Methoden zum Übersetzen</i>										
QFD-Matrix (Konstrukteure mit direktem Kundenkontakt)	(165)	57-61	314, 185	54-58	105-144	99ff, 115		341		24
<b>Konkretisierungsdimension</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<i>0 Punkte: Aufgabenstellung wird nicht geklärt</i>								text		
<i>1 Punkt: präzise Quantitäts- und Qualitätsangaben</i>	168	54	326	54			64		71ff	24
<i>2 Punkte: methodische Hilfsmittel zum Aufstellen der Anf.-Liste</i>										
Hauptmerkmalsliste	170		319	112		109				
Checklisten			319						71	
Klassifikationen			319							
Fragelisten			319	112		106ff			67	
Analyse der Produktumgebung									67-69	
Suchmatrix									69ff	
empfohlene Elemente einer Anforderungsliste							45-64			
<i>3 Punkte: zusätzlich Wünsche und Forderungen unterscheiden</i>	167		315	56f		(112f)		(334)	77	
<i>4 Punkte: zusätzlich Wünsche klassifizieren</i>	168	(61)	185	56f		(112f)		(336f)		24f

Tabelle A1: Übersicht der Ergebnisse der Bewertung (Teil 3/3)

	Pahl/Beitz (1997)	Ulrich/Eppinger (1995)	Ehrlenspiel (1995)	QFD/Danner (1996)	QFD/Clausing (1994)	Ullman (1997)	Pugh (1990)	Urban/Hauser (1993)	Roth (1994)	Otto (1997)
<b>Handhabungsdimension</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<i>0 Punkte: keine Unterstützung der Handhabung</i>										
<i>1 Punkt: Gliederung und Unterteilung der Anforderungsliste</i>		82-84	329ff	52		text (122ff)		text		
Funktionsstruktur	169			104					35	(24) text
Baugruppen bzw. Baustruktur	169			103						
Leitlinie mit Hauptmerkmalen oder Vergleichbares	169					109	65			
<i>2 Punkte: Änderbarkeit der Anforderungsliste</i>	169	65ff	326	105f		text	44, 64		64	
<i>3 Punkte: Eignung für Rechnerunterstützung</i>	689ff	text	(285)	153-65		text	text		(301ff)	
<b>Wettbewerbsdimension</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>0 Punkte: keine Konkurrenzanalyse</i>									(65)	text
<i>1 Punkt: Konkurrenzanalyse zum Ideenfinden</i>	156-63		299				33f	124		
<i>2 Punkte: Vergleich der Anforderungserfüllung</i>				56f			(text)			
Raum 5 des House of Quality		61-64	185ff			102f		344f		
<i>3 Punkte: Anforderungsgewichtung auf Basis des Vergleichs</i>	text									
Raum (2, 5 und) 9 des House of Quality		61-64	185ff	57		text				
<b>Flexibilitätsdimension</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Anpassungskonstruktion				text						19
Neukonstruktion										
beides, versch. Organisationsformen, Ablauf flexibel	29	23ff, 8	text			text	text	xxv f	39, 71	
<b>Legende:</b>										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die fettgedruckten Ziffern in den grau hinterlegten Feldern entsprechen der Bewertung in der jeweiligen Dimension</li> <li>• normal gedruckte Ziffern sind die Seitenangaben zu den Methoden (f = folgende Seite; ff = folgende Seiten)</li> <li>• (...) = vorhanden, aber nicht methodisch eingebunden; in Kundendimension: kein Kundenkontakt der Konstrukteure</li> <li>• text: Verweis auf Analyse in Kapitel 2</li> </ul>										

## **Anhang B**

### ANFORDERUNGSLISTE

Auf den folgenden Seiten sind die im Rahmen dieser Arbeit zusammengetragenen Anforderungen an ein rechnerunterstütztes Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen in einer Anforderungsliste strukturiert dargestellt.

	<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen	F/W	Bemerkungen	Ursprung	
<b>Funktion</b>				
<b>Funktionen zur Anforderungserfassung einschließlich -änderung</b>				
Erfassen von Anforderungen	F		Theorie	
Zulassen unscharfer Dateneingabe bzw. Anforderungsdefinition	F		Praxis	
Präzisierung (Spezialisierung und Dekomposition) von Anforderungen während des Produktentwicklungsprozesses unterstützen	F	Aktualität, Nachvollziehbarkeit	/Krus-95/ Praxis	
Ändern (Korrigieren fehlerhafter Angaben) von Anforderungen zulassen Ursprüngliche Anforderung darf nicht gelöscht werden!	F	☞ <b>Daten</b>  Nachvollziehbarkeit	Theorie	
Kennzeichnen von Änderungen (Fehlerkorrekturen)	W	Übersichtlichkeit	Theorie	
Überprüfen der eingegebenen Anforderung auf deren sachliche Richtigkeit	W	☞ <b>Daten</b> Vermeidung von Fehlern	/Kick-95/	
Überprüfen der eingegebenen Anforderung auf deren Vollständigkeit	W	☞ <b>Daten</b> Vermeidung von Fehlern	/Kick-95/	
Überprüfen der Anforderungssammlung auf Vollständigkeit Anforderung gestrichen!	☞	nur für sehr ähnliche Konstruktionen möglich	/Kläg-93/ Änd.: Ahrens	
Gewährleisten eines minimalen Umfangs bzw. einer minimalen Ausprägung bei der Definition einer Anforderung	F	Aussagefähigkeit der Anforderung	Theorie	
Eingaben und Änderungen von Anforderungen müssen mit Information über Verantwortlichkeit (beispielsweise Name des Bearbeiters bzw. Verantwortlichen) verknüpft werden	F	☞ <b>Daten</b> Nachvollziehbarkeit	Praxis	
automatisches Erfassen der administrativen Daten (Name des Bearbeiters bzw. Verantwortlichen, Datum ...)	W	☞ <b>Daten</b> ☞ <b>Ergonomie</b>	IT-Theorie	
Erfassen von zusätzlichen Informationen zu einer Anforderung wie ...	F	Steigerung der Aussagefähigkeit der Anforderung	Praxis Theorie	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterungen und Begründungen,</li> <li>• einzuhaltende Fristen oder auch</li> <li>• geschätzter Kostenrahmen</li> </ul>				
Übernehmen von Daten (Text, Graphik, Berechnungen etc.) aus anderen IT-Quellen (Informationssysteme oder Internet) bzw. Dokumenten		☞ <b>Schnittstellen</b> Arbeitsersparnis	IT-Theorie	
Einbinden bzw. Anhängen von Dokumenten	F	☞ <b>Schnittstellen</b> Arbeitsersparnis	IT-Theorie	
Verweisen auf bzw. Verknüpfen mit ergänzende(n) elektronische(n) Dokumente(n)	F	☞ <b>Daten</b> ☞ <b>Schnittstellen</b> Arbeitsersparnis	(IT-) Theorie	

	<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen	F/W	Bemerkungen	Ursprung	
<p>Bereitstellen von aufgaben- bzw. themenspezifischen Leitlinien (z.B. Merkmallisten), Checklisten o.ä. zur Unterstützung der Zusammenstellung der Anforderungen</p> <p>Nutzen bestehender Anforderungslisten zur Unterstützung einer vollständigen Anforderungsdefinition bei ähnlichen Entwicklungen</p> <p>Automatisches Ableiten impliziter Anforderungen bzw. automatisiertes Übernehmen bekannter Abhängigkeitsstrukturen</p> <p>Anforderung gestrichen!</p>	<p>F</p> <p>F</p> <p>☞</p>	<p>Assoziations- und Gliederungshilfe</p> <p>☞ <b>Ergonomie</b> Assoziationshilfe, Nutzung von Expertise ⇒ Vermeidung von Fehlern</p> <p>Abhängigkeiten komplex und nicht zwangsläufig bestimmbar ⇒ Fehlerquelle</p>	<p>Theorie</p> <p>Theorie Praxis</p> <p>/Kläg-93/ Änd.: Ahrens</p>	
<b>Funktionen zur Anforderungsnutzung bzw. -handhabung</b>				
<p>Eingaben und Änderungen von Anforderungen oder Bestandteilen von diesen sowie deren Ansicht ausschließlich in Abhängigkeit von Zugriffsrechten zulassen</p> <p>auf die Entwicklungsphasen bezogene Zuordnung von Zugriffsrechten ermöglichen</p> <p>Aufwand bei Änderungen gering halten, z.B. durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgabe bzw. Anzeigen der zu ändernden Anforderung,</li> <li>• Unterstützung von Änderungsmechanismen wie FreigabeprozEDUREN,</li> <li>• Vermeidung von Redundanzen und</li> <li>• Vermeidung der Abbildung von Abhängigkeiten der Anforderungen, die aufwendig zu bestimmen und rechnerisch darstellbar sind (wie die gegenseitige Beeinflussung von Anforderungen)</li> </ul>	<p>F</p> <p>W</p> <p>F</p>	<p>☞ <b>Sicherheit</b> ☞ <b>Daten</b></p> <p>☞ <b>Sicherheit</b> ☞ <b>Daten</b></p> <p>☞ <b>Daten</b> Arbeitersparnis</p>	<p>Praxis IT-Theorie</p> <p>Praxis</p> <p>Theorie</p>	
<p>Bereitstellung von Automatismen zur ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freigabe der Definition oder Präzisierung (Spezialisierung und Dekomposition) einer Anforderung,</li> <li>• Freigabe der Änderung (Fehlerkorrektur) einer Anforderung sowie</li> <li>• Information von Mitarbeitern über Änderung einer Anforderung</li> </ul> <p>unter besonderer Berücksichtigung der Unternehmens- bzw. Projektorganisation</p> <p>optionale Anzeige nicht freigegebener Anforderungen</p>	<p>W</p>	<p>☞ <b>Ergonomie</b> ☞ <b>Kommunikation</b> Arbeitersparnis, Akzeptanz</p>	<p>Praxis Theorie</p>	
<p>Kennzeichnen nicht freigegebener Anforderungen</p>	<p>W</p>	<p>☞ <b>Daten</b> frühzeitige Information</p>	<p>Praxis Theorie</p>	
<p>Bereitstellen von Orientierungshilfen in der Anforderungssammlung (In welchem Projekt befinde ich mich? Welche Sicht habe ich gewählt?)</p>	<p>F</p> <p>F</p>	<p>☞ <b>Ergonomie</b> Übersichtlichkeit</p> <p>☞ <b>Ergonomie</b> Übersichtlichkeit</p>	<p>Praxis Theorie</p> <p>IT-Theorie</p>	

	<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen	F/W	Bemerkungen	Ursprung	
<p>Suchen nach Anforderungen</p> <p>Unterstützung der Suche beispielsweise durch ....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sortierfunktionalität (für W/F, Fristen, Bearbeiter etc.),</li> <li>• Bereitstellen spezifischer Sichten auf die Anforderungen (z.B. thematisch oder organisatorisch)</li> <li>• Suchfunktionalität (z.B. Volltextsuche, Suche nach Anforderungen mit bestimmten Eigenschaften)</li> </ul> <p>Hintergrund: Unterstützung der Weiterverwendung der Daten im weiteren Entwicklungsprozeß</p> <p>knappe Bezeichnung von Sichten</p> <p>Bereitstellung einer Beschreibung der Sichten beispielsweise durch zu stellende Fragen oder die Zuordnung von Erkennungsmerkmalen (Schlüsselbegriffe, Relevanzbereiche etc.)</p> <p>Automatisierung der Zuordnung der Anforderungen zu den möglichen, für die einzelnen Anforderungen relevanten Sichten</p> <p>Anpaßbarkeit der Sichten an spezifische Gegebenheiten durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifikation von vordefinierten Sichten in Abhängigkeit von den Zugriffsrechten ermöglichen</li> <li>• Definition und Einbindung „neuer“, anwenderspezifischer Klassifizierungssysteme zur Definition von Sichten ermöglichen</li> </ul> <p>Übernahme von modifizierten oder „neuen“ Sichten für eine bestehende Anforderungsliste:  automatische Überprüfung der Anforderungen auf eindeutige Zuordnung zu den neuen Sichten  Anforderung durch die in der Liste folgende ersetzt!</p> <p>Übernahme von modifizierten oder „neuen“ Sichten für eine bestehende Anforderungsliste:  Nicht zulassen!</p> <p>Negatives Prüfergebnis bezüglich der möglichen Zuordnung zu mindestens einer aktiven Sicht bewirkt Aufforderung des Nutzers zu ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• weiterer Konkretisierung / Spezifizierung oder</li> <li>• Dekomposition der Anforderung bzw.</li> <li>• manueller Zuordnung derselben zu einer Sicht</li> </ul> <p>Anforderung gestrichen!</p> <p>Ermöglichen des parallelen Arbeitens mit gleichzeitigem Zugriff auf eine Anforderung</p> <p>Verhindern des mehrfachen Ändern einer Anforderung durch unterschiedliche Nutzer</p>	<p>F</p> <p>F</p> <p>F</p> <p>W</p> <p>F</p> <p>W</p> <p>F</p> <p>W</p> <p>F</p> <p>☹</p> <p>F</p> <p>F</p>	<p>☛ <b>Ergonomie</b>  Übersichtlichkeit  Die Anforderung wird im folgenden noch methodisch hinterfragt.</p> <p>Übersichtlichkeit</p> <p>Gewährleistung der einheitlichen Verwendung</p> <p>☛ <b>Daten</b>  ☛ <b>Ergonomie</b>  Arbeitsersparnis</p> <p>☛ <b>Daten</b>  ☛ <b>Ergonomie</b>  Gewährleistung des Zwecks und der Funktion der Sichten</p> <p>☛ <b>Daten</b>  Gewährleistung der Funktion, durch Umsetzungsaufwand nicht gerechtfertigt</p> <p>☛ <b>Daten</b>  Gewährleistung der Funktion</p> <p>Gewährleistung der Funktion, fällt weg wegen Streichung der vorigen Anforderung</p> <p>☛ <b>Daten</b></p> <p>☛ <b>Daten</b></p>	<p>Theorie</p> <p>Theorie</p> <p>Theorie</p> <p>Praxis</p> <p>Theorie</p> <p>(IT-) Theorie  Änd.: Ahrens</p> <p>(IT-) Theorie</p> <p>Theorie  Änd.: Ahrens</p> <p>Theorie  Praxis</p> <p>(IT-) Theorie</p>	

	<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen	F/W	Bemerkungen	Ursprung	
Abbilden der Entstehungsgeschichte bzw. der Abhängigkeiten der abgeleiteten oder geänderten Anforderungen von den ursprünglichen Anforderungen sowie eventuell existierenden Zwischenstufen	W	Nachvollziehbarkeit	/Krus-95/ Praxis	
bei Darstellung der Entstehungsgeschichte von Anforderungen: Ermöglichen eines einfachen Wechsels zwischen dem Überblick und der Detailansicht der einzelnen Anforderungen	W	☛ <b>Ergonomie</b> Übersichtlichkeit	Theorie	
Einfrieren von Anforderungssammlungen zu einem bestimmten Zeitpunkt (Versionen)		☛ <b>Daten</b> Verwendung für Verträge o.ä.	Praxis Theorie	
(zusätzliches) Aufrufen früherer Versionen der Anforderungssammlung	F	☛ <b>Ergonomie</b> Übersichtlichkeit	Praxis Theorie	
zusätzliches Aufrufen von Anforderungssammlungen anderer Projekte	F	☛ <b>Ergonomie</b> Übersichtlichkeit	Praxis Theorie	
Bereitstellen von Formatvorlagen zur Weiterverwendung der Anforderungen bzw. deren Bestandteile (z.B. zur Angebotserstellung für Zulieferverträge, Konstruktionsaufträge für interne Mitarbeiter, Entscheidungs- oder Bewertungsprotokolle)	W	☛ <b>Daten</b> ☛ <b>Ergonomie</b> Arbeitsersparnis	Praxis Theorie	
Anpassbarkeit der Formatvorlagen an die Erfordernisse des/der Nutzer(s)	W	☛ <b>Daten</b> Arbeitsersparnis	Szenarien	
Ermöglichen der Übernahme von Anforderungen bzw. deren Bestandteile in textverarbeitende Programme sowie Programme zur Präsentation	W	☛ <b>Schnittstellen</b> ☛ <b>Ergonomie</b> Arbeitsersparnis	Szenarien	
inhaltliche Auswertung der optional zu spezifizierenden Fristen für Anforderungen mit dem Ziel der Nutzung <ul style="list-style-type: none"> <li>• in einem übergreifenden Prozeßplanungswerkzeug</li> <li>• zur termingerechten Information betreffender Mitarbeiter über ablaufende Fristen von Anforderungen</li> </ul>	W	☛ <b>Kommunikation</b> ☛ <b>Ergonomie</b> ☛ <b>Daten</b> Arbeitsersparnis	Praxis Theorie	
Erfassen und Bereitstellen einer allgemeinen Aufgabenstellung bzw. eines konkreten Auftrags	W	Nachvollziehbarkeit	Szenarien	
<b>Daten</b>				
Konsistenzsicherung	F	Verlässlichkeit der Daten	Praxis	
Vermeidung redundanter Datenhaltung	F	Vereinfachung der Datenpflege, Aktualität der Daten	Praxis IT-Theorie	
Aktualität der Anforderungssammlung oder der angezeigten Sicht sicherstellen	F	Verlässlichkeit der Daten	Praxis	
variable Datenstruktur, die Verweise auf Daten sowie externe Informationen wie Hyperlinks ermöglicht	F	☛ <b>Funktion</b>	IT-Theorie	
effektive Datenorganisation: Ablage und Bereitstellen von Daten muß in vertretbarer Zeit erfolgen	F	Akzeptanz	IT-Theorie	

		<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen		F/W	Bemerkungen	Ursprung	
generell: akzeptables Antwortzeitverhalten folgende Anforderungsbestandteile sollen sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Anforderung an sich (knapp formuliert)</li> <li>• eine Erläuterung oder Begründung zur Anforderung einschließlich Hin- und Verweisen auf weitere Informationsquellen</li> <li>• der Anforderungscharakter (mindestens F/W)</li> <li>• administrative Daten wie der Bearbeiter, das Erstellungsdatum, das Projekt usw.)</li> <li>• Fristen</li> <li>• Kostenrahmen</li> <li>• Gliederungs- bzw. Klassifizierungsmerkmale</li> </ul>		F	Akzeptanz	Praxis	
		F	Aussagefähigkeit der Anforderung Die Bestandteile werden im folgenden noch methodisch hinterfragt.	Theorie Praxis	
<b>Qualität</b>					
Stabiler und zuverlässiger Programmablauf einfache Pflege und Wartung		F	Akzeptanz	Praxis	
		F	☛ <b>Ergonomie</b> Akzeptanz, Minimierung des Aufwands für die tool-Nutzung	Praxis	
<b>Schnittstellen</b>					
Netzanbindung bzw. Netzwerkfähigkeit		F	lokale Unabhängigkeit	Praxis	
Kopplung mit einem zeitlichen sowie einem organisatorischen Planungs- bzw. Steuerungsmodul ermöglichen		W	Einbindung in Gesamtprozeß	Praxis	
Kopplung zu einem IT-Werkzeug, das die Gegenüberstellung von Kunden- und technischen Anforderungen sowie deren Überprüfung, Bewertung und Kontrolle im Sinne des House of Quality ermöglicht		F	Nachvollziehbarkeit der Hintergründe für Anforderungen ⇒ Bewertung und Motivation	Theorie	
Unterstützung der Erstellung von Verweisen auf weiterführende Dokumente, z.B. über das Setzen von sogenannten links		W	☛ <b>Funktion</b>	IT-Theorie	
Einlesen von Daten aus Papierdokumenten, z.B. über das Scannen		W	Vollständigkeit, Arbeitersparnis	Praxis	
Unterstützen gängiger Austauschformate zum möglichst verlustfreien Im- und Export von Daten		W	Unabhängigkeit von verwendeter Software	IT-Theorie Praxis	
<b>Ergonomie</b>					
einfache, selbsterklärende Handhabung		F	Akzeptanz	Praxis	
Bereitstellen von Orientierungshilfen zur Nutzungsfunktionalität (Welche Funktion oder Sicht habe ich gewählt?, Wie komme ich zurück zur vorigen oder anderen gewünschten Ansicht/Funktion?)		W	Akzeptanz, Minimierung des Einarbeitungsaufwands	Theorie	

		<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen		F/W	Bemerkungen	Ursprung	
Anpaßbarkeit der Bedienungsoberflächen an die Bedürfnisse des Nutzers		F	Übersichtlichkeit, Akzeptanz	Theorie	
Bereitstellen von (kontextsensitiven) Hilfen zur Bedienung und Nutzung des IT-Werkzeugs zur Anforderungserfassung und -handhabung		F	Minimierung des Einarbeitungsaufwands	IT-Theorie	
Bereitstellen gezielter Hilfen zum Abbilden ....		W	Arbeitsersparnis, Erkennen der Zusammenhänge ⇒ Motivation	Theorie	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Zuständig- bzw. Verantwortlichkeiten sowie</li> <li>• der Produktstruktur</li> </ul>		W			
<b>Kommunikation</b>					
Fördern der Kommunikation / Unterstützen von unmittelbaren Fragen, Gesprächen bzw. feedback zum Zeitpunkt des Bedarfs (e-mail, Videokonferenzen, Post, Fax, Telefon)		F	☞ <b>Schnittstellen</b> Vermeidung von Fehlern, Arbeitsersparnis	Praxis (IT-) Theorie	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adreßverwaltung,</li> <li>• Verknüpfung des Namen des Bearbeiters als Anforderungsbestandteil mit den erforderlichen Daten,</li> <li>• Bereitstellen entsprechender Hard- und Software,</li> <li>• Bereitstellen von entsprechenden Formatvorlagen sowie</li> <li>• Bereitstellen von Standardtexten</li> </ul>					
Automatisierung vorgeschriebener Kommunikation bei erforderlicher Freigabe einer Anforderung in Abhängigkeit von Verantwortlichkeiten		W	☞ <b>Schnittstellen</b> Arbeitsersparnis	Theorie	
automatisierte Information erklärter Nutzer von Anforderungen bei Präzisierung oder Änderung derselben		W	Arbeitsersparnis	Theorie	
<b>Methodik</b>					
Der Aufbau des IT-Werkzeugs zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen soll sich an der in dieser Dissertation entwickelten Methodik zur Unterstützung dieser Arbeitsschritte in einem Produktentwicklungsprozeß orientieren.		F	Vermeidung von Fehlern, Steigerung der Effizienz der Entwicklung	Theorie	
Die Nutzung des IT-Werkzeugs soll einen methodischen Produktentwicklungsprozeß gemäß VDI Richtlinie 2221 unterstützen.		F	Motivation der tool-Entwicklung	Theorie	
Ermöglichen einer Überprüfung, ob die erfaßten Kundenanforderungen vollständig in technische Anforderungen überführt wurden beispielsweise durch die Gegenüberstellung in einem House of Quality		W	Sicherstellung einer marktgerechten Entwicklung	Theorie	
Ermöglichen einer vergleichenden Bewertung von existierenden Lösungen hinsichtlich der Anforderungserfüllung aus Kundensicht		W	Steigerung der Konkurrenzfähigkeit	Theorie	
Ermöglichen einer Abschätzung der Notwendigkeit der Umsetzung der technischen Anforderung unter besonderer Berücksichtigung des Vergleichs von existierenden Lösungen (s.o.)		W	Steigerung der Konkurrenzfähigkeit	Theorie	

		<b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen		Stand: 30.12.1999 8 Seiten	
Anforderungen		F/W	Bemerkungen	Ursprung	
Bereitstellung von Hilfen zur Erläuterung methodischer Vorgehensweisen sowie zur diesbezüglichen Anleitung der Nutzer		F	☛ <b>Ergonomie</b> Akzeptanz	Theorie	
Die Methodik-Hilfe sollte auch problem- bzw. aufgabenorientiert genutzt werden können.		W	☛ <b>Ergonomie</b> Akzeptanz	Theorie	
Die Methodik-Hilfe sollte Nutzen-Aufwandsabschätzungen zu den angebotenen Methoden und Hilfsmitteln bereitstellen.		W	☛ <b>Ergonomie</b> Akzeptanz	Praxis	
<b>Sicherheit</b>					
klare Trennung von Administration und Nutzung des tools, z.B. darf die Modifikation (incl. Erweiterung und Einschränkung) der bereitgestellten Sichten ausschließlich für alle Nutzer des betreffenden Bereichs - also zentral - erfolgen, da sonst die Verwendung nicht konform erfolgt		F	Gewährleistung der Funktion	IT-Theorie	
Gewährleistung der Datensicherheit: im Fehlerfall sind Datensicherungs- und Restartmaßnahmen anzustoßen		F	Gewährleistung der Funktion	IT-Theorie	
Sicherheit gegen unbefugten Zugriff auf die Anforderungen bzw. deren Bestandteile muß sowohl betriebsintern als auch über die Unternehmensgrenzen hinweg gewährleistet sein		F	Erhalt von unternehmensspezifischer Expertise	Praxis	
Die Sicherheit der Daten (s.o.) muß auch bei einer Datenübertragung gegeben sein		F	Erhalt von unternehmensspezifischer Expertise	Praxis	
<b>Dokumentation</b>					
Bereitstellung einer Hilfe zur Nutzung der Einzelfunktionen des tools on-line		F	Minimierung des Aufwands für die tool-Nutzung	Praxis	
Bereitstellung einer Anleitung, die mögliche Vorgehensweisen zu einer effektiven Nutzung des tools möglichst knapp, leicht verständlich und übersichtlich erläutert, in Form ...		F W	Minimierung des Aufwands für die tool-Nutzung	Praxis	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• eines Handbuchs</li> <li>• einer on-line Dokumentation</li> </ul>					
<b>Hardware</b>					
Plattformunabhängigkeit		W	Flexibilität des Einsatzes	Praxis	
<b>Sprache(n)</b>					
Deutsch		F	Muttersprache	Ahrens	
Englisch		W	Verbreitung	Ahrens	

	<p align="center"><b>Anforderungsliste</b> für ein IT-Werkzeug zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen</p>		<p>Stand: 30.12.1999 8 Seiten</p>		
Anforderungen		F/W	Bemerkungen	Ursprung	
<b>Realisierungsumfang</b>					
<p>im Rahmen dieser Arbeit erfolgt eine exemplarische Umsetzung, mit deren Hilfe wichtige Gesichtspunkte wie ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardwareunabhängigkeit,</li> <li>• Netzwerkfähigkeit,</li> <li>• anwendergerechte Unterstützung der Arbeit mit Anforderungen, wobei insbesondere die Suche nach bzw. der Zugriff auf Anforderungen vereinfacht werden soll,</li> <li>• Gewährleistung der Datensicherheit</li> </ul> <p>eines idealen IT-Werkzeugs zur Erfassung und Handhabung von Anforderungen verdeutlicht werden können</p> <p>⇒ keine volle Funktionsfähigkeit sowie Vollständigkeit bezüglich des Funktionsumfang und des Umfangs der Implementierung von Inhalten (Formatvorlagen, Klassifizierungssysteme etc.)</p>		F	Visualisierung des Konzepts	Ahrens	
Ersetzt Ausgabe vom:					