

Lehrstuhl für Produktentwicklung  
der Technischen Universität München

# **Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen**

**Thomas Heßling**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktor-Ingenieurs**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. R.-B. Höhn

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann

2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm,

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Die Dissertation wurde am 30.06.2005 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen  
am 08.02.2006 angenommen.



*„Das Entscheidende an Wissen ist,  
dass man es beherzigt und anwendet!“*

Konfuzius



---

# Vorwort des Herausgebers

## Problemstellung

In Bezug auf den Schutz der Umwelt fanden in den vergangenen Jahrzehnten große Änderungen in unseren europäischen Gesellschaften wie auch ein stetiger Wandel in der Politik statt. Dieser Prozess wird sich angesichts der bevorstehenden Herausforderungen und der zunehmenden Umweltprobleme weiter fortsetzen, auch wenn diese Thematik in den letzten Jahren angesichts anderer gesellschaftlicher Probleme wie Folgen der Globalisierung oder des demografischen Wandels mehr in den Hintergrund zu rücken scheint.

Dabei vollzieht sich seit Jahren ein Wandel in der Umweltpolitik von der nachsorgenden (end-of-pipe) Strategie bei strenger gesetzlicher Reglementierung hin zum vorsorgenden, produktbezogenen Umweltschutz bei hoher Eigenverantwortung der Hersteller. Innerhalb dieses politischen Wandels wurde durch die Umweltminister der Europäischen Union die „Integrierte Produktpolitik“ als der neue Begriff der Umweltstrategie geprägt.

Wie sollen Unternehmen aber auf diese neue Umweltpolitik und die an sie herangetragene stärkere Eigenverantwortung reagieren? Was bedeutet für sie die Integrierte Produktpolitik und wie können sie die Grundgedanken in ihren Alltag übernehmen?

## Zielsetzung

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, Antworten auf die beschriebene Herausforderung der neuen Integrierten Produktpolitik zu finden und Hinweise für einen stetigen Umsetzungsprozess zu geben, der auch den Nutzen für die betroffenen Unternehmen berücksichtigt.

Dabei werden insbesondere die Rahmenbedingungen und die Bedürfnisse von kleinen und mittelständischen Unternehmen berücksichtigt, deren finanzielle und personelle Ressourcen nur selten die Beschäftigung von Umweltspezialisten für diese Thematik ermöglichen.

## Ergebnisse

Diese Arbeit bietet Antworten, Empfehlungen und Beispiele, wie die Integrierte Produktpolitik zum Wohle der Umwelt wie auch des betroffenen Unternehmens genutzt werden kann. Zudem werden Chancen sichtbar, die sich durch diese neue Betrachtungsweise bieten.

## Folgerungen für die industrielle Praxis

Ein Leitfaden zeigt und klärt, wie Unternehmen die Gedanken der Integrierten Produktpolitik für sich nutzen und umsetzen können. Durch die besondere Berücksichtigung der Probleme im Alltag hat sich die vorgeschlagene Vorgehensweise in den Pilotprojekten einiger Industriepartner als sehr erfolgreich erwiesen und bietet daher gute Erfolgsschancen für andere Firmen. Die Vorgehenskonzepte sind besonders für kleine und mittelständische Unternehmen bestimmt, jedoch können sie bei geeigneten Rahmenbedingungen auch in größeren Unternehmen sehr wertvoll wirken.

## Folgerungen für Forschung und Wissenschaft

Die Arbeit bietet für die Wissenschaft neue und interessante Ansätze zur systematischen Methodenentwicklung aus der Betrachtung von Analogien zur systematischen Produktentwicklung. Für den Erfolg bei der Entwicklung einer Vorgehensweise und ihrer späteren Akzeptanz ist besonders die Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse und Probleme der Anwender von entscheidender Bedeutung. Diese Erfahrungen können wertvolle Hinweise für den Erfolg anderer Methodenentwicklungen sein.

Garching, im Juni 2006

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München

---

## Danksagung des Autors

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner langjährigen Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. U. Lindemann, meinem Doktorvater, für sein sehr reges Interesse und die Förderung dieser Arbeit. Neben den vielzähligen, sehr anregenden Diskussionen bin ich ihm sehr verbunden für sein großes Vertrauen und für die gewährte Freiheit und Verantwortung in den vielen bearbeiteten Forschungs- und Industrieprojekten.

Danke sage ich auch Herrn Professor Dr.-Ing. H. Meerkamm vom Lehrstuhl für Konstruktionstechnik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg für die Beachtung, die er der Arbeit als Zweitberichterstatter geschenkt hat und Herrn Professor Dr.-Ing. R.-B. Höhn vom Lehrstuhl für Maschinenelemente der Technischen Universität München für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Am Lehrstuhl für Produktentwicklung habe ich über die ganzen Jahre ein außergewöhnlich gutes Arbeitsklima erfahren dürfen. Daher möchte ich mich bei allen meinen Kollegen sehr herzlich für ihren Beitrag an dieser sehr angenehmen, anregenden und lehrreichen Lebenszeit bedanken.

Bedanken möchte ich mich vor allem bei meinem Kollegen Dipl.-Ing. Philipp Hutterer für die gute langjährige Zusammenarbeit. Viele Ergebnisse dieser Arbeit sind daraus entstanden. Herrn Dr.-Ing. Michael Amft danke ich besonders für die vielen kritischen und anregenden Diskussionen. Ebenfalls möchte ich mich sehr bei meinen Bürogefährten Dr.-Ing. Markus Mörtl, Dr.-Ing. Christoph Jung, Dr.-Ing. Michael Förster und Dipl.-Ing. Ulrich Herfeld für die angenehme Bürogemeinschaft und die sehr anregenden und für mich lehrreichen Gespräche bedanken.

Während meiner Lehrstuhlzeit hatte ich das Glück, in einer Vielzahl von Industrieprojekten mit sehr kompetenten und engagierten Firmenvertretern zusammenarbeiten zu dürfen. Ihre Erfahrungen, Meinungen und Einsichten haben mir persönlich und der Forschungsarbeit essentiell weitergeholfen. Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Humele, Herrn Haase und Herrn Blanke von der Firma Kronos AG, Herrn Huber, Herrn Dr. Christ und Herrn Stumpmeier von der Firma Huber AG und Herrn Dr. Wach, Herrn Dr. Assmann und Herrn Moser von der Firma Knorr-Bremse.

Ihnen allen und vielen weiteren Personen gilt mein herzlicher Dank für die gute und fruchtbare Zusammenarbeit.

Ausdrücklich danke ich auch sehr vielen, hier namentlich nicht genannten Studentinnen und Studenten für ihren Gedankenaustausch und die rege Mitarbeit in den verschiedenen Projekten.

Dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz danke ich für das Interesse an dem Forschungsthema und die gewährte finanzielle Unterstützung für das Forschungsprojekt.

Abschließend bedanke ich mich ganz herzlich bei meinen Eltern und Geschwistern. Ihre stets großartige Unterstützung und den außerordentlichen Rückhalt haben meinen Weg erst möglich gemacht. Zuletzt möchte ich mich sehr bei meiner Freundin Heidrun Vogel für Ihre tolle Unterstützung bedanken.

München, im Juni 2006

Thomas Heßling



---

# Inhaltsverzeichnis

VORWORT DES HERAUSGEBERS .....	III
DANKSAGUNG DES AUTORS .....	V
INHALTSVERZEICHNIS .....	VII
<b>1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 AUSGANGSSITUATION UND FORSCHUNGSBEDARF .....	1
1.2 ZIELSETZUNG UND HYPOTHESEN.....	3
1.3 EINSCHRÄNKUNG DES PRODUKTSPEKTRUMS UND THEMENGEBIETS .....	6
1.4 GRUNDLAGE UND BASIS DER ARBEIT.....	7
1.5 AUFBAU DER ARBEIT.....	7
<b>2 GRUNDLAGEN UND STAND DER FORSCHUNG .....</b>	<b>9</b>
2.1 BEGRIFF UND HERKUNFT DER INTEGRIERTEN PRODUKTPOLITIK .....	9
2.1.1 Entwicklung der IPP.....	9
2.1.2 Ziele und Definition der IPP .....	14
2.1.3 Anforderungen an die IPP und Lösungsansätze .....	19
2.1.4 Anforderungen an die Produkthersteller durch die IPP.....	24
2.2 SITUATION UND RAHMENBEDINGUNGEN DER KLEINEN UND MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN.....	28
2.2.1 Bedeutung der KMU .....	28
2.2.2 Eigenschaften von KMU.....	30
2.2.2.1 Quantitative Merkmale .....	31
2.2.2.2 Qualitative Merkmale .....	32
2.2.2.3 Arten von Unternehmen .....	36
2.2.3 Methodeneinsatz und Umweltorientierung in KMU .....	38
2.2.3.1 Strategien- und Methodeneinsatz in der Produktplanung und Entwicklung .....	38
2.2.3.2 Umweltorientierung in KMU .....	42
2.3 STAND DER FORSCHUNG .....	47
2.3.1 Umweltgerechte Produktentwicklung .....	47
2.3.1.1 Umweltbeeinträchtigungen durch Produkte.....	47
2.3.1.2 Umweltaspekte in der klassischen Produktentwicklung .....	50
2.3.1.3 Umweltorientierte Optimierung einzelner Lebensphasen .....	59
2.3.1.4 Ermittlung und Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen .....	72
2.3.1.5 Diskussion der bisherigen Ansätze .....	79
2.3.2 Aktivitäten auf dem Bereich der Integrierten Produktentwicklung .....	81
2.3.3 Implementierung von Methoden .....	86
2.4 ZUSAMMENFASSUNG UND ABLEITUNG DES HANDLUNGSBEDARFS .....	100

<b>3</b>	<b>GRUNDLAGEN FÜR DIE ENTWICKLUNG EINES VORGEHENSMODELLS .....</b>	<b>103</b>
3.1	EINSATZ VON VORGEHENSMODELLEN IM PRODUKTENTWICKLUNGSPROZESS.....	103
3.2	SYSTEMATISCHE ENTWICKLUNG VON VORGEHENSMODELLEN.....	109
3.2.1	Stand der Forschung.....	109
3.2.2	Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise.....	109
3.2.2.1	Phasenmodell für die systematische Entwicklung.....	111
3.2.2.2	Ebenenmodell für Vorgehensmodelle.....	112
3.3	ZUSAMMENFASSUNG.....	120
<b>4</b>	<b>ENTWICKLUNG EINES VORGEHENSMODELLS .....</b>	<b>123</b>
4.1	VORGEHEN IN BEZUG ZUM PHASENMODELL .....	123
4.2	AUFGABENKLÄRUNG.....	124
4.3	KONZIPIEREN UND ENTWERFEN DES VORGEHENSMODELLS .....	126
4.3.1	Gesamtmodell für das Unternehmen.....	128
4.3.2	Modell zur Verbesserung der Organisation.....	130
4.3.2.1	IPP evaluieren .....	132
4.3.2.2	Organisation betrachten.....	134
4.3.2.3	Ziele setzen .....	135
4.3.2.4	Änderungen vorbereiten.....	136
4.3.2.5	Änderungen implementieren.....	137
4.3.2.6	Ergebnisse evaluieren .....	138
4.3.3	Modell zur Verbesserung der Produkte.....	139
4.3.3.1	Produktlebensweg betrachten.....	144
4.3.3.2	Prioritäten setzen.....	147
4.3.3.3	Produkt analysieren .....	148
4.3.3.4	Ideen finden.....	148
4.3.3.5	Lösungen bewerten.....	149
4.3.3.6	Lösungen umsetzen .....	151
4.4	ZUSAMMENFASSUNG.....	152
<b>5</b>	<b>AUSARBEITUNG UND UNTERSTÜTZUNG DES VORGEHENSMODELLS .....</b>	<b>155</b>
5.1	AUSARBEITUNG DER VORGEHENSWEISE DURCH DEN FLEXIBLEN EINSATZ VON METHODEN .....	155
5.2	HILFSMITTEL ZUR UNTERSTÜTZUNG.....	157
5.2.1	Methodenblätter .....	158
5.2.2	Produkt-Lebenslauf-Matrix .....	159
5.2.3	Leitfaden und Internetplattform.....	163
5.3	ZUSAMMENFASSUNG.....	164
<b>6</b>	<b>PRAXISBEISPIELE FÜR DIE EINFÜHRUNG UND UMSETZUNG.....</b>	<b>165</b>

---

6.1	RANDBEDINGUNGEN UND GEMEINSAMKEITEN DER PILOTPROJEKTE .....	165
6.2	BEISPIEL DER HANS HUBER AG.....	167
6.3	BEISPIEL DER KNORR-BREMSE SYSTEME FÜR SCHIENENFAHRZEUGE GMBH .....	175
6.4	BEISPIEL DER KRONES AG.....	179
6.5	DISKUSSION DER PRAXISBEISPIELE MIT BEZUG ZUM VORGEHENSMODELL .....	189
6.6	ZUSAMMENFASSUNG.....	191
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>193</b>
7.1	ZUSAMMENFASSUNG.....	193
7.2	AUSBLICK.....	195
<b>8</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>197</b>
<b>9</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>231</b>
9.1	ABKÜRZUNGEN .....	231
<b>10</b>	<b>DISSERTATIONSVERZEICHNIS DES LEHRSTUHL FÜR PRODUKTENTWICKLUNG ..</b>	<b>235</b>



---

# 1 Einleitung und Zielsetzung

*Die Arbeit behandelt das Themengebiet der Einführung der Integrierten Produktpolitik (IPP) in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Diese neue Umweltstrategie auf der Ebene der Europäischen Union fordert verstärkt eine neue, eigenverantwortliche und produktbezogene Verbesserung der Nachhaltigkeit. Die Unternehmen werden damit vor die Herausforderung gestellt, eigenständig einen Weg als Antwort auf diese Anforderungen zu finden.*

*Ziel der Arbeit ist es daher, einen geeigneten Weg zur Einführung der Integrierten Produktpolitik aufzuzeigen, der die speziellen Bedürfnisse von Unternehmen dieser Größe berücksichtigt.*

## 1.1 Ausgangssituation und Forschungsbedarf

Was ist die „Integrierte Produktpolitik“? Wo wurde dieser Begriff geprägt und was wird damit verbunden? Und was bedeutet die Integrierte Produktpolitik, auch als IPP abgekürzt, unmittelbar für kleine und mittelständische Unternehmen oder kann diese in der Zukunft für diese bedeuten?

Nach einer aktuellen Studie zum Bekanntheitsgrad des Begriffs in der Bayerischen Wirtschaft bekundeten nur 25 Prozent der Befragten von dem Begriff etwas gehört zu haben, von denen jedoch auf Nachfrage nur die Hälfte konkretere Vorstellungen zu dem Begriff äußern (KREIBE ET AL 2004, S. 4). Wenn so viele Verantwortliche in den Unternehmen der Wirtschaft diesen Begriff nicht kennen, warum kann er trotzdem für sie von Bedeutung sein oder bedeutend für sie werden?

In der langen Geschichte des Umweltschutzes ist die Integrierte Produktpolitik eine sehr neue politische Entwicklung mit einer Abkehr vom end-of-pipe Umweltschutz hin zum begin-of-pipe Umweltschutz. Gleichzeitig bedeutet die Integrierte Produktpolitik eine Abkehr von der steigenden Flut von Umweltgesetzen hin zu einer freiwilligen Wahrnehmung der Verantwortung der verschiedenen Akteure zur Umwelt und freiwilligen Umweltvereinbarungen, um eine nachhaltige Entwicklung durch die produktbezogene Sichtweise zu stärken.

Der IPP-Begriff wurde im Jahr 1998 durch die Veröffentlichung einer von der EU in Auftrag gegebenen Studie (ERNST & YOUNG 1998) und der dadurch angeregten Diskussion über die Einführung der „Integrierten Produktpolitik“ auf EU-Ebene geboren. Daraus entwickelte die Umwelt-Generaldirektion der Europäischen Kommission ein neues Leitbild des pro-

duktbezogenen Umweltschutzes, welches im Frühjahr 2001 in Form des EU-Grünbuches zur IPP veröffentlicht wurde (HOTTENROTH 2004, S. 3) und den Umweltschutz in den europäischen Staaten wesentlich prägen soll (COMMISSION 2001A, S. 6). Damit wird die Integrierte Produktpolitik auch für kleine und mittelständische Unternehmen, im Folgenden auch KMU genannt, der Europäischen Union sehr bedeutsam.

Das Ziel der Integrierten Produktpolitik ist im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung das Handeln auf eine stetige Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen hinsichtlich aller ihrer umweltrelevanten Wirkungen entlang des gesamten Lebensweges, also von der Konzeption bis zur Entsorgung der Produkte, auszurichten (BAYFORREST 2000, S. 1).

Unter Produkten versteht man in diesem Zusammenhang jegliche Art von Konsum- wie auch reine Wirtschaftsgüter, die von Landwirtschafts-, Gewerbe- und Industriebetrieben gefertigt, in den Handel gebracht und bestimmungsgemäß genutzt werden. Als Dienstleistungen wird auch der Handel und Vertrieb materieller Güter, Wartung, Ertüchtigung und Reparatur von Gütern, Transport zu Wasser, zu Lande und in der Luft, Freizeit-, „Industrie“, Informationstransfer, Dienstleistungen als Substitut materieller Güter sowie schlussendlich auch der Verbraucher selbst in seinem Verhalten eingeschlossen (BAYFORREST 2000, S. 21).

Was bedeutet das Ziel der Integrierten Produktpolitik für die kleinen und mittelständischen Unternehmen? Ihre Rolle ist aus Sicht der Politik sehr bedeutend für den Erfolg, da zu dieser Unternehmensgruppe z. B. in Deutschland über 95% der Unternehmen gehören mit einem Anteil von 2/3 aller Arbeitnehmer und über 50% am Bruttosozialprodukt, das dem Wert aller produzierten Produkt- und Dienstleistungen entspricht (DEUTSCHER INDUSTRIE- UND HANDELSTAG 2001).

Den kleinen und mittelständischen Unternehmen ist aber nicht nur der Begriff der Integrierten Produktpolitik unbekannt. Sie wissen nicht, was die Integrierte Produktpolitik für ihr Unternehmen bedeutet und was die politischen Akteure von ihnen verlangen. Selbst wenn sie die Integrierte Produktpolitik kennen, unterstützen und umsetzen wollen, kennen sie für die Einführung und Umsetzung der IPP keinen effektiven und effizienten Lösungsweg.

Besonders für KMU können zusätzlicher Aufwand und Risiken für die Umsetzung der Integrierten Produktpolitik ein großes Problem in Anbetracht der allgemein sehr beschränkten personellen, zeitlichen, organisatorischen und finanziellen Ressourcen bedeuten. Sie können es sich im Gegensatz zu Großunternehmen nicht leisten, Mitarbeiter mit der Evaluation und der Erarbeitung eines Lösungsweges zu beauftragen. Die abstrakten Formulierungen der Integrierten Produktpolitik durch die Politik, die nur aufwendig zu besorgenden Hintergrundinformationen und das Fehlen von praktikablen Lösungswegen für das Umsetzen stellen schwer zu überwindende Hindernisse für sie dar. Andererseits werden die politischen Akteure durch die gesellschaftliche Bedeutung der Integrierten Produktpolitik bei ausbleibendem Erfolg motiviert, den Druck auf die Industrie mit anderen politischen Instrumenten zu erhöhen.

Die kleinen und mittelständischen Unternehmen benötigen eine spezielle Vorgehensweise und Unterstützung, die auf die besonderen Randbedingungen dieses Unternehmenstyps eingeht und eine erfolgreiche Umsetzung ermöglicht.

Die Problemstellung dieser Arbeit ist es, einen geeigneten Weg zur Einführung der Integrierten Produktpolitik aufzuzeigen, der die speziellen Bedürfnisse von Unternehmen dieser Größe berücksichtigt.

## 1.2 Zielsetzung und Hypothesen

Die Zielsetzung ist mit dem Leitbild der Integrierten Produktpolitik gut beschrieben. Danach soll das Handeln aller Beteiligten auf eine stetige Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen hinsichtlich aller ihrer umweltrelevanten Wirkungen entlang des gesamten Lebensweges hinwirken (COMMISSION 2001A, S. 6).

Wie kleine und mittelständische Unternehmen als wesentliche Gruppe der Beteiligten ihr Handeln zugunsten einer Integrierten Produktpolitik ändern können, ist unzureichend erforscht. Besonders dringlich ist die Frage zu beantworten, warum diese Unternehmen mit ihren relativ geringen finanziellen und personellen Möglichkeiten zusätzliche Kosten und Aufwendungen aufbringen sollen für Ziele, von denen sie nur als Teil der Gesellschaft profitieren. Wie sind Unternehmen zu motivieren, persönliche Nachteile zugunsten der Gesellschaft zu akzeptieren?

Forschung und Wissenschaft haben sich bisher mit diesen Fragen als Problemstellung nur sehr wenig beschäftigt, obwohl sie für die Umsetzung und den Erfolg der Integrierten Produktpolitik wesentlich sind. Hier besteht unbedingt Nachholbedarf.

### **Zielsetzung**

Die vorangegangene Zielsetzung soll mit folgenden Fragen erschlossen werden.

- Wie sind kleine und mittelständische Unternehmen zu motivieren die Integrierte Produktpolitik einzuführen? Warum sollen Sie sich zu diesem Schritt entscheiden?
- Wie wird die Integrierte Produktpolitik als individuelles Unternehmensziel akzeptiert und unterstützt?
- Welche Vorgehensweisen und Richtlinien sind für eine Umsetzung erfolgsversprechend?
- Welche Probleme und mögliche Lösungsansätze ergeben sich bei der Umsetzung?
- Welche Methoden und Hilfsmittel unterstützen den Umsetzungsprozess?
- Welche Verbesserungen und Erfolge sind durch die Einführung der Integrierten Produktpolitik möglich?

Das übergeordnete Ziel der Arbeit ist es, kleinen und mittelständischen Unternehmen eine individuelle Unterstützung bei der Entscheidung zu geben, ob und wie sie die Integrierte Produktpolitik einführen. Dies wird durch die Diskussion und Beantwortung der oben gestellten Fragen in Form eines Leitfadens erreicht. Die Arbeit gibt Hinweise und Hilfen zur Unterstützung des Umsetzungsprozesses.

Mit diesen Zielsetzungen unterstützen die Ergebnisse der Arbeit vor allem den Unternehmer wie auch die Entwicklungsleiter und Entwickler als Verantwortliche für die Phase der Produktplanung und Produktentwicklung, die durch ihre Handlungen und Entscheidungen den größten Einfluss auf die Eigenschaften und den Lebenslauf der Produkte und Dienstleistungen haben (Bild 1.2-1; EHRENSPIEL 1995, S. 258FF.; LINDEMANN & MÖRTL 2001).

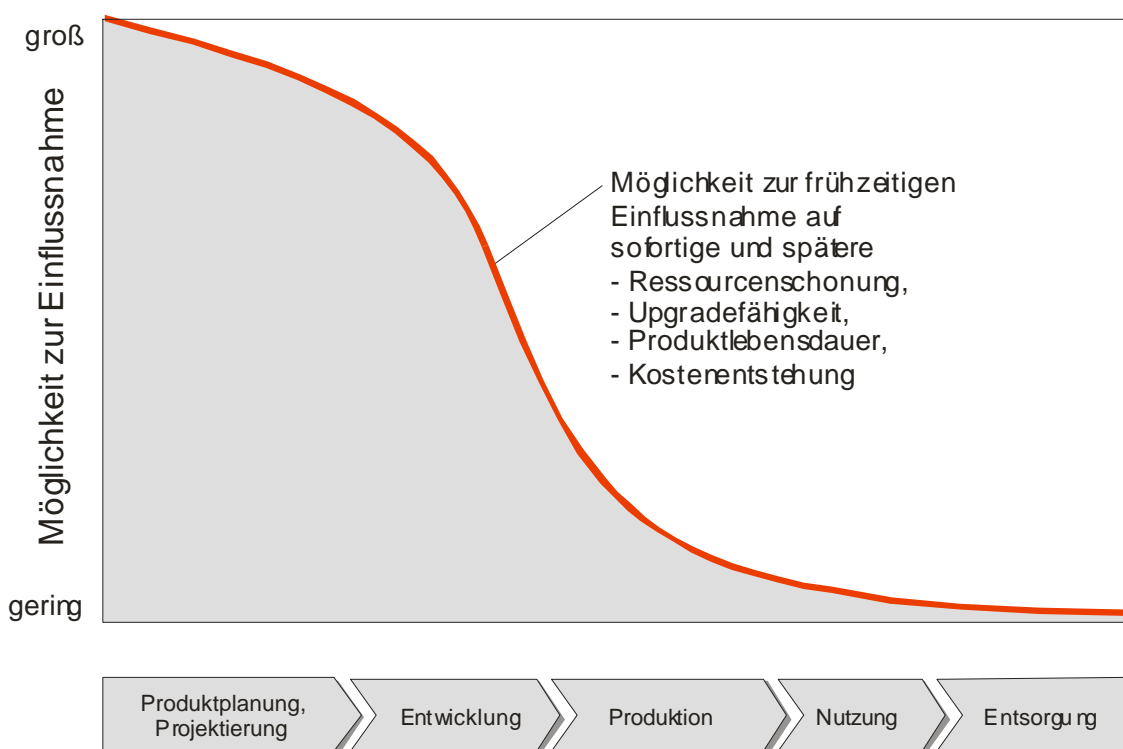


Bild 1.2-1: Möglichkeit zur frühzeitigen Einflussnahme in den frühen Phasen durch den Entwickler (LINDEMANN & MÖRTL 2001)

Ihr Vordenken des Produktlebenslaufs mit den entsprechenden Handlungen und Entscheidungen wiederum ist wesentlich für die umweltrelevanten Wirkungen während des gesamten Produktlebens und somit für die Integrierte Produktpolitik (Bild 1.2-2). Dieses soll im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten optimiert werden und ist zu unterstützen.



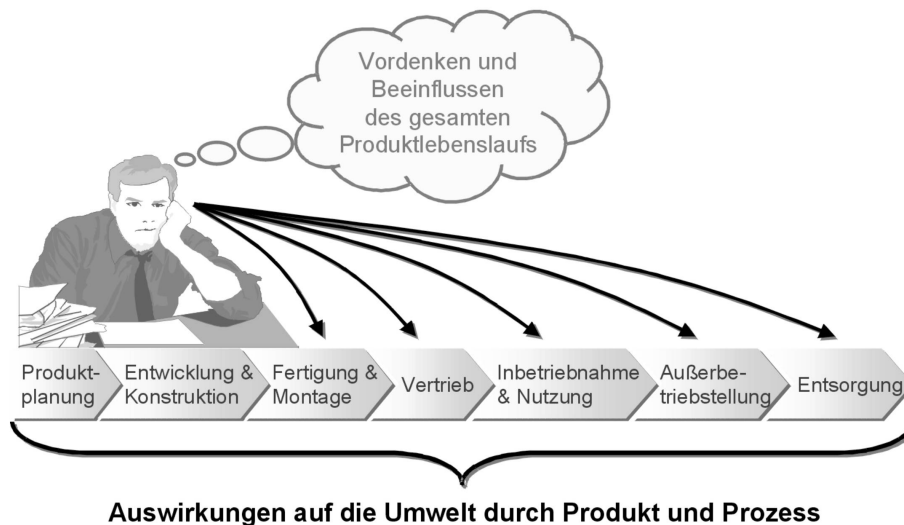


Bild 1.2-2: Vorschau während der Produktplanung, Entwicklung und Konstruktion auf den Lebenslauf des Produkts (Lindemann et al. 2001)

## Hypothesen

Zum Erreichung einer Lösung für die oben beschriebenen Ziele werden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Eine Vorgehensweise muss auf die Bedürfnisse und die individuelle Situation der KMU zugeschnitten sein.
- Eine Vorgehensweise muss eine schrittweise Einführung und die stetige Weiterentwicklung der Implementierung fördern.
- Eine Vorgehensweise muss sich sehr flexibel an verschiedene Randbedingungen anpassen können.
- Der Aufwand zur Umsetzung muss möglichst gering sein und sich an die vorhandenen Kapazitäten anpassen lassen.
- Eine Einführungsstrategie darf nicht nur ökologische Vorteile anstreben, sondern der für die Umsetzung nötige Aufwand muss alleine durch die Vorteile für das Unternehmen zu rechtfertigen sein.
- Das Problembewusstsein, die Einstellung und das Handeln der einzelnen Akteure sind von entscheidender Bedeutung. Eine erfolgreiche Vorgehensweise muss die aktuellen Probleme und Motivationen der Akteure berücksichtigen sowie ökologische und ökonomische Win/Win-Situationen ermöglichen.
- Hilfsmittel und Methoden müssen einfach anwendbar sein, um eine hohe Akzeptanz zu erreichen.

- Produkte von kleinen und mittelständischen Unternehmen bieten im Allgemeinen hinreichend viele Potenziale für ökologische und ökonomische Win/Win-Situationen.
- Die Sichtweise und Methoden des kostengünstigen Konstruierens bieten auf Grund ihrer hohen Akzeptanz sowie durch die erfolgreiche Anwendung und Verbreitung eine gute Grundlage für ein Vorgehen bei der IPP.
- Vorgehensmodelle können auf Basis der Analogie zu Produkten systematisch entwickelt werden.
- Eine Methodeneinführung ist mit einer Investition vergleichbar, die erst zu einem späteren Zeitpunkt beginnt sich zu amortisieren und deren Break-Even Point erst nach einiger Zeit erreicht wird.

Zusammenfassend soll die Arbeit zeigen, dass der Einsatz der IPP in der Praxis gerade wirtschaftliche Vorteile für Hersteller und Nutzer verspricht, die gesamtheitlich auf die Life-cycle-costs (LCC) wirken, sowie das Produkt und das Unternehmensimage fördert. Die Erstellungskosten der Produkte dürfen sich aber durch das IPP-gerechte Handeln nicht oder nicht wesentlich erhöhen. Kleine und mittelständische Unternehmen haben zu begrenzte Personal- und Finanzkapazitäten. Daher sind effiziente, schnell vermittelbare und leicht anwendbare Methoden gefragt. Ebenso soll die Thematik der Integrierten Produktpolitik im Anfangsstadium eines Einführungsprojektes nicht zu detailliert bearbeitet werden, um eine aufwandsarme Vorgehensweise zu gewährleisten. Vorrangig sind die "A-Probleme" negativer Umweltauswirkungen zu beheben und dadurch die Auswirkungen des Produktlebensweges zu optimieren.

### 1.3 Einschränkung des Produktspektrums und Themengebiets

Die hier erarbeiteten Vorgehensweisen und Lösungen wurden im Besonderen für mechanische oder mechatronische Produkte von Industriebetrieben entwickelt und haben sich in der Planung, Entwicklung und Konstruktion von Investitionsgütern, deren Baugruppen und zugeordneten Dienstleistungen sehr bewährt.

Generell ist eine Anwendung und Übertragung auf andere Arten von Produkten, z. B. aus der Elektronik und der Baubranche, und entsprechenden Dienstleistungen gut vorstellbar. Dieses ist aber im Einzelfall zu prüfen und gegebenenfalls ist die Vorgehensweise zu adaptieren.

Als Projektpartner aus der Industrie beteiligten sich die Hans Huber AG, die Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH und die Krones AG.

## 1.4 Grundlage und Basis der Arbeit

Wesentliche Ergebnisse dieser Arbeit beruhen auf dem mehrjährigen Forschungsprojekt des Lehrstuhls für Produktentwicklung in den Jahren 2000 bis 2003 in Zusammenarbeit mit den oben genannten Industriepartnern zum Thema „Einführung und Adaption von Methoden zur umweltgerechten, nachhaltigen Produktgestaltung anhand konkreter Praxisbeispiele mit begleitendem Erfahrungstransfer in KMU“, gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.

Im Rahmen dieses Projektes wurden Workshops und Seminare veranstaltet, in denen die Thematik und die Lösungsansätze mit verschiedenen Unternehmen und Sachverständigen intensiv diskutiert wurden. Deren Anregungen konnten in das Projekt und in die Arbeit mit aufgenommen werden.

Einige methodische Erkenntnisse und Anregungen konnten aus einer Vielzahl von anderen Projekten mit Industriepartnern sowie bei der Mitarbeit und Diskussion anderer Forschungsprojekte gewonnen werden, zum Beispiel dem BayFORREST-Forschungsvorhaben zur Optimierung der Produktlebensdauer zur nachhaltigen Abfallreduzierung.

Gleichzeitig fand ein reger Gedankenaustausch mit Mitarbeitern von externen Unternehmen, Behörden und Bearbeitern anderer Forschungsprojekte auf nationaler und internationaler Ebene statt, die zum Teil verwandte Themen behandeln (vgl. Kap. 2).

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau und die Struktur der Arbeit werden im Folgenden geschildert, mit einer kurzen Übersicht über den Inhalt der einzelnen Kapitel (siehe auch Bild 1.5-1).

**Kapitel 2** beschreibt zunächst den Begriff und die Herkunft der Integrierten Produktpolitik als Leitbild der europäischen Umweltpolitik. Im Anschluss werden die allgemeine Situation und die Randbedingungen von kleinen und mittelständischen Unternehmen beleuchtet. Abschließend werden der aktuelle Stand zur nachhaltigen und umweltgerechten Produktpolitik, andere Aktivitäten auf dem Gebiet der Integrierten Produktpolitik und der Implementierung von Methoden beschrieben. Diese Ergebnisse bilden die inhaltliche Grundlage für die Entwicklung des Vorgehensmodells.

In **Kapitel 3** wird als Grundlage für die formale Entwicklung des IPP-Vorgehensmodells ein Modell für Vorgehensweisen aufgestellt. Dabei wird eine Analogie zu den verschiedenen Abstraktionsgraden des Produktmodells und zu den Phasen der Produktentwicklung gebildet um die systematische Entwicklung von Vorgehensmodellen zu unterstützen. Diese Ergebnisse bilden die methodische Grundlage für das weitere Vorgehen.

Auf Basis der inhaltlichen und methodischen Grundlagen wird in **Kapitel 4** ein Vorgehensmodell für die Integrierte Produktpolitik auf Basis der Strukturen erfolgreicher Vorgehensmodelle des Kostenmanagements konzipiert und entworfen, sowie die einzelnen Bausteine des Modells vorgestellt.

Die Ausgestaltung des entwickelten Vorgehensmodells und die Unterstützung durch Hilfsmittel werden **in Kapitel 5** erläutert. Dabei werden verschiedene verwendbare Methoden sowie entwickelte Hilfsmittel betrachtet.

In **Kapitel 6** wird die Anwendung und Erprobung des Vorgehensmodells in verschiedenen Entwicklungsprojekten der drei Industriepartner vorgestellt und diskutiert. Die gewonnenen Erfahrungen und erzielten Ergebnisse werden dargelegt.

**Kapitel 7** fasst die Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf die Weiterentwicklung der beschriebenen Lösungsansätze.

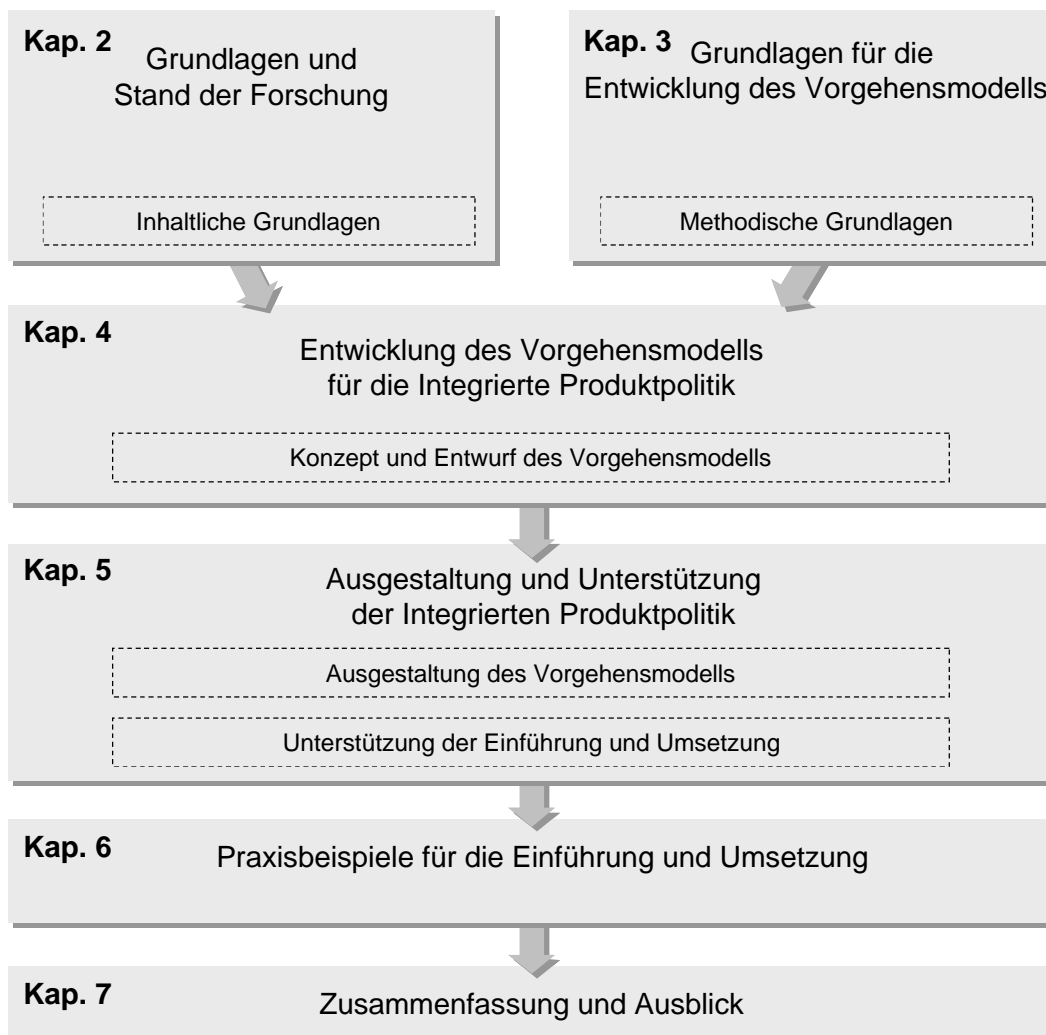


Bild 1.5-1: Aufbau der Arbeit

---

## 2 Grundlagen und Stand der Forschung

*In diesem Kapitel werden die für die Forschungsfragen und Hypothesen relevanten Grundlagen und der Stand der Forschung dargestellt. Zunächst wird in Kapitel 2.1 auf den Begriff und die Herkunft der Integrierten Produktpolitik als Leitbild der europäischen Umweltpolitik eingegangen. Im Anschluss werden die allgemeine Situation und die Randbedingungen von kleinen und mittelständischen Unternehmen beleuchtet. Abschließend werden der Stand der Forschung zur nachhaltigen und umweltgerechten Produktpolitik und andere Aktivitäten auf den Gebieten der Integrierten Produktpolitik und der Implementierung von Methoden beschrieben. Diese Ergebnisse bilden die inhaltliche Grundlage für die Entwicklung des Vorgehensmodells.*

### 2.1 Begriff und Herkunft der Integrierten Produktpolitik

Im folgenden Unterkapitel sollen die Fragen geklärt werden, was die „Integrierte Produktpolitik ist, wie diese neue Umweltstrategie entstanden ist, was damit verbunden ist und was sie für Unternehmen bedeutet. Die Antworten dienen als Grundlagen für das Verständnis der Zielsetzung dieser Arbeit. Dazu wird als erstes die Entwicklung des Umweltschutzes in der Politik und der Integrierten Produktpolitik als Leitbild der europäischen Umweltpolitik skizziert um dann auf die Ziele und die Definition dieser Strategie einzugehen. Anschließend werden einzelne Ansätze und Elemente beleuchtet, aus denen sich die Anforderungen an produzierende Unternehmen ergeben.

#### 2.1.1 Entwicklung der IPP

Um die Bedeutung und mögliche Auswirkungen in der Zukunft durch diese Strategie zu erkennen, sind erst der Hintergrund und die Entwicklungsgeschichte der Integrierten Produktpolitik, als ein Ergebnis der Geschichte des Umweltschutzes, darzustellen.

##### **Geschichte des Umweltschutzes**

In der Geschichte des Umweltschutzes wurden in der Historie bis in die Gegenwart vornehmlich aktuelle Probleme und Gefahren abgewehrt sowie Schäden an der Umwelt beseitigt (MEDING 2001, S. 6). Häufig erst massiver Druck, drohender oder eingetretener Missstände, konnte die Politik motivieren. Diese reagierte mit Gesetzen und Vorschriften, um die Umweltsituation zu verbessern.

Die ersten belegten Beispiele gehen dabei zurück bis in die Zeit der Antike, als die Römer ihre Umwelt- bzw. Gesundheitsprobleme in größeren Städten durch erste Wasserleitungen und Abwasserkanäle verbesserten. Nach den Schriften von Platon und Aristoteles zeichneten sich die Städte zu ihrer Zeit durch Schmutz, Abfall, Gestank, wilde Deponien, Rattenplagen und Krankheiten aus. Auch gab es zu dieser Zeit schon die ersten politischen Unruhen wegen dieser Auswirkungen. So schreibt Platon über die Bodenerosionen und Überschwemmungen infolge übermäßiger Abholzung von Wäldern für den Schiffsbau sowie Artensterben von Heil- und Küchenpflanzen. Die Brüder Gracchus wollten Landreformen gegen den Widerstand von Großgrundbesitzern durchführen und wurden getötet (URBANEK 2004, S. 2).

Aus dem Mittelalter sind die ersten lokalen Abholzungsverbote und Auflagen für Gewerbebetriebe belegt (URBANEK 2004, S. 3).

Die massivsten Umwelteinwirkungen beginnen erst mit dem Beginn der Industrialisierung. Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts gibt es auch die ersten klassischen Umweltgesetze. Im Jahr 1863 wurde in England das Alkaligesetz beschlossen, das als erstes Umweltgesetz moderner Art gilt. Der Ausstoß von Chlorwasserstoffgas bei Fabriken konnte dadurch von wöchentlich 4.000t auf 43t Ende 1864 reduziert werden (URBANEK 2004, S. 3). Diesem Beispiel folgten in den letzten beiden Jahrhunderten immer mehr Umweltgesetze als Folge von Umweltproblemen, die häufig immer großflächigere Auswirkungen haben und auch die Grenzen der nationalen Gesetzgebungen überschreiten und nicht mehr auf rein nationaler Ebene lösbar sind. Bekannte Beispiele aus den letzten Jahrzehnten sind z. B. das Waldsterben, das Kernreaktorunglück von Tschernobyl, das Ozon-Loch oder die Dünnsäureverklappung in der Nordsee (BMU 2001, S. 2-3). Die Regenerationskraft der Natur wurde allgemein überschätzt, zumal man sich der schädlichen Einflüsse von emittierten Stoffen auf die Natur und den Menschen wegen mangelnden Wissens nicht bewusst war und die Bedürfnisse des täglichen Lebens im Vordergrund standen. In den 60er Jahren erkannte man erst die natürlichen Grenzen und begann gezielt, Maßnahmen zum Schutz der Umwelt zu ergreifen (KETTRUP 2001, S. 78).

Die ersten Ansätze einer gemeinsamen europäischen Umweltpolitik entwickelten sich in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG), die sich damals noch als Zoll- und Handelsunion verstand, durch den Erlass einer Richtlinie über die Klassifizierung, Verpackung und Bezeichnung von gefährlichen Substanzen (FRITZLER 1997, S. 8). Im Jahre 1972 erklären die damaligen sechs Mitgliedsstaaten im Anschluss an die UNO-Umweltkonferenz in Stockholm den Umweltschutz zu einer Aufgabe der Europäischen Gemeinschaft. Um der Umwelt in Zukunft besondere Aufmerksamkeit zu geben, verabschiedeten die Staats- und Regierungschefs das erste Umweltaktionsprogramm (UAP), dem bis heute fünf weitere folgten (FIEDLER ET AL 1996, S. 420).

Der Fokus der Umweltpolitik lag hierbei fast ausschließlich auf dem nachsorgenden Umweltschutz, dem so genannten „end-of-pipe“ Umweltschutz. Erst nachdem Abfall, Abwasser oder Abluft mit den verursachten Umweltproblemen angefallen waren, wurde diese einer nachträglichen Behandlung unterzogen und dann nach einer Schadstoffentfrachtung der Umwelt wieder zugeführt sowie die weitere Schädigung durch politische Maßnahmen verhindert. Diese nachgeschalteten Verfahren waren oft mit erheblichen ökonomischen Aufwendungen verbunden, so dass sich vielfach die Meinung verfestigte, ökologische Entscheidungen seien mit marktwirtschaftlichen Anforderungen nicht in Einklang zu bringen (SAUR 1997, S. 1).

Diese Entwicklung führte zu einem vermehrten Erlass von Gesetzen und Verordnungen, die auf Grund der wachsenden, politischen Bedeutung des Umweltschutzes Ende der 70er und Anfang der 80er besonders stark zunahm (Bild 2.1-1). Zu dieser Zeit entstand ein eigenständiges Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Dessen Abteilungen unterstanden vorher verschiedenen Ministerien (BMU 2001, S. 1).

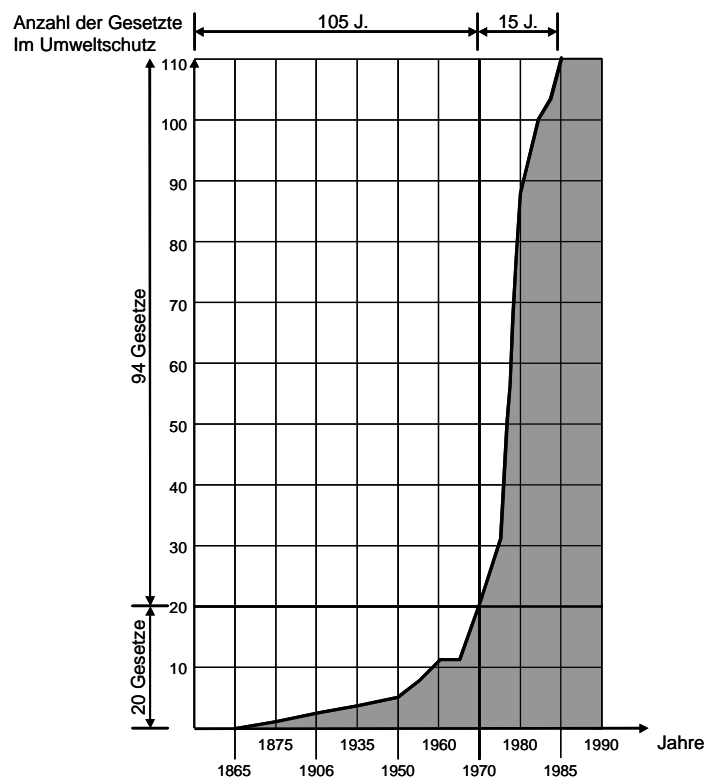


Bild 2.1-1: Zunahme der Gesetze im Umweltschutz (IQ-HANNOVER 1999)

Nach Aussagen des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz gelten in der Summe zurzeit einige Tausend Gesetze, Verordnungen und Richtlinien mit Umweltbezug auf den verschiedenen politischen Ebenen der Europäischen Union,

der Bundesrepublik und der Bundesländer. STEGER (1997, S. 7) beziffert die Anzahl für das Jahr 1997 schon auf über 9.200. Diese Fülle von Regelungen wiederum sind ein Problem, denn sie fördern die Bürokratie und den Betroffenen ist es nur schwer möglich, die für sie relevanten Regelungen zu überblicken (WANSLEBEN 2004, S. 2). Andererseits sind die Zusammenhänge in der Praxis so komplex, dass der Gesetzgeber nur schwer die für die Umwelt optimalen Regelungen vorschreiben kann.

Im Jahre 1987 wird der Zukunftsbericht „Our Common Future“ von der World Commission on Environment and Development (WCED) veröffentlicht, der so genannte Brundtland-Bericht. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Umweltbelastungen durch das starke Bevölkerungs- und Produktionswachstum zeigt der Bericht die Grenzen des klassischen Ansatz des Umweltschutzes auf, mit dem die gegebenen Anforderungen nicht zu erreichen sind (MEDING 2001, S. 6). Daher fordert der Bericht explizit eine nachhaltige Entwicklung als Ansatz für die Entwicklungsprozesse der Gesellschaft.

Mitte der siebziger Jahre wird im Zusammenhang mit dem Umweltschutz erstmals der Begriff „Sustainable Development“ oder Nachhaltige Entwicklung gebraucht (DETZER 1999, S. 77), der spätestens seit dem Bericht der Brundtland-Kommission im Jahre 1987 als Leitbild für die Umweltpolitik gilt (DETZER 1999, S. 89). Für den Begriff der Nachhaltigkeit gibt es eine Vielzahl möglicher Definitionen. Im Brundtland-Bericht wird die Nachhaltigkeit definiert als „Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ (DETZER 1999, S. 79). Damit geht der Begriff weit über den reinen Umweltschutz hinaus und schließt auch ökonomische und soziale Ziele für die Gesellschaft mit ein. Seit der UN-Konferenz Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro 1992 wird international angestrebt, die Nachhaltigkeit zu einem Leitbild der gesellschaftlichen Entwicklung zu machen. Dieses wurde in der Agenda 21 als eine elementare Zukunftsaufgabe verankert und somit bildet das Konzept der Nachhaltigkeit einen Rahmen für die Orientierung der nationalen und internationalen Umweltpolitik (BMU 1992). Seit dem Jahr 1994 ist das Prinzip der Nachhaltigkeit auch im Artikel 20a des Grundgesetzes der Bundesrepublik verankert und so wurde der Text „Der Staat schützt auch in Verantwortung für zukünftige Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und Rechtsprechung“ neu eingefügt. Dieses Ziel wurde auf der Tagung des Europäischen Rates in Göteborg im Jahr 2001 bekräftigt, auf der der Lissabonner Prozess um eine Umweltdimension in Form einer Strategie für nachhaltige Entwicklung ergänzt wurde (COMMISSION 2003, S. 2). In dem aktuell verabschiedeten EU-Verfassungsentwurf heißt es unter den Zielen der Europäischen Union im Artikel 3 Absatz 3: „Die Union strebt die nachhaltige Entwicklung Europas auf der Grundlage eines ausgewogenen Wirtschaftswachstums an, eine in hohem Maße wettbewerbsfähige soziale Marktwirtschaft, die auf



Vollbeschäftigung und sozialen Fortschritt abzielt sowie ein hohes Maß an Umweltschutz und Verbesserung der Umweltqualität“.

Das Konzept der Integrierten Produktpolitik (IPP) ist eine unmittelbare und logische Konsequenz dieser auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Programmatik (BAYFORREST 2000, S. 21).

### **Entwicklung der IPP**

Auch wenn der IPP-Begriff im Jahr 1998 durch die Veröffentlichung einer von der EU in Auftrag gegebenen Studie (ERNST & YOUNG 1998) und der angeregten Diskussion über die Einführung der „Integrierten Produktpolitik“ auf EU-Ebene geboren wurde, beginnt die Entwicklung im Jahr 1992 zum einen mit der Agenda 21 der UN-Konferenz in Rio de Janeiro und dem Bestreben das Leitbild der Nachhaltigkeit für die gesellschaftliche Entwicklung zu verankern.

Eine andere Grundlage war das 1993 in Kraft getretene 5. Umweltaktionsprogramm (UAP) der EU, welches die umweltpolitische Zielvorstellung der EU-Kommission formuliert. Es knüpft an den Gedanken der Nachhaltigkeit an und trägt den Titel „Towards Sustainability“. Das Ziel ist, den Weg zu einer dauerhaften und umweltgerechten Entwicklung durch eine Anpassung des Wachstumsmodells der EU zu beschreiten (KRÄMER 1992, S. 102). Erste grundlegende Gedanken einer integrativ und flexibel gestalteten Umweltpolitik sind zu finden und mit einer problemorientierten Ausrichtung werden Verursacher- und Wirkungszusammenhänge beachtet. Auch wenn dieses Programm noch keine direkte Produktorientierung aufweist, sind doch viele der Ansätze in einer ähnlichen Form in der Integrierten Produktpolitik wieder zu finden (KRÄMER 1992, S. 103).

In den nächsten Jahren wurde darauf aufbauend eine produktbezogene Umweltpolitik auf europäischer und nationaler Ebene weiter entwickelt. So wurde im Jahre 1996 bei der Überprüfung des 5. UAP gemeinsam beschlossen, einen Rahmen zur integrierten lebenszyklusorientierten Politik innerhalb dieses Programms bis 2000 festzulegen (CFSD 2003).

Im Jahr 1998 wurde der Begriff der Integrierten Produktpolitik durch die Veröffentlichung einer von der EU in Auftrag gegebenen Studie geboren. In dieser Studie werden die Grundelemente einer Integrierten Produktpolitik mit Vorschlägen zur konzeptionellen und zeitlichen Umsetzung dargestellt (ERNST & YOUNG 1998). Diese Vorschläge wurden auf einer Konferenz mit interessierten Kreisen besprochen (COMMISSION 2003, S. 2). In den Folgejahren wurde über die Einführung auf EU-Ebene intensiv wie auch kontrovers diskutiert. Im Mai 1999 beschlossen die Umweltminister der europäischen Staaten bei einem Treffen in Weimar, dass die Integrierte Produktpolitik in Zukunft mehr Bedeutung haben soll. In der Schlussrede des Vorsitzes der Tagung wurde die Absicht der Kommission zur Annahme eines Grünbuchs begrüßt und betont, dass die Verbesserung der Voraussetzungen für umweltgerechtere Produkte auf dem europäischen Markt auch zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft beitragen würde (COMMISSION 2003, S. 2). Im Februar

2000 veranstalteten das BMU und der BDI gemeinsam den Workshop „Perspektiven des produktbezogenen Umweltschutzes“, während dessen sich eine große Gemeinsamkeit in der Bewertung der Ausgangslage zeigte und die Bedeutung der Integration, Kooperation und Kommunikation als Schlüsselbegriffe im Rahmen einer IPP betont wurde (RUBIK 2000, S. 25).

Aus den Ergebnissen und Erkenntnissen der Diskussionen entwickelte die Umwelt-Generaldirektion der Europäischen Kommission das neue Leitbild des produktbezogenen Umweltschutzes, welches sie im Frühjahr 2001 in Form des EU-Grünbuchs zur IPP veröffentlichte und sie leitete eine Konsultierung der interessierten Kreise ein (HOTTENROTH 2004, S. 3).

Aus den Konsultationen ergab sich eindeutig die Aussage, dass IPP einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung liefern kann (COMMISSION 2003, S. 2). Das Europäische Parlament wollte zunächst geklärt wissen, wie die IPP in der Praxis angewandt würde. Daraufhin wurde von der Kommission beschlossen vor dem Verfassen des geplanten Weißbuchs diese Frage mit Hilfe von Pilotprojekten zu klären (COMMISSION 2003, S. 21).

Im neuen 6. Umweltaktionsprogramm (UAP) der Europäischen Union wird die IPP ein wesentlicher Bestandteil sein und soll in den nächsten Jahren den Umweltschutz in den europäischen Staaten prägen (COMMISSION 2003, S. 2).

### 2.1.2 Ziele und Definition der IPP

Als politisches Ziel soll die Integrierte Produktentwicklung einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten. So nennt die EU-Kommission ihr Grünbuch auch „Green Paper on the Contribution of Product-Related Environmental Policy to Sustainable Development“ (COMMISSION 2001A). RENN (1996, S. 21) definiert als Ziel: „Eine nachhaltige Entwicklung ist dann erreicht, wenn den folgenden Generationen bei der Wahl des eigenen gemäßen Lebensstils zumindest die gleichen Möglichkeiten offen stehen, die wir uns selbst zubilligen“. Nachhaltigkeit bedeutet aber nicht einen unveränderten Zustand der Natur, auf den die Menschen nicht einwirken dürfen. Die Bevölkerungsexplosion zwingt die Menschheit dazu, den Lebensraum Erde optimal zu nutzen. Damit schließt die Nachhaltigkeit neben Umweltschutz auch ökonomische und soziale Ziele für die Gesellschaft mit ein.

Auch die Bundesregierung will ihr Regierungshandeln an den Nachhaltigkeitszielen ausrichten und die strategischen Vorgaben in konkrete Politik umsetzen. Dazu hat sie 21 Schlüsselindikatoren als Orientierungswerte und Gradmesser für die staatlichen und gesellschaftlichen Akteure der nachhaltigen Entwicklung aufgestellt. Sie geben die Richtung an, in welche die Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten gehen soll und dienen insbesondere der Erfolgskontrolle. Diese Indikatoren geben einen guten Hinweis, inwiefern die Integrierte Pro-

duktpolitik zu dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung beitragen kann. Sie lauten wie folgt (BMU 2004, S. 22):

Generationengerechtigkeit:

1. *Energie- und Rohstoffproduktivität*
2. *Emissionen der sechs Treibhausgase des Kyoto-Protokolls*
3. Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch
4. Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche
5. Entwicklung der Bestände ausgewählter Tierarten
6. Finanzierungssaldo des Staatssektors
7. *Investitionsquote*
8. *Private und öffentliche Ausgaben für Forschung und Entwicklung*
9. Ausbildungsabschlüsse d. 25jährigen und Zahl der Studienanfänger

Internationale Verantwortung:

10. Ausgaben für die Entwicklungszusammenarbeit
11. Einfuhren aus Entwicklungsländern

Lebensqualität:

12. *Bruttoinlandsprodukt*
13. *Transportintensität und Anteil der Bahn an der Güterverkehrsleistung*
14. Anteil des ökologischen Landbaus und Gesamtbilanz Stickstoffüberschuss
15. *Schadstoffbelastung der Luft*
16. Zufriedenheit mit der Gesundheit
17. Zahl der Wohnungseinbruchsdiebstähle

Sozialer Zusammenhalt:

18. *Erwerbstätigenquote*
19. Ganztagsbetreuungsangebote
20. Verhältnis der Bruttojahresverdienste von Frauen und Männern
21. Zahl der ausländischen Schulabgänger ohne Hauptschulabschluss

Für die von der Integrierten Produktpolitik beeinflussten Indikatoren – in der Liste kursiv dargestellt – hat sich die Bundesregierung folgende Ziele gesetzt, deren Erreichung regelmäßig erfasst und die jährlich veröffentlicht werden (BMU 2001):

- Verdoppelung der Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990.
- Verdoppelung der Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994.
- Reduzierung der Kyoto-Gas-Emissionen um 21% bis 2008 gegenüber 1990.
- Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen um 25% bis 2005 gegenüber 1990.
- Reduzierung des Güterverkehrsanteils am Gesamtverkehr um 5% bis 2020 gegenüber 1999.
- Verdoppelung des Anteils der Schiene beim Güterverkehr bis 2020 gegenüber 1999.
- Reduzierung der Schadstoffemission in die Luft um 70% bis 2010 gegenüber 1990.

Des Weiteren werden die Indikatoren der Investitionsquote, der Ausgaben für Forschung und Entwicklung, das Bruttoinlandsprodukt und die Erwerbstätigenquote durch den wirtschaftlichen Erfolg der Unternehmen wesentlich beeinflusst. Die Integrierte Produktpolitik darf daher nicht die Wirtschaftlichkeit der Unternehmen schwächen, sondern soll vielmehr die Wettbewerbsfähigkeit und damit diese ökonomischen Indikatoren verbessern.

Diese Ziele können für einzelne Wirtschaftsbereiche sehr unterschiedlich und auf die individuelle Situation angepasst ausfallen. So stellen z. B. OTT & KALIN (2000) ein solches Zielsystem für die Abfallwirtschaft vor (Bild 2.1-2).

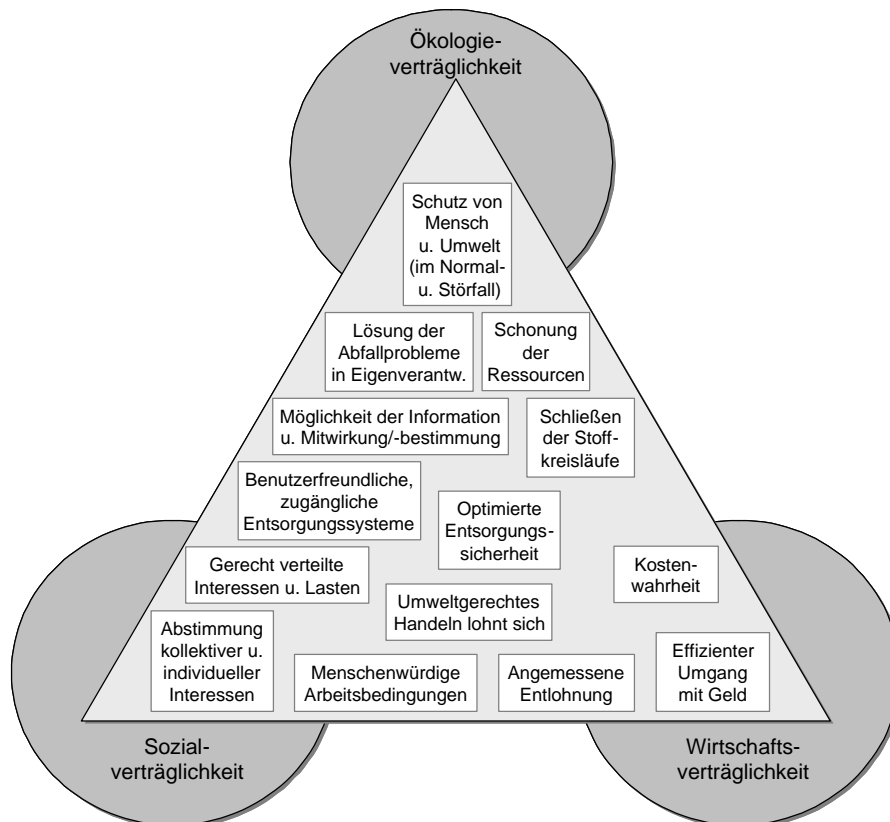


Bild 2.1-2: Zielsystem einer nachhaltigen Abfallwirtschaft (OTT & KALIN 2000)

Die Integrierte Produktentwicklung steht für eine umweltpolitische Neuorientierung vom konventionellen prozess- und anlagenbezogenen, nachsorgenden Umweltschutz (end-of-pipe Umweltschutz) zum vorsorgenden, integrativen begin-of-pipe Umweltschutz, bei dem der gesamte Lebenszyklus in Betracht gezogen wird. Dieser ist für das Ziel der Nachhaltigkeit deshalb von entscheidender Bedeutung, da Produkte durch den steigenden Verbrauch von grundlegender Bedeutung für den Wohlstand der Gesellschaft und die Lebensqualität sind. Produkte sind aber auch im hohen Maße für die Verschmutzung der Umwelt und die Erschöpfung der Ressourcen direkt oder indirekt verantwortlich (COMMISSION 2001A, S. 1). Die bisherige produktbezogene Umweltpolitik richtete sich tendenziell auf die Verschmut-

zung durch große Punktquellen, also etwa auf Industrieemissionen oder Fragen der Abfallentsorgung, und konnte so oft Erfolge verzeichnen. Diese Vorgehensweise verlagerte zum Teil auch Probleme in andere Lebensphasen und erforderte von der Wirtschaft immer höhere Aufwendungen bei immer marginaleren Verbesserungen. Diese Auswirkungen widersprechen aber dem Grundgedanken der Effizienz (IHK 2001A, S. 1). Inzwischen ist deutlich geworden, dass die Umweltpolitik durch eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus ergänzt werden muss. Die Integrierte Produktpolitik soll bislang ungenutztes Potenzial einer umfangreichen Palette von Produkten und Dienstleistungen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg ausschöpfen. Umweltauswirkungen sollen an dem Punkt des Lebenszyklus verbessert werden, an dem Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch insgesamt am besten und am kostengünstigsten zu verringern sind (COMMISSION 2003, S. 3).

Die Integrierte Produktpolitik wurde in den vergangenen Jahren in unterschiedlicher Weise definiert und bislang konnte noch keine einheitliche Definition gefunden werden. Auszugsweise sind einige Definitionen im Folgenden dargestellt.

OOSTERHUIS ET AL. (1996):

- „Product policy in the area of government and governmental institutions encompasses the formulation of objectives and the framework setting by selecting an implementing instruments“.

In dieser Definition nach OOSTERHUIS ET AL. (1996) ist keine ausschließliche ökologische Ausrichtung zu erkennen und vornehmlich staatliche Institutionen sind die Akteure, welche die Ziele und die Rahmenbedingungen durch die Auswahl und Implementierung der Instrumente vorgeben (RUBIK 2000).

ERNST & YOUNG (1998):

- „Public policy, which explicitly aims to modify and improve the environmental performance of product systems“.

Diese Definition lässt eine klare ökologische Ausrichtung erkennen und IPP wird als gemeinschaftliche Aufgabe verstanden. Dienstleistungen werden aber nicht mit einbezogen und nehmen eine nebensächliche Bedeutung ein.

BMU (1999):

- „Integrierte Produktpolitik (IPP) ist eine staatliche Politik, die auf eine stetige Verbesserung von Produkten hinsichtlich ihrer umweltrelevanten Wirkungen entlang des gesamten Produktlebenszyklusses eines Produktes abzielt bzw. diese fördert“.

Diese im Jahr 1999 auf der EU-Umweltministerkonferenz vorgelegte Definition baut auf der Definition von ERNST & YOUNG (1998) auf. Sie hebt die Betrachtung des Produktlebenszyklusses hervor und erweitert die Definition um den Bereich der Dienstleistungen. IPP wird noch als staatliche Politik verstanden, die jetzt aber einen stetigen Verbesserungspro-

zess beabsichtigt. In späteren Definitionen wird sie nicht nur als staatliche, sondern als Aufgabe aller Akteure angesehen (BMU 1999).

RUBIK ET AL. (2000):

- „Integrierte Produktpolitik (IPP) setzt an Produkten und Dienstleistungen und deren ökologischen Eigenschaften entlang des gesamten Lebensweges an; sie zielt auf die Verbesserung ihrer ökologischen Eigenschaften ab und fördert hierzu Innovationen von Produkten und Dienstleistungen“.

Rubik setzt die Verbesserung der Umwelteigenschaften von Dienstleistungen auf die gleiche Ebene wie die von Produkten und weist den Innovationen eine Schlüsselrolle zu.

UMWELTPAKT BAYERN (2001):

- „Integrierte Produktpolitik fördert und zielt auf eine stetige Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen hinsichtlich ihrer Wirkungen auf Menschen und Umwelt entlang des gesamten Produktlebensweges“.

Nach der im Rahmen des Umweltpakts Bayern erarbeiteten Definition der IPP soll die Wirkung auf den Menschen und die Umwelt im Allgemeinen verbessert werden. Diese Formulierung steht dafür, dass ökologische, ökonomische und soziale Wirkungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung grundsätzlich als gleichrangig zu sehen sind (IHK 2001A, S. 78).

Die EU-Kommission gibt in ihrem Grünbuch keine explizite Definition, verwendet aber folgende Kernaussagen zur Beschreibung (COMMISSION 2001A):

- Eine Strategie „zur Stärkung und Neuorientierung produktbezogener umweltpolitischer Maßnahmen mit dem Ziel, die Entwicklung eines Markts für umweltfreundliche Produkte zu fördern“.
- Die Strategie soll „bislang ungenutztes Potenzial ausschöpfen, um eine umfangreiche Palette von Produkten und Dienstleistungen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg – angefangen beim Abbau der Rohstoffe über die Herstellung, den Vertrieb und die Verwendung bis hin zur Abfallentsorgung – zu verbessern.“
- „Die Herausforderung, Produkte umweltfreundlicher zu gestalten, muss in erster Linie von Unternehmen und Verbrauchern angenommen werden.“

Die Bedeutung des Namens der Integrierten Produktpolitik ist wie folgt definiert (COMMISSION 2001A, S. 6):

### **Integriert**

- Gesamter Produktlebenszyklus wird berücksichtigt,
- Umfassendes Konzept, das verschiedene Instrumente kombiniert, und
- Integration der beteiligten Gruppen und deren relevante Entscheidungen.

### Produkt

- Alle Produkte und Dienstleistungen werden einbezogen, wobei die Dienstleistungen nicht das primäre IPP-Anliegen sind.

### Politik

- Die Politik ist eher unterstützend tätig, indem wichtige Ziele festgelegt und den verschiedenen beteiligten Gruppen die entsprechenden Mittel und Anreize zur Erreichung dieser Ziele an die Hand gegeben werden.
- Rechtsvorschriften sollen gegebenenfalls in den anzuwendenden Instrumenten-Mix einbezogen werden.

Die Mitteilung der Commission im Jahr 2003 geht dagegen intensiver auf die ökonomischen Aspekte der Integrierten Produktpolitik ein. So wird dort das Ziel der Integrierten Produktpolitik wie folgt definiert (COMMISSION 2003):

- „Die Herausforderung liegt darin, die Verbesserung des Lebensstils und des Wohlergehens – die oft direkt durch Produkte beeinflusst werden – mit dem Umweltschutz zu verbinden. Mit anderen Worten, es müssen Szenarios gefunden werden, bei denen jeder gewinnt, bei denen besserer Umweltschutz und bessere Produktleistung Hand in Hand gehen und ein besserer Umweltschutz die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der Industrie stärkt. Das ist das Ziel der IPP.“

In den Definitionen ist eine Entwicklung zu beobachten. Anfangs wurde die Integrierte Produktpolitik vornehmlich als staatliche Aufgabe definiert, die sich ausschließlich auf Produkte und deren Herstellung konzentrierte. Diese Betrachtungsweise wurde zunächst auf den gesamten Lebenszyklus ausgeweitet. Später wurden Dienstleistungen in die Integrierte Produktpolitik mit eingeschlossen. Die Verantwortung für die Umsetzung und den Erfolg der Integrierten Produktpolitik wurde von den staatlichen Akteuren auf alle Beteiligten am Produktlebenszyklus erweitert, die verstärkt kommunizieren und kooperieren. Zudem wurden die ökologischen Ziele um ökonomische und soziale Vorsätze erweitert.

#### 2.1.3 Anforderungen an die IPP und Lösungsansätze

Die Anforderungen der Integrierten Produktpolitik sowie die Lösungsansätze waren wie die Ziele und Definitionen auch einer Entwicklung unterworfen und wurden in den vergangenen Jahren kontrovers diskutiert. In jüngster Vergangenheit wurden diese Inhalte zunehmend konkretisiert und werden von den meisten Akteuren befürwortet, die sich in der Diskussion um das Grünbuch beteiligt haben (COMMISSION 2003, S. 21). In der Mitteilung der EU-Kommission an den Europäischen Rat und das Europäische Parlament im Jahre 2003 wird

der aktuell geltende Stand präsentiert (COMMISSION 2003). Dieser Stand wird im Folgenden zusammengefasst dargestellt.

Die Integrierte Produktpolitik muss einige Eigenschaften der Produkte als Randbedingungen berücksichtigen, um erfolgreich sein zu können. Aus diesen Eigenschaften lassen sich gezielt einzelne Anforderungen für die Ausgestaltung der Integrierten Produktpolitik ableiten (COMMISSION 2003).

Die zu berücksichtigenden Randbedingungen mit den jeweiligen Schlussfolgerungen für die Ausgestaltung sind wie folgt:

- Die Anzahl der Produkte nimmt insgesamt zu.

Durch ein größeres verfügbares Einkommen können mehr Produkte erworben werden. So stiegen die Ausgaben der Verbraucher in der EU zwischen 1980 und 1997 um 46%, die sich von den Grundbedürfnissen hin zu mehr ins freie Ermessen gestellten Gütern verlagerten. Zudem steigt die Anzahl der Haushalte durch das Sinken der durchschnittlichen Größe, die zwischen 1980 und 1995 von 2,82 auf 2,49 Personen abnahm. Dadurch steigt der Gesamtbedarf an einigen Haushaltsgütern.

- IPP sollte die Umweltauswirkungen größerer Mengen von Produkten verringern.

- Die Verschiedenheit von Produkten und Dienstleistungen nimmt zu.

Grundlegende Produkte gibt es in sehr vielen verschiedenen Variationen, die sich im Funktionsumfang und verwendeter Technologie stark unterscheiden können.

- Politische Vorgaben für ein Produkt müssen flexibel sein, um viele Varianten gleichzeitig zu berücksichtigen.

- Durch die Innovationen entstehen ständig neue Arten von Produkten.

Durch Technologiesprünge und Innovation entstehen neue Arten oder es ändern sich Arten von Produkten. Die Innovationszyklen von Bauteilen sind oft sogar noch kürzer.

- IPP muss sich die Kreativität zum Wohle der Umwelt wie auch der Wirtschaft zunutze machen.

- Produkte werden weltweit gehandelt.

Der Binnenmarkt als auch der Abbau von Handels- und Investitionshindernissen führen zu globalerer Arbeitsteilung und Handel. Waren werden international gehandelt und kommen zu einem größeren Anteil auf verschiedenen Ländern.

- IPP muss den weltweiten Handel und internationale Vereinbarungen beachten.



- Produkte werden immer komplexer.

Das Know-how über Produkte ist zunehmend in den Händen der Entwickler. Die Allgemeinheit kann sich immer schwerer eine realistische Vorstellung über mögliche technische Änderungen machen.

- IPP muss dafür sorgen, dass die Hersteller und Entwickler mehr Verantwortung für vereinbarte Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltkriterien wahrnehmen.
- Eine unangemessene Nutzung und Entsorgung wirken sich auch bei makelloser Produktgestaltung wesentlich auf die Umwelt aus.

Verbraucher können auch gut gestaltete Produkte immer noch in umweltschädigender Weise benutzen oder entsorgen.

- Der Hersteller kann nicht für die Umweltschäden von unangemessener Benutzung und Entsorgung seiner Produkte verantwortlich gemacht werden.
- Mehr und unterschiedlichere Akteure sind am Lebenszyklus eines Produktes beteiligt.

Durch die zunehmende Komplexität, Arbeitsteilung und Globalisierung steigt die Zahl unterschiedlicher Akteure. Produktlebensphasen können an weit entfernten Orten mit unterschiedlichen gesellschaftlichen Wertesystemen stattfinden. Daher können sich die Akteure die Probleme in anderen Lebensphasen nur schwer vorstellen oder diese sind zum Teil unbekannt.

- IPP soll zur Verbesserung der Informationsflüsse entlang der Wertschöpfungskette beitragen.

Darauf aufbauend hat die Kommission fünf Lösungsansätze formuliert (COMMISSION 2003), auf die sich die Integrierte Produktpolitik stützen soll.

- Denken in Lebenszyklen.

Der gesamte Lebenszyklus eines Produktes soll „von der Wiege bis zur Bahre“ betrachtet werden, um die kumulativen Auswirkungen auf die Umwelt zu verringern. Das Verschieben von Umweltbelastungen in andere Lebensphasen wird dadurch vermieden, dass einzelne Abschnitte nicht mehr isoliert betrachtet werden. Es sollen Maßnahmen zur Verringerung der Umweltauswirkungen in den Lebensphasen gefördert werden, wo sie das Ziel am wirksamsten erreichen. Dies spart der Wirtschaft und Gesellschaft Geld und fördert die Kohärenz der Politik (COMMISSION 2003).

- Zusammenarbeit mit dem Markt.

Das Angebot von und die Nachfrage nach umweltgerechten Produkten und die Entwicklung des Marktes hin zur Nachhaltigkeit soll durch Anreize gefördert werden.

Innovative und vorausschauende Unternehmen mit ihrem Engagement für die nachhaltige Entwicklung werden dadurch belohnt (COMMISSION 2003).

- Einbeziehung aller Beteiligten.

Alle Beteiligten im Produktlebenszyklus (d. h. Industrie, Handel, Verbraucher und Staat) sollen in ihrem Einflussbereich handeln und die Zusammenarbeit mit den anderen fördern. Die Industrie soll ihre Möglichkeiten prüfen Umweltaspekte in die Entwicklung einfließen zu lassen. Die Verbraucher sollen prüfen, wie sie umweltgerechte Produkte kaufen sowie diese Produkte besser verwenden und entsorgen können. Die Staaten können die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen für ganze Volkswirtschaften festlegen und direkt auf die Märkte einwirken (COMMISSION 2003).

- Laufende Verbesserungen.

Häufig sind Verbesserungen bei der Gestaltung, der Herstellung, der Verwendung und der Entsorgung von Produkten möglich. Dies kann in Summe die Umweltauswirkungen unter Berücksichtigung der Marktbedingungen verringern. Dabei zielt die Integrierte Produktentwicklung auf die laufende Verbesserung und zieht dies der Festlegung von Schwellenwerten durch Gesetzgebungen vor. Als Ergebnis sollen Unternehmen ihr eigenes Tempo wählen und sich auf die effizientesten Verbesserungen konzentrieren können (COMMISSION 2003).

- Unterschiedliche politische Instrumente.

Durch die verschiedenen Produkte und Beteiligten wird für die Integrierte Produktpolitik eine Reihe von unterschiedlichen Instrumenten erforderlich. Diese reichen von freiwilligen Initiativen bis zu Verordnungen und von der lokalen bis zur internationalen Ebene. Im Rahmen der IPP besteht eindeutig ein Trend hin zu freiwilligen Maßnahmen, obwohl auch feste Vorschriften erforderlich sein können. Entscheidend ist die Wirksamkeit des Instrumentes, um das gewünschte Ergebnis in Hinblick auf die nachhaltige Entwicklung zu erreichen (COMMISSION 2003).

Aber auch anderen Politikfeldern wird starke Beachtung geschenkt. Für Legislaturvorschläge will sich die Kommission aber an die Regel der Folgenabschätzung halten und dadurch sicherstellen, dass die drei Pfeiler der nachhaltigen Entwicklung - Ökologie, Ökonomie und Soziales – ausgewogen berücksichtigt werden. Dazu wird sich die Kommission insbesondere auf die Schaffung der Rahmenbedingungen für die laufende Verbesserung der Umwelteigenschaften aller Produkte während ihres gesamten Lebenszyklus konzentrieren. Dabei werden die Produkte mit den größten Möglichkeiten schwerpunktmäßig berücksichtigt.

Die Lösungsansätze zur Umsetzung der IPP durch zukünftige politische Aktivitäten können wie folgt strukturiert werden (COMMISSION 2003).

- Schaffung eines geeigneten wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmens.
  - Schaffung von Anreizen für Unternehmen und Verbraucher auf Basis von gerechten Preisen mit einer Internalisierung der externen Umweltkosten durch Steuern und Subventionen.
  - Durch freiwillige Umweltvereinbarungen und Einbeziehung von Umweltaspekten in Normungsprozesse der Industrie sollen Produkte wirksam umweltfreundlicher werden.
  - Die öffentliche Beschaffung soll mit 16% des Bruttoinlandprodukts der Gemeinschaft umweltgerechte Produkte fördern.
  - Erlassung weiterer Rechtsvorschriften um Umweltprobleme zu lösen, die z. B. wegen Marktstörungen oder Beeinträchtigung des Binnenmarktes entstehen. Diese können auch notwendig sein, wenn die Erweiterung der Herstellerverantwortung oder Entsorgungssysteme zielführend sind.
- Förderung des Denkens in Lebenszyklen.
  - Bereitstellung von Informationen und erklärenden Instrumenten zu Lebenszyklen.
  - Förderung der Einführung von Umweltmanagementsystemen (UMS) in Unternehmen, wie z. B. die produktbezogene EMAS-Verordnung.
  - Allgemeine Verpflichtungen bei der Produktgestaltung spezieller Produkte durch Richtlinien, z. B. wird aktuell der Entwurf einer Erweiterung der CE-Kennzeichnung um Umweltaspekte diskutiert.
- Verbraucher informieren, damit diese entscheiden können.
  - Verbesserung der ökologischen Beschaffung der Öffentlichen Hand mit Informationsmaßnahmen wie einem praktischen Handbuch, einer Produktgruppen-Datenbank oder einem Internetauftritt.
  - Unternehmen sollen ökologische Produkte von ihren Lieferanten fordern und z. B. auf zertifizierte Umweltmanagementsysteme wie EMAS bestehen. Ihnen sollen auch die für die Öffentliche Hand entwickelten Instrumente bereitgestellt werden.
  - Standardisierte Umweltkennzeichnung von Produkten, z. B. mit dem EU-Umweltzeichen, der EU-Energieetikettierung oder der Pkw-Kennzeichnung. Beeinflussung des Marketings durch eine Richtlinie gegen irreführende Werbung und eine Leitlinie für Umweltbehauptungen. Förderung der Entwicklung einer internationalen Norm für das Werkzeug der umweltbezogenen Produkterklärung (EPD, siehe S. 62).

Außerdem wird die Kommission im Jahr 2005 ein Diskussionspapier über Möglichkeiten zur Förderung der Umsetzung der IPP in den Unternehmen dem EU-Parlament vorlegen. Zusätzlich werden eine Reihe von Prozessen in die Wege geleitet, um die Koordinierung und Überwachung der Fortschritte zu erleichtern. Zusammen mit anderen Akteuren werden auch geeignete Indikatoren erarbeitet, um die Verbesserung der Umwelt durch die IPP Strategie zu messen und die politischen Maßnahmen darauf anzupassen (COMMISSION 2003).

#### 2.1.4 Anforderungen an die Produkthersteller durch die IPP

Alle direkt oder indirekt am Produktlebenszyklus Beteiligten sollen in ihrem Einflussbereich im Sinne der Integrierten Produktpolitik handeln und die Zusammenarbeit mit den anderen fördern. Wer sind die verschiedenen Akteure der Integrierten Produktpolitik?

In der Studie von ERNST & YOUNG (1998, S. 15) werden die Akteure lediglich allgemein in Staat, Unternehmen, Verbraucher und Nicht-Regierungsorganisationen (NRO) unterteilt. RUBIK (2000, S. 44) nimmt in Anlehnung an das Stoffstrom-Management eine feinere Kategorisierung vor. Er unterscheidet zwischen folgenden Akteuren:

- Wirtschaftliche Akteure, die unmittelbar Stoffströme beeinflussen, z. B. Hersteller, Lieferanten, Handwerker, Kapitaleigner, Konsumenten, Beschäftigte.
- Wirtschaftliche Akteure, die durch ihre Entscheidungen die Stoffentscheidungen anderer Akteure beeinflussen, z. B. Handel, Finanzinstitutionen wie Banken und Versicherungen, Ver- und Entsorgungswirtschaft.
- Wirtschaftliche Akteure, die dem Stoffstrom-Management einer Branche oder einer Produktionskette Rahmenbedingungen setzen, z. B. Wirtschafts- und Branchenverbände.
- Staatliche bzw. administrative Akteure, die den Akteuren der drei ersten Kategorien Rahmenbedingungen setzen.
- Sonstige Akteure, die das Stoffstrom-Management aller anderen zu beeinflussen versuchen, z. B. Umweltorganisationen, Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften, Medien und Werbung, Wissenschaft und Forschung.

Die europäische Kommission unterscheidet in ihrer letzten Mitteilung in die Gruppen der Staaten, der Industrie, der Verbraucherorganisationen, der Umweltverbände und der Verbraucher. Unter der Gruppe Industrie schließt sie alle Beteiligten zusammen, die an der Gewinnung der Grundstoffe, Entwurf, Herstellung, Vertrieb, Einzelhandel und Wiederverwertung beteiligt sind (COMMISSION 2003, S. 23). Im Grünbuch (COMMISSION 2001A) differenziert sie bei der Gruppe des Staates noch die Verwaltungen und Mitgliedsstaaten sowie bei der Industrie die Unternehmer, Hersteller und den Einzelhandel.

Für die weitere Betrachtung ist die Rolle der produzierenden Unternehmen für die Integrierte Produktpolitik von Bedeutung. Die sich daraus ergebenden Anforderungen sollen beleuchtet werden. Dazu steht im Protokoll zum EU-Umweltministertreffen in Weimar im Mai 1999: „Produktentwickler, Designer, Konstrukteure und Hersteller besetzen bei der Definition des Umweltprofils ihrer Produkte und Dienstleistungen zentrale Positionen“. Damit sind diese Akteure für den Erfolg der Integrierten Produktpolitik sehr wichtig (COMMISSION 2003, S. 5). Nur den wenigsten produzierenden Unternehmen ist diese Erwartungshaltung bewusst (KREIBE ET AL 2004, S. 4; vgl. S. 1).

Welche Anforderungen stellt die Integrierte Produktpolitik an die produzierenden Unternehmen? Nach Ansicht der Kommission sollen sie wie alle Beteiligte im Produktlebenszyklus in ihrem Einflussbereich für eine nachhaltige Entwicklung sorgen und die Zusammenarbeit mit den anderen fördern. Als Akteure mit den größten Einflussmöglichkeiten sowie dem umfangreichsten Produkt- und Prozesswissen sollen sie unter Berücksichtigung der Marktbedingungen die Umweltauswirkungen an den Punkten des Lebenszyklus positiv beeinflussen, an denen Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch insgesamt am besten und am kostengünstigen zu verringern sind. Dabei sind die drei Pfeiler der nachhaltigen Entwicklung - Ökologie, Ökonomie und Soziales – ausgewogen zu berücksichtigen. In der Vorgehensweise sollen die Unternehmen ihr eigenes Tempo wählen können und sich auf die effizientesten Verbesserungen konzentrieren (COMMISSION 2003). Die Umsetzung der Integrierten Produktpolitik wird dabei als stetiger Verbesserungsprozess angesehen (COMMISSION 2003).

Die Ausgestaltung und Umsetzung der gestellten Anforderungen können je nach Produkt, Branche und Unternehmen sehr unterschiedlich sein. Besonders kleine und mittelständische Unternehmen werden selten in der Lage sein, diese Forderungen schnell umzusetzen. Die Anforderungen an die Unternehmen werden in dieser Arbeit wie folgt unterschieden und differenziert.

### **Verbesserung der Organisation und des Verhaltens der Mitarbeiter**

Eine der wesentlichen Aufgaben ist die nachhaltige Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und der Marktposition. Nur so sind die gestellten, sozialen und ökonomischen Anforderungen der Nachhaltigkeit erreichbar und Forschungsinvestitionen und Arbeitsplätze können gesichert oder geschaffen werden. Diese Anforderungen treten in den öffentlichen Diskussionen häufig in den Hintergrund gegenüber den ökologischen Aspekten, sind aber immanently wichtig für den Erfolg der Integrierten Produktpolitik.

Die Unternehmen sollen Marktchancen und Restriktionen durch die Integrierte Produktpolitik erkennen und ihre Kreativität zum Wohle der Umwelt wie auch der Wirtschaft nutzen. Das bedeutet, dass Hersteller und Entwickler mehr Verantwortung für vereinbarte Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltkriterien tragen.

Die Integrierte Produktentwicklung ist in die Forschung und Entwicklung der Unternehmen zu integrieren. Dazu sind Informations-, Ausbildungs- und Sensibilisierungsmaßnahmen für die Mitarbeiter zum Denken in Lebenszyklen notwendig. Die Einführung einer umweltgerechten Gestaltung und Hilfsmittel für Umweltinformationen sowie für die Betrachtungen des Lebenszyklus sollen gefördert werden. Wünschenswert im Sinne der Integrierten Produktpolitik ist der Einsatz von Umweltmanagementsystemen (UMS).

### **Verbesserung der Produkte**

IPP soll die Umweltauswirkungen größerer Mengen von Produkten verringern und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit sichern oder verbessern. Der Hersteller soll die Lebensläufe der Produkte mit den verbundenen Prozessen betrachten und auf die verursachten Umweltauswirkungen sowie den Ressourcenverbrauch hin untersuchen. Maßnahmen sollen an den Punkten des Lebenszyklus gefördert werden, an denen Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch insgesamt am besten und am kostengünstigsten zu verringern sind.

Die Integrierte Produktentwicklung zielt auf die laufende Verbesserung ab und zieht dies der Festlegung von Schwellenwerten vor.

### **Zusammenarbeit mit Kunden**

Der Kunde beeinflusst zu einem großen Maß die Umweltauswirkungen des Produktes entlang des Lebensweges durch seine Kaufentscheidung, die Art und Weise wie er das Produkt nutzt sowie durch den gewählten Weg der Entsorgung.

Die Unternehmen sollen das Verhalten des Kunden im Sinne der Integrierten Produktentwicklung fördern und beeinflussen. Dies kann durch eine Verbesserung des Informationsflusses von Produkteigenschaften erfolgen, z. B. durch das Beantragen des europäischen Umweltzeichens, dem Befolgen von Leitlinien zu Umweltbehauptungen in der Werbung oder einer Environmental Product Declaration (EPD). Weitere Möglichkeiten sind z. B. Marketingmaßnahmen, besondere Hinweise zu einem optimalen Gebrauch in Bedienungsanleitungen, Schulung von Kunden oder das Angebot einer Produktrücknahme.

### **Zusammenarbeit mit Lieferanten**

Innerhalb der Wertschöpfungskette ist jedes Unternehmen auch Kunde. Als solcher kann es Informationen von seinen Lieferanten aktiv einfordern sowie das eigene Verhalten und die Entscheidungen im Sinne der IPP anpassen. Dieses betrifft im Besonderen den Funktionsbereich des Einkaufs. Mögliche Maßnahmen sind zum Beispiel Umweltmanagementsysteme oder Deklarationen nach EPD zu fordern oder auf Umweltzeichen zu achten. Auch eine Zusammenarbeit der Entwicklungsabteilung mit Lieferanten kann nötig sein, um Verbesserungspotenziale der Produkte zu nutzen.

**Zusammenarbeit mit politischen Akteuren**

Die Unternehmen sollen zur aktiven Entwicklung der Rahmenbedingungen auf der politischen Ebene beitragen. Mögliche Mitwirkungen können z. B. ein Diskussionsbeitrag zur Ausgestaltung der IPP sein oder der Austausch von Informationen über die Umsetzung der IPP mit anderen Unternehmen und Beteiligten. Ebenso werden die Beteiligung an Pilot-Produktprojekten und Berichte über die Umsetzung der IPP, auch im Umweltbericht des Unternehmens, gewünscht.

Für das Ziel der Nachhaltigkeit können die Mitarbeit und der Vorschlag von Umweltvereinbarungen auf anderen politischen Ebenen sinnvoll sein, wie z. B. dem Umweltpakt Bayern (UMWELTPAKT BAYERN 2000). Es ist ebenfalls sehr erwünscht, die Berücksichtigung von Umweltbelangen durch nationale Normungsgremien zu fördern und der Entwicklung von europäischen Umweltzeichen zu unterstützen.

## 2.2 Situation und Rahmenbedingungen der kleinen und mittelständischen Unternehmen

Im Folgenden sollen die Bedeutung, die Eigenschaften und die Rahmenbedingungen der kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) betrachtet werden. Zunächst wird ihr Beitrag zur Volkswirtschaft untersucht. Danach werden verschiedene Merkmale und Ausprägungen der KMU betrachtet, bevor der Einsatz von Methoden und die Ausrichtung nach Umweltkriterien in dieser Betriebsgruppe untersucht werden. Diese Erkenntnisse bilden eine Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Vorgehensweise zur Einführung der integrierten Produktpolitik.

### 2.2.1 Bedeutung der KMU

Die Bedeutung der kleinen und mittelständischen Unternehmen für die Europäische Union ist dem Bild 2.2-1 zu entnehmen. Danach waren im Jahr 1993 fast alle der 11,5 Millionen Betriebe der Europäischen Union kleine und mittelständische Unternehmen, wobei die größte Anzahl der Unternehmen aus kleinen Betrieben bestehen. Nur 11.350 Betriebe hatten eine Mitarbeiterzahl von mehr als 500 Beschäftigten. Die Großunternehmen beschäftigen 29 Prozent der Arbeitskräfte. Der Großteil der Arbeitnehmer ist in kleinen und mittleren Betrieben beschäftigt (MULGER 1995, S. 32).

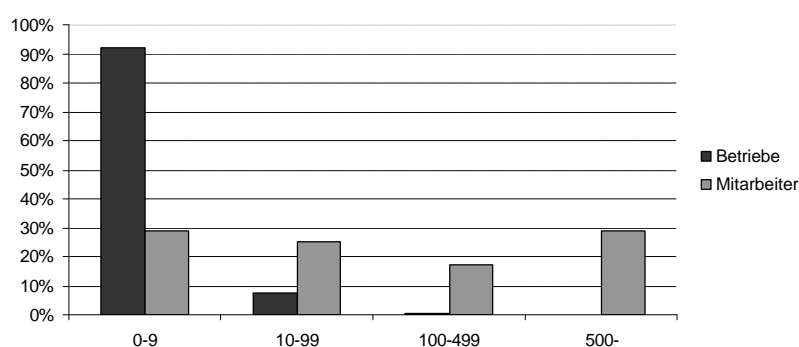


Bild 2.2-1: Die Verteilung der Betriebsgrößen in Europa (COMMISSION 1992, S. 2)

Diese Bedeutung ist in fast allen Ländern der EU wieder zu finden, wenn auch mit länderspezifischen Eigenheiten (siehe Bild 2.2-2). Während in der Bundesrepublik mit 17 Prozent relativ wenige Mitarbeiter in kleinen Betrieben beschäftigt sind, so sind es in Italien fast 47 Prozent. Deutschland hat nach den Niederlanden mit 35 Prozent den höchsten Anteil der Beschäftigten, die in großen Betrieben mit mindestens 500 Mitarbeitern arbeiten. Die meisten Menschen finden in mittelständischen Unternehmen ihren Arbeitsplatz.



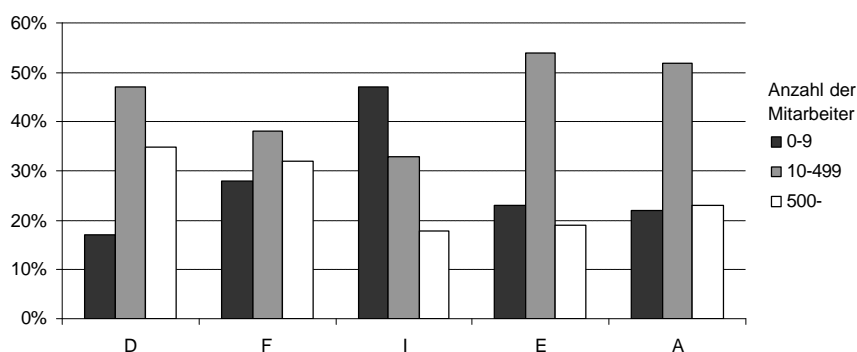


Bild 2.2-2: Verteilung der Arbeitsplätze auf verschiedenen Betriebsgrößen in einigen europäischen Ländern (COMMISSION 1992, S. 6)

Kleine und mittelständische Betriebe leisten einen vergleichbaren Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt der europäischen Länder, obwohl dieser prozentuale Beitrag wegen der allgemein höheren Arbeitsintensivität in den KMU gegenüber den kapitalintensiven Großunternehmen geringer ausfällt (Bild 2.2-3). Nur in den Niederlanden ist der Beitrag der Großunternehmen zum Bruttoinlandsprodukt mit Abstand am größten, während in Frankreich der Anteil dieser Unternehmenskategorie gering überwiegt. In fast allen anderen Ländern liefert der Mittelstand den bedeutendsten Anteil zum Bruttoinlandsprodukt. Nur in Italien wird dieser noch vom Anteil der Kleinbetriebe übertroffen (COMMISSION 1995, S. 32).

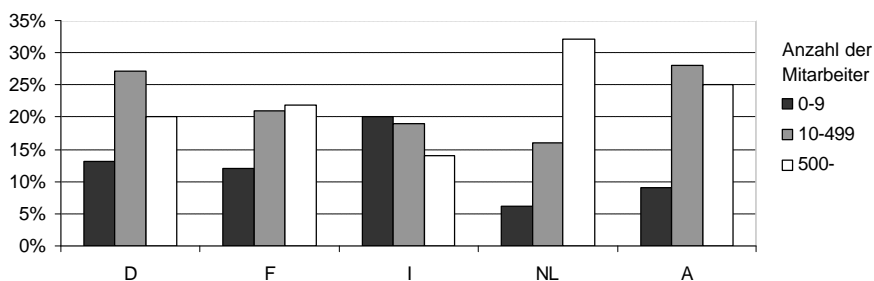


Bild 2.2-3: Anteil am Bruttoinlandsprodukt der verschiedenen Betriebsgrößen in einigen europäischen Ländern (COMMISSION 1992, S. 6)

Für die Integrierte Produktpolitik ist besonders der Anteil am Bruttoinlandsprodukt interessant, weil er den Wert der erwirtschafteten Produkte und Dienstleistungen widerspiegelt. Für die Produktsicht wiederum ist die Bedeutung des produzierenden Gewerbes interessant, das sich durch die Produktion von Sachgütern definiert und aus Industrie- und Handwerksbetrieben zusammensetzt (MULGER 1995, S. 19). Das Handwerk grenzt sich durch das Angebot stark abwandelbarer Leistungen für die kundenindividuelle Erstellung eines Sachgutes gegenüber der Industrie ab, das ein zu erwerbendes fachliches Können voraussetzt (GUTERSOHN 1977, S. 159). Im Jahre 1988 gehörten von den 2,43 Millionen KMU der Bundesrepublik Deutschland mit 14,5 Millionen Mitarbeitern ungefähr 630.000 Betriebe zum produzierenden Gewerbe, wobei das Handwerk in 520.000 Betriebe ca. 3,9 Millionen und die In-

dustrie in 110.000 Betrieben ca. 4,5 Millionen Arbeitnehmer beschäftigte (HAMER 1990, S. 57). Das Handwerk besteht somit zum großen Teil aus kleinen, die Industrie aus mittelständischen Betrieben, die für den großen Anteil am Bruttoinlandsprodukt verantwortlich sind. Für die Integrierte Produktpolitik ist daher die Rolle der mittelständischen Industrie von besonderer Bedeutung. Diese Arbeit wird sich daher im Folgenden wesentlich auf diese Zielgruppe konzentrieren, aber auch kleinere Unternehmen berücksichtigen.

Kleine und mittelständische Unternehmen übernehmen wichtige gesellschaftliche Funktionen. Sie bilden fast 80 Prozent der Fachkräfte aus, wobei der Anteil des verarbeitende Gewerbe über 70 Prozent ist. 90 Prozent der gewerblichen und 60 Prozent der kaufmännischen Auszubildenden sind in KMU beschäftigt (BMW<sub>I</sub> 1993, S. 269). KMU sind auch struktur- und konjunkturpolitisch sehr bedeutsam. Aufgrund ihrer Flexibilität können sie auf konjunkturell bedingte Nachfrageschwankungen besser reagieren als Großunternehmen. Vorrangig durch Mittelständler werden neue Arbeitsplätze geschaffen bzw. im geringeren Maße als Großunternehmen abgebaut (ZEITEL 1990, S. 34). Andererseits sorgt eine hohe Anzahl mittelständischer Unternehmen für eine regional ausgewogene Wirtschaftsstruktur, die besser auf Änderungen in der Wirtschaft reagieren kann. Zudem bewirkt eine Vielzahl von konkurrierenden kleinen und mittelständischen Unternehmen einen wirksamen Wettbewerb, ohne dass es durch zunehmende Konzentrationen zu einem Anstieg der Marktmacht und damit zu Funktionsstörungen der Marktwirtschaft kommen kann (WASSIDLO 1993, S. 2888). Gerade der Wettbewerb besitzt eine sehr positive Wirkung auf die Entwicklung von Innovationen, durch die Unternehmen ihre Marktposition verbessern können. Ein wesentlicher Teil der Innovationen und damit des technischen Fortschrittsprozesses wird durch mittelständische Unternehmen getragen (BERG 1990, S. 235), was für eine nachhaltige Entwicklung von hoher Bedeutung ist.

### 2.2.2 Eigenschaften von KMU

Was sind kleine und mittelständische Unternehmen und wodurch zeichnen sich diese aus? Obwohl dieser Ausdruck in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie der Wirtschaftspolitik etabliert ist, besteht in der Betriebswissenschaft noch Uneinigkeit, was genau darunter zu verstehen ist. So existiert noch keine allgemein gültige Begriffsbestimmung oder einheitliche Definition (WASSIDLO 1993). Historisch leitet sich der Begriff des mittelständischen Unternehmens aus dem Mittelstandsbegriff des Mittelalters ab und weist somit auf eine soziologische Einteilung hin, die als solche nur schwer einzugrenzen ist (WENDT 1999, S. 7). Eine generelle und abschließende Abgrenzung der Unternehmen ist häufig unmöglich und auch unzweckmäßig. Die zusammengefassten Unternehmen unterscheiden sich i. d. R. stark von einander. Je nach Branche oder Umfang am Wertschöpfungsprozess können für eine Zuordnung sehr unterschiedliche Kriterien zielführend sein. In der wissenschaftlichen

Literatur wird der Begriff daher nach dem jeweiligen Zweck der Darstellung oder den spezifischen Verhältnissen der Wirtschaftsbranche abgegrenzt (THEUNERT 1999, S. 6). Häufig wird eine Abgrenzung nach der Ausprägung verschiedener quantitativer und qualitativer Merkmale vorgenommen, welche als Orientierungswerte dienen und auf die im Folgenden detaillierter eingegangen wird. Auch einige verschiedene Betriebstypen von KMU werden dargestellt.

### 2.2.2.1 Quantitative Merkmale

Die quantitativen Merkmale sollen die Einteilung der Unternehmen nach der Betriebsgröße ermöglichen. Aufgrund der leichten Erfassbarkeit werden i. d. R. die Mitarbeiterzahlen sowie die Umsatz- und Wertschöpfungsgrößen herangezogen. Andere mögliche Kriterien wie Marktanteile, Bilanzsumme, Anlagevermögen oder Absatzmengen lassen sich zum Teil daraus ableiten, sind aber schwerer zu ermitteln und werden nur selten für diesen Zweck betrachtet.

Bei der Einteilung der Unternehmen nach der Betriebsgröße in „klein“ und „mittel“ handelt es sich um eine relative Einordnung, welche für eine Aussage die Angabe des Maßstabes bedarf. Die Maßstäbe für die Mitarbeiterzahlen und für den Umsatz unterscheiden sich aber nach der jeweiligen Definition. In den Niederlanden gehören alle privaten Unternehmen bis 99 Mitarbeiter zum Mittelstand, in Schweden liegt die Höchstgrenze bei 200 Mitarbeiter und in Großbritannien werden Unternehmen erst ab 200 Mitarbeiter als mittelständisch definiert. In der Bundesrepublik werden je nach Sektor unterschiedliche Größen herangezogen. So wird ein Industriebetrieb mit 50 Mitarbeitern als klein und ein Handelsbetrieb mit der gleichen Beschäftigungszahl als mittelständisch bezeichnet (REITER 2003, S. 13). Die gleichen Schwierigkeiten ergeben sich bei den umsatzbezogenen Einordnungen der Unternehmen.

Die international häufigste und auch in Deutschland übliche Abgrenzung für die Einordnung von Industrieunternehmen ist in Tabelle 1 dargestellt.

<b>Größenklasse</b>	<b>Mitarbeiter</b>	<b>Umsatz in Mio. €</b>
Kleinbetrieb	< 49	< 5
kleiner Mittelbetrieb	50-499	5-50
großer Mittelbetrieb (Großunternehmen)	500-1000	>50

Tabelle 1: Größenklassen kleiner und mittelständischer Unternehmen nach WERDER & NESTLER (1998)

Die Klasse des großen Mittelbetriebs wird oft schon als Großunternehmen bezeichnet. Durch die fortschreitende Automation und Rationalisierung in der Produktion ist auch der

Grenzwert von 500 Mitarbeitern umstritten. So verwendet die EU für ihre Abgrenzung von „small and medium-sized enterprises“ (SME) die folgenden Werte der Tabelle 2.

Größenklasse	Mitarbeiter	Umsatz in Mio. €
small enterprises	< 49	< 7
medium enterprises	50-249	40

Tabelle 2: Definition von „small and medium-sized enterprises“ der EU (COMMISSION 1994)

Die Unterschiede in den Grenzwerten lassen schon vermuten, dass eine Abgrenzung anhand der quantitativen Merkmale nur ein Indiz für ein kleines oder mittelständisches Unternehmen ist. Es ist durchaus denkbar, dass ein Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern und 80 Mio. € Umsatz ausgeprägte mittelständische Wesenszüge trägt (WENDT 1999, S. 11). Diese qualitativen Merkmale zur Wesensbestimmung der kleinen und mittelständischen Unternehmen werden nachfolgend beschrieben.

#### 2.2.2.2 Qualitative Merkmale

Kleine und mittelständische Unternehmen sind nicht eine Kleinausgabe von Großunternehmen, die sich nur durch ihre Betriebsgröße unterscheiden. Es gibt auch eine Vielzahl von qualitativen Unterschieden bezüglich der Unternehmenskultur, -struktur, -organisation und -strategien. Diese Merkmale erleichtern einen Einblick in das Wesen dieser Betriebe, wobei in der Praxis sehr heterogene Strukturen zu finden sind und nicht alle Merkmale für einzelne Unternehmen zutreffen müssen (MULGER 1995, S. 18). Eine wissenschaftlich exakte Zuordnung ist nur schwer möglich, auch weil ein einzelnes für einen Kleinbetrieb typisches Merkmal durchaus in einem Großbetrieb auftreten kann und umgekehrt (WENDT 1999, S. 11).

Das wichtigste Grundmerkmal eines KMU ist die Existenz einer Unternehmerpersönlichkeit mit einer zentralen Stellung im Betrieb. Im Kleinunternehmen führt dieser direkt ein Team unter persönlicher Mitarbeit. Ab etwa 10 Mitarbeitern nimmt die indirekte Führung durch den Unternehmer zu. Er delegiert Verantwortung und schafft ein mittleres Management, behält aber noch die gesamte Führungskompetenz. Ein Unternehmen mit mehr als 300 Beschäftigten ist dagegen i. d. R. wegen der schwindenden Überschaubarkeit nicht mehr von einer Person allein zu führen und muss von mehreren Managern kollegial geführt werden. Damit ist es nach einigen Definitionen kein mittelständischer Betrieb mehr (HAMER 1990, S. 14).

Die Unternehmensstruktur und Organisation eines kleinen und mittelständischen Betriebs sowie die Unternehmenskultur werden besonders durch die Persönlichkeit des Unternehmers mit seinem Verhalten und Werten geprägt. Dieser ist oft auch Eigentümer des Betriebs

und vereinigt als Entscheidungsträger das Kapital und die Leitung in einer Hand, womit er sowohl die Verantwortung als auch das Haftungsrisiko trägt. In den KMU fehlen häufig Kontrollinstanzen und der Unternehmer muss seine Entscheidungen nicht rechtfertigen. Das persönliche Schicksal des Unternehmers ist stark mit dem des Betriebes verbunden, was gegenüber angestellten Managern zu anderen Entscheidungsverhalten führt (HAMER 1990, S. 28). Aber auch die Entscheidungsverhalten der Unternehmer unterscheiden sich stark voneinander, je nach der Persönlichkeit, so dass es den mittelständischen Unternehmer nicht gibt. Im Allgemeinen verfügt er über ein Netz von persönlichen Kontakten zu den Kunden, Lieferanten und der für ihn relevanten Öffentlichkeit. Die regelmäßigen Kontakte zwischen der Unternehmensleitung und den Mitarbeitern sind persönlich, eng und informell, so dass zwischenmenschliche Beziehungen durch persönliche Kenntnisse entstehen.

Viele andere qualitative Merkmale ergeben sich aus diesem personalen Wirtschaftsprinzip und der Stellung des Unternehmers, wie die Überschaubarkeit des Unternehmens, die beschränkte Kapitalkraft und Finanzierungsmöglichkeit sowie die wirtschaftliche und rechtliche Unabhängigkeit von anderen Unternehmen (WENDT 1999, S. 13). Sie beeinflussen und prägen jeden Funktionsbereich im Betrieb und so ergibt sich ein breites Feld von qualitativen Merkmalen, deren Ausprägungen sich von denen der Großbetrieben unterscheiden und in Tabelle 3 zusammengefasst dargestellt sind.

Bereich	Klein- u. Mittelbetriebe	Großbetriebe
<b>Unternehmensführung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigentümer- Unternehmer</li> <li>- Mangelnde Führungskennntnisse</li> <li>- Technisch orientierte Ausbildung</li>   <li>- Unzureichendes Informationswesen zur Nutzung vorhandener Flexibilitätsvorteile</li> <li>- Patriarchalische Führung</li> <li>- Kaum Gruppenentscheidungen</li> <li>- Große Bedeutung von Improvisation und Intuition</li> <li>- Kaum Planung</li> <li>- Durch Funktionshäufung überlastet</li> <li>- Direkte Teilnahme am Betriebsgeschehen</li> <li>- Geringe Ausgleichsmöglichkeiten bei Fehlentscheidung</li> <li>- Führungspotenzial nicht austauschbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manager</li> <li>- Fundierte Führungskennntnisse</li> <li>- Gutes technisches Wissen in Fachabteilungen und Stäben verfügbar</li> <li>- Ausgebautes formalisiertes Informationswesen</li> <li>- Führung nach Management-by-Prinzipien</li> <li>- Häufig Gruppenentscheidungen</li> <li>- Geringe Bedeutung von Improvisation und Intuition</li> <li>- Umfangreiche Planung</li> <li>- Hochgradige sachbezogene Arbeitsteilung</li> <li>- Ferne zum Betriebsgeschehen</li> <li>- Gute Ausgleichsmöglichkeiten bei Fehlentscheidungen</li> <li>- Führungspotenzial austauschbar</li> </ul>
<b>Personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringe Beschäftigtenzahlen</li> <li>- Häufig unbedeutender Anteil von ungelernten und angelernten Arbeitskräften</li> <li>- Kaum Akademiker beschäftigt</li> <li>- Überwiegend breites Fachwissen vorhanden</li>   <li>- Vergleichsweise hohe Arbeitszufriedenheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Beschäftigtenzahlen</li> <li>- Häufig großer Anteil von ungelernten und angelernten Arbeitskräften</li> <li>- Akademiker in größerem Umfang beschäftigt</li> <li>- Starke Tendenz zum ausgeprägten Spezialistentum</li> <li>- Geringe Arbeitszufriedenheit</li> </ul>
<b>Organisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auf den Unternehmer ausgerichtetes Einliniensystem, von ihm selbst oder mit Hilfe weniger Führungspersonen bis in die Einzelheiten überschaubar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personenunabhängig an den sachlichen Gegebenheiten orientierte komplexe Organisationsstruktur</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionshäufung</li> <li>- Kaum Abteilungsbildung</li> <li>- Kurze direkte Informationswege</li> <li>- Starke persönliche Bindungen</li> <li>- Weisungen und Kontrolle im direkten personenbezogenen Kontakt</li> <li>- Delegation in beschränktem Umfang</li> <li>- Kaum Koordinationsprobleme</li> <li>- Geringer Formalisierungsgrad</li> <li>- Hohe Flexibilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsteilung</li> <li>- Umfangreiche Abteilungsbildung</li> <li>- Vorgeschriebene Informationswege</li> <li>- Geringe persönliche Bindungen</li> <li>- Formalisierte unpersönliche Weisungs- und Kontrollbeziehungen</li> <li>- Delegation in vielen Bereichen</li> <li>- Große Koordinationsprobleme</li> <li>- Hoher Formalisierungsgrad</li> <li>- Geringe Flexibilität</li> </ul>
<b>Absatz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spezialisiertes Angebot in schmalen Marktsegmenten</li> <li>- Wettbewerbsstellung sehr uneinheitlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Breites Angebot auch in breiten Marktsegmenten</li> <li>- Gute Wettbewerbsstellung</li> </ul>
<b>Beschaffung u. Materialwirtschaft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwache Position am Beschaffungsmarkt</li> <li>- Häufig auftragsbezogene Materialbeschaffung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starke Position am Beschaffungsmarkt</li> <li>- Überwiegend auftragsunabhängige Beschaffung mit langfristigen Lieferantenverträgen</li> </ul>
<b>Produktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsintensiv</li> <li>- Geringe Arbeitsteilung</li> <li>- Überwiegende Universalmaschinen</li> <li>- Geringe Kostendegression mit steigender Ausbringungsmenge</li> <li>- Häufig langfristig gebunden an eine bestimmte Basisinnovation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapitalintensiv</li> <li>- Hohe Arbeitsteilung</li> <li>- Überwiegend Spezialmaschinen</li> <li>- Starke Kostendegression mit steigender Ausbringungsmenge</li> <li>- Keine langfristigen Bindungen an eine Basisinnovation</li> </ul>
<b>Forschung u. Entwicklung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine dauernde institutionalisierte F&amp;E-Abteilung</li> <li>- Kurzfristig-intuitive ausgerichtete F&amp;E</li> <li>- Bedarfsorientierte F&amp;E bei Produkten und Verfahren, kaum Grundlagenforschung</li> <li>- Relativ kurzer Zeitraum zwischen Erfindung und wirtschaftlicher Nutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dauernd institutionalisierte F&amp;E-Abteilung</li> <li>- Langfristig-systematisch angelegte F&amp;E</li> <li>- F&amp;E von Produkten und Verfahren in engem Zusammenhang mit Grundlagenforschung</li> <li>- Relativ langer Zeitraum zwischen Erfindung und wirtschaftlicher Nutzung</li> </ul>
<b>Finanzierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Im Familienbesitz</li> <li>- Zugang zum Kapitalmarkt und (externe) Finanzierungsmöglichkeiten beschränkt</li> <li>- kaum allgemeine staatliche Unterstützung in Krisensituationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- I. d. R. breit gestreuter Besitz</li> <li>- Zugang zum Kapitalmarkt und vielfältige Finanzierungsmöglichkeiten gegeben</li> <li>- staatliche Unterstützung in Krisensituation wahrscheinlich</li> </ul>

Tabelle 3: Eigenschaften von Klein- und Mittelbetrieben im Vergleich zu Großbetrieben nach PFOHL & KELLERWESSEL (1990, S. 18-20)

Von diesen qualitativen Merkmalen sind einige für die Einführung der Integrierten Produktpolitik besonders relevant. Die wichtigsten Merkmale sind die Einstellung des Unternehmers zur Integrierten Produktpolitik und sein Handeln. Sie bestimmen die kulturelle Prägung im Unternehmen und unterstützen aktiv die Umsetzung und Durchdringung in der Gesamtorganisation. Nur wenn er motiviert ist, die Integrierte Produktpolitik als ein Unternehmensziel zu setzen, wird eine nachhaltige Implementierung wahrscheinlich. Die Mitarbeiter werden i. d. R. stärker durch die individuelle Überzeugungskraft der Führungskraft beeinflusst und sind mit den Unternehmenszielen verbundener als in Großunternehmen mit deren ausgeprägteren Beharrungskräften (THEUNER 1999, S. 10ff).

Positiv im Sinne der Motivation für die IPP ist, dass Mittelständler tendenziell ein längerfristiges Streben verfolgen und sich an der fundamentalen Unternehmenssicherung orientieren

(MARNER & JÄGER 1990, S. 92). Dennoch wird die langfristige, strategische Unternehmenssteuerung häufig vernachlässigt und vielfach herrscht ein Mangel an explizit formulierten, kurzfristigen und langfristigen Zielen, in denen die IPP integriert werden kann (HAAKE 1987, S. 232). Die Aufmerksamkeit liegt mehr auf der operativen Geschäftsführung (REITER 2003, S. 15). Häufig werden strategische Probleme daher verdrängt, dagegen die der operativen Ebene überbewertet (ELFGEN & KLAEILE 1987, S. 226). Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass Führungspersonen in KMU oft durch den hohen Grad der Zentralisierung und den damit verbundenen Belastungen durch das Tagesgeschäft kaum Zeit und Kapazitäten haben, sich mit zusätzlichen Aufgaben zu belasten (GÜNTHER 1989, S. 112). Der Unternehmer wird sich der Integrierten Produktpolitik nur dann mit der nötigen Priorität und Intensität widmen, wenn sich die Vorteile und Chancen gegenüber den Nachteilen und Risiken subjektiv für ihn und seinen Betrieb lohnen. Eine Vorgehensweise für die Einführung der IPP muss zudem Wege zur Umsetzung aufzeigen, ohne dass die Alltagsbelastung ein nicht mehr erträgliches Maß überschreitet.

Bezüglich der unternehmensstrukturellen Faktoren sind besonderes die Überschaubarkeit und die flachen Hierarchien hervorzuheben. Die persönlichen zwischenmenschlichen Beziehungen zwischen dem Unternehmer und den Mitarbeitern führen zu gering formalisierten Organisationen (MULGER 1995, S. 18). Sie können rasch und flexibel auf Änderung der Umwelt reagieren und mit ihren Leistungen auf die individuellen Wünsche der Kunden eingehen (PLEITNER 1986, S. 7). Die Informationskanäle sind kurz und Reibungsverluste durch mangelnde Koordination und Kooperation sind kaum vorhanden (TROKKOS 1991, S. 64). Im Vergleich zu Großunternehmen wird eine übermäßige Komplexität und Bürokratie vermieden und Ressourcen können zielgerichteter eingesetzt werden (KAHLE 1992, S. 1414). Aufgrund ihrer Unternehmenskultur verfügen viele Mittelstandsunternehmen über eine natürliche Teambildung (ENSELING 2001, S. 16). Die Mitarbeiter identifizieren sich stärker mit ihrem Betrieb und wechseln seltener ihren Arbeitgeber (SCHULZE 1993, S. 22). Unter den Mitarbeitern sind relativ wenige Akademiker, viele Facharbeiter und nur ein sehr geringer Anteil an un- und angelernten Beschäftigten (TISCHER 1994, S. 76). Die Mitarbeiter verfügen i. d. R. über ein umfangreiches Fachwissen und weil sie einen umfangreichen Aufgabenbereich erfüllen, sind sie eher Generalisten und weniger Spezialisten. Für viele Aufgaben, wie den Umweltschutz, fehlen dann oftmals ausreichend qualifizierte Mitarbeiter sowie die zeitlichen Ressourcen, um entsprechendes Know-how zu generieren (REITER 2003, S. 18). Das umfassende Wissen der Mitarbeiter stellt ein sehr großes Kreativitätspotenzial für die Integrierte Produktpolitik dar. Das operative Geschäft bestimmt sehr stark die Arbeitsweise und häufig ersetzen kurzfristige Intuition, Improvisation und Spontaneität die systematische langfristige Planung (KORTE 1992, S. 52). Dieses führt eher zu impulsiven Entscheidungen, in denen nicht der gesamte Kontext von möglichen Auswirkungen berücksichtigt wird. Daher verbleibt vielfach noch Optimierungspotenzial, das durch eine Integrierte Produktpolitik genutzt werden kann.

Bezüglich der Zusammenarbeit mit den Kunden und den Lieferanten ist festzustellen, dass diese i. d. R. schon sehr gut ist. Viele der mit Problemlösungen beschäftigten Mitarbeiter partizipieren an der direkten Kommunikation oder es besteht ein informeller Informationsfluss (TISCHLER 1994, S. 87). Trotz der guten Kommunikation können kleine und mittelständische Betriebe aufgrund ihrer schwachen Position kaum den Markt als Anbieter oder Kunde beeinflussen. Daher wird es für sie schwierig, die von der Integrierten Produktpolitik geforderte Verbesserung der Zusammenarbeit mit den Kunden und Lieferanten im Sinne der IPP aktiv gegen Marktwiderstände durchzusetzen.

Die spezifischen Eigentümerverhältnisse der KMU bewirken eine Einschränkung der Eigenkapitaldecke und die Beschaffung von Fremdkapital ist schwierig. Die Beschaffung erfolgt i. d. R. mit Hilfe von Finanzinstituten, die sich bei der Kreditvergabe vorwiegend an der Eigenkapitaldecke orientieren und weniger an Finanzierungsplänen (PLEITNER 1995, S. 46). Die kurzfristige Liquiditätssicherung ist für diese Unternehmen daher überlebenswichtig und kann sinnvolle Investitionen verhindern. Dieses kann ein großes Hindernis für die Einführung der IPP bedeuten, da sich die Amortisationszeit für die schwer kalkulierbaren Implementierungskosten der IPP fast nicht abschätzen lässt.

Eine Vorgehensweise für die Einführung der IPP muss daher besonders die Finanzen und Ressourcen schonen. Ansonsten sind für eine, auf die Rahmenbedingungen der KMU abgestimmte, Implementierung gute Voraussetzungen gegeben.

### 2.2.2.3 Arten von Unternehmen

Im Folgenden sollen einige unterschiedliche Arten von kleinen und mittelständischen Industrieunternehmen auf die Fragestellung hin untersucht werden, inwieweit diese Produktverantwortung und Einflussmöglichkeiten übernehmen. Sie können durch ihren Anteil am Wertschöpfungsprozess sowie durch die Eigenschaften und den Umfang der Produkte unterschieden werden (SCHWINN 1993, S. 7). In diesem Kontext wichtige Betriebsarten sind die Lohnfertiger, die Einzelteilmfertiger, die Zulieferer und die Kleinserienfertiger. Zusätzlich soll die Rolle der Ingenieurbüros als Dienstleistungsunternehmen wegen der Bedeutung für die Produktentwicklung beleuchtet werden.

Die Lohnfertiger haben den geringsten Einfluss auf die Produkteigenschaften. Sie bieten anderen Unternehmen verschiedene Fertigungsverfahren als Dienstleistung an und fertigen für diese Einzelteile. Das unternehmensspezifische Wissen liegt in der optimalen Beherrschung der Fertigungsverfahren und deren Vorbereitung. Wissen über den übergeordneten Produktzusammenhang ist meist nicht vorhanden. Sie erhalten i. d. R. nur die für die Fertigung relevanten Informationen von ihren Kunden. Typische Beispiele sind z. B. Gießereien oder Drehereien.



Der Einzelteilmfertiger stellt nur ein sehr geringes Produktspektrum her, dieses aber in sehr großer Zahl. Diese können entweder als Endprodukte vertrieben oder in anderen Produkten verbaut werden, wie z. B. bei der Herstellung von Standard- und Normteilen. Er trägt zwar die Produktverantwortung, ist aber nur selten in der Lage die Produkte wesentlich zu verändern. Der Fokus und das Wissen richten sich meist auf die stetige Verbesserung der Produktqualität und der Fertigungstechnologie, um die Wettbewerbsfähigkeit und die Kostengestaltung zu verbessern. Typische Beispiele sind Schrauben- und Dichtungshersteller.

Der Zulieferer hat dagegen einen größeren Einfluss auf seine Produkte, die als Teile in anderen Produkten verbaut werden. Er entwickelt diese i. d. R. in einer eigenen Entwicklungsabteilung auf Basis des Pflichtenheftes oder des Entwurfs des Auftraggebers, mit dem eine enge Zusammenarbeit besteht. I. d. R. ist seine Marktposition gegenüber den häufig sehr viel größeren Kunden schwach, es sei denn ein alleinstellendes Produktmerkmal oder Innovationen ermöglichen ihm eine besondere Marktstellung. Dieses führt im Allgemeinen zu Kosten- und Termindruck. Typische Beispiele für diese Zulieferbetriebe sind Autositz- oder Benzinpumpenhersteller.

Der Kleinserienfertiger hat den größten Einfluss auf seine Produkte, da er seine häufig komplexen Produkte direkt und flexibel für die Endkunden erstellt. Diese Produkte bestehen aus einer Vielzahl von Standard- und Normteilen sowie selbst erstellten Bauteilen, für die ein Großteil des eigentlichen Know-how benötigt wird. Die Komplexität der Produkte bedingen eine Vielzahl von unterschiedlichen Bauteilen und Baugruppen, die eine größere Produktentwicklungsabteilung nötig macht. Diese ist häufig durch den Einsatz von Baukasten und Baureihenkonstruktionen geprägt, die in Anpassungskonstruktionen flexibel auf die Kundenbedürfnisse angepasst werden. Durch die direkte Einbindung der Entwicklungsabteilungen in das operative Geschäft herrscht auch hier sehr oft Termin- und Kostendruck. Daher ist vielfach das vorrangige Ziel, den Aufwand zu begrenzen und zu reduzieren.

Die Ingenieurbüros entwickeln und konstruieren im Auftrag von Unternehmen Produkte, Baugruppen und Bauteile. I. d. R. wird vom Auftraggeber ein Pflichtenheft oder ein Entwurf vorgegeben und während der Entwicklung findet eine stetige Zusammenarbeit statt. Die Ingenieurbüros können so Einfluss auf die Produkteigenschaften nehmen, der fast mit denen der Zulieferer vergleichbar ist. Andererseits ist der Kontakt mit dem Produkt oftmals auf ein Projekt beschränkt und die Möglichkeit einer stetigen Verbesserung ist nicht gegeben.

Für die Integrierte Produktentwicklung ist aufgrund der guten Einflussmöglichkeiten auf die Produkteigenschaften besonders die Gruppe der Zulieferer und der Kleinserienfertiger interessant. Die Randbedingungen der Ingenieurbüros sollen aufgrund ihrer fehlenden Möglichkeit, wie von der IPP gefordert, die Produkteigenschaften stetig zu verbessern (vgl. Kap. 2.1.4), nur am Rande betrachtet werden.

### 2.2.3 Methodeneinsatz und Umweltorientierung in KMU

Für die Implementierung der IPP ist es wichtig zu erfahren, inwieweit KMU Strategien und Methoden im Betriebsalltag der Produktplanung und Entwicklung einsetzen und wie sie sich gegenüber dem Thema des Umweltschutzes ausrichten. Im Folgenden soll diesen Fragen nachgegangen werden.

#### 2.2.3.1 Strategien- und Methodeneinsatz in der Produktplanung und Entwicklung

Die Organisation der Produktplanung und Produktentwicklung mit der Anwendung von Strategien, Methoden und Hilfsmitteln variiert sehr stark zwischen einzelnen Unternehmen. Allgemeingültige Aussagen sind daher nur schwer zu machen. Einige empirische Gemeinsamkeiten und Zusammenhänge lassen sich aber beobachten.

Die Aufwendungen und Ausgaben für die Forschung und Entwicklung steigen sehr stark mit zunehmender Unternehmensgröße. Eine Untersuchung in der österreichischen Industrie im Jahr 1985 ergab, dass die F&E-Ausgaben bei Industriebetrieben bis 49 Mitarbeitern nur 0,9 Prozent des Umsatzes betragen, in Betrieben mit 50-99 Beschäftigten 1,3 Prozent erreichten und in Großbetrieben mit mehr als 1.000 Beschäftigten auf bis zu 2,8% anstiegen (ÖSTERREICHISCHER WIRTSCHAFTSBUND 1989, S. 20). Mit der Forschung und Entwicklung sind hohe Fixkosten und mögliche Fehlinvestitionen verbunden, die sich KMU weniger leisten können und wollen. Andererseits ist zu beobachten, dass die Effizienz der Entwicklung in Großunternehmen geringer ist (LINK & REES 1990, S. 25). KMU weisen trotz der geringeren prozentualen Aufwendungen für die Forschung und Entwicklung deutlich mehr Innovationen pro Beschäftigten auf als Großunternehmen (ACS & AUDRETSCH 1992) und dieses bei relativ kurzen Umsetzungszeiten. Der Anteil der Innovationen, die nach zwei Jahren vermarktet werden, sinkt mit der Unternehmensgröße sehr rasch ab (OPPENLÄNDER 1985, S. 217). Im Gegensatz zu Großunternehmen haben kleine und mittelständische Unternehmen in Problemphasen häufig keinen anderen Ausweg, als neue Produkte zu entwickeln (AIGINGER & TICHY 1984, S. 110).

Die Organisation dieser Funktionsbereiche der Produktplanung und Produktentwicklung hängt in KMU sehr von den Rahmenbedingungen des Alltagsgeschäfts ab. Gewöhnlich ist die Produktplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen nicht institutionalisiert (LINDEMANN ET AL. 2004, S. 1). I. d. R. arbeiten besonders kleine Unternehmen in dieser Phase mit externen Dienstleistern wie Marketinggesellschaften, Ingenieurbüros oder speziellen Produktplanungsbüros zusammen (ENGELMANN 1999, S. 40). Trotz des direkten Kontaktes zu einzelnen Kunden weisen sie besonders häufig die Schwäche auf, den Markt richtig einzuschätzen. Die Schwäche der Markeinschätzung bedeutet in diesem Zusammenhang die An-

forderungen der Kunden zu verstehen, den Produktpreis festzulegen und die Markteinführung erfolgreich zu planen (STAUFFER & KIRBY 2003, S. 5).

Die Produktentwicklung ist i. d. R. abhängig von der Häufigkeit und der Anzahl der verschiedenen Arten von durchzuführenden Entwicklungsaufgaben organisiert. Dabei werden fast ausschließlich bedarfsorientiert und kurzfristig-intuitive ausgerichtet Produkte und Verfahren entwickelt (PFOHL & KELLERWESSEL 1990, S. 18). Die Entwicklungsaufgaben können nach Entwicklungsanlass zwischen Eigen-, Auftrags-, Angebots- oder Betriebsmittelentwicklungen (VDI-RICHTLINIE 2222 1996) und nach der Bearbeitungstiefe in Neu-, Varianten- und Anpassungskonstruktion unterschieden werden (EHRENSPIEL 1995, S. 214). Vielfach werden die Entwicklungen erst durch den Auftrag eines Kunden veranlasst, wobei möglichst weitgehend auf vorhandene Konstruktionen zurückgegriffen wird, um die i. d. R. sehr geringen Entwicklungskapazitäten nicht zu überfordern. Wenn es überhaupt eine institutionalisierte Entwicklungsabteilung gibt, ist diese in der Regel sehr klein (ENGELMANN 1999, S. 75). Nach einer Studie von SHAW & AITCHISON (2003, S. 2) arbeiten in 82 Prozent der untersuchten Unternehmen mit bis zu 200 Arbeitnehmern weniger als 6 Mitarbeiter für die Produkt- und Werkzeugentwicklung, 86 Prozent vergibt mindestens einen Entwicklungsauftrag pro Jahr außer Haus. Besonders bei kleinen KMU gibt es oft kein Entwicklungsmanagement oder übergeordnete Leitungsebene, die Fehler korrigiert oder die Vorgehensweise der Entwickler beeinflusst (ENGELMANN 1999, S. 66). Den Entwicklern obliegen das Projektmanagement und die Festlegung der Vorgehensweise mit der Anwendung von Methoden. Die Produktentwicklung und der Methodeneinsatz sind in den KMU besonders von den individuellen Fähigkeiten, Eigenschaften und Schwächen der einzelnen Entwickler abhängig, die dadurch den Entwicklungserfolg bestimmen (ENGELMANN 1999, S. 59). Aufgrund der Aufgabenfülle kann ein Großteil der Entwickler ihren Arbeitstag nicht voll planen, sondern muss sich flexibel jeder Situation anpassen und die Tätigkeiten nach der Bedeutsamkeit priorisieren. Zum Beispiel müssen die Entwickler während ihrer Aufgabenbearbeitung auch an anderen Problemen und deren Lösungen mitwirken können (ENGELMANN 1999, S. 66). Aufgrund der starken Einbindung in das operative Geschäft finden sie im Gegensatz zu Großunternehmen selten die Zeit, ihre Entwicklungs- als auch Fertigungsprozesse fortlaufend zu verbessern und auf dem Stand der Technik zu bleiben (STAUFFER & KIRBY 2003, S. 1).

Sehr häufig ist die Entwicklung direkt dem Unternehmer bzw. der Geschäftsführung unterstellt. Nach einer Umfrage ist es für 40 Prozent der Geschäftsleitungen nicht von Interesse, ob bei der Entwicklung von Sondermaschinen und Vorrichtungen methodisch vorgegangen wird. Ablehnende Argumente sind Zeit- und damit Kostengründe sowie, dass sich der Aufwand für die geringe Stückzahl nicht lohnt (ENGELMANN 1999, S. 76). Bei großen Stückzahlen sieht dieses mit 85 Prozent der befürwortenden Unternehmer anders aus. Die Frage bleibt aber offen, wie viele von den Unternehmern den Einsatz von Strategien und Methoden im Alltag einfordern und kontrollieren.

Bei den Vorgehensweisen kann zwischen Strategien und Methoden unterschieden werden. Methoden sind dabei als plan- und regelbasierte Vorgehensweisen zum Erreichen eines Ziels definiert (LINDEMANN 2004, S. 288). Hilfsmittel dagegen unterstützen die Handelnden bei der Durchführung der Methode. Strategien sind wie Methoden eine plan- und regelbasierte Vorgehensweise zum Erreichen eines Ziels, haben gegenüber Methoden aber einen eher prinzipiellen und längerfristigen Charakter.

Bezüglich der Strategien ist bei den KMU zu beobachten, dass in den einzelnen Planungsebenen und -phasen nur geringe Anteile an explizit formulierten Zielvorstellungen und Strategien vorzufinden sind. HAAKE (1987, S. 232) weist in einer europäischen Studie nach, dass nur in 14 Prozent der untersuchten Unternehmen langfristige schriftliche Pläne existieren und 28 Prozent formalisierte Planungsprozesse gänzlich ablehnen. In einer Umfrage von SHAW & AITCHISON (2003, S. 2) deuten aber 45 Prozent der befragten Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeiter an, Strategien in der Produktentwicklung einzusetzen. Nach DOMEYER & FLUNDER (1991, S. 136) sind besonders die mittel- und langfristigen Planungen für KMU uninteressant bzw. werden als nicht notwendig erachtet. Dabei zeigten sie einen direkten Zusammenhang zwischen der Strategiedichte und den verfügbaren Finanzen auf. Die untersuchten planenden Betriebe konnten deutlich stärker steigende Umsätze und positivere Erträge vorweisen bei geringerer Zunahme der Arbeitszeit (DOMEYER & FLUNDER 1991, S. 136).

Diese geringen Zahlen sind zum Teil in dem mangelnden Wissen der Führungspersonen begründet (THEUNERT 1999, S. 29) und zum anderen mit der Führungskultur und den Führungsstrukturen. Es existieren i. d. R. keine Stabstellen, die sich mit langfristigen, strategischen Fragen auseinandersetzen, und besonders in kleinen Unternehmen fehlen die Voraussetzungen, um planen zu können (DOMEYER & FLUNDER 1991, S. 135). Fundierte Entscheidungsvorbereitungen sind selten, dagegen werden viele der unternehmerischen Entscheidungen kurzfristig orientiert, situationsabhängig und eher reagierend getroffen (HAHN ET AL. 1990, S. 987).

Bezüglich des Einsatzes von Methoden in der Produktplanung und Entwicklung gibt es wenige Untersuchungen die zwischen KMU und Großunternehmen unterscheiden. Allgemein scheint die Anwendung von Methoden deutlich zu steigen (ZANKER 1999, S. 47), dennoch ist der Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung nach GROBOWSKI & GEIGER (1997, S. 41) immer noch ein Problembereich. Diese ermittelten in einer Befragung nach dem Einsatz von Produktentwicklungsmethoden in der Praxis von Unternehmen die in Bild 2.2-4 dargestellten Werte.

In sehr kleinen Entwicklungsabteilungen der KMU wird die Konstruktionsmethodik oft nicht angewendet (ENGELMANN 1999, S. 75). Nach BONACCORSI & MANFREDI (1999, S. 413) nimmt die Wahrscheinlichkeit eines Einsatzes von Methoden mit der Unternehmensgröße zu, ebenso wie mit der zur Verfügung stehenden Zeitdauer für die Entwicklungsaufgabe. Der Einsatz von einer hohen Anzahl von Methoden führt in vielen Fällen zu positiven Auswirkungen auf die Produktqualität, Entwicklungskosten, -zeit und Grad der Erfüllung der

Kundenanforderungen. Zudem führt der Methodeneinsatz zu gut formalisierten, organisierten und dokumentierten Entwicklungsprozessen (BONACCORSI & MANFREDI 1999, S. 416).

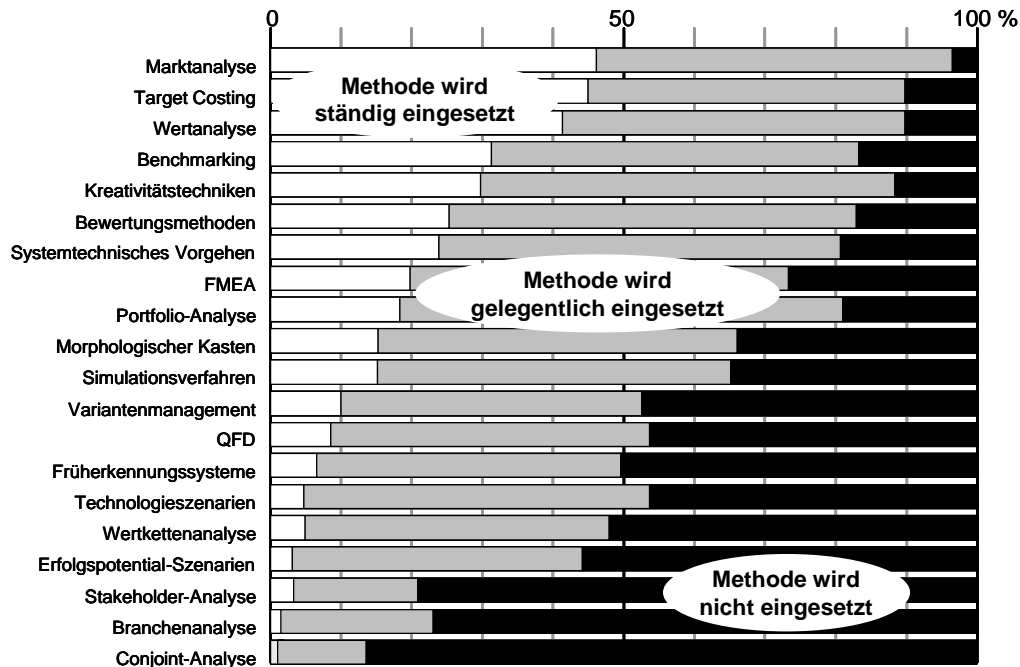


Bild 2.2-4: Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung von Unternehmen nach (GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 40)

Generell werden von KMU die Methoden bevorzugt, die wenig aufwendig sind und ein gutes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen haben. Dabei sind diese nicht unbedingt die Methoden, die zu dem optimalen Ergebnis führen (ENGELMANN 1999, S. 46). In einer Befragung von ENGELMANN (1999, S. 84) unter deutschen KMU wurden die am häufigsten verwendeten Methoden und Hilfsmittel in folgender Reihenfolge genannt (siehe Tabelle 4). Die einzelnen Verwendungen sind dabei sehr stark abhängig von der Altersstruktur der Entwicklungsabteilung.

Rang	Methoden & Hilfsmittel	Rang	Methoden & Hilfsmittel
1	Anforderungsliste	7	2D-CAD-Systeme
2	Zulieferkatalog	8	Handskizzen
3	Firmenprospekte	9	Reißbrett
4	Konventioneller Musterbau	10	Berechnungsprogramme
5	Fragelisten	11	Rapid Prototyping
6	Checklisten	12	3D-CAD-Systeme

Tabelle 4: Reihenfolge der am häufigsten verwendeten Methoden und Hilfsmittel nach ENGELMANN (1999, S. 85).

Anstatt der Konstruktionskataloge werden i. d. R. Zulieferkataloge und Firmenprospekte verwendet (ENGELMANN 1999, S. 85). Zu den persönlichen Problemlösungsstrategien der Entwickler wurde immer wieder genannt, dass es wichtig ist, Abstand zur Problematik zu gewinnen und nach einer gewissen Phase in Ruhe über das Problem nachzudenken sowie geeignete Gesprächspartner zu suchen und über die Problematik zu sprechen (ENGELMANN 1999, S. 85).

Nach STAUFFER & KIRBY (2003, S. 1) sind die wichtigsten Faktoren für die Probleme in der Entwicklung von KMU, die ungeeigneten Vorgehensweisen beim Management der Entwicklungsprozesse, der Mangel an qualifiziertem Personal, die fehlende Disziplin zum Befolgen von Unternehmensrichtlinien und ein ungenügendes Methodentraining. Zudem fehlt der Kontakt zum Markt und zur späteren Nutzung der Produkte. Nur wenige der Entwickler sind nach der Entwicklung noch mit dem Produkt involviert und wissen was geschieht, nachdem das Produkt das Unternehmen verlassen hat (STAUFFER & KIRBY 2003, S. 2). Das Denken in Produktlebenszyklen und das Betrachten des Produktlebensweges ist nicht weit verbreitet und Produktlebenszyklus-Modelle werden in Mittelstandsunternehmen nur selten angewendet (REHN 1998, S. 122). Die Situation in vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen bietet daher große Potenziale für die Produktlebenswegbetrachtung der integrierten Produktpolitik.

Allgemein lässt sich zusammenfassen, dass Strategien, Methoden und Hilfsmittel zur Produktentwicklung und für die Integrierte Produktentwicklung in kleinen und mittelständischen Unternehmen nicht nur angepasster, sondern vor allem auch einfacher ausgestaltet werden müssen. Die Vorgehensweise des Unternehmers und der einzelnen Entwickler mit ihren alltäglichen Problemen muss im Vordergrund für eine Integrierte Produktpolitik stehen.

#### 2.2.3.2 Umweltorientierung in KMU

Im Kontext der neuen EU-Öko-Audit-Verordnung (EMAS-Verordnung; COMMISSION 2001C) und der international geltenden DIN ISO 14.001ff. (DIN EN ISO 14.001 1996) wurden kleine und mittelständische Unternehmen vom ISO Institut Köln in einer breit angelegten Umfrage nach ihrem Umgang mit dem betrieblichen Umweltschutz gefragt. Dabei wurden Fragebögen an ungefähr 5.000 Unternehmen geschickt, von denen ca. 650 Antworten ausgewertet werden konnten. Die Rückmeldungen stammen zu gleichen Anteilen aus der Branche Chemie, Gummi und Kunststoffe, der Branche Maschinen- und Anlagenbau, der Branche Verlage, Druck und Papier sowie der Branche Nahrungs- und Genussmittel. Im Folgenden sind die wesentlichen Erkenntnisse aus dieser Befragung zusammenfasst (JÄGER ET AL. 1998).

Der Umweltschutz spielt in der Branche Chemie, Gummi und Kunststoffe die größte Rolle. Während die Nahrungs- und Genussmittel-Branche kräftig aufholt, fallen die Branchen Verlag, Druck und Papier sowie Maschinen- und Anlagenbau deutlich hinter die beiden anderen Branchen zurück. Es gibt in allen Branchen Vorreiter, welche nach EMAS zertifiziert sind.

Die Umweltschutzaktivitäten der Unternehmen nehmen mit der Betriebsgröße zu, wobei Unternehmen diese generelle Tendenz durchbrechen, die sich auf ein ökologisches Marktsegment spezialisiert haben. Als Begründung für und gegen den betrieblichen Umweltschutz werden vor allem Markterfordernisse angegeben, d. h. die Sicherung des wirtschaftlichen Erfolges. In der Umsetzung werden technische und materialbezogene Maßnahmen deutlich stärker als organisatorische und produktbezogene Umweltschutzmaßnahmen beachtet. In kurz- und mittelfristigen Planungen spielt die Stärkung von Umweltschutzaktivitäten eine absolut untergeordnete Rolle. Es dominieren die betriebswirtschaftlichen Planungsziele wie Marketing und Absatz fördern, Kosten senken sowie die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit (Bild 2.2-5).

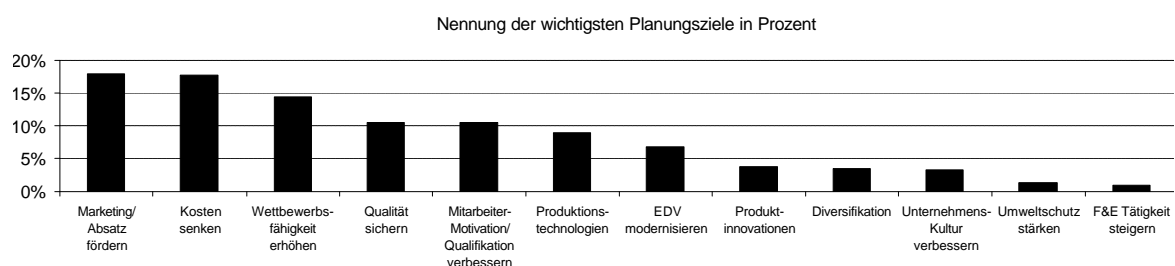


Bild 2.2-5: Wichtigste Planungsziele der Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus für die nächsten drei Jahre (JÄGER 1998, S. 22)

In der Vergangenheit zielten Umweltschutzmaßnahmen besonders auf Kostenreduzierung und Minderung von Haftungsrisiken. Zum Zeitpunkt der Befragung erwarten die Unternehmen von der Einführung des Umweltmanagements insbesondere einen Marketingvorteil und Imagegewinn. Gegen die Einführung eines Umweltmanagements spricht aus Unternehmenssicht vor allem die Erwartung von Kostensteigerung und Mehrarbeit für die Mitarbeiter. Darüber hinaus werden erhebliche Informations-, Schulungs- und Organisationsprobleme befürchtet (Bild 2.2-6). Umweltschutz im Unternehmen ist nach wie vor eine Entscheidung des Chefs. Die direkte Einflussnahme der Mitarbeiter spielt eine erheblich geringere Rolle.

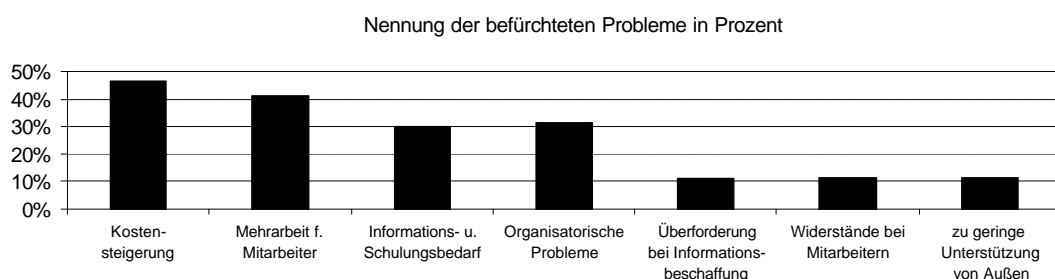


Bild 2.2-6: Die von Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus befürchteten Probleme bei der Einführung von Umweltmanagement (JÄGER 1998, S. 40)

Unter den befragten Unternehmen kennt nur ein Drittel die EU-Öko-Audit-Verordnung. Die Mehrheit kennt sie gar nicht oder nur teilweise. Nur 20 Prozent der befragten Unternehmen streben eine Zertifizierung nach der EMAS-Verordnung an, wohingegen mehr als 40 Prozent eine Teilnahme klar ablehnen. In den Überlegungen der Unternehmen spielt die internationale Norm ISO 14.001 eine äußerst geringe Rolle. Dagegen verfügen 44 Prozent der befragten Unternehmen über ein Qualitätsmanagement nach ISO 9000ff. Andere Managementsysteme sind mehr oder weniger nicht vorhanden.

Die Inanspruchnahme von Beratungen zur Weiterentwicklung des betrieblichen Umweltschutzes wird sehr zurückhaltend eingeschätzt, obwohl die mit Umweltberatungen gesammelten Erfahrungen eher positiv bewertet werden. Nur wenige der befragten Unternehmen sind bereit, die Kosten der Beratungen zu übernehmen. Eine Unterstützung bei der Umsetzung des Umweltmanagements erwarten die Unternehmen insbesondere von ihren Kammern und den zuständigen Branchenverbänden.

Leider geht die Studie nicht darauf ein, inwieweit die Rückmeldungen repräsentativ sind. Es ist zu vermuten, dass Unternehmen, die sich institutionalisiert mit Umweltschutz und der Zertifizierung nach der EMAS-Verordnung beschäftigen, aufgeschlossener gegenüber einer Umfrage sind und sich eher die Zeit für die Bearbeitung nehmen. Die Erkenntnisse werden grundsätzlich von einer Vielzahl anderer Untersuchungen unterstützt (DANNHEIM 1999; REITER 2003; WENDT 1999). So fanden SCHÜLEIN ET AL. (1994, S. 77) z. B. heraus, dass die Entscheidung aktiv Umweltschutz zu betreiben besonders an der individuellen Motivation des Unternehmers liegt.

KELLER & LÜCK (1995, S. 18) zeigen die Ergebnisse einer Umfrage, inwieweit nach Aussagen von Unternehmern der Umweltschutz die Erreichung anderer Unternehmensziele fördert. Danach setzt sich vermehrt in den Unternehmen die Erkenntnis durch, dass der Umweltschutz auch positive Wirkungen auf andere Unternehmensziele haben kann (Bild 2.2-7). Nur ist die wahrgenommene Förderung bei den wichtigsten Unternehmenszielen, wie z. B. beim Erhöhen des Marktanteils und Senken der Kosten, gering ausgeprägt (siehe Bild 2.2-5).

Obwohl nicht alle gewonnenen Erkenntnisse bezüglich des betrieblichen Umweltschutzes und des betrachteten Umweltmanagements wegen des fehlenden Produktbezugs direkt auf die Integrierte Produktpolitik übertragbar sind, sind sie doch sehr hilfreich. Eine Vorgehensweise zur Einführung der IPP muss die wichtigen Ziele der Unternehmen berücksichtigen und eine starke, positive Beeinflussung durch die beabsichtigte Nachhaltigkeit anstreben sowie dieses den Unternehmen gegenüber kommunizieren. Andererseits muss eine Vorgehensweise den von den Betrieben befürchteten Problemen (siehe Bild 2.2-6) entgegenwirken. Eine Integrierte Produktpolitik, die den Aufwand und den Stellenwert eines zusätzlichen Managementsystems einnimmt, wird nicht akzeptiert. Bei der Konzeption der Vorge-



hensweise ist zu beachten, dass die Unternehmen nicht bereit sind für Beratungen und Schulungen hohe Kosten zu bezahlen.

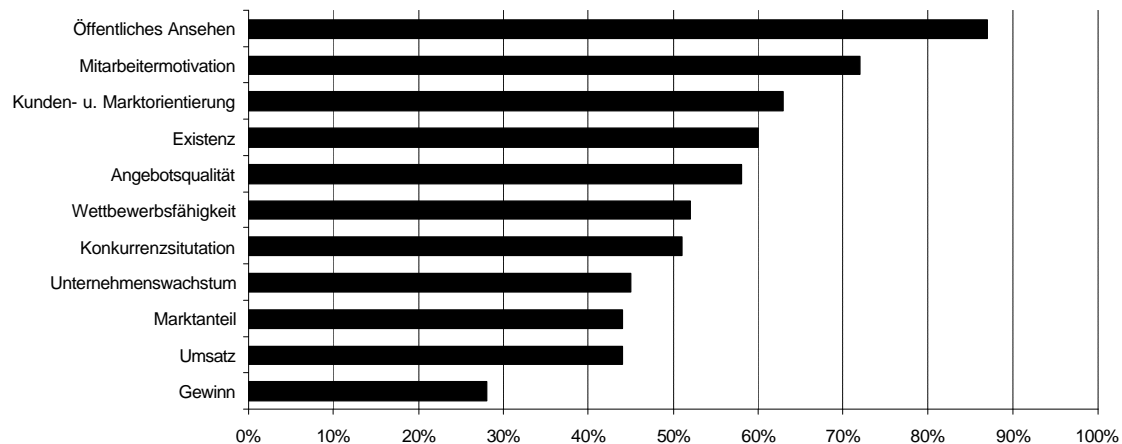


Bild 2.2-7: Umfrageergebnisse zur Förderung der Unternehmensziele durch Umweltschutz (JÄGER KELLER & LÜCK 1995, S. 18)

Zum Stand des produktbezogenen Umweltschutzes in der deutschen Industrie gibt die Umfrage „Green Engineering“ des VDI im Jahre 1999 mit 263 befragten Unternehmen einige Hinweise, die aber nicht nach der Unternehmensgröße differenziert werden (UTERMÖHLEN 2000, S. 14). Die Umfrage brachte wesentliche Defizite bei der Berücksichtigung von Umweltkriterien bei der Produktentwicklung in Deutschland zutage. Danach gibt es eine erhebliche Diskrepanz zwischen dem ökologischen Anspruch und der Wirklichkeit in der Praxis sowie bedenkliche Wissenslücken. Über 90 Prozent der befragten Entwickler halten ökologische Kriterien bei der Produktentwicklung für sehr wichtig. Nur wenige der Unternehmen können aber zurzeit klare Konzepte vorweisen, wie die Entwicklung des Umweltschutzes, der Rohstoffverknappung, der sich dynamisch entwickelnden Umweltgesetzgebung systematisch in die Produktentwicklung einfließt. Viele Unternehmen haben kein ausreichendes Konzept zur Produktrücknahme sowie zur Demontage. Nur 30 Prozent der Teilnehmer verfügten über detaillierte Informationen zum Demontagevorgang. Die Hälfte der Produkte bestanden zu weniger als 25 Prozent aus recyclingfähigem Material oder aus Recyclat-Material und nur bei 45 Prozent sind die schadstoffhaltigen Bauteile leicht erkennbar und zerstörungsfrei ausbaubar. Nur wenige Unternehmen nutzen Methoden zur ökologischen Bewertung der Produkte, über 2/3 der Befragten kannten die Methoden entweder nicht, fanden sie zu aufwendig oder die Anwendung unsinnig. Jeder dritte Teilnehmer gab an, die Umweltauswirkung seiner Produkte nicht zu kennen (STEINMETZER 2001, S. 15). Bei einer alleinigen Befragung von Entwicklern aus kleinen und mittelständischen Unternehmen würden die Zahlen wahrscheinlich noch schlechter ausfallen. Auch hier ist zu vermuten, dass die teilnehmenden Unternehmen nicht repräsentativ sind, wofür die hohe Zustimmung zu der

hohen Bedeutung ökologischer Kriterien bei den befragten Entwicklern spricht. Es ist anzunehmen, dass die Ergebnisse jener Unternehmen, die nicht geantwortet haben, im Schnitt schlechter sind. Teilweise vergleichbare Aussagen finden COSTA & GOUVINHAS (2003) für KMU in Brasilien.

Für die Integrierte Produktpolitik kann daraus gefolgert werden, dass in KMU meistens noch viele ökologische Verbesserungspotenziale der Produkte ungenutzt und große Defizite bezüglich ökologischem Wissen, Informationen und Methoden vorhanden sind. In einer geeigneten Vorgehensweise zur Einführung der IPP müssen die große Unkenntnis oder die Ablehnung der Methoden zur ökologischen Bewertung berücksichtigt werden.

## 2.3 Stand der Forschung

Wie gestaltet sich der relevante Stand der Forschung für die Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen? Wenn die Integrierte Produktentwicklung in der in Kapitel 2.1. beschriebenen Form auch noch relativ neu ist und wenige wissenschaftliche Arbeiten verfügbar sind, so gibt es dennoch umfangreiche Forschungstätigkeiten auf sehr verwandten Gebieten, die eine hohe Relevanz für das Thema haben. Aus diesem Grund wird der Stand der Forschung zur umweltgerechten Produktentwicklung dargestellt, um dann verschiedene Aktivitäten auf dem Bereich der Integrierten Produktpolitik zu untersuchen. Abschließend wird das Thema der Implementierung von Methoden beleuchtet. Die in dieser Arbeit vorgestellten Ansätze stellen dabei lediglich die im Kontext der vorliegenden Untersuchung wichtigsten Forschungsprojekte und Trends dar. Ein vollständiger Überblick würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen und ist deshalb nicht realisierbar.

### 2.3.1 Umweltgerechte Produktentwicklung

Im Folgenden soll der Frage nachgegangen werden, was eine umweltgerechte Produktentwicklung ist und welche Ansätze und Methoden für die Unterstützung der Entwickler in den vergangenen Jahren entwickelt wurden. Bei der Entwicklung der Unterstützungen lassen sich drei verschiedene Trends erkennen, die durch die beteiligten Gruppen und verschiedene Forschungsbereiche bedingt wurden (GRÜNER 2001, S. 8). Eine Richtung ist die allgemeine Produktentwicklungsforschung, welche das methodische Vorgehen bei der Entwicklung untersucht und Hinweise für die Berücksichtigung und Integration von Umweltaspekten gibt. Aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Umweltwissenschaften stammen Methoden zur Bewertung der durch Produkte verursachten Umweltbeeinträchtigungen. Schließlich entwickelten verschiedene Forschungsgruppen Methoden für die umweltorientierte Optimierung innerhalb einzelner Lebensphasen der Produkte (GRÜNER 2001, S. 8). Einige Unterstützungskonzepte bestehen aus einer Mischung verschiedener Elemente dieser Richtungen. Die relevanten Ergebnisse dieser Trends werden im Weiteren näher dargestellt.

#### 2.3.1.1 Umweltbeeinträchtigungen durch Produkte

Wie ist die Ursache-Wirkungskette zwischen den Produkten und der Umwelt? Wann sind Produkte in diesem Zusammenhang umweltgerecht? Diese grundlegenden Zusammenhänge sollen im Folgenden kurz beleuchtet werden.

Die internationale Norm für Umweltmanagementsysteme definiert den Begriff Umwelt als Umgebung, in der eine Organisation tätig ist. Zu der Umgebung gehören Wasser, Boden, Luft, natürliche Ressourcen, Flora, Fauna, der Mensch sowie zugehörige Wechselwirkungen zwischen den Elementen der Umwelt (DIN EN ISO 14.001). Der Begriff der Umwelt steht in enger Wechselwirkung mit der Ökologie und wird häufig synonym verwandt. Dieser kann wie folgt definiert werden: „Ein Ökosystem ist ein Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren anorganischer Umwelt, das zwar offen, aber bis zu einem gewissen Grade zur Selbstregulation befähigt ist“ (ELLENBERG 1973, S. 1). Das menschliche Handeln mit den Energie- und Stoffströmen der entsprechenden Prozesse wirkt auf die Vielzahl von Stoff- und Energiekreisläufe des Ökosystems ein und kann die Selbstregulierung beeinflussen. Dieses kann zu positiven oder zu negativen Umweltauswirkungen führen. Die Umweltauswirkungen können zu ökologischen Veränderungen führen und die Lebensgrundlage der Lebewesen beeinträchtigen. In diesen Fällen wird von Umweltbeeinträchtigungen oder bei dauerhafter Veränderung von Umweltschäden gesprochen (ELLENBERG 1993, S. 462). Mit diesen Definitionen ist auch der Verbrauch der nicht erneuerbaren Rohstoffe eingeschlossen, da er die Existenzgrundlage der Menschen beeinträchtigt (DANNHEIM 1999, S. 10). Nach DANNHEIM hat der Begriff der Umweltgerechtigkeit einen relativen Charakter, der immer im Bezug zu einer der Situation angemessenen Referenz gesehen werden muss. „Umweltgerecht“ ist somit als „relativ wenig umweltbeeinträchtigend“ zu verstehen (DANNHEIM 1999, S. 10).

Die Produkte selber verursachen i. d. R. keine Umweltschädigungen, sondern die Energie- und Stoffströme der bedingten Prozesse im Lebenslauf des Produktes wirken auf die Umwelt ein (Bild 2.3-1). Nicht zu vernachlässigen sind die Umweltbeeinträchtigungen, die für die Bereitstellung der benötigten Ressourcen, z. B. Maschinen, Produktionshalle, etc., anfallen. Die Informationsströme verursachen i. d. R. nur relativ geringe Beeinträchtigung, wie z. B. durch den Bedarf an Papier oder an einer IT-Infrastruktur, und werden in der Betrachtung der Umweltgerechtigkeit vernachlässigt.

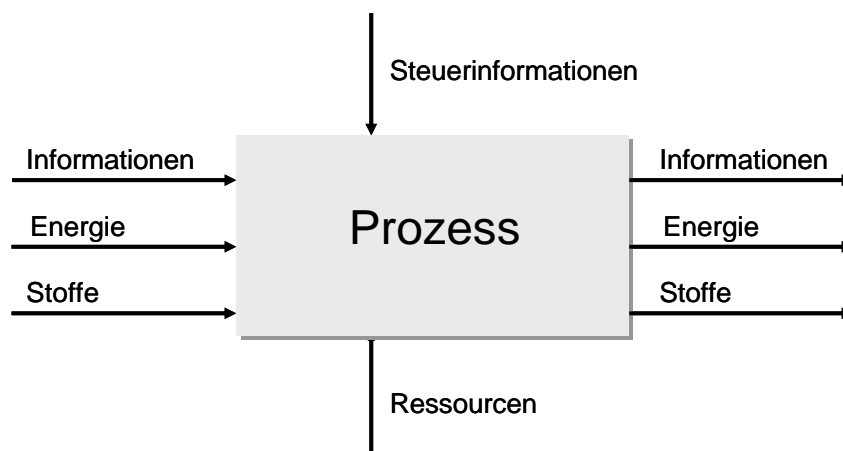


Bild 2.3-1: Darstellung eines Prozesses nach der Methode SADT (MARCA 1986)

Die Prozesse im Lebenslauf eines Produktes sind in der Realität sehr vielfältig und komplex. Sie werden in den meisten Betrachtungen in einem Modell aus verschiedenen Lebensphasen zusammengefasst und verallgemeinert. Die verschiedenen Ansätze grenzen die Lebensphasen im Produktlebenslauf häufig sehr unterschiedlich voneinander ab. I. d. R. wird zwischen den Lebensphasen der Entwicklung und Produktion als Produkterstellung sowie der Nutzung und der Entsorgung unterschieden. Diese Phasen werden je nach Bedarf weiter differenziert, z. B. kann die Produktplanung gesondert betrachtet, die Produktion in die Rohstoff-, Werkstoff-, Halbzeugherstellung, Fertigung und Montage unterteilt werden. Bei der Nutzungsphase werden noch die Inbetriebnahme, Instandsetzung, Außerbetriebstellung unterschieden und die Entsorgung wird in das Recycling und die Beseitigung unterteilt. Die Transportprozesse werden häufig nicht gesondert betrachtet, da diese sowohl in als auch zwischen den verschiedenen Lebensphasen stattfinden. Manchmal werden auch nur die Distribution und die Rücknahme als Phase vor und nach der Nutzung differenziert. Der Vertrieb und Handel entfällt in den meisten Betrachtungen. Eine Sichtweise der verschiedenen Phasen des Produktlebenslaufs ist in Bild 2.3-2 dargestellt.

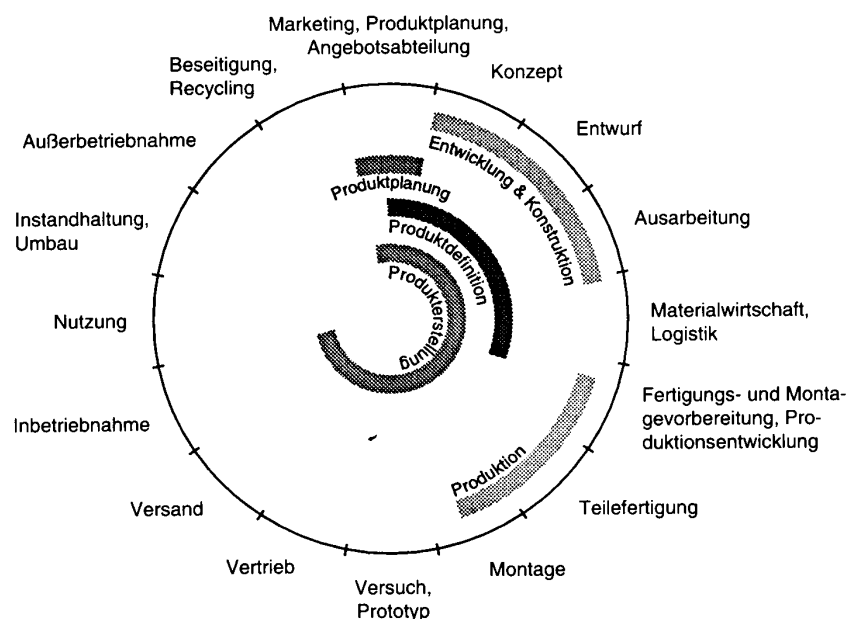


Bild 2.3-2: Eine Sichtweise der verschiedenen Phasen des Produktlebenslaufs (Ehrlenspiel 2003, S. 258)

Durch die Definition der Produkte in der Entwicklung werden zum großen Teil die Prozesse im Produktlebenslauf (EHRENSPIEL 1995, S. 258FF) und die dadurch verursachten Umweltbeeinträchtigungen festgelegt (Bild 1.2-1; LINDEMANN & MÖRTL 2001). ZÜST (1996, S. 8) stellt den qualitativen Zusammenhang zwischen festgelegten und angefallenen Umweltbeeinträchtigungen der verschiedenen Lebensphasen wie folgt dar (Bild 2.3-3).

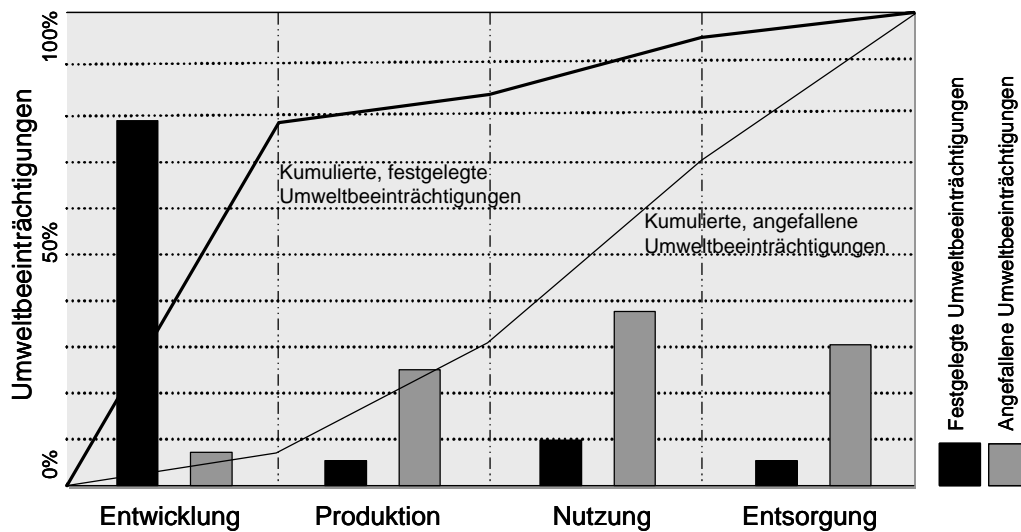


Bild 2.3-3: Festgelegte und angefallene Umweltbeeinträchtigungen über den Lebenslauf (ZÜST 1996)

Die dargestellten Werte sind nur qualitativ zu betrachten, da sie zwischen verschiedenen Produkten sehr stark schwanken. Wie bei der Kostenfestlegung, die zu etwa 70% durch die Entwicklung erfolgt (EHRENSPIEL 1995, S. 258FF.) und bei Beispielen aus der Elektroindustrie nach ZÜST & WAGNER (1992, S. 473) bis zu 95% betragen kann, schwankt auch die relative Umweltbeeinträchtigung der einzelnen Lebensphasen zwischen den Produkten. Zum Beispiel entstehen nach Aussage von CADUFF & ZÜST (1997, S. 40) fast 80% des Energieverbrauchs eines elektrotechnischen Geräts in der Nutzungsphase, der zum großen Teil in der Entwicklung festgelegt wird. Die Entwicklung trägt daher eine hohe Verantwortung für die Umwelteigenschaften und die resultierenden Umweltbeeinträchtigungen der Produkte.

### 2.3.1.2 Umweltaspekte in der klassischen Produktentwicklung

In den Anfängen der Entwicklung der Konstruktionslehre in der Mitte des 19. Jahrhunderts standen die Funktionalität des Produktes und der Entwicklungsprozess im Vordergrund (HELLIGE 1994, S. 291). Erst mit der Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik mit dem Entropieansatz begann die Diskussion darüber, dass die Energievorkommen begrenzt sind. Schonende Umgangsformen durch Gleichgewichts- und Kreislauftechniken wurden gefordert. Diese Forderungen blieben aber angesichts der fortschreitenden Erschließung von Energie- und Rohstoffvorkommen erfolglos (KLÖCKER 2000, S. 7).

Ende des 19. Jahrhunderts kam es zu der Entstehung der energetischen Bewegung aus einem kleinen Kreis von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern, die Ansätze zum Energiesparen auf gesellschaftliche und wirtschaftliche Bereiche übertragen wollten (KLÖCKER 2000, S. 7). Eine weit reichende Resonanz fand die Bewegung aufgrund einer hochkonjunkturbe-

dingten Kohleknappheit und gewann durch die allgemeine Rohstoffknappheit im Ersten Weltkrieg und den Folgejahren einen festen Platz in der Politik. Die Entwickler bekamen die Aufgabe den Wirkungsgrad zu erhöhen sowie gleichzeitig den Werkstoffverbrauch und den Fertigungsaufwand zu senken (HELLIGE 1994, S. 299). Mitte der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde die energetische Bewegung durch die fertigungsgerechte Konstruktion ersetzt, die auf einfache Produktgestaltung und die Massenfertigung in Großserien setzte (HELLIGE 1994, S. 302).

In den 30er Jahren begann dann die Entwicklung der wissenschaftlichen Konstruktionsmethodik unter den maßgeblichen Einfluss von WÖGERBAUER (1940) und KESSELRING (1954). Innerhalb des Dritten Reichs verfolgte sie das Ziel des werkstoffsparenden Konstruierens und der Wiederverwertung von Abfällen und Ausschuss (HELLIGE 1994, S. 304). KESSELRING machte einen minimalen Stoffeinsatz zum Kern der von ihm entwickelten Methode der technisch-ökonomischen Konstruktionsbewertung. WÖGELBAUER verknüpfte zuerst Empfehlungen und Richtlinien mit einer Systematik der Produktionsstufen und gelangte so zu einem Modell mit geschlossenem Rohstoff- und Produktzyklus. In den Nachkriegsjahren mit dem verbesserten Angebot an Rohstoffen verdrängte der Aspekt der Rationalisierung mit dem fertigungs- und montagegerechten Konstruieren diese Bewegung und der Grundsatz des werkstoffsparenden Konstruierens sowie die Ansätze der recyclingorientierten Produktion verloren an Bedeutung (KLÖCKER 2000, S. 8).

Erst durch die Wachstumsdebatte und der durch den Club of Rome in Auftrag gegebenen Studie „Grenzen des Wachstums“ von MEADOWS ET AL. (1972) wurde das Thema Ressourcenschonung und Umwelt wieder aktuell und durch die Ölkrisen in den Jahren 1973-75 und 1979-1982 sowie den ersten Entsorgungsproblemen wieder öffentlich diskutiert. Mitte der 70er Jahre gewann auch im Rahmen der Konstruktionswissenschaften das Thema Recycling und Ressourcenschonung wieder an Bedeutung (KLÖCKER 2000, S. 9). Es wurden Methoden und Hilfsmittel zur Ressourcenschonung und Bildung von Stoffkreisläufen entwickelt. Dabei standen zuerst produktspezifische Recyclingmethoden, z. B. für Autos oder Waschmaschinen und Kühlschränke, im Vordergrund (KLÖCKER 2000, S. 10).

Der zu Beginn der 80er Jahre entstandene Entwurf der VDI-RICHTLINIE 2243 (1993) mit den verschiedenen Unterscheidungen des Recyclings (Bild 2.3-4), deren Endfassung aber erst 10 Jahre später in Kraft trat, und die Forschung am Fraunhofer IPA Institut förderten besonders die produktübergreifende Recyclinggerechtigkeit (BEITZ 1990; STEINHILPER 1988). Im Lehrbuch „Konstruktionslehre“ von PAHL & BEITZ (1986) wird erstmals die Anforderung „recyclinggerecht“ als Gestaltungskriterium aufgenommen. Seitdem beschäftigen sich viele Forschungseinrichtungen und Institutionen mit dem Themenkomplex Recycling (BEITZ 1991; BIRKHOFFER 2000A; LINDEMANN ET AL. 2000; VDI-2246 1996<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> VDI-RICHTLINIE 2246 (1996) wurde zurückgezogen und ersetzt durch VDI-RICHTLINIE 2246 (2001).

Unterscheidung gemäß VDI-Richtlinie 2243 (1993)		
<b>Recycling von Produktionsabfällen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sortenreine Erfassung der Produktionsabfälle</li> <li>• Aufbereitung von Gemengen, z.B. Hilfs- u. Betriebsstoffen</li> </ul>	<b>Produktrecycling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufarbeitung bzw. Überholung mit fertigungstechnischem Prozess (Demontage, Reinigung, Prüfen und Sortieren, Bauteil-aufarbeitung, Wiedermontage) zur erneuten Verwendung der Gestalt und Eigenschaften des Produktes</li> <li>• Instandhaltung</li> <li>• beide Verfahren gewinnen an Bedeutung durch die Industrialisierung der Demontage</li> </ul>	<b>Altstoff- und Materialrecycling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In mehreren Verwertungsoperationen Zerkleinern in Prall- oder Shreddermühlen und Separation sowie Klassierung der Werkstoffe</li> <li>• Voraussetzung: Vorbereitende Demontage bei komplexen Produktstrukturen</li> <li>• Altstoffgruppen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Metallschrott wird praktiziert</li> <li>- Altkunststoff häufig nicht sortenrein</li> </ul> </li> </ul>

Bild 2.3-4: Kreislaufgedanke gemäß VDI-RICHTLINIE 2243 (1993, Blatt 1)<sup>1</sup> nach MÖRTL (2002, S. 12)

Aus Amerika kamen zur gleichen Zeit erstmals Ansätze zur stärkeren Berücksichtigung der Nutzungsphase mit den Themen „Rebuilding“ und „Remanufacturing“ (HAYNSWORTH 1987; LUND 1994; AMEZQUITA 1995, S. 1060; DANNHEIM 1999, S. 22).

Durch Verschärfung von Umweltproblemen wie dem Deponierungs- und Entsorgungsproblem Anfang der 90er Jahre und der Reaktion der Bundesregierung mit der Verabschiedung der Verpackungsverordnung im Jahre 1993 sowie dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KRW/ABFG 1994) im Jahre 1994 gewann die Umweltthematik und das umweltgerechte Konstruieren stark an Bedeutung. Seit 1992 häuften sich wissenschaftliche Publikationen zum Thema recyclinggerechte und demontagegerechte Produktentwicklung auf der jährlichen CIRP-Tagung (JOVANNE ET AL. 1993, S. 651; ALTING ET AL. 1993, S. 163) und eine eigene Life-Cycle-Design Arbeitsgruppe wurde gegründet (DANNHEIM 1999, S. 22). Der Einsatz der Informationstechnologie zur automatisierten Bewertung der Demontagegerechtheit (HARTEL 1997; MEERKAMM & WEBER 1996; WEBER 1998) und zur kostengünstigen Automatisierung der Demontage soll die Umsetzung unterstützen (KLIMMEK 1997; TRITSCH 1996). Diese Systeme wollen die Entwickler im Entwicklungsprozess besser informieren und bei Entscheidungen unterstützen (DIETRICH ET AL. 2000; HERMANN 2000; KRAUSE ET AL. 1997; STEINHILPER 1997; SPATH ET AL. 1997; TRAUTNER 2002; ZÜLCH ET AL. 1996). Im Jahr 1996 wurde der Sonderforschungsbe- reich SFB 281 „Demontagefabriken zur Rückgewinnung von Ressourcen in Produkt- und Materialkreisläufen“ an der Technischen Universität Berlin gegründet, um Themenstellungen der De- und Remontage in Instandhaltung und Aufarbeitung von Produkten und Komponenten zu untersuchen. Dabei geht es auch um Fragen der arbeitsorganisatorischen Um-

<sup>1</sup> VDI-RICHTLINIE 2243 (1993) wurde zurückgezogen und ersetzt durch VDI-RICHTLINIE 2243 (2002).



setzung einschließlich des soziologischen, technischen Umfeldes (HABERLAND ET AL. 1997). Dafür wurden neue Demontagewerkzeuge entwickelt (WAGNER & SELIGER 1996; FELDMANN & MEEDT 1996). Die verschärften gesetzlichen Rahmenbedingungen bewegten die Industrie, vor allem die Massengüterindustrie, diese Ansätze seit Anfang der 90er Jahre umzusetzen. Für elektronische und elektrotechnische Geräte entstand im Jahre 1993 die Tagung IEEE, die sich zu einem intensiven Forum für den Austausch von Methoden zwischen Industrievertretern und der Wissenschaft entwickelte (WEULE 1993; RENZ 1993). Die Industrie zielte dabei besonders auf einfache und praxistaugliche Verfahren ab (CHEN 1995; HOFMAN 1995; JOHNSON & GAY 1995). In der elektrotechnischen Industrie der USA wurden zu Beginn der 90er Jahre diese Ansätze im Rahmen von Design for X (DFX) diskutiert (DANNHEIM 2001, S. 23; GETTENBY & FOO 1990). Kleine und mittelständische Unternehmen zögerten bei der Umsetzung in die Praxis. In den USA wurden daher mit staatlicher Förderung allgemeine Leitfäden für die Umsetzung entwickelt (OTA 1992). In Österreich wurden von Wirtschaftsinstituten vergleichbare Anleitungen publiziert (IÖW 1993; SCHMIDT-BLEECK 1995). Vor allem in den skandinavischen Ländern, Großbritannien und den Niederlanden wurden Projekte mit stärkerem Praxis- und Umsetzungsbezug gestartet. Dabei reifte verstärkt die Erkenntnis, dass die Betrachtung des Recycling ausgeweitet werden muss auf die Produktlebensphasen (HEMEL 1998; PAPANEK 1995; TRIPNIS 1993). Im Rahmen des Projektes PROMISE entwickelte die TU Delft aus einer Reihe von Praxisprojekten in den Niederlanden ein Handbuch für Unternehmen (HEMEL 1998).

Neben den Ansätzen zur recycling- und demontagegerechten Produktentwicklung interessierte sich die Forschung für die umweltgerechte Materialwahl und die energiesparende Fertigung, häufig aber mit dem primären Ziel Kosten einzusparen (BEITZ 1990; BÖHLKE 1994, EVERSHIM ET AL. 1994; NAVIN-CHANDRA 1991).

Ein anderer Ansatz ist die Integration von Umweltaspekten in das Qualitätsmanagement (OVERBY 1991; OAKLEY 1993), der aber seit Ende der 90er Jahre durch die immer stärkere Verbreitung von Umweltmanagementsystemen nach der Verabschiedung der ISO 14.001 verdrängt wird (BHAMRA ET AL. 1997; DIN EN ISO 14.001; LENOX ET AL. 1997; FREI 1997).

Seit Anfang der 90er Jahre greift die Forschung zum Entwicklungsprozess der Ingenieurwissenschaften den Umweltaspekt wieder verstärkt auf. Seit 1993 findet zum Beispiel eine eigenständige Session auf den ICED Tagungen und auch auf den Design-Konferenzen statt, deren Beiträge sich mit den konzeptionellen und methodischen Grundlagen der umweltgerechten Produktentwicklung beschäftigen (BEITZ 1993, S. 731FF.; DANNHEIM 1999, S. 23.; KELDMANN 1995, S. 1048 FF.; OELESEN & KELDMANN 1993, S. 747 FF.; ZÜST ET AL. 1995, S. 1023 FF.).

Viele der wissenschaftlichen Ergebnisse sind im Bereich der Konstruktionsmethodik in den Regeln für Design for X (DfX), wie z. B. Design for Environment oder Design for Recycling und Klärung der Anforderungen zu gesetzlichen Umweltvorschriften wieder zu finden. Gleichzeitig ist bei der Entwicklung eines technischen Systems eine Vielzahl von Anforde-

rungen aus verschiedenen Bereichen zu erfüllen (Bild 2.3-5), die sich teilweise auch widersprechen (ROSEMANN 2004, S. 18).

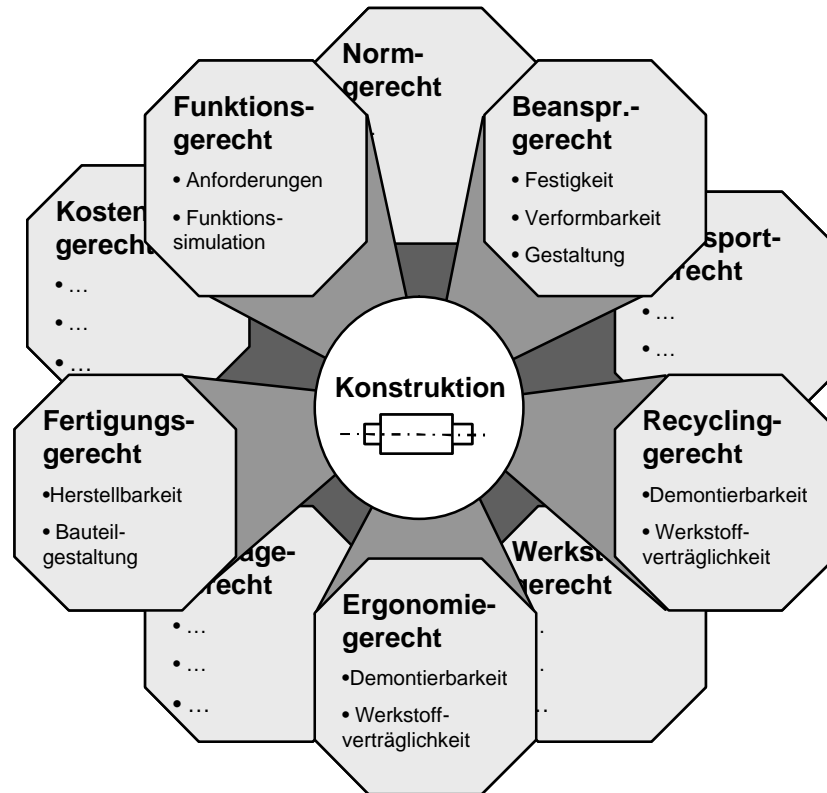


Bild 2.3-5: Wichtige, ausgewählte Anforderungen (X) an ein Produkt im Sinne eines Design for X nach MEERKAMM (1994)

In den letzten Jahren entwickelte sich in der modernen Konstruktionsmethodik sehr nachhaltig eine integrierte Betrachtungsweise des Produktentwicklungsprozesses. Wesentliches Ziel ist es, die Schwächen der arbeitsteiligen Organisation und die geistigen Mauern zwischen den Ableitungen zu überwinden und den Informationsfluss zu verbessern, wie in Bild 2.3-6 dargestellt (EHRENSPIEL 1995, S. 148).

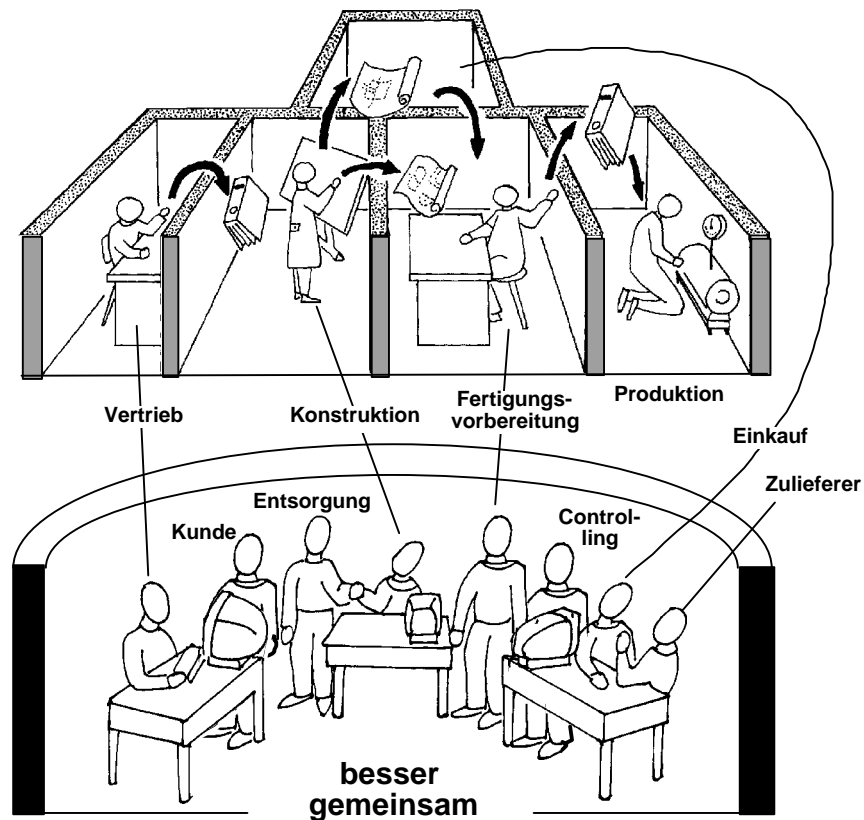


Bild 2.3-6: Überwinden der geistigen Mauern zwischen den Abteilungen durch die Integrierte Produktentwicklung (IP) nach EHRENSPIEL (1995)

EHRENSPIEL (1995, S. 161) benennt drei zu integrierende Bereiche mit den verschiedenen Elementen (Bild 2.3-7) und ordnet diesen verschiedene Methoden zu.

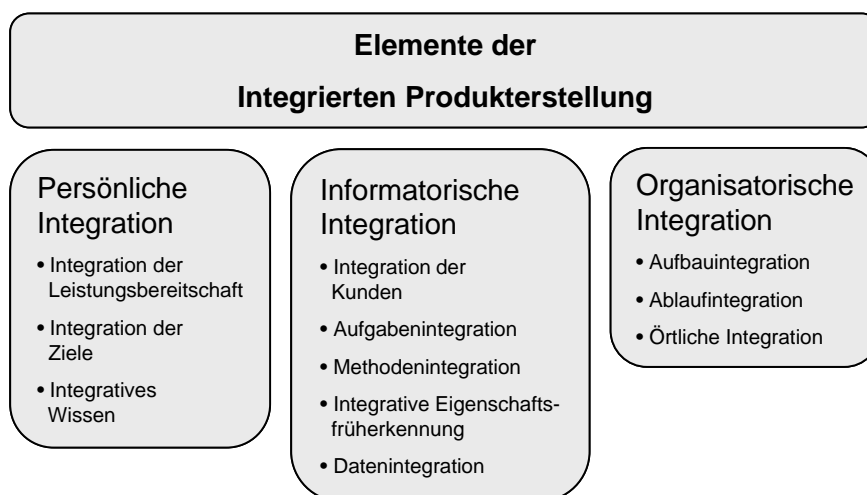


Bild 2.3-7: Elemente der Integrierten Produkterstellung nach EHRENSPIEL (1995, S. 161)

Die Integration soll bewirken, dass Informationswege verkürzt und Arbeitsprozesse parallelisiert werden. Durch die zielorientierte Zusammenarbeit von produkt-, produktions- und vertriebsdefinierenden Bereichen wird der ganzheitliche Charakter verstärkt und die Beteiligten enger in den Prozess eingebunden (EHRENSPIEL 1995).

In der Produktentwicklung müssen eine Vielzahl von verschiedenen Zielsetzungen betrachtet werden, von denen die Minimierung der Umweltbeeinträchtigungen nur eine von vielen ist (Bild 2.3-8). Auch daher besitzt das Ziel der umweltgerechten Produktentwicklung in der heutigen Praxis eine nur untergeordnete Priorität (GRÜNER 2001, S. 8).

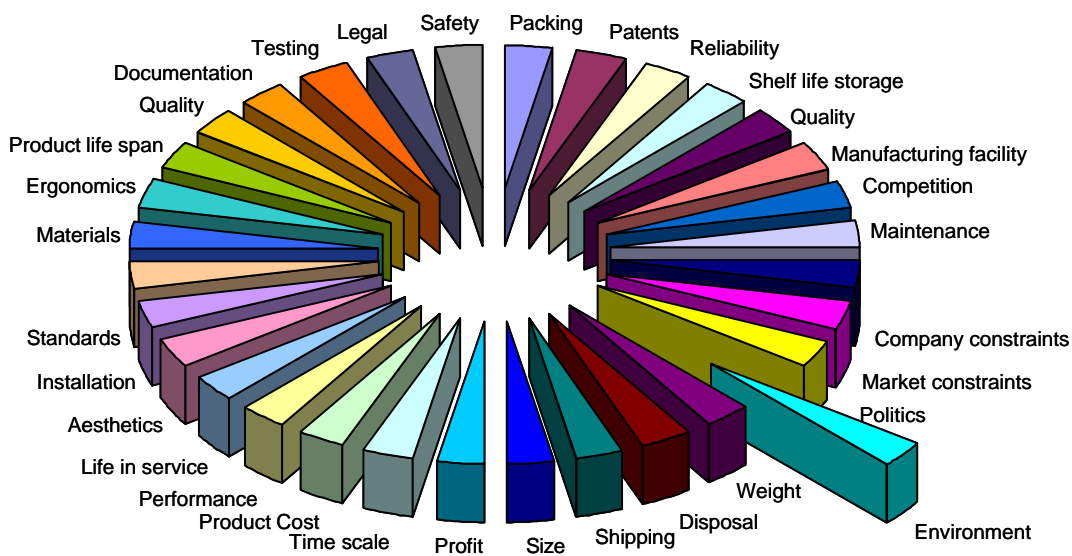


Bild 2.3-8: Verschiedene Aspekte in der Produktentwicklung nach LUTTROP & ZÜST (1998, S. 53)

In vielen Standardwerken der deutschen Produktentwicklungsmethodik wird aus diesem Grund die umweltgerechte Produktentwicklung nur am Rande berücksichtigt (GRÜNER 2001, S. 9). PAHL & BEITZ (1997) gehen nur in der Form auf die umweltgerechte Entwicklung ein, dass zum einen bei der Aufgabenklärung die Impulse aus dem Umfeld, wie Umwelt- und Recyclinganforderungen, zu beachten sind (PAHL & BEITZ 1997, S. 154). Zum anderen verwenden sie den Begriff „Umwelt“ bei der Gestaltungsregel „sicher“ des Design for X, verstehen diesen Begriff allerdings als das Umfeld technischer Systeme. Das recyclinggerechte Konstruieren wird von PAHL & BEITZ detaillierter dargestellt, aber nur die Phase des Recycling und der Entsorgung wird damit verbessert (PAHL & BEITZ 1997, S. 428). Eine ganzheitliche Sichtweise in Bezug zu den Umweltauswirkungen fehlt. ROTH beschränkt sich auf das Produktrecycling und stellt Konstruktionskataloge für Kreislauf- und Verbindungsarten zur Demontage vor (ROTH 1994, S. 226). Umweltbedingte Forderungen an ein Produkt werden von KOLLER beschrieben. Damit sind aber die Wirkungen der Umwelt auf das Produkt gemeint und nicht umgekehrt (KOLLER 1994, S. 159). Hinweise für die ressourcensparende und recyclinggerechte Produktentwicklung werden gegeben (KOLLER 1994, S. 235). EHRENSPIEL

geht in seiner Betrachtung des Produktlebenslaufs auf die Phase des Recyclings und der Beseitigung ein (EHRENSPIEL 1995, S. 120). Bei den Hilfsmitteln für die Anforderungsklä rung werden in einer Checkliste Fragen für die Schnittstelle mit den Menschen/Gesellschaft/Umwelt, wie nach dem Lärm, den Emissionen, dem Recycling oder der Sicherheit gestellt (EHRENSPIEL 1995, S. 318). Für die zugehörigen Gestaltungsrichtlinien verweist er nur auf weiterführende Literatur (EHRENSPIEL 1995, S. 282). LINDEMANN geht auf das Thema Umwelt im Rahmen der Anforderungsklä rung ein (LINDEMANN 2004, S. 86). All diesen Publikationen ist gemeinsam, dass die dargestellten Methoden und Hilfsmittel sich in der Produktentwicklung gut anwenden lassen, aber den Umweltaspekt nur im geringen Maße berücksichtigen. Dieser Aspekt wird aber in vertiefenden Lehrveranstaltungen der Ingenieurausbildung zur Produktentwicklung intensiver behandelt, z. B. bei LINDEMANN (2003).

Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren einige der allgemein in der Produktentwicklung eingesetzten Methoden für Umweltaspekte modifiziert. Beispiele dafür sind die Methode Quality Function Deployment (QFD) und die Methode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Bei der Methode QFD werden im Rahmen des House of Quality neben den Kundenforderungen auch Umwelanforderungen aufgenommen und deren Zusammenhang zu Produktmerkmalen untersucht (DANNHEIM 1999, S. 152FF; HAUSER 1988). Die Methode wird auch dafür verwandt die Umweltaspekte gegeneinander abzuwägen und für die folgende Entwicklung zu priorisieren (CLAUSEN 1995; HEMEL 1995; GRÜNER 2001, S. 11; SORNEBEL & TAMMELER 1995, S. 4FF). Die Methode wird erfolgreich für die Nutzungs- oder Recyclingphase eingesetzt, die Gewichtung durch den Entwickler oder den befragten Kunden bleibt aber sehr subjektiv. Bei der Methode FMEA wird die Risikoprioritätszahl durch eine Umwelt-Prioritätszahl (Environmental Priority Number) ersetzt (LINDAHL 1999, S. 735FF). Durch diese Methode können auch Umweltbelastungen durch Störfälle im Betrieb betrachtet werden und so eine Mischung aus Risiko- und Umwelt-FMEA erreicht werden (KLÖCKNER & MÜLLER 1999, S. 1487; KLÖCKNER 2000, S. 132). Verbreitet ist auch die Anwendung von umweltspezifischen Regelsammlungen und Checklisten, die häufig im Zusammenhang mit einer Ökobilanz genutzt werden (ALTING 1993, S. 12; LEGARTH ET AL. 1994; WIMMER 1999, S. 465; WIMMER 2000, S. 106FF). Häufig sind die Entwickler vom Umfang verunsichert und vermissen bei vielen Regeln den Bezug zu ihren Produkten (GRÜNER 2001, S. 10). Eine erweiterte Variation dieser Methoden sind die Sammlungen mit Beispielen umweltgerechter Lösungen in Informationssystemen (KLOSE ET AL. 1997, S. 147FF; WIMMER 2001, S. 240).

Einen sehr umfassenden Ansatz im Bereich der umweltgerechten Produktentwicklung entwickelt der Sonderforschungsbereich SFB 392 „Entwicklung umweltgerechter Produkte – Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente“ an der Technischen Universität Darmstadt. Ziel dieser Forschungsarbeiten ist die Untersuchung der komplexen Einflussfaktoren auf eine umweltgerechte Produktgestaltung. Die Produktentwicklung soll in die Lage versetzt werden, alle Umweltauswirkungen durch eine integrative Betrachtung und Modellierung des Produktes und der Prozesse vorausschauend zu beurteilen und zu minimieren (BIRKHOFFER ET

AL 1996; SCHOTT ET AL. 1997A). Die Grundlage bildet ein Informationsmodell zur einheitlichen Beschreibung aller im Produktleben durchzulaufenden Prozesse und der identifizierten Stoff- und Energieströme (ANDERL ET AL. 1997A, DANNHEIM 1999, S. 26). Aufbauend auf diesen Lebenslaufmodellierer und dem CAD-System werden ein Beurteilungs-, Informations- und ein Kommunikationssystem in die Produktentwicklungsumgebung integriert (SCHOTT ET AL. 1997B). In Bild 2.3-9 wird der Gesamtzusammenhang dargestellt.

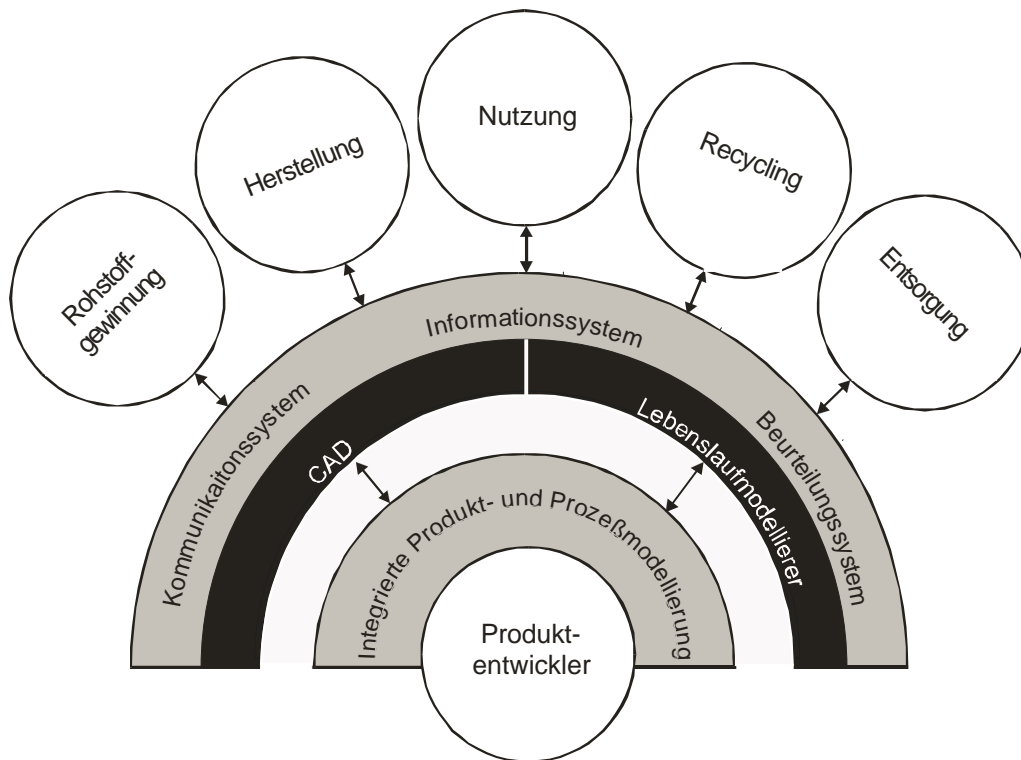


Bild 2.3-9: Ansatz und Lösungsweg des SFB 392 nach DANNHEIM (1999, S. 27)

Außerdem wird eine mögliche Einbindung in betriebliche Umweltmanagementsysteme betrachtet und markt- und nutzungspsychologische Aspekte untersucht (BIRKHOFFER 2000B).

Seit Ende der 80er Jahre entwickelte sich aus den Ansätzen des „Simultaneous Engineering“ (SE) und des „Concurrent Engineering“ (CE) der Ansatz, die Entwicklung des Produktlebenszyklus mit seinen verschiedenen Lebensphasen informationstechnisch zu modellieren, was sich dann unter dem Begriff Life-Cycle-Management etablierte (KLÖCKER 2000, S. 10). In den letzten Jahren wird verstärkt die Verknüpfung der Produktdatenmodelle mit dem Prozessmodell erforscht, wie zum Beispiel beim SFB 392 (ANDERL ET AL. 1997A; ANDERL ET AL. 2000) oder beim Sonderforschungsbereich SFB 361 an der RWTH Aachen (DEUSE 1998). Kommerzielle Produkte sind zurzeit noch nicht oder nur mit eingeschränktem Funktionsumfang, wie bei CATIA V5, verfügbar. Sie bieten gegenwärtig noch keine praktische Hilfe für die umweltgerechte Entwicklung in kleinen und mittelständischen Unternehmen.

### 2.3.1.3 Umweltorientierte Optimierung einzelner Lebensphasen

Die Forschungsarbeiten und Aktivitäten von Industrieunternehmen, Kommunen und Staaten haben ihr Hauptaugenmerk weitgehend auf dem „end-of-pipe“ (oder: End-of-Life) zur Lösung von Umwelt- und Abfallproblemen gelegt (LAPOINTE 2000; LIDDLE&LEUNG 2000). Diese beziehen sich aufgrund des Problembezugs sowie vieler gesetzlichen Regelungen und Normen vorwiegend auf einzelne Lebensphasen. Bei genauer Betrachtung des „end-of-pipe“ wurde klar, dass eine alleinige Verbesserung der Abfallbehandlungsverfahren (optimierte Verbrennung, sicherere Deponierung etc.) und des dazugehörigen Abfallmanagements bei steigendem Konsum und wachsenden Bevölkerungszahlen nicht mehr zielführend ist. Deshalb werden immer mehr Maßnahmen bereits für den „begin-of-pipe“ entwickelt. Diese Maßnahmen nutzen die großen Einflussmöglichkeiten der frühen Phasen aus, wie in Bild 1.2-1 dargestellt (COPPENS ET AL. 1999, MÖRTL 2002, S. 13), und optimieren eine einzelne Lebensphase. Der Bezug zu den Lebensphasen und die Fokussierung auf einzelne Phasen bleibt bestehen. Diese Maßnahmen wurden eher zur Lösung von Problemen und Einhaltung von bestehenden Vorschriften und Gesetzen entwickelt als zur ganzheitlichen Betrachtung und Entwicklung von umweltverträglichen und nachhaltigen Produkten. Es fehlt die ganzheitliche Sicht auf den Produktlebenslauf (GRÜNER 2001, S. 9). Aber aufgrund ihrer guten Anwendbarkeit können sie einen bedeutenden Beitrag zur Minimierung der Umweltauswirkungen von Produkten leisten. Im Folgenden werden Forschungsarbeiten sowie einige der Methoden und Hilfsmittel für die verschiedenen Lebensphasen beschrieben.

#### **Werkstoffherstellung**

Die Lebensphase der Werkstoffherstellung dient zur Bereitstellung von Werkstoffen, Vorprodukten oder Halbzeugen für die produzierenden Unternehmen. Diese Phase umfasst alle Prozesse, die bis zur Anlieferung der Halbzeuge beim Unternehmen notwendig sind, wie den Abbau der Rohstoffe und deren Veredelung bzw. die Grundstoffproduktion (GRÜNER 2001, S. 23). Diese Prozesse verursachen oft wesentlich höhere Umweltbelastungen als die Prozesse der anschließenden Produktion (ROSEMANN 2004, S. 9). In Bild 2.3-10 wird beispielhaft die Werkstoffgewinnung im Jahre 1983 und die damit verbundenen ökologischen Rucksäcke dargestellt. Der ökologische Rucksack ist als die Summe aller von der Gewinnung bis zum verfügbaren Werkstoff benötigten, natürlichen Rohmaterialien abzüglich des Eigengewichts des Werkstoffes definiert (SCHMIDT-BLEEK 1993).

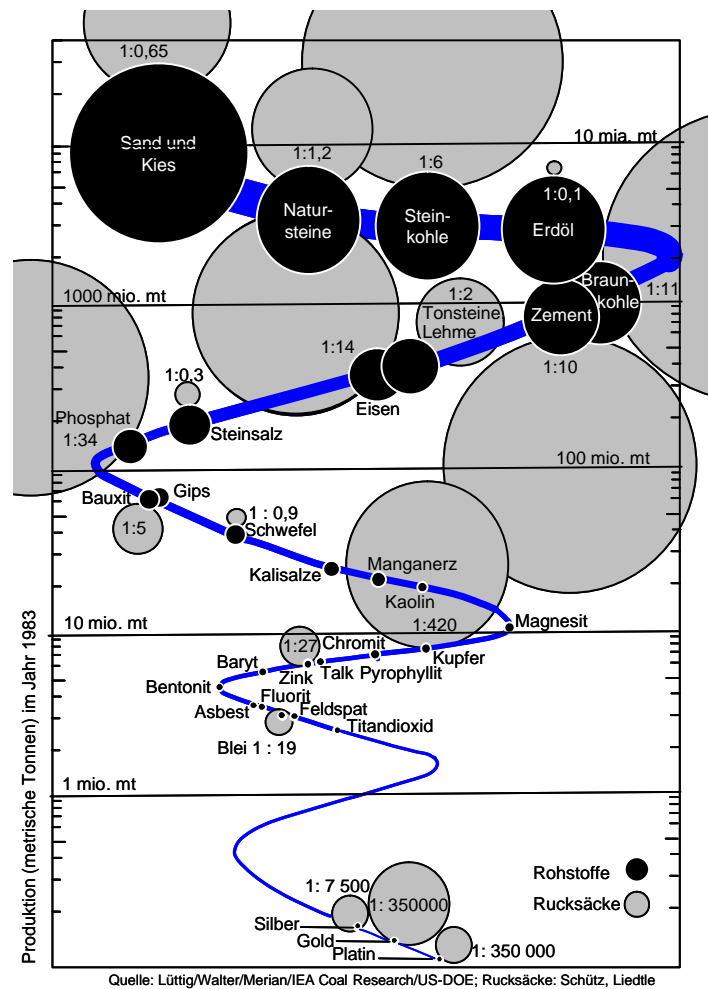


Bild 2.3-10: Rohstoffgewinnung mit den verbundenen ökologischen Rucksäcken (SCHMIDT-BLEEK 1993)

Der Entwickler entscheidet durch die Auswahl der Materialien und Halbzeuge für die Produkte über den Umfang der Umweltbelastungen der verschiedenen Prozessketten zur Werkstoffherstellung sowie über den Ressourcen- und Energieverbrauch. Viele Methoden und Hilfsmittel zur Unterstützung der Wahl versuchen diese Umweltbelastung zu minimieren, berücksichtigen aber nicht die Wechselwirkungen mit anderen Prozessen im Lebenslauf des Produktes, z. B. der Fertigung und dem Recycling. Ein Beispiel dafür ist die von der TU Delft entwickelte Werkstoffdatenbank IDEMAT. Diese enthält neben allgemeinen Werkstoffdaten wie physikalische und chemische Kennwerte auch eine ökologische Bewertung nach der Methode Eco-Indicator (IDEMAT 2004; vgl. S. 77). Die Universität Cambridge hat die Werkstoffdatenbank CMS entwickelt, welche eine sehr umfassende Datensammlung gängiger Ingenieurwerkstoffe mit ökologischen Eigenschaften sowie umfangreichen Auswahlfunktionen verbindet (ASHBY 1999). Die Datenbank CAMPUS wurde von Unternehmen der Kunststoffindustrie entwickelt und enthält umfangreiche Eigenschaften und Informatio-



nen zur Verarbeitung von Kunststoffen (CAMPUS 2004). Die TU-Berlin entwickelte das System „euroMat“, das über die Phase der Werkstoffherstellung hinausgeht. In einem Top-Down-Ansatz wird durch die Eingabe von Kriterien die Auswahl aus der Gesamtheit aller Werkstoffe immer weiter eingeschränkt. Die Materialien werden dabei in Hinblick auf die ökologische und ökonomische Eignung durch hinterlegte Ökobilanzen und Lebenszykluskosten beurteilt (FLEISCHER ET AL. 1997, S. 116). Andere Ansätze sind die Entwicklung von materialsparenden Lösungen durch eine optimale Funktionserfüllung sowie die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen oder der Einsatz von Sekundärrohstoffen.

Problematisch bleibt die Verfügbarkeit von zuverlässigen Informationen zu den Umweltbeeinträchtigungen der verwendeten Werkstoffe und Halbzeuge. Die konkrete Vorgeschichte bleibt häufig unbekannt und verfügbare Informationen werden von den Zulieferern aufgrund wettbewerbsorientierter Bedenken nicht herausgegeben oder sind vielfach nicht vergleichbar.

### **Produktion**

In der Produktion werden aus den Rohstoffen und Halbzeuge in verschiedenen Prozessschritten Bauteile gefertigt, die mit anderen Komponenten zu Baugruppen und dem Produkt montiert werden. Ziel in dieser Phase ist es, die Fertigungsprozesse zu optimieren oder sie durch umweltfreundlichere Prozesse zu substituieren, z. B. der Lackierung auf Wasserbasis. Die herstellungsspezifischen Stoffströme, wie Hilfsmittel, Betriebsmittel und Betriebsstoffe sowie Produktionsabfälle und ihre Umweltauswirkungen sollen minimiert werden, z. B. durch den Einsatz von Trockenbearbeitungsverfahren beim Spanen mit der Einsparung von Kühlmitteln oder dem Verwenden von Umformverfahren statt Spanverfahren. Dies kann durch die rohteil- oder halbzeugnahe Geometrie des Fertigteils oder durch konstruktive Maßnahmen zur Senkung des Produktionsausschusses unterstützt werden. Aber auch die prozessnahe Führung von Abfällen zur Verwertung in Kreisläufen führt häufig zum Ziel. Viele dieser Maßnahmen bewirken durch die Material-, Energie- und Abfalleinsparung eine Reduzierung der Herstellkosten und werden auch von anderen Forschungsbereichen, wie dem kostengünstigen Entwickeln und Konstruieren, angestrebt.

Zum Beispiel untersuchen EHRENSPIEL ET AL. (2000, S. 137ff) die verschiedenen Einflüsse der Entwicklung auf die Herstellkosten und nennen Maßnahmen zur Material- und Energiekostensenkung. Auch BEITZ (1990) schlägt aus konstruktionsmethodischer Sicht Maßnahmen zur Material- und Energieeinsparung vor. EVERSHEIM ET AL. (1985) beabsichtigen eine Reduktion des Material- und Energieverbrauchs in der Produktion durch eine optimale Kombination von Fertigungsverfahren mit geeigneten Werkstoffen. In dem Sonderforschungsbereich 144 – „Energie- und Rohstoffeinsparung – Methoden für ausgewählte Fertigungsprozesse“ wurde dazu das System CALA entwickelt, das die gesamte Prozesskette von der Werkstoffherstellung bis zum fertigen Bauteil bewertet (ADAMS ET AL. 1994, ALBRECHT 1996). DOMKUNDWAR (1998) beschreibt einen Ansatz der Universität Berkeley, dessen Ziel es ist, von dem CAD-

Modell auf die Umweltauswirkungen der Produktion zu schließen. Dabei werden umweltrelevante Informationen auf Basis von CAD-Features abgelegt. ALTING & LENAU (1996) entwickeln ein System, das auf Basis einer Material- und Fertigungsprozessdatenbank sowie Produktbeispielen die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Funktion, Material, Geometrie und Fertigung untersucht und den Entwickler in seinem Auswahlprozess unterstützt.

Im Allgemeinen sind die Emissionen und der Ressourcenverbrauch in der Produktion für das Unternehmen direkt ersichtlich oder lassen sich relativ einfach erfassen. Nur findet selten eine Zuordnung zu den Produkten als Verantwortungsträger statt. Daher werden in letzter Zeit verstärkt Stoffflussmanagement- und Umweltinformationssysteme erforscht (MOGGE & ROSEMAN 1999, SCHMIDT 2001).

### **Vertrieb**

Die Kunden können nur selten die Prozessketten in den ersten Produktlebensphasen direkt beeinflussen, aber ihr Kaufverhalten entscheidet durch die erhöhte Nachfrage maßgeblich den Umfang der verursachten Umweltbelastungen dieser Prozesse. Vorrangiges Ziel der meisten Maßnahmen in dieser Phase ist es, den Verbraucher zu informieren und auf seine Kaufentscheidung positiv einzuwirken. Zum Beispiel durch die Bilanzierung der Lebenslaufkosten (EHRENSPIEL ET AL. 2000, S. 105FF U. S. 353FF; VEZJACK 1999), d. h. incl. der Energiekosten während der Nutzung, der Recyclingkosten etc., wird versucht die Vorteile eines „Green Design“ darzustellen und diese dem Nutzer aufzuzeigen. Für den Vertrieb eines ökologisch optimiert gestalteten Produktes, d. h. für seine Akzeptanz am Markt und die notwendige Durchsetzungsfähigkeit, ist es zusätzlich notwendig, das Zusammenspiel ökologischer und ökonomischer Anforderungen zu optimieren (WIESE 2000).

Die verschiedenen Möglichkeiten der Produktkennzeichnung werden nach der Norm ISO 14.020 ff. in drei Typen unterschieden, wie in Bild 2.3-11 dargestellt. Umweltzeichen nach dem Typ I werden von unabhängigen staatlichen oder privaten Institutionen vergeben, die standardisierte, glaubwürdige und nachvollziehbare Informationen über die Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen geben. Grundlage für die Bewertung und Zertifizierung bilden festgelegte Bewertungskriterien. Sie richten sich vornehmlich an die Verbraucher und Endkunden und sollen leicht verständlich sein (COMMISSION 2001A). Selbstdeklarationen nach dem Typ II beruhen auf Umweltaussagen der Hersteller ohne Bewertung oder Zertifizierung von Dritten. Eine Produktdeklaration nach dem Typ III beruht auf quantitativen Angaben der Umweltauswirkung während des Lebensweges, die durch unabhängige staatliche oder private Institutionen zertifiziert werden. Die Umweltinformationen basieren auf Kennzahlen, die sich auf Ökobilanzen (ISO 14040 ff.) oder Umweltmanagementsysteme gründen (COMMISSION 2000). Deklarationen nach ISO 14025, auch als Environmental Product Declaration (EPD) bezeichnet, sind national bereits in Schweden verbreitet und werden in anderen europäischen Ländern wie Dänemark oder Italien eingeführt (COMMISSION 2001B, S. 4FF).

Produktkennzeichnungen nach ISO 14020 ff.		
ISO Type I	ISO Type II	ISO Type III
Umweltzeichen (ISO 14024)	Selbstdeklaration (ISO 14021)	Quantitative Produktinformation (ISO 14025)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festgelegte Kriterien</li> <li>• Zertifizierung durch unabhängige staatliche oder private Institutionen</li> <li>• Das Umweltzeichen wird durch akkreditierte Organisationen vergeben</li> <li>• Beispiel: Blauer Engel, Nordic swan, EC-Eco-label</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuelle Umweltaussagen (Herstellereklärung)</li> <li>• Keine Zertifizierung durch unabhängige Institute</li> <li>• Das Umweltzeichen wird von der Herstellerfirma vergeben</li> <li>• Beispiel: Anteil recyclingfähiges Material im Produkt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung der Umweltleistung auf Basis von Kennzahlensätzen</li> <li>• Zertifizierung durch unabhängige staatliche oder private Institutionen</li> <li>• Verschiedene Modelle der Zeichenvergabe</li> <li>• Beispiel: Umweltprofile von Volvo, Elektrolux, ABB</li> </ul>

Bild 2.3-11: Kennzeichnung von Produkten nach der Norm ISO 14.020 ff. mit verschiedenen Merkmalen (GRAHL 2001, S. 10).

Eine Reihe von Studien lassen auf ein hohes Umweltbewusstsein und Umweltwissen der Konsumenten besonders in Deutschland schließen (UBA 1994, S. 58; BMU 1996, S. 38; WIMMER 1993, S. 31, WIMMER 1995, S. 33). Diese Ergebnisse sind aber mit Vorsicht zu verwenden, da sie sich mit den Ergebnissen anderer Studien widersprechen. Zum Beispiel wird in einer Studie 86% der Bevölkerung ein überragendes Umweltwissen bescheinigt (MEFFERT & BRUHN 1996, S. 636) und in einer anderen Studie wird festgestellt, dass nur 16% der Westdeutschen den durchschnittlichen Wasserverbrauch eines Haushaltes einschätzen können (UBA 1996, S. 69). In diesem Zusammenhang existieren jedoch eine Vielzahl von Hinweisen, dass sich Umweltbewusstsein und tatsächliche Umsetzung der Handlungsabsichten sowie Kaufverhalten stark unterscheiden (DANNHEIM 1999, S. 121). Ein erhebliches Problem für die Aussagekraft von Umfragen und Studien stellt das Auftreten sozial erwünschter Antworten dar, was ein Grund für die hohe geäußerte Handlungs- und Zahlungsbereitschaft ist (DANNHEIM 1999, S. 123). Nach einer Untersuchung des UMWELTBUNDESAMTES (1996, S. 22) sind nur 37% der Bevölkerung zur Zahlung eines Aufpreises für umweltgerechte Produkte bereit. Zwei differenzierte Studien ergaben, dass nur 16% der Westdeutschen einen Aufpreis von mehr als 5% und nur 4% einen Aufpreis von über 10% akzeptieren. Einen Aufpreis lehnen 48% der Bevölkerung sogar grundsätzlich ab (UBA 1994, S. 103; CEYP 1996, S. 191). Es lässt sich feststellen, dass die Handlungsbereitschaft zwar allgemein vorhanden ist, aber die Umsetzung im hohen Maß vom Umfang des persönlichen Opfers und Nutzen abhängt.

## Nutzung

Die Nutzungsphase gestaltet sich je nach Produkt sehr verschieden und wird in der Literatur sehr unterschiedlich strukturiert (DANNHEIM 1999, S. 44FF). Grundsätzlich lässt sich die Nutzung in die Phasen der Inbetriebnahme, der Benutzung, der Lebensdauererlängerung wie Warten oder Reparieren und der Außerbetriebnahme unterteilen (siehe Bild 2.3-2). Das Produkt geht je nach Vertriebsform vom direkten Einflussbereich des Herstellers in den des Nutzers über, der die Prozesse dieser Phase im Rahmen der Produkteigenschaften bestimmt. Für die umweltorientierte Betrachtung der Nutzungsphase ist eine Differenzierung zwischen aktiven und passiven Produkten entscheidend. Die Umweltbelastungen durch passive Erzeugnisse sind in der Nutzungsphase i. d. R. zu vernachlässigen. Aktive Produkte sind Träger eines Arbeitsprozesses und bewirken während ihrer Benutzung aufgrund des Verbrauchs von Energie und stofflichen Ressourcen Umweltauswirkungen. Ökobilanzen von Fernsehern, Kühlschränken, Videorecordern und Automobilen zeigen, dass der mit Abstand bedeutendste Anteil der Umweltbeeinträchtigungen in dieser Lebensphase anfällt (BEHRENDT 1996; DANNHEIM 1999, S. 40; PRINS 1997, S. 611FF; SCHWEIMER & SCHMUCKERT 1997; WENZEL ET AL. 1997, S. 319). Häufig sind diese Produkte Teil eines übergeordneten Systems, dessen Verhalten und Umweltbeeinträchtigungen von den Produkteigenschaften wesentlich beeinflusst werden.

Die meisten Maßnahmen zur umweltorientierten Optimierung der Nutzungsphase lassen sich in folgenden Kategorien unterteilen:

- Vermeiden von Fehlgebrauch und gebrauchsgerechte Produktgestaltung.
- Vermeiden und vermindern von Ressourcenverbrauch und Emissionen.
- Konstruieren lärmärmer Produkte.
- Lebensdauer erhaltende oder verlängernde Maßnahmen.

Das Verhalten des Benutzers beeinflusst die Lebensdauer und die Umweltauswirkungen während der Nutzungsphase. Der Ressourcenverbrauch ist z. B. häufig abhängig von den Nutzungsbedingungen und –gewohnheiten der unterschiedlichen Nutzer, wie der Temperaturwahl und dem Füllungsgrad bei der Waschmaschine oder dem Verschleißverhalten und dem Treibstoffverbrauch beim Kraftfahrzeug (KLÖCKER 2001, S. 32; SELIGER 1997A, S. 5). Ziel ist, das Produkt für die realen Nutzungsprozesse zu optimieren und den Fehlgebrauch durch die Nutzer zu minimieren. DANNHEIM (1999) z. B. schlägt Methoden und Hilfsmittel vor, mit denen das reale Nutzungsverhalten eines Anwenders als Kombination aus Optimal- und Fehlverhalten in der Produktentwicklung berücksichtigt werden kann (GRÜNER 2001, S. 29).

Durch eine Verbesserung der Funktionserfüllung mit Hilfe eines besseren Wirkprinzips oder der Gewichts- und Volumenreduzierung der schnell und oft bewegten Funktionsträger lassen sich i. d. R. der Umfang der benötigten Betriebsstoffe und der verursachten Emissionen

reduzieren. Für dieses Ziel sind viele Konstruktionsprinzipien, wie z. B. die Regeln der Leichtbaukonstruktion anwendbar (KLEIN 1994).

Die Verursachung von Schallemissionen ist eine häufige, zu vermeidende Umweltbeeinträchtigung. Für das Konstruieren lärmarmen Produkte existieren eine Vielzahl von Richtlinien und methodischer Hinweise zur Werkstoffauswahl und technischer Lösungen, z. B. in Form von VDI-Richtlinien oder Sekundärliteratur (VDI-3720 2001; VDI-3727 1984; VDI-3740 2001; KOLLMANN 1993; HECKL & MÜLLER 1995).

Der Nutzer entscheidet maßgeblich über das Nutzungsende der Produkte und über die Zuführung zu einer Entsorgungsform (KLÖCKNER 2001, S. 34). Es gibt eine Vielzahl von Maßnahmen mit dem Ziel das Nutzungsende durch das Erhalten oder das Verlängern der Nutzungsdauer des Produktes aufzuschieben. Sie alle bewirken, dass bezogen auf den benötigten Nutzungsumfang und die Nutzungsdauer insgesamt eine geringere Anzahl von Produkte benötigt wird, die herzustellen und zu entsorgen sind. In der Gesamtbetrachtung sinkt damit der Umfang der Umweltauswirkungen der Lebenslaufphasen Werkstoffherstellung, Produktion und Entsorgung (GRÜNER 2001, S. 29). Die verschiedenen Maßnahmen versuchen dem jeweiligen Grund für das Nutzungsende entgegenzuwirken. Die Produkte haben zu diesem Zeitpunkt vielfach ihre physische Lebensdauer nicht oder nur partiell erreicht. Nach SELIGER (1997B) liegen Ursachen neben der unterschiedlichen Abnutzung einzelner Komponenten auch in veränderten Anforderungen. Die Produktentwicklung kann eine Lebensdauererlängerung durch eine Vermeidung oder Verringerung der Korrosion und des Verschleißes und eine den Maßnahmen gerechte Produktgestaltung positiv beeinflussen. Bei den lebensdauererlängernden Maßnahmen während der Nutzungsphase wird zwischen der Instandsetzung, der Aufarbeitung, der Modernisierung und dem Upgrading unterschieden (Bild 2.3-12).

Bei der Instandhaltung wird zunächst die Fehlerursache bestimmt, dann die defekte Baugruppe und das Bauteil demontiert sowie Instand gesetzt oder erneuert und anschließend wieder montiert. Zusätzlich finden Funktions- und Sicherheitstests statt (FELDMANN & TRAUTNER 2002). In mehreren Projekten wird die instandsetzungsgerechte Gestaltung von Produkten erforscht und Gestaltungsrichtlinien gegeben (BATHE ET AL. 1999; MAGNUS 1998; MOOREN 1991; MÖRTL 1998; VDI-2246 2001).

Bei der Aufarbeitung wird dagegen industriell und technologieintensiv das Produkt vollständig demontiert, gereinigt, geprüft und sortiert, aufgearbeitet bzw. erneuert und wieder montiert. In diesem Fall erhält der Kunde das aufgearbeitete Produkt eines unbekanntem Vorbesitzers (BRINKMANN ET AL. 1995, TEIL 5/6, S. 2). Eine Aufarbeitung wird wesentlich vereinfacht, wenn eine Maschine modular aufgebaut ist und Standards berücksichtigt werden (SMITH & DUFFY 2001). Gestaltungsregeln zur aufarbeitungsgerechten Konstruktion geben u. a. BRINKMANN ET AL. (1995, TEIL 5/7.1, S. 1ff) und FELDMANN & TRAUTNER (2002).

Bei der Modernisierung wird gegenüber der Aufarbeitung das Produkt durch einen zusätzlichen Umbau bzw. Anpassung mit anschließender Funktionsprüfung auf ein höheres techni-

ches Niveau gebracht, was bei der Entwicklung nicht bekannt war und berücksichtigt wurde. Eine Aufarbeitung aller Baugruppen und Bauteile muss nicht unbedingt durchgeführt werden. Häufig bleibt auch das Produkt im Besitz des Kunden (MÖRTL 2002, S. 25). Hinweise zur Unterstützung des modernisierungsgerechten Gestaltens von Produkten werden in einer Reihe von Veröffentlichungen gegeben (BRINKMANN ET AL. 1995, TEIL 5/7.3, S. 1F; MANN 1998; OTTO & BÄUMER. 1995; PHLEPS 1999, S. 45; SEIDEL ET AL. 1998). Es werden auch einige Beispiele für die Modernisierung in den Produktparten der Werkzeugmaschinen, Getränkeautomaten, Computer und Büromaschinen genannt (STEINHILPER & HUDELMAIER 1993, S. 210FF). Ein wichtiges Instrument zur finanziellen Bewertung der Investition ist eine Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung, die von FISCHER ET AL. (2000) entwickelt wurde. Dieser nennt auch notwendige Kompetenzen für eine Maschinenmodernisierung (FISCHER ET AL. 2000, S. 13).

Vergleich zwischen Instandhaltung, Aufarbeitung, Modernisierung und Upgrading				
	Instandhaltung	Aufarbeitung	Modernisierung	Upgrading
Ablauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wartung: Bewahrung des Sollzustandes</li> <li>Inspektion: Feststellung und Beurteilung des Istzustandes</li> <li>Instandsetzung: Wiederherstellung des Sollzustandes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demontage</li> <li>Reinigung</li> <li>Prüfung/Sortierung</li> <li>Aufarbeitung</li> <li>Montage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung</li> <li>Demontage</li> <li>Reinigung</li> <li>Prüfung/Sortierung</li> <li>Aufarbeitung</li> <li>Umbau/Anpassung</li> <li>Remontage</li> <li>Funktionsprüfung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung</li> <li>falls nötig Demontage in Teilbereichen</li> <li>Reinigung</li> <li>Anpassung an technologischen Fortschritt durch               <ul style="list-style-type: none"> <li>Einbau zusätzlicher Elemente/Baugruppen oder</li> <li>Austausch einzelner Elemente/Baugruppen</li> </ul> </li> <li>Remontage soweit nötig</li> <li>Funktionsprüfung</li> </ul>
Funktionsumfang	Technologisches Niveau <b>bleibt gleich</b>	Technologisches Niveau <b>bleibt gleich</b>	Verwirklichung eines <b>höheren</b> technischen Niveaus, das bei der Produkterstellung noch nicht bekannt war und nicht berücksichtigt wurde	Implementierte oder ausgetauschte Funktion bzw. Baugruppe mit <b>neuem, zusätzlichem</b> Nutzen für den Anwender war bei Produkterstellung noch nicht vollständig entworfen, nur grob bekannt bzw. Trend war erkennbar. Informationen darüber wurden in die Entwicklung des Produkts mit einbezogen.
Dauer	Je nach Umfang	Je nach Umfang	Warte-/Lieferzeit vorhanden	Warte-/Lieferzeit vorhanden
Zeitpunkt	Abhängig vom Zeitpunkt u. Aufwand	Evtl. unabhängig vom Kundenwunsch	<b>Nachträglich individuell</b> auf <b>speziell.</b> Kundenwunsch	Umfang i. d. R. <b>abhängig</b> vom Kundenwunsch
Gewährleistung	Nur für instandgesetzte Elemente (dadurch aber evtl. Erneuerung/Verlängerung einer Garantie)	Nur für aufgearbeitete Elemente (bei Verkauf u. U. auf gesamtes Produkt)	Nur für ausgetauschte/neue Elemente (bei Verkauf u. U. auf gesamtes Produkt)	Nur für ausgetauschte/neue Elemente (bei Verkauf u. U. auf gesamtes Produkt)

Bild 2.3-12: Vergleich zwischen Instandhaltung, Aufarbeitung, Modernisierung und Upgrading (MÖRTL 2002, S. 27).

Bei dem Upgrading wird wie beim Modernisieren die Nutzensteigerung eines bestehenden Produktes erzielt. Diese Funktionserweiterung war bei der Produktionsauslieferung noch nicht vollständig entworfen, wurde aber vorausschauend berücksichtigt, um den Umbau bzw. die Anpassung gegenüber einer Modernisierung zu vereinfachen (MÖRTL 2002, S. 29). Das im Produktentwicklungsprozess berücksichtigte Upgrading von Produkten wird beginnend von BRINKMANN ET AL. (1995, TEIL 5/7 S. 2) und SCHUBERT ET AL. (1997, S. 98) beschrieben. PHLEPS (1999) zeigte das Vorgehen und die Arbeitsinhalte bei der upgradinggerechten Produktentwicklung in groben Schritten auf, getrennt nach planerischen und konstruktiven Inhalten und nennt Lösungsansätze für das Identifizieren von Upgradingpotenzial und dessen gestalterische Umsetzung. UMEMORI ET AL. (2001) erarbeitete eine Systematik, mit welcher der Produktentwickler Produktfunktionen bezüglich eines zukünftigen Änderungsbedarfs durch ein Upgrading analysieren und systematisch darstellen kann. MÖRTL (2002) entwickelt eine allgemein anwendbare Vorgehensweise zur Unterstützung der frühen Projektphasen zur Entwicklung langlebiger, upgradinggerechter Produkte.

Ein Nachteil der Instandsetzung und Aufarbeitung besteht darin, dass der Nutzungsprozess über die gesamte Dauer gleich bleibt und währenddessen keine Verminderungen der Umweltauswirkungen durch Innovationen zu erwarten sind (MÖRTL 2002, S. 18).

Viele Schritte der Maßnahmen sind gleich und daher sind viele Gestaltungsregeln und Strategien vergleichbar. Eine häufig erfolgreiche Strategie für diese Maßnahmen ist ein modularer Produktaufbau, der den Austausch von einzelnen, abgenutzten oder veralteten Komponenten ermöglicht und das Verhindern einer vermeidbaren Alterung des Produktes. Alle Bauteile sollen gut zugänglich sein und langlebige Baugruppen sollen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit einen höheren Wertanteil am Produkt haben (FISCHER ET AL. 2000, S. 12FF).

Strategien zur Nutzenintensivierung und Lebensdauerverlängerung von Produkten werden auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht entwickelt. Im Bereich Flottenmanagement von Kraftfahrzeugen finden sich dazu Ansätze (FRANK 1998). Das Genfer Institut für Produktdauerforschung untersucht neue Dienstleistungs-, Vertriebs- und Rückführungsstrategien u. a. für Produkte aus dem Handwerkerbedarf unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit (STAHEL 1991).

### **Entsorgung**

Nach der Nutzungsphase verliert das Produkt für den Anwender seinen Zweck und es wird der Entsorgung zugeführt. Die Entsorgungsphase besteht häufig aus einer Kombination der Phase des Recyclings und der Beseitigung. Aufgrund des hohen öffentlichen Interesses bestehen eine Reihe von Gesetzen, Verordnungen und Normen zur Abfallvermeidung und –entsorgung, mit denen sich eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten beschäftigen (GRÜNER 2001, S. 29) und in denen eine Reihe von Methoden und Hilfsmittel entwickelt wurden (ROSEMANN 2004, S. 34).

Wesentliche Beispiele für die gesetzlichen Anforderungen an die Entsorgungsphase sind unter anderem das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KRW/ABFG 1994), das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BIMSchG 1986), das Altfahrzeuggesetz und -verordnung (ALTFahrZEUGG 2002, ALTFahrZEUGV 2002), die Verpackungsverordnung (VERPACKV 1991), die Technische Anweisung zu Sonderabfällen (TA-SONDERABFALL 1990), die Technische Anweisung zu Siedlungsabfällen (TA-ABFALL 1993), die VDI-Richtlinie 2243 (VDI-2243 1993) und die EU-Richtlinien „Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances“ (ROHS 2003) und „Waste of Electrical and Electronic Equipment“ (WEEE 2003).

Ziel des Recyclings ist gemäß VDI-RICHTLINIE 2243 (2002) die erneute Verwendung und Verwertung von Produkten, Teilen von Produkten sowie Werkstoffen in Form von Kreisläufen, um Material- und Energieressourcen zu schonen sowie den Umfang der Umweltbeeinträchtigungen durch Neuprodukte zu reduzieren. Dieses lässt sich am besten durch das Schließen der Produkt- und Materialkreisläufe auf möglichst hohem Qualitätsniveau erreichen (ROSE-MANN 2003, S. 11). Die Beseitigung zielt dagegen auf eine möglichst aufwandsarme und umweltverträgliche Ausbringung in die Umwelt durch Verbrennung oder Deponierung (KRW/ABFG 1994). Dabei wird die Rückgewinnung von Ressourcen nicht beabsichtigt und daher ist die Beseitigung aus Umweltsicht als geringwertiger anzusehen.

Beim Recycling wird zwischen den verschiedenen Formen, Arten und Behandlungsprozessen unterschieden (HARBAUER 2002, S. 7). Bei den Recyclingformen wird grundsätzlich zwischen der Verwendung und der Verwertung unterschieden. Bei der Verwendung bleibt die Produktgestalt erhalten und bei der Verwertung wird diese aufgelöst. Je nachdem, ob derselbe oder ein anderer Verwendungs- bzw. Verwertungszweck beabsichtigt wird, ist zwischen Wiederverwendung und Weiterverwendung, bzw. zwischen Wiederverwertung und Weiterverwertung zu unterscheiden (VDI-2243 2002).

Die Recyclingarten lassen sich nach der VDI-RICHTLINIE 2243 (2002) je nach der betroffenen Lebensphase in das Produktrecycling sowie in das Recycling von Produktionsabfällen und das Altstoffrecycling als Materialrecycling (s. a. Bild 2.3-4) einteilen. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KRW/ABFG 1994) unterscheidet beim Altstoffrecycling noch zwischen der Verwertung von Werkstoffen, Rohstoffen und Energie. Bei dem Produktrecycling handelt es sich um eine Wieder- oder Weiterverwendung eines Produktes unter Beibehaltung der Produktgestalt. Das Produktrecycling bedarf in vielen Fällen einige Prozesse zur Behandlung der Produkte. Diese wurden zum Teil schon unter dem Aspekt der Lebensdauererlängerung in der Phase der Nutzung dargestellt. Einige der dargestellten Entwicklungs- und Gestaltungshinweise helfen einzelne Bauteile bzw. Baugruppen als Ersatzteile in gleichen Produkten wieder zu verwenden sowie das gesamte Produkt oder einzelne Bauteile bzw. Baugruppen in neuen Produkten für einen anderen Zweck weiter zu verwenden. Zum Beispiel kann durch eine geeignete manuelle oder automatische Demontage vermieden werden, dass ungenau gearbeitet wird und dabei Teile beschädigt werden (MÖRTL 2002, S. 21). Das Recycling von Produktionsabfällen umfasst den Werkstoffkreislauf in der Produktion,





Altprodukte in Fraktionen, um ein Materialrecycling zu ermöglichen. Zusammenhänge zwischen verschiedenen Formen, Arten und Behandlungsprozesse des Recyclings sind in Bild 2.3-13 dargestellt.

Generell sind die höherwertigen Strategien wie das Produkt- und Materialrecycling der Beseitigung vorzuziehen. Allerdings können in einzelnen Fällen die Einwirkungen auf die Umwelt durch die Entsorgungsprozesse schwerwiegender sein als die Schonung von Ressourcen, so dass die Beseitigung ökologisch sinnvoller ist (KLÖCKNER 2001, S. 37). FLEISCHER (1993) definiert für eine Entscheidung zwischen dem Recycling und der Beseitigung ökologische Break-even-points aus einem Vergleich zwischen Recyclingraten und Umweltbelastungen. STEINHILPER & HUDELMAIER (1993) schlagen für die Entscheidung eine Reihe von Diagrammen als Suchräume vor.

Die Produktentwicklung kann die Umweltbeeinträchtigungen der Entsorgungsphase durch die Wahl einer idealen Entsorgungsstrategie für das Produkt mit einer entsprechend optimalen Produktgestaltung positiv beeinflussen. Dazu sind in den vergangenen Jahren eine Reihe von Methoden und Hilfsmittel entwickelt worden, um den Entwickler im Entwicklungsprozess zu unterstützen. Gerade bei möglichen Formen der Wieder-/Weiterverwendung sowie Wieder-/Weiterverwertung muss der Entwickler mehr beachten als nur die erste geplante Nutzungsphase. Auch zukünftige Entwicklungen beim Produkt, bei der Verwendungsform und bei der Verwertungstechnologie sind zu berücksichtigen. Die fachübergreifende Suche durch Entwickler und Recyclingfachleute nach gemeinsamen integrierten Lösungen für die Abfallvermeidung mittels abfallarmer Produktgestaltung bzw. Produktion kann den Informations- und Wissensaustausch wesentlich verbessern (CRONE ET AL. 2000; FELDMANN ET AL. 2000).

PHLEPS (1999, S. 55ff) entwickelte z. B. einen sogenannten Baukasten für Recyclinganforderungen, in denen Hintergrundinformationen und Anforderungen von Verwertungsprozessen und -operationen abgelegt werden. Die Altstoffe sollen in der Entsorgungsphase somit besser getrennt, sortiert und klassiert werden. Verschiedene Verwertungsprozesse und -operationen wurden dazu von BONIFAZIT ET AL. (2000) und RATH (2001) neu entwickelt. Spezielle Produktmodelle mit Methoden und Hilfsmittel für das Recycling wirtschaftlicher Produkte wurden an der Universität Erlangen entwickelt (MEERKAMM & ROSEMAN 2000; ROSEMAN 2000).

Entsprechend wurde eine Vielzahl von allgemeinen Gestaltungsregeln für Produkte aufgezeigt, die verschiedene Aspekte des Recyclings unterstützen (BEITZ 1996; GRIEGER 1996; KAHMEYER & RUPPRECHT 1996). Das „Design for Disassembly“ soll z. B. die Aufarbeitung der Produkte erleichtern (SCHMAUS & KAHMEYER 1992; LAMBERT 2001) und die Demontage in automatisierten Anlagen unterstützen, in denen komplette Bauteile zurück gewonnen werden können (PETRI 1992; KEIL 1998). Detaillierte Demontageuntersuchungen wurden von MÜLLER & ZÜLCH (1998) durchgeführt. Ein gutes Materialrecycling kann z. B. unterstützt werden

durch eine schonende Behandlung des Werkstoffstoffes, durch die Auswahl einer geeigneten Verwertung (RATH ET AL. 1999), durch die aufwandsarme Demontage von Einstoffkomponenten, unverträglichen Werkstoffen und Schadstoffen, durch die aufschlussgerechte Gestaltung von Verbindungselementen (RATH ET AL. 2001), durch den Einsatz von recyclingfähigen Materialien und von Recyclaten (BRINKMANN ET AL. 1995, TEIL 8), durch die Aufwertung und Aufarbeitung des Grundstoffs (WEYERHAEUSER 1989), durch eine Materialkennzeichnung, z. B. nach DIN 54840 (1990), durch verträgliche Materialkombinationen (BRANDRUP 1995; BRINKMANN ET AL. 1995; NICKEL-1996) und durch nach Werkstoffen strukturierte Deponien für eine zukünftige Aufbereitung.

Regeln zur Produktgestaltung für die energetische Verwertung und die Beseitigung durch Verbrennen werden von HUNKLINGER (1997) entwickelt. Zum Beispiel sind Werkstoffe und Schadstoffkombinationen mit hohen Schadstoffemissionen zu vermeiden oder zu verringern. Ansonsten sollen diese leicht entnommen werden können. Für eine optimale Verbrennung ist eine leichte Zerkleinerung des Produktes zu gewährleisten. Eine Verbrennung bietet die Vorteile, dass der benötigte Deponieraum verringert wird und Rückstände größtenteils inertisiert bzw. Schadstoffe zerstört werden.

Die Beseitigung durch Deponierung wird durch biologisch abbaubare Werkstoffe, dem Vermeiden und Verringern von Schadstoffen oder deren einfache Entnahme und die leichte Zerkleinerung und Kompaktierung des Produktes verbessert.

Die Logistik im Zusammenhang mit der Demontage und dem Recycling wird von dem Sonderforschungsbereich SFB 281 der TU-Berlin untersucht (HABERLAND ET AL. 1997). Umfangreiche Arbeiten zum Produktrecycling sind in STEINHILPER & HUDELMAIER (1993) und STEINHILPER (1999) dokumentiert.

Eine Vielzahl von Hilfsmitteln wurde für die Unterstützung der Demontage und des Recyclings entwickelt, die im Folgenden nur beispielhaft beleuchtet werden können. Es wurden zum Beispiel eine Reihe von rechnergestützten Analysewerkzeugen zur optimalen Demontagerihenfolge und -tiefe entwickelt, die relevante Daten in einer Datenbank speichern. Beispiele dafür sind das an der TU-Braunschweig entwickelte „Assessment Tool for Recycling Oriented Design“ (ATROiD) (HESSELBACH ET AL. 1999; HERMANN ET AL. 2000) das an der TU-Berlin erstellte „Baumstruktur-Analyse- und Modellierungssystem“ (BAMOS) (RADTKE 2001) oder das von dem Unternehmen Siemens Business Services GmbH vertriebene Demontageplanungssystem DEMROP Plus (BUCHHOLZ 2001). Zur Unterstützung des Anwenders bei der Produktanalyse hinsichtlich der wirtschaftlichen und ökologischen Folgen der Entsorgungsphase wurde das „Design for Environment Tool“ (DfE-Tool) vom BOOTHROYD und DEWHURST mit dem niederländischen Institut TNO programmiert (GRIEGER 2001). Zur Analyse der Entsorgungsphase von Produkten entwickelte die Universität Erlangen-Nürnberg die Werkzeuge „Recycling-Graph-Editor“ (ReGrEd) und „Disassembly Planning System“ (DisPlay) (SCHELLER 1997, MEEDT 1998). Basierend auf Modellen mit semantischen

Netzen zur Entwicklungsberatung wird das System „End-of-Life Design Advisor“ (ELDA) von der Stanford University mit der TU-Delft als Weiterführung des LAsER-Systems entworfen (ISHII 1999, ROSE 2000). An der Universität Karlsruhe wird in Zusammenarbeit mit der Universität Dortmund an dem Demontage-Informationssystem DAISY zur Unterstützung einer manuellen Demontage gearbeitet (SCHILLER 1998).

Weiteres Hilfsmittel ist das wissensbasierten System WIREPRO zur Unterstützung der recyclingorientierten Entwicklung, das z. B. eine Auswahl von geeigneten Verbindungselementen anbietet (SUHR 1993). In dem „Internal Dismanteling Informations System“ (IDIS) bieten Kfz-Hersteller den Verwertern recyclingorientierte Informationen zu ihren Produkten an (HUFENBACH & ARCHDOULAKIS 1992). PROFET und COMMEL sollen als wissensbasierte Informationssysteme die recyclingorientierte Gestaltung unterstützen (GRIEGER ET AL.1996). IQRIS ist ein internetbasiertes Informationssystem zur Verbesserung des Informationsflusses zwischen Herstellern und Recyclingbetrieben (BOLLMANN 1998). Die Verfahrens- und Anbieterdatenbank VERANDA wurde vom IPA Stuttgart erstellt, um die Auswahl eines geeigneten Verwertern zu erleichtern.

## **Transport**

Transportvorgänge finden zwischen den einzelnen Phasen im Produktlebensweg statt, aber auch innerhalb einer Phase. Verschiedene Transportprozesse sind nötig, angefangen bei der Zusammenführung von Stoffen und Teilen in der Lieferantenkette, über die Distribution zum Handel und Endkunden, bis zur Sammellogistik nach der Nutzungsphase. Relevant für die Umweltauswirkungen der Transportprozesse sind die Logistik, mit den Variablen des Transportmittels, der Strecken und den Frequenzen, das zu transportierende Gewicht und Volumen, deren Zusammenspiel es zu optimieren gilt. Je nach Transportart und den Bedürfnissen der Kunden ist eine entsprechende Verpackung zu wählen, die ihrerseits wieder Umwelteinwirkungen haben kann. Mehrwegverpackungen und leicht zu recycelnde Einwegverpackungen mit geringem Volumen und Gewicht sind hierbei zu bevorzugen.

Die dargestellten Methoden und Hilfsmittel zur Optimierung einzelner Produktlebensphasen zeichnen sich oft durch eine gute Anwendbarkeit in der Produktentwicklung aus. Ihnen fehlt jedoch generell eine ganzheitliche Sichtweise auf den Produktlebenslauf.

### 2.3.1.4 Ermittlung und Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen

Im Folgenden sollen einige wichtige Methoden zur Ermittlung und Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen im Hinblick auf die Anwendung durch den Entwickler betrachtet werden. Die bedeutendste Methode, die Ökobilanz oder Life-Cycle-Assessment (LCA) stammt hauptsächlich aus dem naturwissenschaftlichen Bereich der Umweltforschung und besitzt eine stark ausgeprägte ganzheitliche Sichtweise auf ein Produkt und dessen Produktlebenslauf. Aufgrund ihrer beschränkten Anwendbarkeit in der Produktentwicklung wurden

verschiedene Kurzbilanzierungsverfahren mit geringerem erforderlichen Aufwand entwickelt, die jeweils die Teilmenge einer Ökobilanz abbilden. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist gegenüber einer Ökobilanz reduziert und diese größere Ungenauigkeit ist je nach Anwendungsfall zu berücksichtigen.

### Ökobilanz

Die Ökobilanz ermittelt und bewertet die Umweltbeeinträchtigungen eines Produktes über alle Phasen des Produktlebensweges, um mehrere Produkt- bzw. Bauteil- oder Prozessalternativen miteinander zu vergleichen. Dazu werden von allen relevanten Teilprozessen der Energiebedarf und der Materialverbrauch sowie die Stoffströme in die Umwelt erfasst und quantifiziert, um anschließend die insgesamt verursachte Wirkung auf die Umwelt zu bewerten. Die gewonnenen Erkenntnisse können dann eine Informationsgrundlage für Entscheidungen der verschiedenen Akteure bieten. Die Ökobilanz ist seit der Verabschiedung der europäischen Normenreihe ISO 14.040ff. standardisiert, um die Ergebnisse verschiedener Ökobilanzen besser vergleichen zu können und den Interessen verschiedener Gruppen durch eine verbesserte Kommunikation entgegen zu kommen (KLÖCKER 2001, S. 50). Die Ergebnisse können sowohl für die Strategische Planung, die Entwicklung und Verbesserung von Produkten angewendet werden als auch für das Marketing und politische Entscheidungsprozesse.

Die Normenreihe beschreibt einen Handlungsrahmen mit einer Vorgehensweise aus vier grundlegenden Schritten (Bild 2.3-14).

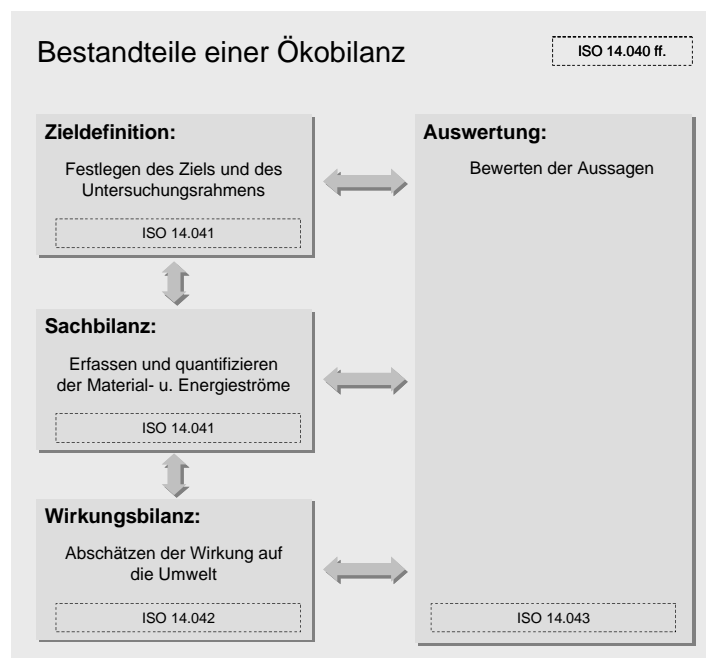


Bild 2.3-14: Bestandteile einer Produkt-Ökobilanz nach ISO 14.040 (DIN EN ISO 14.040 1997)

In dem ersten Schritt der Zieldefinition wird das zu vergleichende Produkt festgelegt, das sowohl ein Gegenstand als auch eine Dienstleistung sein kann. Um die Gegenüberstellung durchführen zu können, müssen die zu vergleichenden Produkte den gleichen Nutzen aufweisen. Der Nutzen wird durch den Bezug zu einer funktionellen Einheit als Referenzgröße normiert, der als eine vergleichbare Funktionserfüllung über einen bestimmten Zeitraum definiert wird. Damit lässt sich die notwendige Menge der Endprodukte als Referenzfluss materiell quantifizieren. Besitzt zum Beispiel einer der Vergleichsprodukte die halbe Lebensdauer oder die halbe Funktionsleistung, so müssen für die Vergleichbarkeit zwei dieser Produkte herangezogen werden. Anschließend wird abhängig von dem Ziel der Methoden-anwendung die Systemgrenze gezogen und die zu berücksichtigenden Wirkungskategorien festgelegt (DIN EN ISO 14.041 1998).

In dem folgenden Schritt der Sachbilanz müssen alle relevanten Prozesse im Lebenslauf des Produkts identifiziert und die entsprechenden Energie- und Materialströme als In- und Outputs eines Prozesses quantifiziert werden. Anschließend werden die gesammelten und berechneten Daten auf eine funktionelle Einheit bezogen aggregiert. Für die Prozesse der Werkstoffherstellungsphase wird i. d. R., aufgrund des hohen Aufwands, auf Daten alter Ökobilanzen aus Datenbanken zurückgegriffen. Für die Produktionsphase können Unterlagen aus der Arbeitsvorbereitung genutzt werden, wobei die Berücksichtigung von Zukaufteilen problematisch werden kann. Für die Nutzungs- und Entsorgungsphase werden häufig Szenarien entwickelt, welche die Realität möglichst genau abbilden sollen. Diese sind i. d. R. aber mit einigen Unsicherheiten behaftet. Als Ergebnis der Sachbilanz liegen alle die Systemgrenze überschreitenden Material- und Energieströme als Sachkennzahlen vor, die für die folgende Wirkungsabschätzung notwendig sind (DIN EN ISO 14.041 1998).

Mit Hilfe der Sachkennzahlen als komprimiertes Ergebnis der Sachbilanz werden im Schritt der Wirkungsbilanz die Auswirkungen auf die Umwelt abgeschätzt. Dazu werden den Wirkungskategorien die verschiedenen In- und Outputs zugeordnet, was als Klassifizierung bezeichnet wird. Die zugeordneten Sachbilanzergebnisse werden mit Hilfe der aus Wirkungsmodellen abgeleiteten Charakterisierungsfaktoren in die gemeinsame Einheit des zugeordneten Wirkungsindikators der Wirkungskategorie umgerechnet (Charakterisierung). Die Ergebnisse werden gewichtet und zu einem Wirkungsindikator zusammengefasst. Optional können die verschiedenen Wirkungsindikatoren durch den Bezug auf einen Referenzwert normiert und in Gruppen zusammengefasst werden (DIN EN ISO 14.042 2000). Das Beispiel eines Vorgehensmodells ist in Bild 2.3-15 dargestellt.

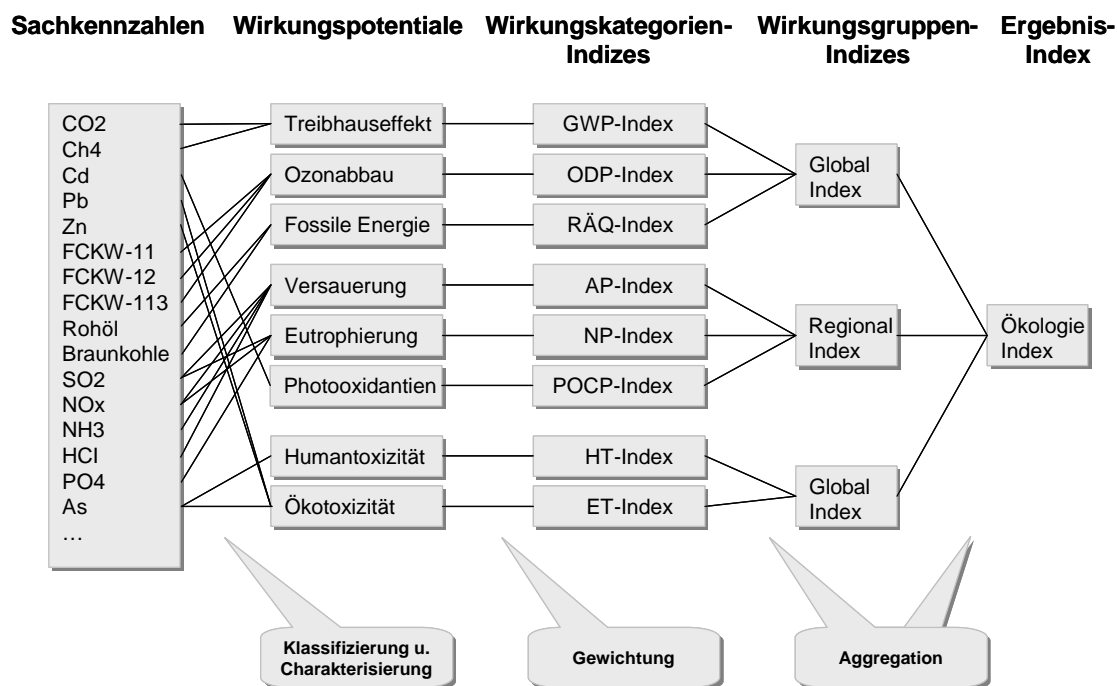


Bild 2.3-15: Vorgehensmodell für die Wirkungsabschätzung des SFB 392 (ATIK 2001)

Nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft werden die Wirkungskategorien in input- bzw. outputbezogene Gruppen eingeteilt (LICHTENVORT 2004, S. 129; KLÖPFFER & RENNER 2003). Diese sind wie folgt:

- **Ressourcenbeanspruchung:**  
Abiotische Ressourcen, Wassergebrauch, Biotische Ressourcen, Naturraumbeanspruchung
- **Chemische Emissionen:**  
Klimaänderung, Stratosphärischer Ozonabbau, Versauerung, Eutrophierung, Sommersmog, Ökotoxizität, Humantoxizität, Geruch
- **Physikalische Emissionen:**  
Lärm, Strahlung, Abwärme, Licht
- **Biologische Emissionen:**  
Genetisch veränderte Organismen (GVO), Invasive Arten, Pathogene Arten

In der Auswertungsphase werden die einzelnen Ergebnisse der abgeschlossenen Schritte dargestellt, analysiert und eingeordnet. Dazu werden signifikante Parameter der Sachbilanz und der Wirkungskategorien identifiziert sowie die Zuverlässigkeit der Ergebnisse durch Sensibilitäts- und Konsistenzuntersuchungen geprüft. Dieses wird mit der Ableitung einer Schlussfolgerung, dem Ausspruch von Empfehlungen und der Erstellung eines transparenten Berichts abgeschlossen (DIN EN ISO 14.043 2000).

Für eine Anwendung der Methode der Ökobilanz enthält die Norm keine detaillierte Beschreibung, diese sind aber in der allgemeinen Literatur zur Ökobilanz zu finden (WENZEL ET AL. 1997; GUINÉE 2002).

Für die Durchführung einer Ökobilanz steht eine Reihe von kommerziellen Rechnertools mit Datenbanken zur Verfügung, wie zum Beispiel die Software UMBERTO, GaBi, TEAM oder SimaPro (ECODESIGN 2004). UMBERTO ist eine sehr umfangreiche, modulartig aufgebaute Software zur Modellierung von Stoffflüssen und Erstellen von Ökobilanzen (SCHMIDT & HÄUSLEIN 1997). Das Softwaresystem GaBi4 ist ein Werkzeug zur Erstellung von Lebenszyklusbilanzen und bietet Lösungen für ökologische, ökonomische, soziale und technische Fragestellungen (GABRIEL & JENKA 2003). Das Softwareprogramm TEAM der Ecobilan Gruppe ermöglicht dem User einerseits das Erstellen und die Benutzung einer umfassenden Datenbank und andererseits das Erzeugen eines Modellsystems, das all jene Vorgänge repräsentiert, die mit dem Produkt, den Prozessen und den Aktivitäten zusammenhängen. SimaPro des Unternehmens Pré Consultants ist eine weit verbreitete, umfangreiche LCA-Software mit Datenbank zu Umweltauswirkungen von Prozessen (PRÉ CONSULTANTS 1999).

Die Anwendbarkeit dieser Methode für die Ziele der Produktentwicklung ist aber zum Teil sehr eingeschränkt. Neben einigen methodischen Problemen wie der Gewichtung und der Systemgrenzenziehung, die zu Ungenauigkeiten und damit zu einer eingeschränkten Vergleichbarkeit der Ergebnisse führen können (GRÜNER 2001, S. 18), fehlen häufig Angaben zu Prozessen im Produktlebenslauf oder einzelne Prozesse werden nicht berücksichtigt. Die Methode ist daher erst zu einem sehr späten Zeitpunkt in der Produktentwicklung anwendbar, wenn alle Bauteil- und Fertigungsunterlagen vorliegen. Zum anderen sind die Ergebnisse einer Ökobilanz mit den detaillierten Wirkungen für einen Entwickler ohne umfangreiches Umweltwissen nur schwer zu vergleichen. Schwerwiegender ist der immense Aufwand für die Erhebung und Modellierung des Produktlebenslaufs. In einer Fallstudie des SFB 392 für einen Staubsauger mit 100 Einzelteilen und 300 Einzelprozessen wurde ein personeller Aufwand von 4 Mannmonaten benötigt, wobei die Sachbilanz über 400 Energie- und Stoffflüsse umfasst (GRÜNER 2001, S. 19). Nach SCHULZ (1998) kann der Aufwand bei vorhandenen Konstruktions- und Fertigungsunterlagen in einer vergleichbaren Größenordnung wie der gesamte Entwicklungsaufwand liegen.

### **Kurzbilanzierungsverfahren**

Die Verfahren der Kurzbilanzierung wurden besonders für unternehmensinterne Anwendungen entwickelt, um den Aufwand gegenüber einer Ökobilanz zu reduzieren. Dabei stellt der Betrachtungsumfang eine für den Anwendungsfall relevante Teilmenge der Ökobilanz dar. Die Prozesse im Produktlebenslauf müssen für eine Durchführung bekannt sein, werden für eine Sach- und Wirkungsbilanz aber nicht aufwendig modelliert. Trotz der geringeren Aussagekraft können umweltbezogene Schwachstellen ermittelt und die Umweltbeeinträchtigungen bewertet werden. Nach vergleichenden Untersuchungen zeigen die Aussagen der



Kurzbilanzierungsverfahren in die gleiche Richtung wie bei einer Ökobilanz (BEY ET AL. 1999, S. 471; ROMBOUTS & HENNESEY 1999, S. 99; SWEATMAN 1996, S. 33; WÖTZEL & FLAKE 2000). Die wichtigsten Methoden sind Eco-Indicator, Kumulierter Energieaufwand (KEA) und Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS).

### **Eco-Indicator**

In einer Niederländischen Kooperation zwischen Unternehmen und Hochschulen wurde der Eco-Indicator gezielt für die Produktentwicklung entwickelt, wobei die Werte der ursprünglichen Version Eco-Indicator 95 mit denen der weiterentwickelten Version Eco-Indicator 99 nicht kompatibel sind. Die Methode basiert auf der Vorgehensweise der Ökobilanz und verringert deren Nachteile für die Anwendung in der Entwicklung. Sie bietet eine umfangreiche Liste von vorgegebenen Prozessen und Standardmaterialien, für die eine Bilanz durchgeführt und somit die Wirkungsindikatoren ermittelt wurden. Durch den Rückgriff auf diese Standardwerte entfällt für diese Prozesse das benötigte Wissen und der Aufwand für die Modellierung und Wirkungsabschätzung und es ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen einzelnen Prozessen und Materialien. Die Umweltbeeinträchtigungen werden nur noch in den drei Schadensgruppen, den Verbrauch von Ressourcen, der Gesundheitsschädigung und der Schädigung der Umweltqualität zusammengefasst, aus denen sich der Eco-Indicator Wert bildet. Dieser Wert ist eine dimensionslose Zahl mit dem Namen Eco-Indicator point (Pt), der für Vergleiche und weniger für absolute Aussagen geeignet ist. Die Skala wurde so gewählt dass 1.000 Pt etwa den Umweltbeeinträchtigungen eines durchschnittlichen Europäers pro Jahr entsprechen (GOEDKOOP ET AL., S. 3). Ein Nachteil ist, dass der Anwender in der Liste nicht vorliegende Indikatoren nur mit Hilfe der Durchführung einer Ökobilanz mit einem geeigneten LCA Programm berechnen kann (GOEDKOOP ET AL., S. 1).

### **Kumulierter Energieaufwand (KEA)**

Produkte und Dienstleistungen können mit der Anwendung der Methode des Kumulierten Energieaufwands (KEA) energetisch verglichen und bewertet werden. Die VDI-RICHTLINIE 4600 (1997) beschreibt die allgemeine Vorgehensweise der Methode (Bild 2.3-16) und ermöglicht durch die Standardisierung eine bessere Vergleichbarkeit von verschiedenen Ergebnissen.

Der Kumulierte Energieaufwand gibt dabei die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands an, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung des Produktes oder Dienstleistung entsteht (VDI-4600 1997). Dazu gehören auch die Energieaufwendungen in den Lebensphasen der Hilfs- und Betriebsstoffe, der Betriebsmittel, Ersatzteile sowie Wartungstätigkeiten einschließlich der Transportaufwendungen und die Brennwerte der verwendeten Materialien. Beim Fehlen von spezifischen Daten im Prozesslebenslauf wird häufig auf gemittelte Werte zurückgegriffen. Der Energieinhalt der Outputströme wird ebenso wenig betrachtet wie andere Umweltauswirkungen, wie beispielsweise

die toxischen Wirkungen. Daher bleibt es unsicher, inwieweit der Energieverbrauch mit der Gesamtheit der Umweltauswirkungen korreliert.

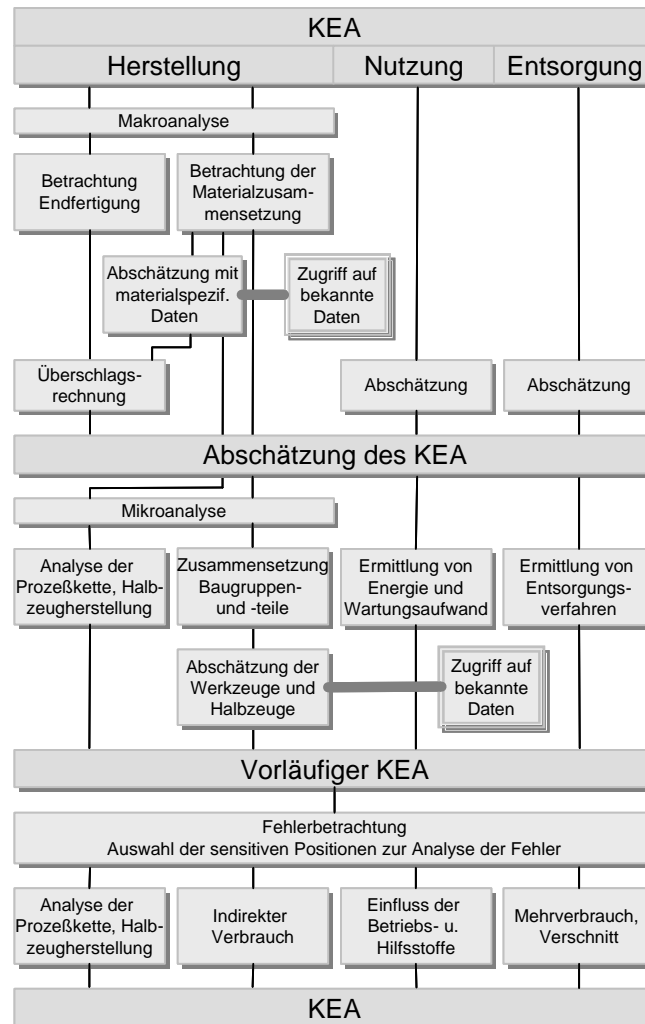


Bild 2.3-16: Vorgehensweise zur Ermittlung des Kumulierten Energieaufwands (VDI-4600 1997)

### Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)

Die Methode der Materialintensität pro Serviceeinheit basiert auf der Annahme, dass der spezifische Ressourcenverbrauch die Umweltauswirkungen eines Produktes oder Dienstleistung bestimmen kann. Diese Methode soll die Dematerialisierung fördern (SCHMIDT-BLEEK 1996). Die Methode betrachtet dabei den Materialinput aller Prozesse im Lebenslauf des Produktes oder der Dienstleistung einschließlich der Materialien, die indirekt oder mittelbar im Lebenslauf notwendig waren, wie Hilfs- und Betriebsstoffe. Der Materialinput umfasst alle der Natur primär entnommenen oder in ihr bewegten Materialien während des Lebenslaufs und wird in fünf Input-Kategorien gruppiert, die nicht miteinander verrechenbar sind. Diese stellen sich wie folgt dar (WUPPERTALER INSTITUT 2004):

- Nicht erneuerbare Rohmaterialien, unterteilt in
  - Fossile Energieträger
  - Mineralische Rohstoffe
  - Nicht verwertete Rohförderung (Abraum)
  - Aushub
- Erneuerbare Rohmaterialien
- Bodenbewegungen aus Land- und Forstwirtschaft
- Wasser
- Luft

Diese Materialinputs werden auf die Anzahl von Serviceeinheiten des Produktes oder der Dienstleistung umgelegt, so dass sich der Materialinput pro Serviceeinheit (MIPS) ergibt. Eine Serviceeinheit ist eine Nutzungs- bzw. Dienstleistungseinheit und mit der funktionellen Einheit der Ökobilanz vergleichbar (ATIK 2001). Die Summe des Materialinputs während des gesamten Lebenslaufs abzüglich der Eigenmasse des Produktes ergibt den „ökologischen Rucksack“ wie in Bild 2.3-10 für Rohstoffe dargestellt. Output-Stoffströme wie Emissionen sowie toxische Wirkungen werden nicht berücksichtigt. Alle benötigten Massen, wie z. B. auch der Wasserbedarf in offenen Kühlsystemen und Abraum, werden bezüglich der umweltbezogenen Aussagen gleich gewichtet, was von einigen Autoren kritisiert wird (BRAUN-SCHWEIG 1996; PANT & ATIK 2001, S. 4). Der Entwickler der Methode, das Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WUPPERTALER INSTITUT 2004), veröffentlicht eine umfangreiche und gepflegte Datensammlung mit den Materialinputs vieler verschiedener Stoffe, Produkte und Dienstleistungen und sorgt somit für eine gute Anwendbarkeit der Methode.

Die Kurzbilanzierungsverfahren sind für die meisten Anwendungen in der Produktentwicklung viel besser geeignet als die Methode der Ökobilanz, bergen aber die Gefahr einer Fehlinterpretation durch ihre ungenaueren Aussagen. Häufig ist der erforderliche Zeitaufwand immer noch immens, wenn nicht auf passendes Datenmaterial zurückgegriffen werden kann. Besonders in den frühen Phasen der Entwicklung mit den im Allgemeinen sehr unscharfen Produkt- und Produktlebenslaufdefinitionen ist die Anwendbarkeit dieser Methoden im Wesentlichen auf einfache Vergleiche und Abschätzungen beschränkt.

### 2.3.1.5 Diskussion der bisherigen Ansätze

Die ideale systematische Vorgehensweise bei der Produktentwicklung stellt eine große Herausforderung an die Fähigkeiten und das Wissen des Produktentwicklers selbst, aber auch an das Unternehmen an sich dar. Sie untersteht zudem einer Vielzahl von Einflüssen. Der

Umweltaspekt ist nur einer von vielen Anforderungen, die während der Produktentstehung berücksichtigt werden müssen. An vorderster Stelle steht immer noch das Ziel der kostengünstigen Herstellung und Nutzung des Produktes mit optimaler Qualität zum definierten Zeitpunkt (MÖRTL 2001, S. 13). Daher werden die für die komplexe Problematik benötigten Ressourcen nur selten von den Unternehmen bereitgestellt (HARBAUER 2002, S. 67). Viele der vorgestellten Forschungsergebnisse zur umweltgerechten Produktentwicklung werden nur in einem geringen Umfang in der Praxis der Unternehmen umgesetzt (KLÖCKNER 2001, S. 44) und die umweltgerechte Produktgestaltung findet in der Praxis nur ansatzweise statt (ROSEMANN, S. 49; UNTERMÖHLEN 2000). Dieses gilt besonders für kleine und mittlere Unternehmen (vgl. Kap. 2.2.3). Die wesentlichste Motivation für eine Einführung sind gesetzliche Vorgaben (SCHMID 1996, S 73; REITER 2003; S. 69).

Dieses liegt zum Teil an den benötigten ökologischen Fachkenntnissen und der starken zusätzlichen Belastung des Produktentwicklers durch zusätzliche Methoden und Werkzeuge, insbesondere wenn diese neu zu implementieren und anzuwenden sind. Andererseits wird der Komplexitätsgrad des Entwicklungsprozesses zusätzlich erhöht und die Entscheidungstransparenz verringert. Dieses wird unterstützt durch die geringe Standardisierung und die schwierige Anwendbarkeit von vielen Methoden und die ungenügende Verfügbarkeit von Wissensbasen (ROSEMANN 2004, S. 52). Viele der Methoden und Hilfsmittel haben einen „Stand-alone“-Charakter und sind nicht ausreichend in den Entwicklungsprozess integriert. Die Anwendung in der Entwicklung komplexer Produkte wird wegen des hohen Informationsbedarfs und der unzureichenden Informationsaufbereitung und –bereitstellung durch die fehlende Integration häufig zu aufwendig oder sind nicht mehr handhabbar. Wichtige Datenquellen liegen nicht im direkten Zugriffsbereich der Unternehmen, wie z. B. bei dem Zulieferer, Kunden oder Entsorger und sind so nur aufwendig oder ungenau zu ermitteln. Die zusätzlich entstehenden Entwicklungskosten sind schwer kalkulierbar und der Aufwand kann aufgrund der geringen Kundenbereitschaft, mehr für umweltgerechte Produkte zu bezahlen (vgl. Kap. 2.3.1.3, S. 63), zu Lasten des Unternehmensgewinns gehen oder andere Entwicklungsaufgaben verdrängen.

Obwohl es eine Vielzahl von Methoden, Richtlinien und Werkzeuge zur umweltgerechten Produktentwicklung gibt, unterstützen nur wenige Methoden die frühen Phasen der Produktentwicklung und das Finden neuer Lösungen. Die meisten Methoden und Hilfsmittel lassen sich erst bei dem Erreichen eines ausreichenden Detaillierungsgrades des Produktmodells und des zugehörigen Produktlebenslaufs einsetzen, der häufig erst in der Phase der Ausarbeitung erreicht wird.

Vielen Strategien, Methoden und Hilfsmitteln fehlen für eine Umsetzung der Integrierten Produktpolitik die ganzheitliche Sicht und es werden Gefahren und Auswirkungen in andere Lebenszyklusphasen verlagert. Zudem werden die ökonomischen und sozialen Aspekte sowie deren Wechselwirkungen nur unzureichend berücksichtigt. Andererseits lassen sich vie-

le Ansätze, Methoden und Werkzeuge als einzelne Bausteine für das Ziel der Integrierten Produktpolitik einsetzen.

### 2.3.2 Aktivitäten auf dem Bereich der Integrierten Produktentwicklung

Nachdem im Kapitel 2.1 die Bedeutung, die Herkunft und die Ziele der Integrierten Produktpolitik untersucht wurden, sollen im Folgenden relevante Aktivitäten aus diesem Bereich in Bezug zu der Themenstellung beleuchtet werden. Es gibt eine Vielzahl von Projekten in denen Aspekte der IPP eine Rolle spielen (vgl. Kap. 2.3.1), aber es gibt nur sehr wenige, in denen die Integrierte Produktpolitik im Mittelpunkt des Interesses steht. Auf diese sollen sich die folgenden Untersuchungen beschränken. Dabei soll ein kurzer Überblick gegeben werden und das Projekt im Bezug zur Forschungsfrage beleuchtet werden.

Viele Projekte werden in Deutschland auf der politischen Ebene der Bundesländer gefördert, allen voran Bayern (STMLU 2004). Aber auch Baden-Württemberg, Niedersachsen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen setzen sich mit der Integrierten Produktpolitik auseinander (UVM 2004A; UM 2004; SMUL 2004; MURL 2004). In vielen anderen Ländern der EU, z. B. Großbritannien, Schweden, Dänemark, Niederlande und Schweiz, werden von den Länderregierungen Projekte gefördert, die im Wesentlichen nur Teilaspekte der Integrierten Produktpolitik betrachten und deren Erörterung den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde (COMMISSION 2004; DEFRA 2004; CFSD 2004; NATURVÅRDSVERKET 2004; MILJÖMINISTERIET 2004; VROM 2004; BUWAL 2004). Im Folgenden sollen die Projekte in Bayern und Baden-Württemberg vorgestellt und diskutiert werden.

Die Bayerische Landesregierung legt im Rahmen ihrer Umweltpolitik seit dem Jahr 1999 einen Schwerpunkt auf die Integrierte Produktpolitik und hat seitdem zwölf einzelne Projekte gefördert (STMUGV 2004A). Die hier bearbeitete Forschungsfrage der Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen ist eines davon. Die Projekte haben jeweils einen unterschiedlichen Fokus, z. B. betrachten sie entweder eine bestimmte Branche, Produktgruppe, Produktart, Unternehmensfunktion, Methode oder einen bestimmten Unternehmenstyp.

Im Pilotprojekt Automobil erarbeiteten 12 Partner aus den Akteursgruppen Automobilhersteller, Zulieferer, Nutzervereinigung und Wirtschaftsverband den bestehenden Instrumenten-Mix im Sinne eines IPP-gerechten Handelns in der Branche. Sie dokumentierten im Leitfaden „IPP-Instrumente aus der Praxis am Beispiel Automobil“ als Beispiel für andere Branchen, wie der bestehende Instrumenten-Mix aufgegriffen und strategisch eingesetzt werden kann. Der Leitfaden enthält eine Bestandsaufnahme des gesetzlichen Rahmens und der relevanten Regelwerke mit Bezug zu IPP. Die Aufgabenstellung beinhaltet die Darstellung der Chancen und Grenzen von IPP in der Praxis. Im Sinne von IPP als Kooperationsprojekt wurden die verschiedenen Stufen des Produktlebensweges betrachtet, um zur Kommunika-

tion der Akteure beizutragen (IHK 2001A). Für KMU beinhaltet der Leitfaden viele Anregungen und konkretisiert den Gedanken der IPP an einem Beispiel. Doch ist daraus für diesen Unternehmenstyp keine geeignete Vorgehensweise ableitbar.

In dem Projekt IPP in der Medizintechnik ging das Unternehmen Siemens Medical Solutions mit der Universität Erlangen-Nürnberg und zwei mittelständischen Partnern eine Kooperation zur Wiederaufbereitung und Wiederverwendung medizinischer Diagnosesysteme ein. In dessen Projektverlauf entstand ein eigenständiges Geschäftsfeld „refurbished systems“ mit ca. 30 Mitarbeitern. Der entstandene Leitfaden „IPP - Mehr Nutzen für Hochtechnologieprodukte“ wurde im Juni 2003 vorgestellt. In diesem Leitfaden werden am konkreten Beispiel medizintechnischer Diagnosesysteme (z. B. Computer-Tomographen, Röntgenanlagen, Ultraschallgeräte) Strategien, Prozesse, Systemanforderungen und die praktische Umsetzung der Wiederaufbereitung und Wiederverwendung als Teil eines IPP-Konzeptes für Hochtechnologieprodukte erläutert. Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass diese Geräte i. d. R. ihre Dienstleistungen noch weit über die primäre Nutzungsphase hinaus erbringen können (STMUVG 2003; TRAUTNER 2002). Sollte die Verlängerung der Nutzungsphase für die Produkte der KMU im Sinne einer IPP relevant erscheinen, so ist der Leitfaden für die weitere Umsetzung dieser Strategie sehr wertvoll.

In dem Forschungsverbund BEnefiT (Bayerisches Entwicklungsnetz für innovative Technologien) an der Universität Erlangen-Nürnberg aus 6 Hochschulinstituten und einem mittelständischen Industriepartner wurde ein Bodenstaubsauger als Beispiel für ein Massenprodukt nach IPP-Kriterien neu entwickelt, der gewöhnlich als entwicklungsmäßig ausgereizt gilt. Die erzielten Ergebnisse in Form eines seriennahen Prototypen zeigen, dass sich technischer Fortschritt, Ökologie, Ökonomie gegenseitig bei Anwendung der heute verfügbaren methodischen und informationstechnisch basierten Werkzeuge sowie der geschickten Nutzung interdisziplinären Know-hows stimulieren und ergänzen können. Das Netzwerk als virtueller, bedarfsorientierter und flexibler FuE-Verbund erzielte erhebliche ökologische Verbesserungen im Vergleich zu Marktgeräten bei marktgerechten Herstellungskosten (MEERKAMM 2000; ROSEMANN 2004). Die dabei eingesetzten FuE-Kapazitäten entsprechen eher denen von Großunternehmen als denen von KMU. Falls diese Form des FuE-Verbunds für KMU ohne große organisatorische und finanzielle Probleme verfügbar ist, stellt dieser Ansatz eine sehr attraktive Form der Produktentwicklung mit viel Potenzial dar. Die im Projekt erarbeitete, methodische Vorgehensweise soll bald in Form eines Leitfadens verfügbar sein (STMLU 2004).

Unter dem Dach des Umweltpakts Bayerns ist die lokale Nürnberger Initiative „Coup21 – Co-Operation Umweltamt – Pionierunternehmen im 21. Jahrhundert“ mit etwa 30 Unternehmen entstanden, von denen sich zwei mittelständische und vier große Unternehmen in der Arbeitsgruppe „Produktbezogener Umweltschutz – IPP“ engagieren. Diese Unternehmen haben zusammen in sechs Workshops den Leitfaden „Management ökologischer Produktentwicklung“ erstellt. Der Leitfaden zeigt die praktischen Notwendigkeiten eines ge-

schlossenen ökologischen Lebenszyklusses für ein Unternehmen auf. Ziel des Leitfadens ist, Unternehmen unterschiedlicher Branchen und Größen eine erste Einstiegsmöglichkeit in die IPP-Thematik zu bieten sowie eine erste Richtschnur und Handlungsanleitung für geschlossene Materialkreisläufe entlang der Produktlebenslinie vorzugeben. Diese können in Eigeninitiative in einem zweiten Schritt für einzelne Unternehmen konkretisiert werden. Dazu wurden die erzielten Erkenntnisse in Form einfacher Checklisten für verschiedene Abteilungen und Funktionen des Unternehmens zusammengestellt, die eine parallele Bearbeitung ermöglichen (IHK 2001B; STMLU 2004). Für KMU bieten die Fragen der Checklisten ein gutes Hilfsmittel zur Bewusstseinsbildung und Anregung für das Management, die organisatorischen Aspekte der verschiedenen Abteilung betreffend. Für diesen Zweck können sie nutzbringend in einer Vorgehensweise zur Einführung der Integrierten Produktentwicklung eingesetzt werden.

In dem Projekt „IPP durch rechnergestützte Simulationstechnik“ sollen die großen Einsparungspotenziale durch die IPP in Verbindung mit dem Einsatz der rechnergestützten Simulation am Beispiel der Ausstattung des Automobil-Innenraums in einem laufenden Industrieprojekt gezeigt werden. Zum einen soll der aktuell sehr aufwendige Produktentwicklungsprozess mit dem Prototypenbau vereinfacht und verkürzt werden. Andererseits soll der nach dem Stand der Technik übliche Einsatz von Verbundwerkstoffen durch Verwendung sortenreiner Werkstoffe ersetzt werden, um einen hochwertigen Stoffkreislauf zu schließen (STMLU 2004). Die in dem Projekt dargestellte Methode ist für die gestellte Forschungsfrage nur in der Form relevant, dass sie bei bestimmten Randbedingungen eine interessante Lösung für eine partielle Verbesserung des operativen Produktentwicklungsprozesses darstellt.

Ein Hochschulinstitut und ein Bauunternehmen entwickeln in dem Projekt „IPP bei der Gebäudesanierung“ eine Softwareapplikation zur Bewertung und Steuerung von Sanierungsmaßnahmen im Bauwesen unter Einsatz der Methode der Ökobilanzierung und erproben deren Eigenschaften bei der Anwendung in der Praxis. Die Bewertung und Strategieformulierung für die Sanierung eines konkreten Gebäudes auf der Grundlage einer lebenswegorientierten Betrachtungsweise führt zu einer effektiven und effizienten Ausschöpfung ökologischer und ökonomischer Belange. Planern, Bauherren und Bauträgern sollen wissenschaftlich fundierte und in der Praxis erprobte Entscheidungshilfen und Werkzeuge in einem „Handbuch für den Praktiker“ zur Verfügung gestellt werden (STMLU 2004). Die noch ausstehenden Ergebnisse sind aufgrund des starken Branchenbezugs für die in dieser Arbeit anvisierten Zielgruppe weniger relevant.

In dem laufenden Projekt „IPP in Marketingkonzepten“ erarbeiten zwei wissenschaftliche Institute mit drei Unternehmen aus dem Marktsegment der höherwertigen Konsum- und Investitionsgüter in Zusammenarbeit mit einer Expertenrunde einen Leitfaden zur Gestaltung und Umsetzung einer IPP-Marketingstrategie auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette. Konkrete Maßnahmen aus dem Bereich der Marktforschung, der Preis-, Distributions-, Kommunikations-, Produkt- und Sortimentspolitik, wie des Marketingcont-

rollings werden auf ihre Funktion zur Unterstützung der Hersteller und des Handels bei der Vermarktung von Produkten unter dem Aspekt der IPP untersucht und in der Praxis erprobt. Besonders die Rolle des Handels mit ihrer Vermittlungsfunktion zwischen Marktangebot und –nachfrage soll mit einbezogen werden (STMLU 2004). Da KMU i. d. R. bei der Entwicklung von Marketingmaßnahmen auf externe Dienstleister zurückgreifen (vgl. Kap. 2.2.3.1), können die Ergebnisse in Zukunft die Berater bei der Entwicklung einer IPP-Marketingstrategie für die KMU unterstützen.

In dem Projekt „IPP in Managementsystemen“ wird von einer Unternehmensberatung in Zusammenarbeit mit dreizehn, fast ausschließlich großen Unternehmen auf Basis der Erfahrungswerte der Projektbeteiligten ein Leitfaden mit Handlungsempfehlungen für die Berücksichtigung der IPP-Aspekte in prozessorientierten Managementsystemen (z. B. EMAS, ISO 14.001ff, ISO 9000) erarbeitet. Unternehmen sollen so IPP-Gesichtspunkte zum festen Bestandteil von Prozessmodellen der Organisation und ihres Handelns machen. Zudem sollen Forderungen zur Ergänzung der Normen und Standards der existierenden Managementsysteme für eine umfassende Integration der IPP abgeleitet werden (STMLU 2004). Die Vorschläge und Praxistipps mögen unter Umständen sehr hilfreich sein, da auch mittelständische Unternehmen berücksichtigt werden sollen. Da die Erfahrungen aber aus Sicht der Großindustrie gemacht wurden, sind zur Beurteilung der Relevanz für KMU erst die Ergebnisse abzuwarten. Ein Problem für eine erfolgreiche Umsetzung kann die geringe Akzeptanz von Managementsystemen unter den KMU sein, die sich durch den hohen Aufwand begründet. Nach JÄGER ET AL. (1998) verfügen z. B. nur 44 Prozent der KMU über ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9000ff und andere Managementsysteme sind mehr oder weniger nicht vorhanden (vgl. Kap. 2.2.3.2).

Im Rahmen einer möglichen Prozessumstellung in der Automobilindustrie wird derzeit von einem Institut, einem Automobilhersteller und einem Zulieferer als Entwickler ein neues Verfahren zum Schutz und zur Aufrechterhaltung der Qualität der Lackierung von Fahrzeugkarosserien während der weiteren Fertigung, der Lagerung und des Transportes mittels Flüssigfolie getestet. In einer Praxishilfe werden Einsatzfelder, Stärken und Schwächen der verwendeten kombinierten Ökobilanz und Kostenanalyse aufbereitet sowie der Methoden-Einsatz und die Ergebnisse am geschilderten Fallbeispiel exemplarisch veranschaulicht (STMLU 2004). Die Erstellung einer Ökobilanz mit Kostenanalyse erfordert aber umfangreiche fachübergreifende Spezialkenntnisse und ist für die betrachteten KMU i. d. R. zu aufwendig (vgl. Kap. 2.2.3.2 u. Kap. 2.3.1.4).

Der Einsatz von Produktpanels mit ihrem Wert, ihren Grenzen und die Rahmenbedingungen als wichtigem Werkzeug der Integrierten Produktpolitik wird in dem Projekt „Branchenbezogenes Produktpanel am Beispiel Küche“ und dem Projekt „Produktbezogenes Produktpanel am Beispiel Sportschuh“ untersucht. In dem Produktgremium Küche sind z. B. die wesentlichen Akteure der Wertschöpfungskette vertreten, die regional in Bayern ansässig sind. Die Projektsteuerung der Produktgremien gewährleistet die organisatorische und tech-



nische Beratung und bietet eine Moderationsplattform, um die Kommunikations- und Kooperationsbereitschaft zwischen den Teilnehmern zu steigern. In Workshops zu verschiedenen IPP-Aspekten werden unter den Akteuren mit ihrem speziellen Wissen unternehmensübergreifende, ökologische und ökonomische Verbesserungspotenziale und deren Umsetzung mit Hilfe der Formulierung neuer Anforderungen an das Produkt diskutiert. Als Ergebnis soll ein praxisnaher Leitfaden als Grundlage für die branchenübergreifende Gestaltung von Produktpanels entstehen, der auch grundsätzliche Fragen hinsichtlich Organisation, Auswahl der Akteure, Steuerung des Vorhabens oder Ideenfindung diskutiert (STMLU 2004). Die noch vorzustellenden Ergebnisse unterstützen in erster Linie Wirtschaftsverbände oder andere Organisationen, die Produktpanels initiieren und moderieren wollen. Für KMU sind die Ergebnisse als Beispiel für die Mitwirkung in einem Produktpanel als Element der politischen Ebene der IPP interessant (vgl. S. 27), die sich unter Umständen zu einem späteren Zeitpunkt auch auf die unternehmensinternen Prozesse auswirken können. Die Ergebnisse beeinflussen so eventuell die Entscheidung des Unternehmens sich an einem Produktpanel aktiv zu beteiligen.

In Baden-Württemberg starteten im Jahr 2001 einige Pilotprojekte, um die im Grünbuch der Kommission beschriebene IPP-Strategie zu konkretisieren. Dazu wurden folgende Projekte als produkt- und branchenspezifische Kooperationen initiiert und gefördert, die zum Teil mit den beiden bayerischen Projekten zu Produktpanels vergleichbar sind. Als Ergebnis werden Empfehlungen für den Fallstudienbereich sowie für derartige Allianzen im Allgemeinen und zur Rolle des Staates gegeben (UVM 2004A; UVM 2004B). Die Ergebnisse können für KMU zum einen eine produktspezifische Relevanz aufweisen. Zum andern sind sie ein interessantes Beispiel für die Kooperationen zwischen den verschiedenen Akteuren.

Im Pilotprojekt „IPP für Papierprodukte“ wurde die Produktgruppe „Papier“ aufgrund der für ein Massenprodukt relativ übersichtlichen Produkt- und Anwendungsstrukturen gewählt. Es wurden verschiedene umweltbezogene Fragestellungen in der Wertschöpfungskette in Form von Workshops mit den Akteuren diskutiert, die anschließend unter den Gesichtspunkten die innerbetrieblichen Optimierungspotenziale betrachten wurden. An dem Projekt beteiligten sich neun Unternehmen aus nahezu sämtlichen Verarbeitungs- und Wertschöpfungsstufen der Papierkette sowie eine Fachhochschule, die IHK und die Landesanstalt, die ihre Arbeitsergebnisse in einem Bericht zusammenführen (FINGS 2002).

Im Pilotprojekt „IPP am Beispiel der Textilien Kette“ wird eine praktische Umsetzung, Konkretisierung und Fortentwicklung der Integrierten Produktpolitik im Bereich der textilen Kette untersucht. Die Projektpartner sind zwei Unternehmen, die in unterschiedlichen Bereichen der textilen Wertschöpfungskette tätig sind und zusammen die Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung einer IPP ausloten. In drei Workshops werden rückblickend die verschiedenen Erfahrungen der Beteiligten aufgearbeitet, Innovationspotenziale herausgefiltert und die Ergebnisse in verallgemeinerungsfähiger Form aufbereitet (RUBIK 2002; KEIL & RUBIK 2004).

In dem Projekt „Kooperationsansätze der IPP für nachhaltigen Konsum am Fallbeispiel Polstermöbel“ steht die Entwicklung von Handlungsempfehlungen für die Initiierung und Unterstützung von Kooperationen von Akteuren im Vordergrund mit dem Ziel, nachhaltige Konsummuster am Fallbeispiel Polstermöbel zu fördern (HIRSCHL 2005).

Die Vielzahl der Forschungsprojekte verdeutlicht die Vielschichtigkeit der Thematik und den dringenden Bedarf der Politik und der verschiedenen Beteiligten, die von der Europäischen Kommission beschriebene IPP-Strategie zu konkretisieren. Aufgrund des umfassenden Ansatzes der Integrierten Produktpolitik und des Einflusses auf viele Bereiche der am Produktlebenszyklus beteiligten Akteure ergeben sich sehr vielfältige Fragestellungen und Wechselwirkungen zu den bestehenden Randbedingungen und Lösungen in der Wirtschaft.

### 2.3.3 Implementierung von Methoden

Im Folgenden wird der Frage nachgegangen werden, wie eine Einführung von Methoden und Hilfsmitteln in Hinsicht auf die IPP gestaltet werden kann und welche Hinweise in der Literatur zu finden sind. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse bilden eine Grundlage für die erfolgreiche Einführung der Integrierten Produktpolitik.

Durch eine Vielzahl von Anforderungen, z. B. dem steigenden Wettbewerbsdruck, werden die Unternehmen gezwungen, sich zu wandeln. Einführungs- bzw. Änderungsprozesse werden somit zu einem wesentlichen Bestandteil in den Unternehmen (VIERTLBÖCK 2001; REINHART 2000; LINDEMANN & REINHART 1999). Diese Prozesse betreffen zu einem großen Teil auch die Produktentwicklung mit ihrer zentralen Funktion für den Wertschöpfungsprozess im Unternehmen. Jeder Wandel geht mit der Veränderung der Mitarbeiterkompetenzen sowie der Aufbau- und Ablauforganisation einher und bedarf der Einführung und Integration von neuen Strategien, Methoden und Hilfsmitteln in die bestehende Produktentwicklungsumgebung.

Nach STETTER (2000, S. 16) bedeutet die Implementierung ein konkretes Vorgehen, das die Anwendung der Methode in die Praxis einführt sowie deren Wirkung und Gebrauch längerfristig sicherstellt. Häufig werden Methoden dann neu eingeführt, wenn in einer Situation ein bestimmtes Ziel mit der üblichen Vorgehensweise nicht mehr erreicht werden kann. Die Motivation der betroffenen Mitarbeiter führt bei guter Unterstützung häufig zu einer erfolgreichen Anwendung im entsprechenden Fall und durch die positiven Erfahrungen verbessert sich auch die Einstellung gegenüber Methoden (STETTER 2001, S. 124). Dieses führt aber nicht zwangsläufig zu einer dauerhaften Anwendung der Methoden. Untersuchungen zu Fallbeispielen mit erfolgreichen Pilotprojekten zeigen, dass die Implementierung trotz erfolgreicher Methodeneinführung oft nicht gelang. Für die längerfristige Anwendung der Methoden ist die Phase der Verankerung notwendig, wie in Bild 2.3-17 dargestellt (NORELL 1993).

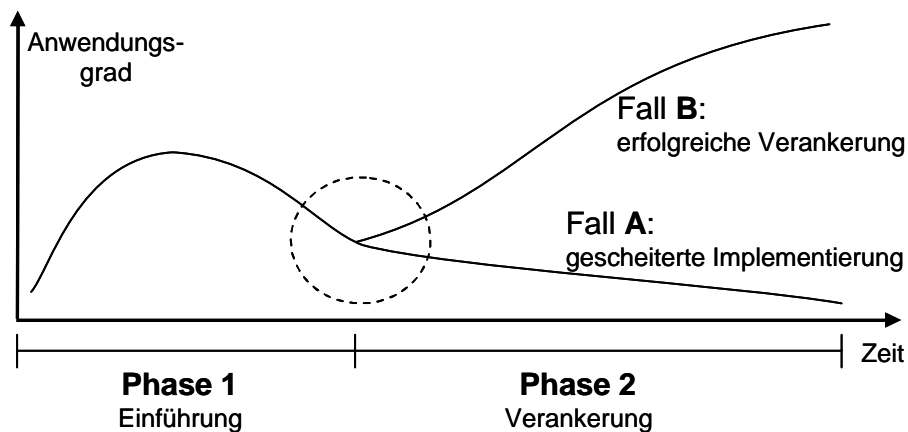


Bild 2.3-17: Ein Modell für die Implementierung von Methoden nach NORELL (1993, S. 868)

BESKOW ET AL. (1999) beschreibt für die Implementierung von der Methode QFD ein generelles Modell für Änderungsprozesse auf Basis von Fallbeispielen, das neben der bisher betrachteten Phase der Implementierung eine vorangehende Phase der Planung und eine anschließende Evaluationsphase umfasst (Bild 2.3-18).

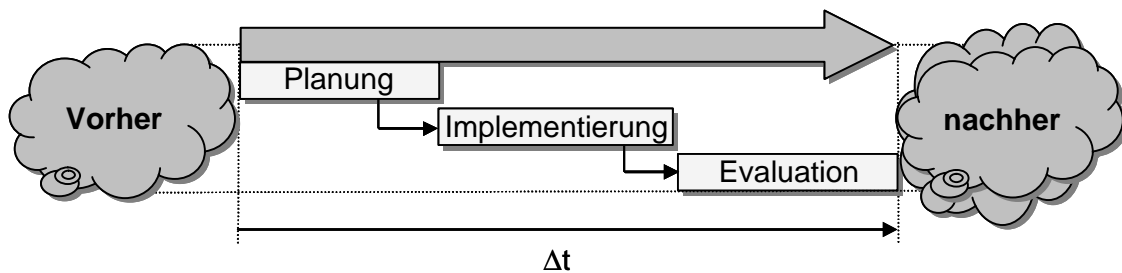


Bild 2.3-18: Darstellung des generellen Modells eines Änderungsprozesses nach BESKOW ET AL. (1999, S. 438)

GIAPOULIS (1999, S. 241) unterscheidet bei der Einführung von Methoden in die Praxis eines Unternehmens drei grundsätzliche Vorgehensweisen:

- **Optionale Einführung von Methoden:**  
Die Methoden mit ihren Zielen werden den einzelnen Entwicklern vermittelt. Ihnen bleibt es dann überlassen, ob und inwieweit sie die Methoden in ihrer täglichen Arbeit anwenden.
- **Methodeneinführung in einem Pilotprojekt:**  
Methoden werden einmal in einem unabhängigen, kleinen Projekt eingeführt mit einer Form von begleitendem Coaching. Die Teilnahme der Mitglieder ist i. d. R. nicht freiwillig. Die Teilnehmer sollen praktische Methodenerfahrungen sammeln, die sie später im Berufsalltag anwenden können.

- Verpflichtende Anwendung von Methoden:  
Methoden werden als Integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses eingeführt, deren Anwendung für die Beteiligten verpflichtend wird.

Die erste Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass die Eigenverantwortung für die Beteiligten sehr motivierend wirkt sowie sehr aufwandsarm und flexibel ist. Nachteilig wirkt dagegen, dass negative Erfahrungen und Zweifel der Beteiligten bei der Anwendung nicht durch eine erfahrene Person ausgeräumt werden. Die Priorität des Alltagsgeschäfts sowie die fehlende Verantwortung für die Methodenanwendung führen häufig mit der Zeit zu einer Abnahme der Methodenanwendung. Die zweite Vorgehensweise bietet gegenüber der ersten den Vorteil, dass die Beteiligten die Anwendung in einer praktischen Situation erleben und für sie die Umsetzung im Alltag leichter und wirkungsvoller ist. Die Durchführung ist i. d. R. aufwendiger und es können nur für das Projekt sinnvolle Methoden vermittelt werden. Die dritte Vorgehensweise stellt dagegen große Anforderungen an die Alltagstauglichkeit der Methoden, die durch einfache Dokumente und Hilfsmittel zu unterstützen sind und sich für alle Anwendungsfälle eignen müssen (GIAPOULIS 1999, S. 244).

In der Praxis erfolgen Implementierungsprozesse in einer Vielzahl von sehr unterschiedlichen Situationen. Nach VIERTLBÖCK (2000) hängt der Einführungsprozess dabei von der individuellen Ausprägung zahlreicher Einflussfaktoren ab, die in Bild 2.3-19 dargestellt sind.

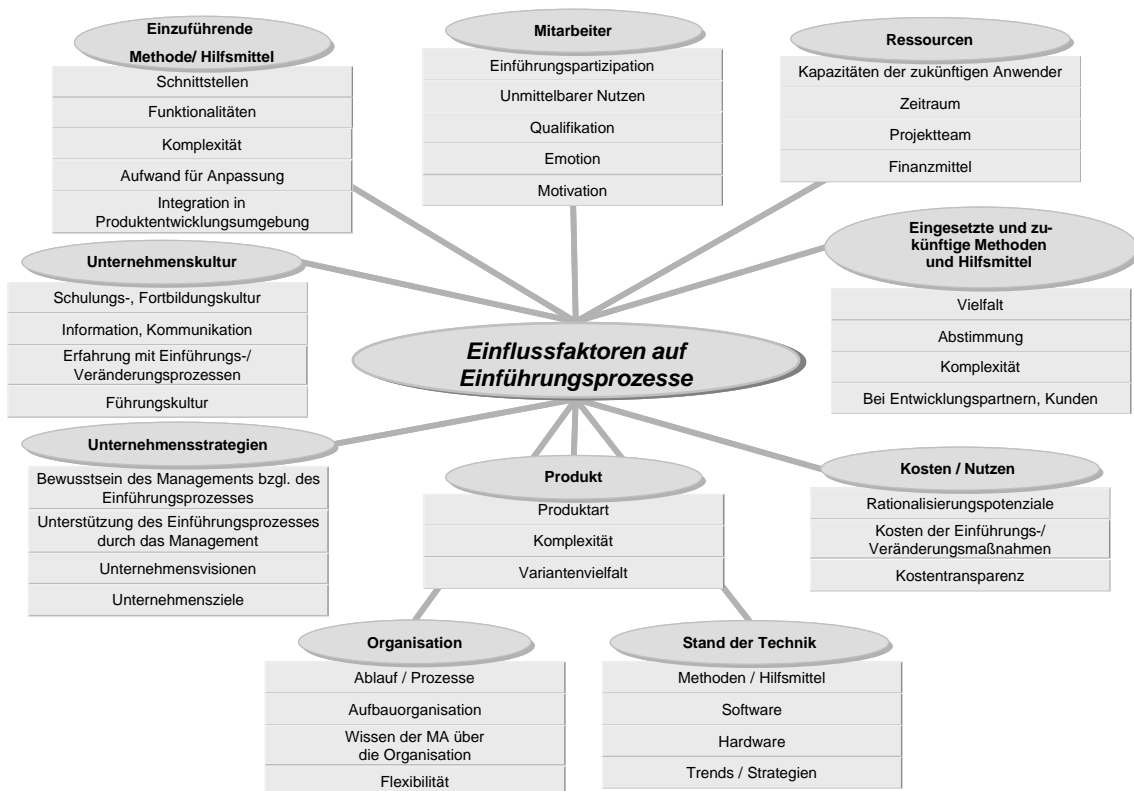


Bild 2.3-19: Einflussfaktoren auf den Einführungsprozess nach VIERTLBÖCK (2000, S. 98)

Einige Aspekte dieser Einflussfaktoren sind entscheidend für den Erfolg eines Implementierungsprozesses und werden im Folgenden kurz beleuchtet, wie z. B. die Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter oder der zeitliche Verlauf des Aufwands und des Nutzens.

Eine Änderung der Mitarbeiterkompetenzen und der Vorgehensweisen geht auch immer mit einer Änderung der Verhaltensweisen der Mitarbeiter einher. In der Psychologie wurde basierend auf einer Analyse der wichtigsten Wirkelemente verschiedener Modelle das „Transtheoretische Modell“ (TTM) von PROCHASKA & DICLEMENTE (1984) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein Phasenmodell, das die Bereitschaft zu einer Einstellungs- und Verhaltensänderung eines Menschen in Hinblick auf ein konkretes definiertes Problemverhalten beschreibt. Es wird zwischen sechs Phasen der Veränderung unterschieden, die das Individuum auf dem Weg zu einer dauerhaften Verhaltensänderung durchschreitet (Bild 2.3-20 u. Tabelle 5; MAURISCHAT 2001, S. 9).

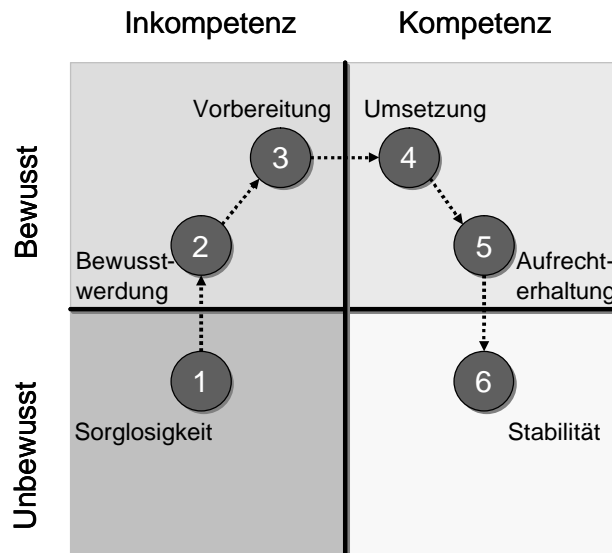


Bild 2.3-20: Die Phasen der Verhaltensänderungen nach dem „Stages of Change-Modell“ (MAURISCHAT 2001)

Zwar werden in realen Verhaltensänderungsprozessen die Phasen in aufsteigender Reihenfolge durchschritten, aber ein lineares Durchlaufen der Stufen stellt eher die Ausnahme als die Regel dar. In jeder Phase ist eine Regression in eine vorhergehende Phase möglich. Eine Regression von der Phase der Umsetzung oder der Aufrechterhaltung wird als Rückfall definiert (MAURISCHAT 2001, S. 15).

Phase	Beschreibung
<b>Sorglosigkeit</b> („precontemplation“)	Viele Personen sind sich ihrer Inkompetenz und Probleme nicht bewusst oder wollen nicht darüber nachdenken. Die Phase ist die stabilste und ohne einen Auslöser ist es unwahrscheinlich in die nächste Phase zu gelangen.

<b>Bewusstwerdung</b> („contemplation“)	In dieser Phase werden sich die Menschen ihrer Inkompetenz und Probleme bewusst und können sich noch nicht zu einem Handeln entschließen, denken aber ernsthaft über Veränderungen im nächsten halben Jahr nach. Sie gehen jedoch noch keine Verpflichtung sich selbst oder anderen gegenüber anders zu handeln. Diese Phase ist sehr stabil in dem Sinne, dass Personen sehr lange ohne sichtbares Fortschreiten in ihr verharren können.
<b>Vorbereitung</b> („preparation“)	Die Personen entwickeln und äußern die Absicht zur Verhaltensänderung, die gewöhnlich kurzfristig innerhalb des nächsten Monats umgesetzt werden soll, und sie treffen die Entscheidung zum Handeln. Die ersten Schritte zu Veränderungen werden geplant und eingeleitet.
<b>Umsetzung</b> („action“)	Die Menschen verändern aktiv ihr Verhalten, ihre Erfahrungen und Umwelt um die Kompetenz zu entwickeln und die Probleme zu lösen. Das Handeln erfordert i. d. R. viel Aufwand an Zeit und Energie sowie ein hohes Maß an Entschlossenheit und Engagement. Dies kann fast ein halbes Jahr über andauern. In dieser aktivsten Phase fließt das neue Verhalten in die Alltagsroutine ein und beginnt auf die Umwelt zu wirken. Andererseits ist diese Phase auch die unstabilste mit einem hohen Risiko in die alte Verhaltensweise zurückzufallen.
<b>Aufrechterhaltung</b> („maintenance“)	Die erreichten Veränderungen werden seit mehr als etwa sechs Monate beibehalten und vor möglichen Rückfällen wird vorgebeugt. Die Anwendung der erlernten Fähigkeiten und Strategien wird nun endgültig zur Routine. Die alte Verhaltensweise wird zunehmend unbedeutender und wird vergessen.
<b>Stabilisierung</b> („termination“)	Es besteht die hundertprozentige Zuversicht die neue Verhaltensweise beizubehalten und keine Versuchung mehr in die alte zurückzufallen. Das alte Verhalten wurde gänzlich aufgegeben und durch das neue Verhalten ersetzt, das sich zu einer unbewussten Kompetenz gewandelt hat. Die Gefahr eines Rückfalls ist nur noch sehr gering.

Tabelle 5: Beschreibung der Phasen des „State of Change-Modells“ (MAURISCHAT 2001).

Es werden insgesamt zehn wesentliche Veränderungsstrategien postuliert, die Menschen in Abhängigkeit von den Phasen benutzen, um ihre Erfahrungen, sich selbst oder ihre Umwelt zu modifizieren (MAURISCHAT 2001, S. 9).

Strategie	Beschreibung	Anwendung
<b>Emotional-kognitive Strategien</b>		
<b>Steigern des Bewusstseins</b> „consciousness raising“	Aktives Aufnehmen von Information über das eigene Verhalten und Probleme. Es wird ein größeres Bewusstsein über die Inkompetenz oder das Problem angestrebt.	Bewusstwerdung
<b>Wahrnehmen förderlicher Umweltbedingungen</b> „social liberation“	Wahrnehmen von Umweltbedingungen, die eine Veränderung des Verhaltens erleichtern.	Bewusstwerdung / Vorbereitung / Umsetzung
<b>Wahrnehmen der persönlichen Umwelt</b> „environmental reevaluation“	Wahrnehmen und Bewerten, in welcher Weise das Problemverhalten die persönliche Umwelt und andere Personen betrifft. Gewinnen von Einsichten zu Nachteilen des alten Verhaltens und zu Vorteilen des neuen Verhaltens für die Umwelt.	Vorbereitung
<b>Emotionales Erleben</b> „emotional arousal“	Bewusstes Erleben und Ausdrücken der Gefühle bzgl. des Verhaltens und möglicher Lösungen. Unangenehme Gefühle des alten Verhaltens und angenehme Gefühle des neuen Verhaltens werden gestärkt.	Vorbereitung
<b>Selbstbewertung</b> „self-reevaluation“	Emotionale und rationale Analyse, in welcher Form das Problemverhalten oder die Änderung des Verhaltens die eigene Person und das Selbstbild betrifft. Die Nachteile des alten Verhaltens und die Vorteile des neuen Verhaltens für die eigene Person werden eingesehen.	Vorbereitung

Verhaltensbezogene Strategien		
<b>Selbstverpflichtung</b> „commitment“	Ein fester Vorsatz und eine Selbstverpflichtung zur konsequenten Veränderung des Problemverhaltens werden gefasst. Der Glaube an die eigene Fähigkeit wird gestärkt.	Vorbereitung / Umsetzung / Aufrechterhaltung
<b>Verstärkung</b> „reward“	Belohnungsstrategien zur Erreichung und Stabilisierung des Wunschverhaltens werden gezielt genutzt.	Umsetzung / (Aufrechterhaltung)
<b>Gegenkonditionierung</b> „counterconditioning“	Ungünstige Verhaltensweisen im Sinne einer Problemlösung werden durch günstiges Verhalten ersetzt. Alternative Verhaltensweisen werden eingeübt.	Umsetzung / Aufrechterhaltung
<b>Kontrolle der Umwelt</b> „stimulus control“	Situationen, Personen oder andere Reize werden kontrolliert, um das Auftreten des alten Verhaltens zu verringern.	Umsetzung/ Aufrechterhaltung
<b>Nutzen hilfreicher Beziehungen</b> „helping relationships“	Soziale Unterstützungen zur Erleichterung der Verhaltensänderung werden aktiv genutzt. Beziehungen, die von Vertrauen, Offenheit, gegenseitiger Umsorgung und Akzeptanz geprägt sind, werden bewusst als Ressource zur eigenen Unterstützung bei der Verhaltensänderung genutzt.	Umsetzung / Aufrechterhaltung

Tabelle 6: Wesentliche Verhaltensstrategien des Transtheoretischen Modells nach Prochaska et al. (1994, S. 33 u. S. 67).

Daneben sind drei Grundvoraussetzungen für einen Erfolg notwendig und ihr Verlauf charakterisiert die einzelnen Phasen. Dabei handelt es sich um die Entscheidungsbalance, die Selbstwirksamkeitserwartung und die situative Versuchung (KELLER 1998). Das Konzept der Entscheidungsbalance beschreibt die subjektiv wahrgenommenen Vor- und Nachteile einer Verhaltensänderung für das Individuum. Die Gewichtung der wahrgenommenen Nachteile sinkt über die Phasen hinweg ab. Eine Veränderung ist nur dann möglich, wenn die Entscheidungsbalance positiv ist. Das Konzept der Selbstwirksamkeitserwartung ist ein wichtiger Mediator zwischen Wissen und Handeln und beschreibt das Ausmaß der Zuversicht, das definierte Zielverhalten auch unter widrigen Bedingungen zu zeigen. Die Selbstwirksamkeitserwartung steigt i. d. R. über die Phasen hinweg an. Das Konzept der Situativen Versuchung versteht sich als Gegenpol zur Selbstwirksamkeitserwartung und definiert das Ausmaß der Versuchung, in der gleichen Situation ein ungünstiges Verhalten zu zeigen, d. h. rückfällig zu werden. Diese nimmt von der Phase des Bewusstwerdens bis zur Phase der Aufrechterhaltung ab. I. d. R. verkümmert ein Verhalten aber irgendwann, wenn es sich subjektiv für das Individuum nicht lohnt (MÜLLER & PEPE 2003, S. 54).

Das Transtheoretische Modell beschreibt zwar nur den Prozess der Änderung einer Verhaltensweise aus der Sicht einer Einzelperson, doch ist dieses ein wesentlicher Bestandteil jeder Methodenimplementierung. Das Modell wird in der Psychologie besonders dann verwandt, wenn bei der Änderung der Verhaltensweise innere Widerstände zu überwinden sind, z. B. um das Körpergewicht zu reduzieren oder mehr Sport zu treiben. Auch die jahrelangen Gewohnheiten der Mitarbeiter sind nicht unerhebliche Widerstände, die es bei einer Methodenimplementierung zu überwinden gilt. Selbst wenn noch keine besondere Prägung eines Verhaltens beim Mitarbeiter vorliegt und andere innere Widerstände zu vernachlässigen sind, ist das Modell gültig und die verschiedenen Phasen sind zu durchschreiten. Dieses fällt

dem Mitarbeiter allerdings leichter. Die Phasen der Vorbereitung, der Umsetzung und der Aufrechterhaltung des Transtheoretischen Modells sind teilweise mit den vorher dargestellten Phasen der Planung, der Einführung und der Verankerung des Implementierungsprozesses vergleichbar. Dieses Modell erklärt auch die vorher dargestellte Notwendigkeit der Verankerung im Bild 2.3-17.

TAMINI & SEBASTIANELLI (1998, S. 59) bestätigen in einer umfassenden Untersuchung zu den Barrieren einer Einführung des Total Quality Managements (TQM), dass der Widerstand der Mitarbeiter die Implementierung signifikant behindert. BESKOW ET AL (1999, S. 439) stellt im Zusammenhang mit der Einführung einer Methode die Bedeutung der Widerstandspyramide nach GAPHIN (1996) heraus. Danach gilt es bei der Einführung einer Methode nacheinander die verschiedenen Stufen des Widerstandes der Mitarbeiter zu überwinden, die aus den Stufen des „nicht kennen“, des „nicht können“ und des „nicht wollen“ bestehen (Bild 2.3-21). Diese Stufen fallen mit den Phasen der Sorglosigkeit und des Bewusstwerdens des Transtheoretischen Modells zusammen. Nach STETTER (2000, S. 116) lassen sich den Stufen die in Bild 2.3-21 dargestellten Gegenmaßnahmen zuordnen. BESKOW ET AL (1999, S. 439) betont zum Überwinden der Stufe „nicht wollen“ die besondere Bedeutung der Unterstützung durch das Management.

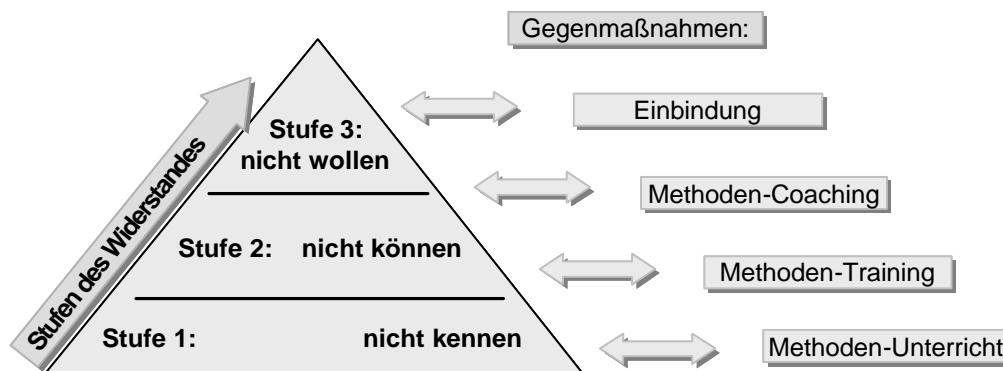


Bild 2.3-21: Widerstandspyramide nach GALPIN (1996) und Maßnahmen den Widerstand zu überwinden nach STETTER (2000, S. 116)

I. d. R. werden Methoden in die Praxis neu eingeführt, um die Leistung zu steigern. Entgegen der häufigen Erwartung steigt die Leistungskurve nicht direkt zum Zeitpunkt der Einführung an, sondern fällt sogar erst einmal ab (Bild 2.3-22). Dieser Abfall wird durch den Zeitaufwand für das Erlernen der Methode und den höheren Aufwand bei den ersten Anwendungen verursacht. Durch den Anstieg der Effizienz mit der Lernkurve und einer stetigen Optimierung der Anwendung steigt die Leistung später wieder an und führt dann zu dem erhofften Nutzen. In der Praxis wird dieser Leistungsabfall häufig aber als geringe Eignung der Methode interpretiert. Dieses ist einer der Hauptgründe, warum neue Ideen und Initiativen während ihrer Implementierung scheitern (REETZ 1997, S. 44).



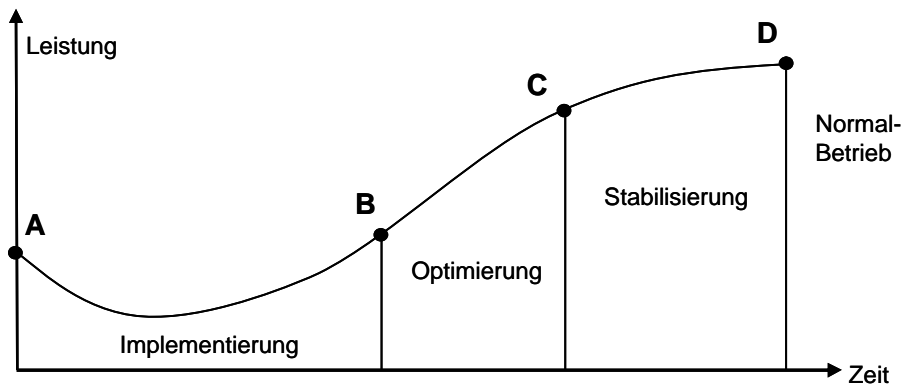


Bild 2.3-22: Auswirkung einer Methodeneinführung auf die Leistung nach REEST (1997)

Zusätzlich zu dem vorübergehenden Abfall der Leistungskurve ist der zusätzliche Aufwand zu berücksichtigen, der durch die Implementierung der Methode entsteht. Beides führt zu einem höheren Personalbedarf und kann zu Lasten anderer Aufgaben gehen oder zu höheren Personalkosten führen. Bei der Entscheidung zu einer Methodeneinführung ist dieser Aufwand zu berücksichtigen und dem erwarteten Nutzen gegenüber zu stellen. Die Methodeneinführung ist daher mit einer Investition vergleichbar, die erst zu einem späteren Zeitpunkt beginnt sich zu amortisieren und deren Break-Even Point erst nach einiger Zeit erreicht wird. Der Verlauf des Beschäftigungsvolumens im Rahmen der Einführung neuer Technologien ist am Beispiel von CIM-Technologien in Bild 2.3-23 dargestellt.

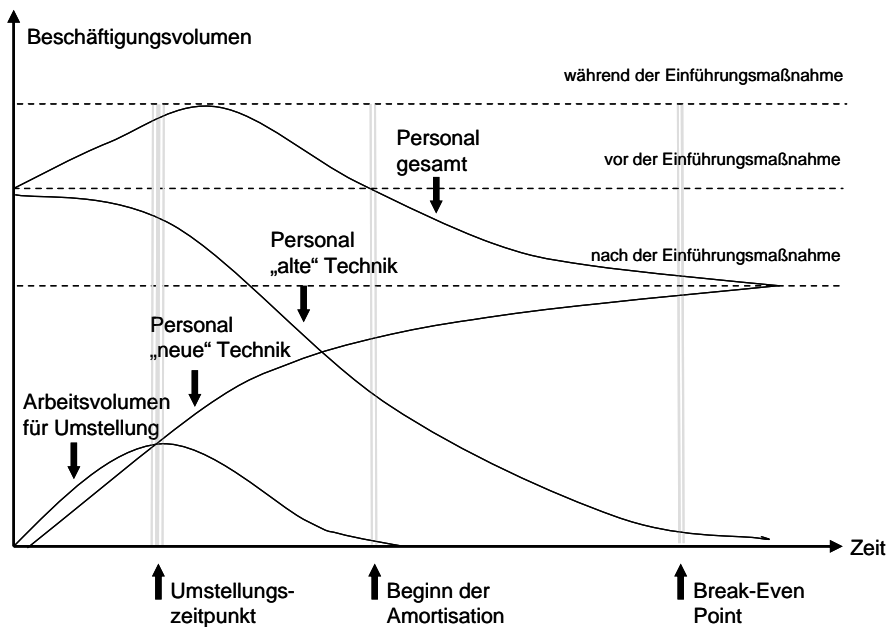


Bild 2.3-23: Idealtypischer Personalbedarfsverlauf in der Einführungsphase von CIM-Technologien nach SCHULZ (1990, S. 126)

In der Literatur ist eine überschaubare Anzahl von verschiedenen Modellen für die Implementierung von Methoden zu finden, die an unterschiedliche Ziele und Einflussfaktoren (Bild 2.3-19) angepasst wurden. Das Thema der Implementierung wird in vielen Veröffentlichungen nur begleitend behandelt (VIERTLBÖCK 2000, S. 30). Im Folgenden sollen einige Modelle kurz dargestellt werden.

EHRENSPIEL (1995, S. 270) stellt einen Vorgehensplan für die Einführung der Methodik der Integrierten Produktentwicklung vor, der aus fünf Phasen besteht (Bild 2.3-24). In den ersten beiden Schritten soll sichergestellt werden, dass die Führungskräfte und die Mitarbeiter von der Notwendigkeit bzw. vom Nutzen überzeugt sind. Diese Schritte sollen bewirken, dass die Beteiligten aus der Phase der Sorglosigkeit des Transtheoretischen Modells (Bild 2.3-20) in die Phase der Vorbereitung wechseln. Im dritten bis fünften Schritt wird die Phase der Planung detailliert (Bild 2.3-18). Diese Schritte sind in die Ermittlung des Idealzustandes, in die Planung der Umsetzung und in die Entscheidung zur Umsetzung untergliedert. Dabei soll der Prozess erst auf ein Pilotprojekt beschränkt werden. Ehrlenspiel favorisiert damit den zweiten Weg, den GIAPOULIS (1999, S. 241) als grundsätzliche Vorgehensweise vorschlägt (vgl. S. 87). Er lässt aber offen, inwieweit die Methodenanwendung verpflichtend werden soll. EHRENSPIEL misst dem dritten Schritt eine besondere Bedeutung zu, in der die allgemeine Methodik der Integrierten Produktentwicklung unternehmens- und produkt-spezifisch angepasst werden muss. Die Phase der Implementierung mit den beiden Phasen der Einführung und der Verankerung sowie die Phase der Evaluation werden nicht betrachtet.

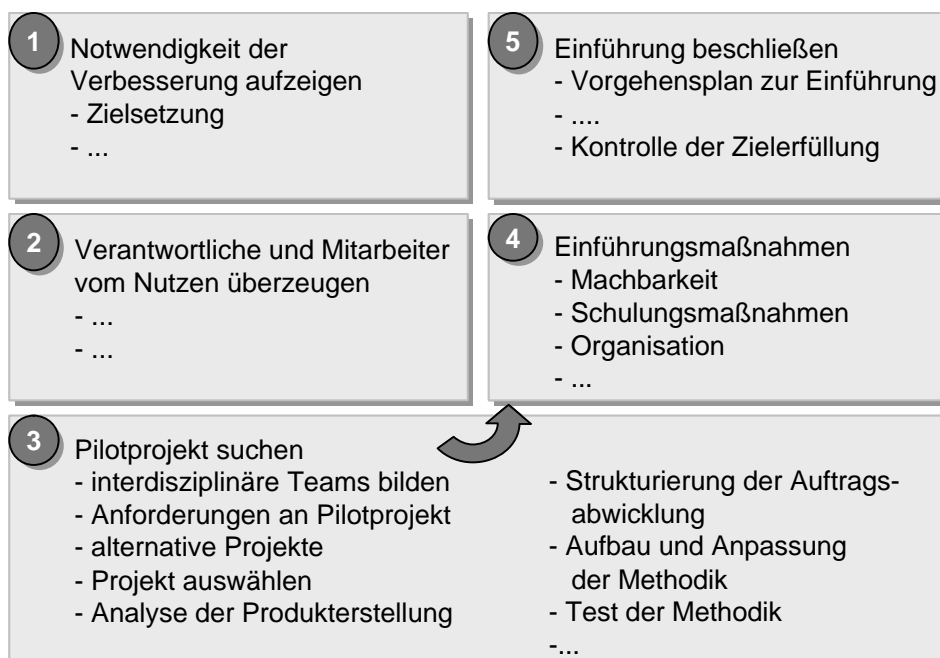


Bild 2.3-24: Vorgehensplan für die Einführung der Konstruktionsmethodik nach EHRENSPIEL (1995, S. 270)

USHER (1996, S. 42) präsentiert ein Prozessmodell für die Implementierung des Concurrent Engineering in KMU. Für die Darstellung seiner sechs Schritte wählt er die Darstellungsweise der SADT-Methode, in der die Informationsflüsse, die benötigten Steuerungsinformationen und Ressourcen strukturiert abgebildet werden. Er schlägt vor, die Schritte in einer Vielzahl von Iterationen zu durchlaufen und so einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu erreichen. Sein erster Schritt „Create motivation to change“ entspricht den ersten beiden Schritten des Vorgehensplans von EHRENSPIEL. Der zweite bis vierte Schritt „examine current system“, „identify changes to make“ und „create a plan“ können der Phase der Planung zugerechnet werden, wobei der zweite und dritte Schritt mit dem dritten Schritt des Vorgehensplans von EHRENSPIEL sowie die beiden vierten Schritte der Vorgehen miteinander vergleichbar sind. Der fünfte Schritt von EHRENSPIEL, eine Entscheidung über die Einführung zu treffen, fehlt in diesem Modell. Der sechste Schritt ist der Phase der Implementierung und der siebte Schritt der Phase der Evaluation zuzurechnen.

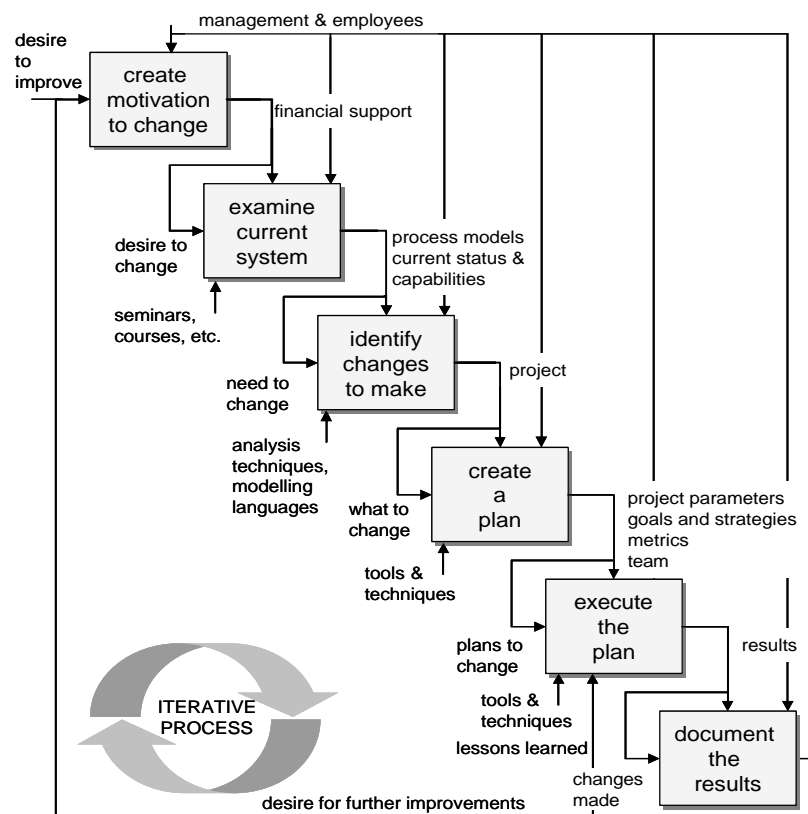


Bild 2.3-25: Iterative Implementierungsstrategie nach USHER (1996)

STETTER (2000) entwickelt ein Modell für die Methodenimplementierung, das aus verschiedenen Ebenen statt Schritten besteht (Bild 2.3-26). Diese Ebenen fassen jeweils ein Teil der Aktivitäten des Implementierungsprozesses in einen logischen Kontext zusammen und sollen darstellen, dass der zeitliche Verlauf der verschiedenen Vorgänge nicht nur sequentiell

oder iterativ in Schleifen erfolgt, sondern vielschichtiger ist. Dennoch können die Ebenen den bisher betrachteten Phasen zugeordnet werden. Die zweite und die dritte Ebene entsprechen dabei der Phase der Planung. STETTER (2000, S. 17) zielt mit seinem Modell auf die intensivste Form der Methodenimplementierung, in der die Methoden integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses werden und die Anwendung für die Mitarbeiter verpflichtend wird (vgl. S. 87).

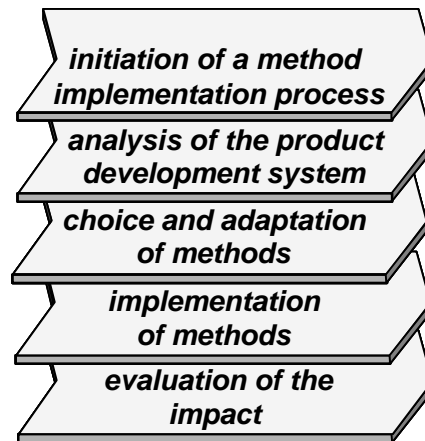


Bild 2.3-26: Modell der fünf Ebenen einer Methodenimplementierung nach STETTER (2000, S. 35)

Das gleiche Ziel verfolgt VIERTLBÖCK (2000) mit seinen beiden Modellen, die als Leitfaden für die Durchführung einer Methodenimplementierung dienen sollen. Er unterscheidet die Planungsphase in eine Ebene der strategischen Planung und in eine Ebene der operativen Planung, die jeweils durch ein Modell unterstützt werden. Die folgenden Phasen der Einführung und der Evaluation werden nur als Teilschritt der operativen Planung betrachtet und die Phase der Verankerung fehlt.

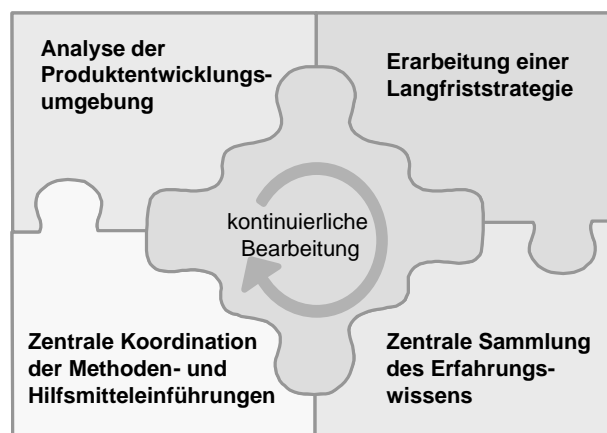


Bild 2.3-27: Modell zur Unterstützung der strategischen Planung der Methodeneinführung nach VIERTLBÖCK (2000, S. 107)

Das Modell zur Unterstützung der strategischen Planung besteht aus den vier Schritten „Analyse der Produktentwicklungsumgebung“, „Erarbeitung einer Langfriststrategie“, „Zentrale Sammlung des Erfahrungswissens“ und „Zentrale Koordination der Methoden- und Hilfsmiteleinführung“, die eng miteinander verknüpft sind. Diese Schritte werden in einem kontinuierlichen Prozess bearbeitet (Bild 2.3-27).

Das Modell zur Unterstützung der operativen Planung besteht aus acht Schritten, die in einer Abfolge mit Iterationen zu vorhergehenden Schritten bearbeitet werden (Bild 2.3-28). Er unterteilt das Vorgehen in einen Schritt der Projektvorbereitung, um dann im zweiten Schritt mit der Problemklärung zu beginnen. Darauf aufbauend wird im dritten Schritt das Problem beschrieben und das gemeinsame Ziel des Projektes nach Abstimmung mit der langfristigen Strategie definiert. Folgend werden vorhandene und neue Methoden und Hilfsmittel als Lösung gesucht, um diese im nächsten Schritt zu analysieren, zu bewerten und festzulegen. Mit Hilfe von Pilotprojekten sollen die ausgewählten Methoden anschließend an die Entwicklungsumgebung angepasst werden, welche ihrerseits für einen optimalen Methodeneinsatz zu modifizieren ist. Zusammen mit den erarbeiteten Schulungsunterlagen werden die Methoden mit Hilfe von Präsentationen und Schulungen bzw. Coaching unter den Mitarbeitern verbreitet. Im letzten Schritt sollen die erzielten Ergebnisse ermittelt werden, um Verbesserungen vornehmen zu können.



Bild 2.3-28: Modell zur Unterstützung der operativen Planung nach VIERTLBÖCK (2000, S. 117)

Welche Aspekte zum Erfolg eines Einführungsprozesses aus Sicht der beteiligten Mitarbeiter führen, betrachtet RITZEN ET AL. (1999) in einer Umfrage. Die Umfrage richtet sich an die Teilnehmer, die im Rahmen von sechs verschiedenen Einführungsprozessen an der Einfüh-

rung umfangreicher Methoden und Methodiken in der Industrie beteiligt waren. Den Phasen der Planung, Durchführung und Evaluierung ordnet er die positiv und negativ wirkenden Aspekte zu, die in Bild 2.3-29 dargestellt sind.

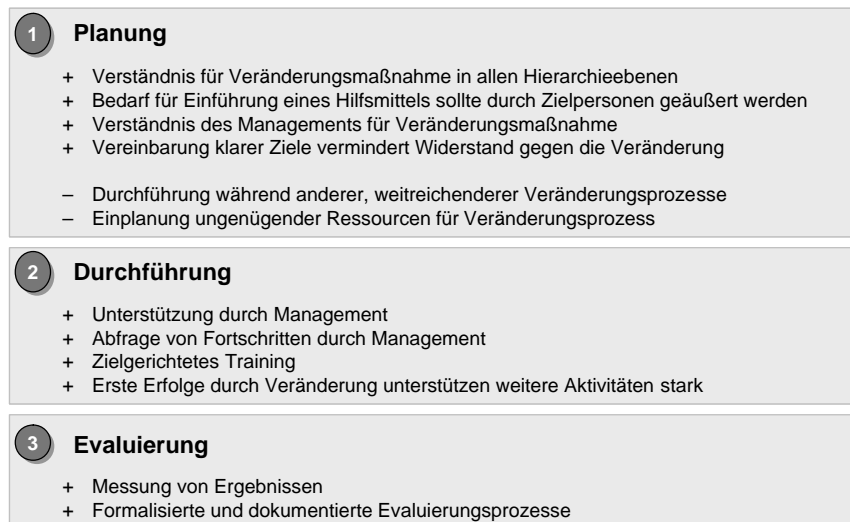


Bild 2.3-29: Wichtige positive und negative Faktoren für einen Einführungsprozess nach VIERTLBÖCK (2000, S. 98), zusammengefasst aus RITZÉN ET AL. (1999)

VIERTLBÖCK (2000) detailliert und erweitert mit Hilfe einer umfangreichen Literaturrecherche und einer Reihe von Fallstudien diese Liste mit Aspekten, die alle einen positiven Einfluss auf den Erfolg einer Implementierung haben (Bild 2.3-30).

Die oben diskutierten Ergebnisse aus dem Stand der Forschung sollen in einer Vorgehensweise zur Einführung der IPP in kleine und mittelständische Unternehmen berücksichtigt werden. Aufgrund der besonderen Bedeutung des einzelnen Mitarbeiters für den Unternehmenserfolg der KMU und der fehlenden Möglichkeit eines strikten Prozessmanagements wie bei Großunternehmen, sollen das individuelle Verhalten und die Motivation der Mitarbeiter und des Unternehmers im Mittelpunkt stehen. Dafür sind die Erkenntnisse des Transtheoretischen Modells und die Bedeutung der Verankerungsphase sowie die Liste von positiven Einflussfaktoren (Bild 2.3-30) von wesentlicher Bedeutung. Aufgrund der allgemeinen Randbedingungen der KMU (vgl. Kap. 2.2) sollen Methoden nach Möglichkeit optional oder im Rahmen von Pilotprojekten eingeführt werden. Von der verpflichtenden Anwendung von Methoden ist abzusehen. Daher sind die Modelle nach STETTER (Bild 2.3-26) und VIERTLBÖCK (Bild 2.3-27 u. Bild 2.3-28) für die Forschungsfrage nur bedingt geeignet.

### Zusammenfassung der erfolgsrelevanten Aspekte

- A1: Sensibilisierung:** Sensibilisierung der Mitarbeiter für Problemstellung. Die Einführung von Methoden darf nicht unvermittelt erfolgen.
- A2: Einbindung der Mitarbeiter:** „Betroffene“ müssen zu „Beteiligten“ werden. Durch die Beteiligung vieler Mitarbeiter in der Analyse- und Anpassungsphase werden Akzeptanzbarrieren gebrochen. Im Idealfall kommen die Mitarbeiter durch ein gezieltes Coaching selbstständig auf die Problemstellen und deren Lösungen („not invented here Problematik“ wird umgangen, Akzeptanz ist maximal).
- A3: Mitarbeiterqualifizierung:** Ressourcen für Qualifizierungsmaßnahmen der beteiligten Mitarbeiter bereitstellen. Mitarbeiter müssen befähigt werden, die Methoden innerhalb eines bestimmten Rahmens an ihre eigenen, sich ständig ändernden Prozesse anzupassen.
- A4: Übergeordnetes Gesamtkonzept/ Planung:** Planung des Veränderungsprozesses und Integration von Veränderungsmaßnahmen in übergeordnetes Gesamtkonzept; Vermeidung von Bereichsoptimierungen.
- A5: Kleine Veränderungsschritte:** Veränderung in kleinen Schritten; Erzielen schneller Erfolge fördert die Mitarbeitermotivation. Ganzheitliche Analysen dauern oft zu lange - besser mit ersten kleinen Maßnahmen beginnen (gute Pilotprojektergebnisse wirken fördernd), als zu versuchen alle Prozessdetails zu ergründen.
- A6: Managementunterstützung:** Managementunterstützung für die Veränderungsmaßnahmen; Vorleben der Gedanken durch das Management (besonders bei hohem Aufwand der Einführungsmaßnahme essentiell).
- A7: Klare Ziele:** Transparente Darstellung von Zielen des Einführungsprozesses.
- A8: Ausreichende Ressourcen:** Ressourcen für die Gestaltung des Einführungsprozesses bereitstellen.
- A9: Externe Berater nutzen:** Externe Berater können Einführungsprozess unterstützen, es ist jedoch stets das spezifische Prozesswissen der beteiligten Mitarbeiter notwendig.
- A10: Ist-Analyse:** Genaue Ist-Analyse für die Schaffung eines umfangreichen Prozessverständnisses und Problembewusstseins. Hohe Mitarbeiterqualifikation und fundiertes Wissen über eigene Prozesse sollten genutzt werden. Einbindung daher zur Analyse und Methodenanpassung dringend notwendig.
- A11: Anpassung:** Anpassung von theoretischen Ansätzen an die spezifischen Bedürfnisse des Unternehmens, der Prozesse und der Mitarbeiter für praxisnahe Unterstützung aufgrund der Verschiedenartigkeit der Produktentwicklungsprozesse besonders wichtig.
- A12: Pilotprojekte:** Test der Veränderungsmaßnahmen im Rahmen von Pilotprojekten.
- A13: Zielüberwachung:** Konsequente Überwachung der Zielerreichung (möglichst durch quantifizierbare Ergebnisse).
- A14: Zeit für Veränderungen:** Nicht zu viele Einführungsmaßnahmen in zu kurzer Zeit durchführen; aus externer Sicht klein erscheinende Veränderungen erscheinen den betroffenen Mitarbeitern oftmals enorm. Die Verbreitung einer Denkweise ist nicht durch „Blitzeinführungen“ erreichbar.
- A15: Freiräume gewähren:** Mitarbeitern bei der Gestaltung des Einführungsprozesses und der Hilfsmittel Freiräume gewähren (Subsidiaritätsprinzip). Im Bereich der Produktentwicklung besonders wichtig, da die Mitarbeiter an Freiräume bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben und eigenständiges Problemlösen gewöhnt sind und daher nur schwer starre Vorgehensweisen akzeptieren.
- A16: Direkter Nutzen:** Sollte für die beteiligten Mitarbeiter aller Hierarchieebenen gegeben sein und muss klar herausgearbeitet werden. Ist kein direkter Nutzen erkennbar bzw. sehen die Mitarbeiter sogar ihren Arbeitsplatz gefährdet, muss versucht werden Anreize zu schaffen bzw. Ängste abzubauen.
- A17: Mitarbeiterwahl:** Bei der Wahl der Mitarbeiter für die Mitgestaltung von Einführungsmaßnahmen bzw. Durchführung von Pilotprojekten auf deren Verhältnis untereinander achten. Keine „Außenseiter“ zu Schlüsselpersonen in Pilotprojekten machen (informelle Führer wählen). Personalwechsel während der Einführungsmaßnahme vermeiden.
- A18: Schulung:** Vermittlung der Methoden bzw. Hilfsmittel durch „learning by doing“ wesentlich zielführender als auf theoretischer Ebene. Verständnis und Akzeptanz stellen sich erst bei der Nutzung von Methoden und Hilfsmitteln oder Prototypen ein. Umständliche Formalismen wirken abschreckend.
- A19: Reifegrad von Methoden:** Umständliche Formalismen wirken abschreckend. Methoden und Hilfsmittel müssen daher vor der weiteren Verbreitung im Unternehmen einen hohen Reifegrad aufweisen.
- A20: Analyse der Nutzung vorhandener Methoden:** Vorhandene, evtl. falsch genutzte Methoden müssen genau analysiert werden. Eine Verbesserung deren Nutzung muss der Neueinführung einer Methode gegenübergestellt werden.
- A21: Aufbauorganisation:** Umfangreiche Veränderungsmaßnahmen bedingen die Veränderung von Ablauf- und Aufbauorganisation.
- A22: Engagement der Führungskräfte/ des Managements:** Direktes Engagement der Führungskräfte im Einführungsprojekt und Verständnis der Führungskräfte für die Einführungsmaßnahmen sind unabdingbar.

Bild 2.3-30: Erfolgsrelevante Aspekte für die Einführung von Methoden und Hilfsmittel (VIERTLBOCK 2000, S. 94)

Eine Vorgehensweise muss auch die allgemeinen Restriktionen und die Bedeutung der Thematik für die KMU berücksichtigen. Für die Implementierung bedeutet dies, dass die Methoden nur nach Bedarf und möglichst zeitlich versetzt implementiert werden sollen. Dies vermeidet einen zu starken Abfall der Leistung und damit eine zu starke Störung des Betriebsalltags. Die Entscheidung, welche Methoden und Hilfsmittel eingesetzt werden, kann nur auf der operativen Ebene entschieden werden. Der spätere Leistungsanstieg erlaubt es dann, weitere Methoden zu implementieren. Eine zu hohe zeitliche Belastung und eine zu lange Amortisationszeit für die Methodenimplementierung sind zu vermeiden.

Eine Einführung der IPP darf eine nur geringe und sich über einen längeren Zeitraum erstreckende, zusätzliche Belastung verursachen. Sie ist in Form eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses zu gestalten. Andererseits ist in einer geeigneten Vorgehensweise sicherzustellen, dass die Thematik mit der nötigen Priorität und dem Nachdruck verfolgt wird und nicht langsam im Alltagsgeschäft an Bedeutung verliert. Insgesamt ist der Gesamtaufwand gering zu halten und muss sich für alle Beteiligten subjektiv lohnen.

## 2.4 Zusammenfassung und Ableitung des Handlungsbedarfs

In den Analysen des Kapitel 2.1 zum Begriff und der Herkunft der Integrierten Produktpolitik wird die langfristig sehr wichtige Bedeutung für die europäische Gesellschaft deutlich. Es wird gezeigt, dass die politischen Akteure durch den zunehmenden Druck, durch die Bedeutung und wegen fehlender Alternativen für eine zukünftige Entwicklung motiviert werden, IPP mit Hilfe möglicher politischer Instrumente zum Erfolg zu führen.

Es wird trotz der herrschenden Meinungsvielfalt und der stetigen Weiterentwicklung deutlich, was die Integrierte Produktpolitik aus der Sicht der politischen Akteure bedeutet und welche Ziele sie verfolgt. Anschließend werden die daraus abgeleiteten Anforderungen und ersten Lösungsansätze für eine Umsetzung von den Politikern und von verschiedenen gesellschaftlichen Interessenvertretern vorgestellt. Besonders auf die gestellten Anforderungen an die Unternehmen wird eingegangen. In diesem Unterkapitel wird erkannt, was die Integrierte Produktpolitik ist und was sie grundsätzlich bedeutet. Aber es wird auch deutlich, dass diese abstrakten Vorgaben der Politik nicht ausreichen, um IPP erfolgreich in Unternehmen umzusetzen.

In den Recherchen des Kapitel 2.2 wird untersucht, welche Bedeutung kleine und mittelständische Unternehmen für die IPP haben, was Unternehmen dieses Typs charakterisiert und welche Randbedingungen bei der Einführung der IPP vorzufinden sind. Es wird deutlich, dass KMU eine signifikante Bedeutung für den Erfolg der IPP haben. Andererseits werden viele Probleme dieser Unternehmen sichtbar, die einer Umsetzung der Integrierten Produktpolitik entgegenstehen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass eine erfolgreiche Umsetzung der IPP ohne die Berücksichtigung dieser spezifischen Randbedingungen sehr



unwahrscheinlich ist. Andererseits werden die vielen Potenziale für die Unternehmen und für die Gesellschaft deutlich, die eine erfolgreiche Umsetzung der IPP bietet.

Auf der Suche nach vorhandenen Lösungen für die Umsetzung der Integrierten Produktpolitik und dem aktuellen Stand der Forschung werden eine Vielzahl von Projekten und einzelne Lösungen gefunden und übersichtlich dargestellt. Eine an der IPP interessierte Person kann sich somit schnell einen guten Überblick über relevante Forschungen und gefundene Lösungsansätze verschaffen. Ohne diese Ordnung ist es nur mit sehr viel Aufwand möglich, die Vielzahl der verschiedenen Aktivitäten zu erfassen und bezüglich der Relevanz zur Themenstellung zu beurteilen. Andererseits wird deutlich, dass die KMU auf keine vorhandenen Lösungen zurückgreifen können, um die an sie gestellten Anforderungen zu erfüllen und die ihre besonderen Randbedingungen berücksichtigen. Andererseits werden viele Erkenntnisse und eine Vielzahl von Teillösungen für die Entwicklung einer geeigneten Lösungsweise gewonnen.

Daher ist es für eine erfolgreiche Umsetzung der IPP in kleinen und mittelständischen Unternehmen dringend notwendig, systematisch eine geeignete Vorgehensweise zu entwickeln, welche die gewonnenen Erkenntnisse und Anforderungen berücksichtigt und den KMU einen Lösungsweg aufzeigt, wie sie die Integrierte Produktpolitik in ihr Unternehmen einführen und umsetzen können.



---

## 3 Grundlagen für die Entwicklung eines Vorgehensmodells

*Nachdem im letzten Kapitel die inhaltlichen Grundlagen für eine Vorgehensweise zur Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen analysiert wurden, sind in diesem Kapitel die formalen Grundlagen für die Entwicklung einer geeigneten Vorgehensweise zu betrachten. Dazu sollen der Einsatz von Vorgehensmodellen und deren Funktionen aus Sicht der Entwickler als Anwender beleuchtet werden. Dann wird der Frage nachgegangen, wie eine geeignete Vorgehensweise grundsätzlich entwickelt werden kann. Diese Erkenntnisse bilden die methodische Grundlage zur Entwicklung des Vorgehensmodells.*

### 3.1 Einsatz von Vorgehensmodellen im Produktentwicklungsprozess

Die allgemeine Verbreitung der Strategie- und Methodenanwendung in der Produktplanung und Entwicklung von kleinen und mittelständischen Unternehmen wurden bereits im letzten Kapitel untersucht. Ebenso wurde die Vielfalt der vorhandenen Umweltstrategien und –methoden bezüglich ihrer Eignung für die KMU und für das Ziel der IPP dargestellt. Der Stand der Forschung zur Implementierung von Methoden wird untersucht, um Erkenntnisse zu den inhaltlichen Anforderungen an eine geeignete Vorgehensweise zu gewinnen. Im Folgenden sollen der Einsatz von Vorgehensmodellen im Produktentwicklungsprozess und deren allgemeine Funktionen aus Sicht der Entwickler als Anwender betrachtet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für das nächste Unterkapitel.

Die Entwicklung von Produkten wird in Form von Prozessen organisiert, wobei Prozesse definiert sind als ein Satz von in Wechselbeziehungen stehenden Mitteln und Tätigkeiten, die Eingaben in Ergebnisse umgestalten (DIN EN ISO 8402 1994). Die Prozesse können wiederum aus Teilprozessen bestehen oder selber Teil eines übergeordneten (Gesamt-) Prozesses sein (Bild 3.1-1).

In der Produktentwicklung werden die Prozesse von Menschen vorangetrieben, die einzeln und in Kooperation mit anderen möglichst effektiv und effizient auf das gemeinsame Entwicklungsziel hinarbeiten (LINDEMANN 2004, S. 19). Ihre Handlungsweisen und ihr Handlungswissen, die richtigen Handlungen in der richtigen Abfolge zu veranlassen oder durchzuführen, sind für den Erfolg der Produktentwicklung von entscheidender Bedeutung.

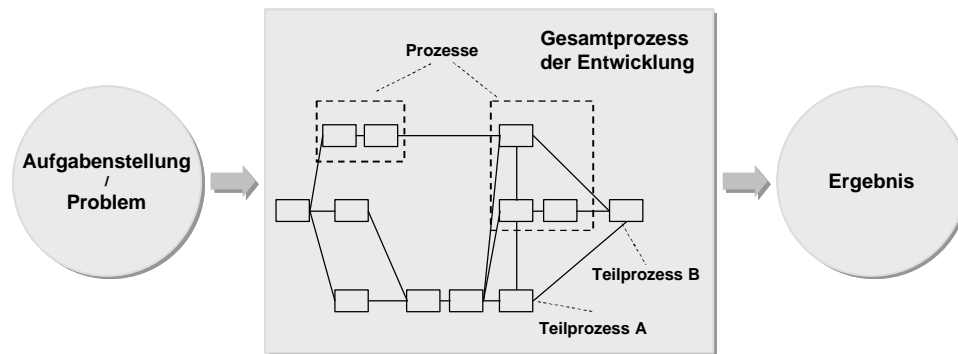


Bild 3.1-1: Produktentwicklung aus Prozesssicht nach GÜNTHER (1998, S. 4) und FRANKENBERGER (1997, S. 2)

Das Denken und Handeln des Entwicklers läuft bei routinemäßigen Aufgaben überwiegend intuitiv und damit praktisch unbewusst ab. Für die Bewältigung besitzt der Entwickler ausreichend Wissen, Erfahrungen und Mittel, so dass sein Denken und Handeln schnell und ökonomisch ablaufen kann (EHRENSPIEL 1995, S. 59). Steht der Entwickler allerdings vor einem Problem wird ein diskursives, rationales Vorgehen sinnvoll (MÜLLER 1991, S. 769). Als Problem wird eine Situation immer dann bezeichnet, wenn ein Mensch einen unerwünschten Anfangszustand in einen erwünschten End- oder Zielzustand überführen will und dabei aber noch nicht weiß, wie und mit welchen Mitteln oder wie überhaupt der Endzustand aussehen soll (EHRENSPIEL 1995, S. 47). Oft hindern geistige Barrieren den Entwickler eine Lösung für das Problem zu finden (LINDEMANN 2004, S. 27), wobei die Barrieren neben rein emotionalen oder persönlichen Gründen überwiegend aus Informationsdefiziten bestehen (DAENZER & HUBER 1999, S. 111). Das diskursive rationale Vorgehen wird vom Bewusstsein gesteuert und überführt in logischer Folge fortschreitend eine Vorstellung zur Nächsten. Das Problem wird dadurch logisch-analytisch in die wesentlichen Bestandteile zergliedert. Damit kann ein Vorgehen besser nachvollzogen und dokumentiert werden und es erhöht die Wahrscheinlichkeit für eine bessere Qualität der Lösung. Allerdings wird bei dieser Art der Vorgehensweise mehr Zeit aufgewandt und das Problem muss formal gut durchdrungen werden können, was bei komplexen Problemen mit großen Informationsdefiziten schwierig wird (EHRENSPIEL 1995, S. 65).

In der Praxis lassen sich bei den Entwicklern sehr viele unterschiedliche Vorgehensweisen beobachten, die sie sich auf Basis von Erfahrungen, logischen Überlegungen und analogen Übertragungen selber bewusst oder unbewusst angeeignet oder von anderen Entwicklern übernommen oder erlernt haben (EHRENSPIEL 1995, S. 51). Die Anwendung einiger Vorgehensweisen ist fester Bestandteil eines jeden Entwicklers, weil er nur mit Methoden zur Auslegung und Nachrechnung, zur Simulation und zur Planung und Durchführung von Versuchen seine Produkte zielgerichtet entwickeln kann. Bei sehr guten Entwicklern können zusätzlich bestimmte Arbeitsweisen erkannt werden, die i. d. R. aber unbewusst eingesetzt werden (LINDEMANN 2004, S. 1).

In der empirischen Entwicklungsforschung wurden viele Vorgehensmodelle durch die Beobachtung des erfolgreichen Vorgehens von Entwicklern unter Laborbedingungen und in der Praxis entwickelt. Andere Vorgehensweisen wurden auf Basis von Erfahrungen aus der industriellen Anwendung, in der Forschung und Wissenschaft oder in der Praxis selber entwickelt, wie z. B. von Unternehmensberatern. Die Vielzahl für die Produktentwicklung relevanter Vorgehensweisen stammt aus verschiedenen Disziplinen, wie z. B. dem Bereich der Psychologie, dem Systems Engineering, den Konstruktions-, Betriebs- und Arbeitswissenschaften.

Bei den Vorgehensmodellen kann zwischen den algorithmischen und heuristischen (ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 42) bzw. zwischen den prozeduralen und adaptiven Modellen unterschieden werden (GERST 2001, S. 12). Algorithmische Modelle sind nach STETTER (2000, S. 13) ein Satz von Fragen oder Anweisungen, die in einer vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet werden sollen und zu einem klar beschreibbaren Ergebnis führen. Heuristische Modelle sind Hilfen für ein Vorgehen, die allerdings nicht jedem und für jede Situation eine Lösung garantieren können (STETTER 2000, S. 13). Unter den prozeduralen Modellen versteht GERST (2001, S. 12) ein nach Phasen ablauforientiertes Vorgehen mit verschiedenen Detaillierungs- und Konkretisierungszuständen der Lösung wie z. B. die VDI-RICHTLINIE 2221. Bei den adaptiven Modellen werden die Handlungen, Strategien und Methoden an die jeweilige, sich immer wieder verändernde Problemstellung und Situation angepasst (GERST 2001, S. 12).

Das 3-Ebenen-Modell nach GIAPOULIS (1998, S. 101ff) eignet sich sehr gut für die Betrachtung verschiedener Vorgehensweisen im Produktentwicklungsprozess und somit für die Charakterisierung und den Einsatz verschiedener Vorgehensmodelle (Bild 3.1-2).

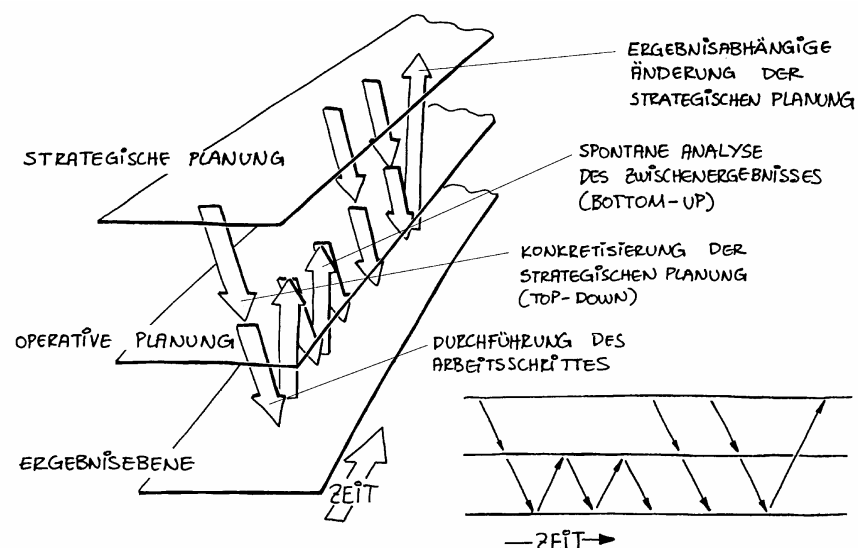


Bild 3.1-2: 3-Ebenen-Modell des Entwicklungsprozesses nach GIAPOULIS (1998, S. 103)

Das Modell unterscheidet zur Beschreibung adaptiver Entwicklungsprozesse zwischen drei verschiedenen Ebenen, der Ebene der strategischen Planung, der Ebene der operativen Planung und der Ergebnisebene. Auf der Ebene der strategischen Planung sind die eher abstrakt geplanten Vorgehensschritte sowie grobe Zeitangaben zu finden. Die heuristischen oder prozeduralen Vorgehensmodelle werden überwiegend auf dieser Ebene angewandt wie die Strategien. Strategien sind wie Methoden eine plan- und regelbasierte Vorgehensweise zum Erreichen eines Ziels. Die Strategien haben gegenüber den Methoden aber einen eher prinzipiellen und längerfristigen Charakter (vgl. Kap. 2.2.3.1). Die konkreten Arbeitsschritte sind auf der Ebene der operativen Planung zu finden. Der Entwickler entscheidet sich hier für die detaillierten Arbeitsschritte. Die algorithmischen Vorgehensmodelle werden überwiegend auf dieser Ebene angewandt, wie die Methoden, welche die Durchführung einzelner Arbeitsschritte unterstützen. Die Ergebnisebene beinhaltet die Ausführungsergebnisse der konkreten Arbeitsschritte auf der operativen Ebene. Diese Ergebnisse können z. B. Skizzen, Zeichnungen, Modelle oder Prototypen sein (GIAPOULIS 1998, S. 102). Das Vorgehen auf den verschiedenen Ebenen und die Ergebnisse können sich gegenseitig beeinflussen, was in Bild 3.1-2 als Pfeil je nach der Richtung der Beeinflussung dargestellt wird.

Die Erforschung und Entwicklung der Vorgehensmodelle verfolgen als gemeinsames Ziel durch die Übertragung in die Praxis, die Effektivität und die Effizienz der Entwicklungsprozesse zu verbessern. Diese Prozesse weisen i. d. R. erhebliche Potenziale bezüglich Leistung als auch Qualität auf (LINDEMANN 2004, S. 1). Die Effektivität ist dabei als Eignung eines Mittels zur Erreichung des Ziels definiert („die richtigen Dinge tun“) und ist dementsprechend ein Qualitätsindikator für das Ergebnis (SPECHT & BECKMANN 1996, S. 19). Effizienz dagegen ist ein Maß für die Ressourcenwirtschaftlichkeit („die Dinge, die getan werden, richtig tun“) und beschreibt den Aufwand an Ressourcen für ein Ergebnis (SPECHT & BECKMANN 1996, S. 19). Effizienz ist somit nicht eine notwendige Bedingung für die Effektivität. Viele der vorhandenen Potenziale sind durch die Schwierigkeiten begründet, die vom sachlich gegebenen Problem, von dem Entwickler als Mensch und von der Gruppe ausgehen. Zum Beispiel kann das zu entwickelnde Objekt oder das Ziel sehr komplexe Strukturen aufweisen oder der Zeitpunkt und die zur Verfügung stehende Zeit können sich negativ auf den Entwicklungsprozess auswirken (EHRENSPIEL 2003, S. 49). Je komplexer das Problem wird, desto mehr werden die kognitiven Fähigkeiten des Menschen gefordert und diese stoßen an ihre Grenzen. Dieses führt aufgrund der begrenzten Kapazitäten des Gehirns zu einigen beobachtbaren, menschlichen Vorgehens-, Verhaltens- und Arbeitsmustern, die im Sinne der Effektivität und Effizienz verbessert werden können. Andererseits verursacht der Umfang der Arbeit fast zwangsweise ein arbeitsteiliges, parallelisiertes Vorgehen in einer Gruppe (EHRENSPIEL 2003, S. 55), das wiederum Kommunikations-, Koordinations- und Kooperationsprozesse mit Verbesserungspotenzial bedingt. Die Strukturierung der Prozesse durch den Einsatz von Vorgehensmodellen wie Methoden und Strategien können daher zu einer wesentlichen Verbesserung des Entwicklungsprozesses führen. Als Ziel aus Sicht der Wis-

senschaft sollen die Entwickler die Vorgehensweisen so einüben, dass sie routinemäßig und intuitiv im Unterbewusstsein ablaufen können (EHRENSPIEL 2003, S. 60).

Aus Sicht der Entwickler gestaltet sich die Methodenanwendung häufig schwierig und in der Praxis werden nur wenige eingesetzt (LINDEMANN 2004, S. 1; vgl. Kap. 2.2.3.1). Nach einer Umfrage von GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 111) werden dabei Effektivität steigernde Methoden weit weniger bedeutend eingeschätzt als Effizienz steigernde Methoden, was an der subjektiv schlechteren Wahrnehmung und Überprüfbarkeit des Nutzens liegen kann. Die Suche, die Auswahl, das Erlernen und Anwenden der Methoden fällt den Entwicklern oft schwer und ist aufwendig, so dass diese unbewusst vielfach den Weg wählen eine eigene Vorgehensweise zu entwickeln. Einige der Prozesse sind zum Teil mit dem Erwerb und der Anwendung eines Produktes vergleichbar, wo die am Markt angebotenen Produkte recherchiert, die Anwendbarkeit und der Nutzen im Vergleich zu Alternativen geprüft, mit Hilfe einer Aufwands- und Kostenabschätzung eine Investitionsentscheidung getroffen und nach dem Erwerb die Inbetriebnahme und Wartungen durchgeführt werden. Aus dieser Sicht kann ein Vorgehensmodell wie eine Methode für den Entwickler ein immaterielles Produkt sein, das ihm in seiner Situation helfen soll zum gewünschten Ziel zu kommen. Die Vorgehensmodelle als immaterielle Produkte können dabei extern bezogen oder aber selber entwickelt werden.

Welchen Weg der Entwickler wählt, liegt auch an dem subjektiv von ihm wahrgenommenen Nutzen und Aufwand. Obwohl die Qualität der Methoden aus der Forschung und Wissenschaft i. d. R. höher ist, so weisen diese oft Probleme bei der Übertragbarkeit auf die individuelle Entwicklungssituation auf. Aufgrund der Vielzahl und Verschiedenartigkeit der Einflussparameter, von denen der Mensch ein wesentlicher ist, sind diese nicht immer für die Problemstellungen geeignet. Daher kann eine Vorgehensweise teilweise auch nicht unterstützend wirken und durch den fehlenden Nutzen die Anwender enttäuschen und frustrieren (ZANKER 1999, S. 51).

Nach ZANKER (1999, S. 39FF) liegt das Problem der Übertragbarkeit vor allem an den stark variierenden Randbedingungen der Entwicklungsumgebung sowie den Variationen der Ausgangssituationen und der angestrebten Ziele. Um den Nutzen für die Anwender zu erhöhen, wird in der Methodenforschung immer mehr die flexible Adaption der Methoden gefordert und entsprechende Ansätze entwickelt (ZANKER 1999, S. 53FF; BRAUN & LINDEMANN 2003, S. 2FF; LINDEMANN 2004, S. 49FF). Ein Beispiel ist das Münchener Methodenmodell (Bild 3.1-3), das die Schritte zur Klärung des Einsatzes, zur Auswahl, zur Adaption und zur Anwendung von Methoden sowie ihren grundsätzlichen Eigenschaften zusammenfasst (BRAUN & LINDEMANN 2003, S. 7; LINDEMANN 2004, S. 50).





## 3.2 Systematische Entwicklung von Vorgehensmodellen

Ziel für diese Arbeit ist die Entwicklung eines geeigneten Vorgehensmodells zur Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Aufgrund fehlender Hinweise in der Literatur wird auf Basis der Analogie zwischen Produkten und Vorgehensmodellen eine systematische Entwicklung von Vorgehensmodellen betrachtet.

### 3.2.1 Stand der Forschung

Trotz der Vielzahl von Vorgehensmodellen wie Strategien und Methoden sind in der Literatur nur wenige Hinweise auf deren Entwicklung zu finden. In den meisten Fällen werden die Vorgehensmodelle als Ergebnisse präsentiert und es ist zu vermuten, dass diese in vielen Fällen empirisch und intuitiv entwickelt wurden. Viele wissenschaftliche Arbeiten bilden aus den gewonnenen Erkenntnissen einzelne Hypothesen, die dann in Form der Methoden überprüft werden und so teilweise Hintergrundinformationen zu deren Entstehung liefern. Hinweise auf eine systematische Entwicklung wie bei der Systematischen Produktentwicklung sind selten. Zwar sind in verschiedenen Veröffentlichungen einzelne Hinweise zu finden, wie z. B. die Empfehlung Methoden auf Methoden anzuwenden (PULM 2004, S. 116), aber sie bleiben i. d. R. unkonkret und stellen keine wirkliche Hilfe dar. Einige der wenigen detaillierten Hinweise gibt GERST (2004, S. 74). Er entwickelt in seiner Arbeit auf Basis von ermittelten Anforderungen ein Instrumentarium, das sich der Anwender entsprechend selber gestalten kann. Dazu arbeitet er die in bestehenden Methoden enthaltenen Grundelemente heraus, die er als Elementarfunktionen identifiziert und mit deren Hilfe er die Methoden in Form einer Funktionsstruktur nach EHRENSPIEL (1995, S. 335) modelliert. WACH (1993, S. 49) entwickelt ein Modell zur prozessorientierten Betrachtung der Methodengenerierung, -vermittlung und -anwendung und diskutiert potenzielle Probleme und mögliche Abhilfemaßnahmen. Für das hier zu entwickelnde Vorgehensmodell geben diese Ansätze einige Hinweise, führen alleine aber nicht zum Ziel.

### 3.2.2 Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise

Im Folgenden soll auf Basis der Idee, dass es sich bei den Vorgehensmodellen um immaterielle Produkte handelt, eine systematische Entwicklung von Vorgehensmodellen analog zu der systematischen Produktentwicklung betrachtet werden.

Bei der Analyse der Produktentwicklung auf verwertbare Analogien zur systematischen Entwicklung von Vorgehensmodellen stellt sich heraus, dass einige der angewandten Vorgehensmodelle, wie der Vorgehenszyklus von EHRENSPIEL (2003, S. 91) oder das Münchener Vorgehensmodell (MVM) von LINDEMANN (2004, S. 40) für ein diskursives Vorgehen über-

tragbar und nur in einzelnen Aspekten zu adaptieren sind. In Projekten zur Entwicklung von Vorgehensmodellen für die Abstimmung des Fahrzeugdesigns mit dem Package-Prozess und für die systematische Strategieentwicklung in Zusammenarbeit mit einem Automobilhersteller wurde der Problemlösungszyklus von EHRENSPIEL erfolgreich eingesetzt (GOBIN 2001; PETRA 2002). In diesen Projekten wurde ein Vielzahl von Methoden erfolgreich angewandt, wie z. B. strukturierte Interviews, Anforderungslisten, System- und Schlüsselfaktorenanalyse, Funktionsanalyse, Methoden der Lösungssuche, morphologischen Kästen, einfache und intensiven Bewertungen.

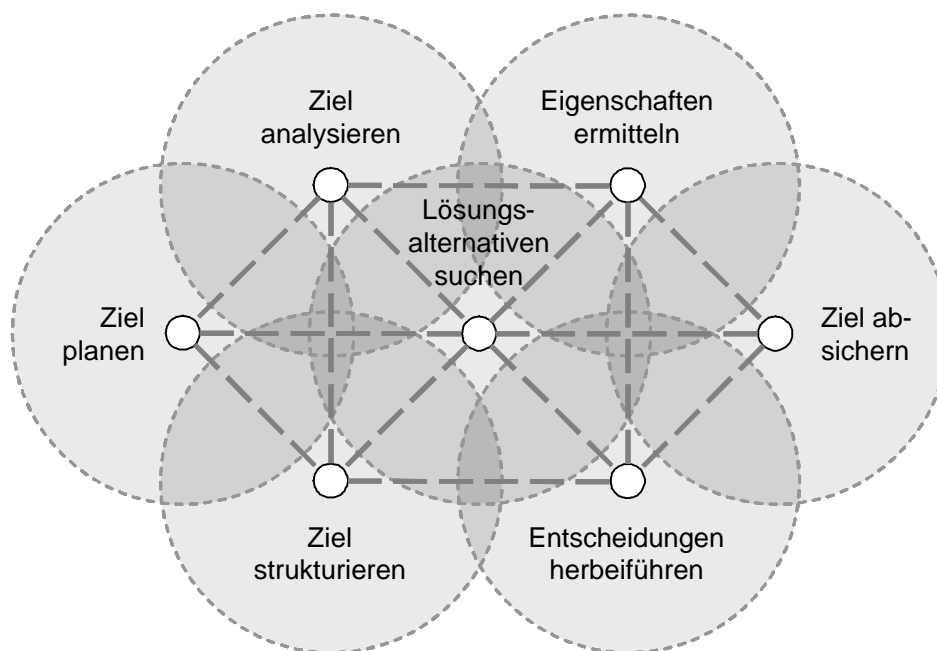


Bild 3.2-1: Das Münchener Vorgehensmodell (MVM) (LINDEMANN 2004, S. 40)

Die den einzelnen Elementen des Münchener Vorgehensmodells zugeordneten Methoden (LINDEMANN 2004) sind in vielen Fällen auch zur systematischen Entwicklung von Vorgehensmodellen geeignet wie auch andere Methoden der Produktentwicklung. Da eine weitergehende Analyse der Eignung einzelner Methoden zur systematischen Entwicklung von Vorgehensmodellen für die Forschungsfrage nicht zielführend ist, soll es an dieser Stelle nicht weiter untersucht werden.

Was in den oben genannten Projekten und für die Forschungsfrage fehlt, sind ein Modell für die Phasen der Entwicklung und ein Modell für Vorgehensmodelle, die eine systematische Entwicklung nach den Grundprinzipien „vom Abstrakten zum Konkreten“ (EHRENSPIEL 1995, S. 67) und „vom Ganzen zum Detail“ (DAENZER & HUBER 1999, S. 125) unterstützen. In der systematischen Produktentwicklung werden diese Grundprinzipien durch die definierten Arbeitsschritte und Arbeitsergebnisse der VDI 2221 (1993) gestützt, wie aber auch durch das hierarchische Produktmodell nach EHRENSPIEL (2003, S. 33; Bild 3.2-2).

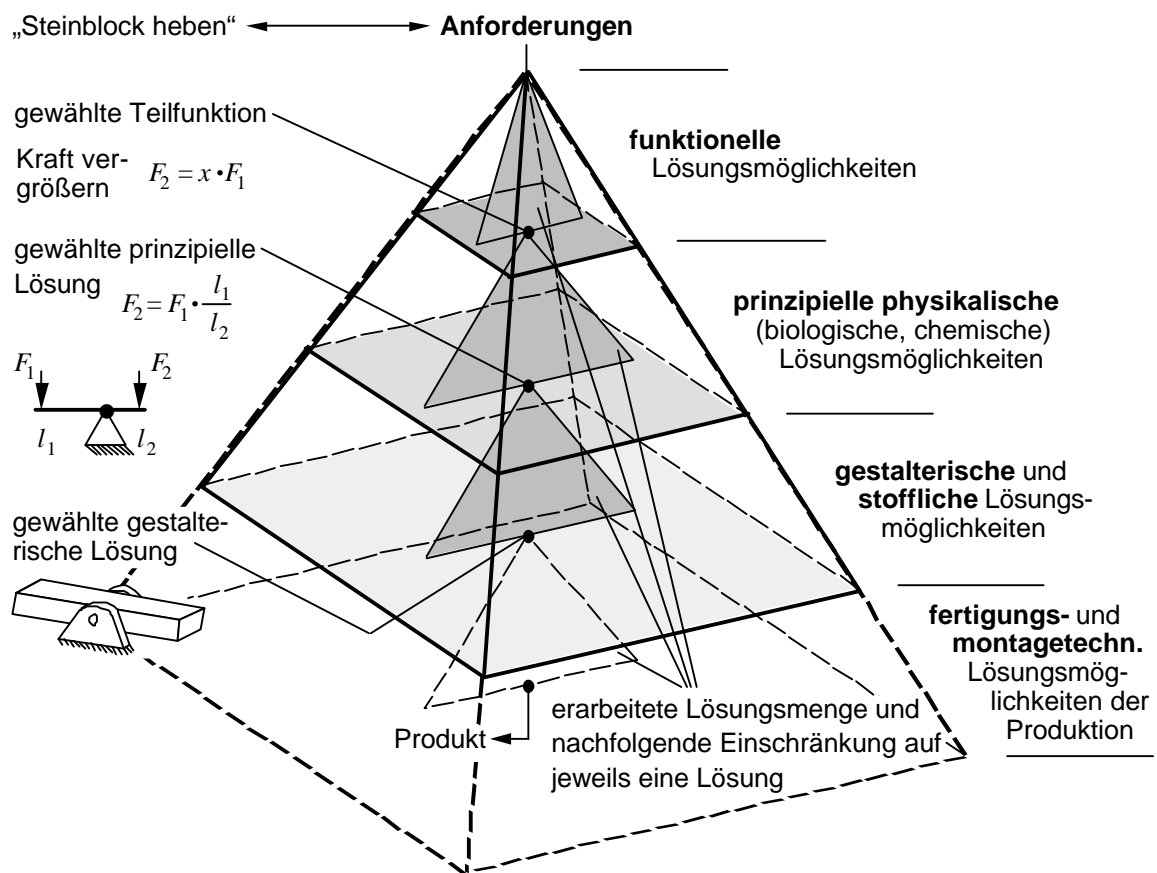


Bild 3.2-2: Hierarchische Modellierung von technischen Systemen (EHRENSPIEL 2003, S. 33)

### 3.2.2.1 Phasenmodell für die systematische Entwicklung

In Analogie zur systematischen Produkterstellung kann ein Phasenmodell für die systematische Entwicklung von Vorgehensmodellen aufgestellt werden, das aus den drei Hauptphasen der Planung, der Entwicklung und der Vermittlung & Implementierung besteht (Bild 3.2-3). In den einzelnen Phasen lässt sich das Münchener Vorgehensmodell flexibel anwenden. Bei umfangreicheren und komplexeren Vorgehensmodellen ist es sinnvoll, die Phase der Entwicklung in die weiteren Phasen der Aufgabenklärung, des Konzipierens, des Entwerfens, der Ausarbeitung und des Testens & Verifizierens zu untergliedern, die wiederum nach dem MVM strukturiert werden können. Auf eine weitere Detaillierung der Phase der Planung und der Phase der Vermittlung & Implementierung soll hier verzichtet werden, da die Phase der Entwicklung für diese Arbeit im Vordergrund steht. Anregungen für die Planung können der Produktplanung entnommen werden und für die Vermittlung & Implementierung kann auf die diskutierten Phasen in Kap. 2.3.3 verwiesen werden. Wie auch bei der Produkterstellung sind diese Phasen nur eine Hilfestellung für die Strukturierung des Vor-

gehens, das an die jeweilige Situation und die bestehenden Randbedingungen zu adaptieren ist und auch iterativ verlaufen kann.

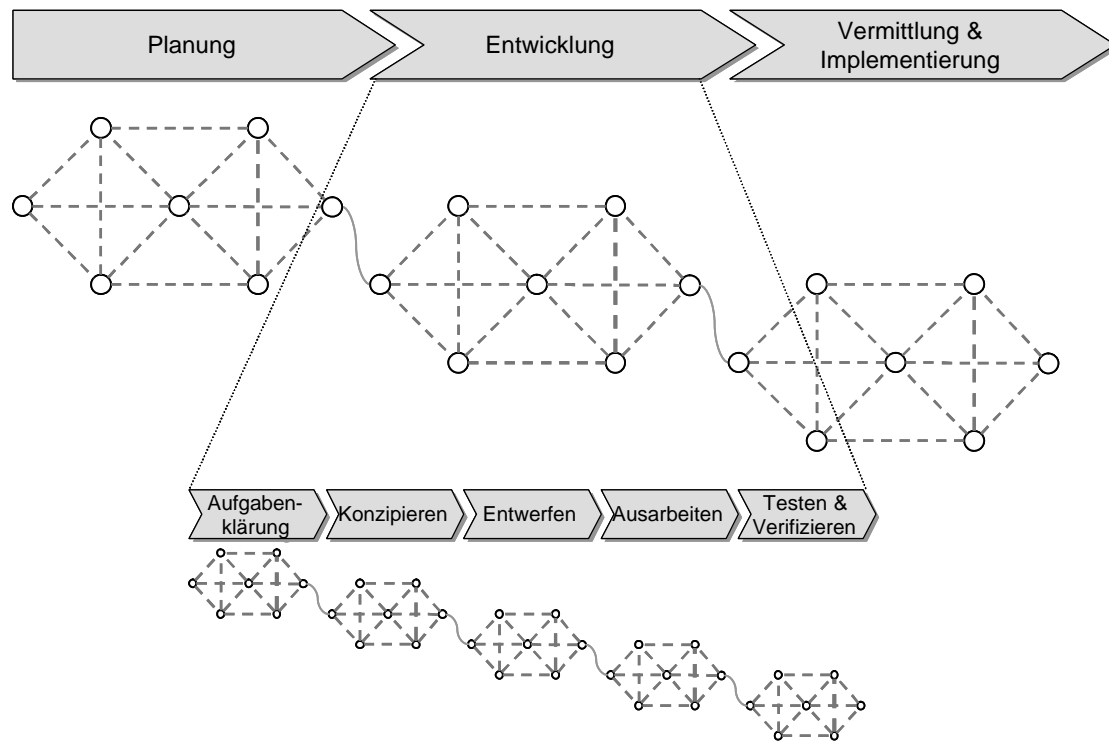


Bild 3.2-3: Phasenmodell für die systematische Entwicklung von Vorgehensmodellen

### 3.2.2.2 Ebenenmodell für Vorgehensmodelle

Wie aber kann ein Vorgehensmodell modelliert werden? Methoden und Strategien als Beispiele für Vorgehensmodelle sind als die planmäßige und regelbasierte Vorgehensweise zum Erreichen eines Zweckes definiert. Sie beschreiben somit einen Teil der Struktur eines Prozesses, die der angestrebten Erreichung eines Ziels dient, mit einem unterschiedlichen Zeithorizont und Detaillierungsgrad (vgl. Kap. 3.1). Diese Struktur ist losgelöst von der realen Zeit und dem physischen Ort des Prozesses. Durch das Loslösen und das Abstrahieren beschreibt diese Struktur ein Muster des Prozesses, das wiederum bei anderen Prozessen in der gleichen oder in abgewandelter Form vorkommen kann oder auf andere Prozesse übertragbar und anwendbar ist. Erst durch diese Übertragbarkeit können die Vorgehensmodelle für den Anwender in seinem Prozess von Nutzen sein. Durch die Loslösung und Abstrahieren von der physikalischen Dimension der Zeit, des Ortes und der realen Objekte sind die Vorgehensmodelle nicht physisch, sondern sie sind Informationsmodelle zu einem Prozess. Diese Modelle beinhalten aber Informationen, um die für den Zweck relevanten physischen Zustände und Vorgänge sowie Objekte in der Zeit und im Raum modellieren zu können. Diese Informationen können nach verschiedenen Ebenen der Abstraktion bzw. der Konkre-

tisierung strukturiert werden. Sinnvoll erscheint es für das Modell, die Ebenen der Anforderungen bzw. der Eigenschaften, der Funktionen, der Wirkprinzipien, der Wirkstruktur und der Ausgestaltung zu unterscheiden. In Analogie zu dem hierarchischen Produktmodell nach EHRENSPIEL (2003, S. 33; Bild 3.2-2) kann so ein Ebenenmodell für die Vorgehensmodelle erstellt werden (Bild 3.2-4).

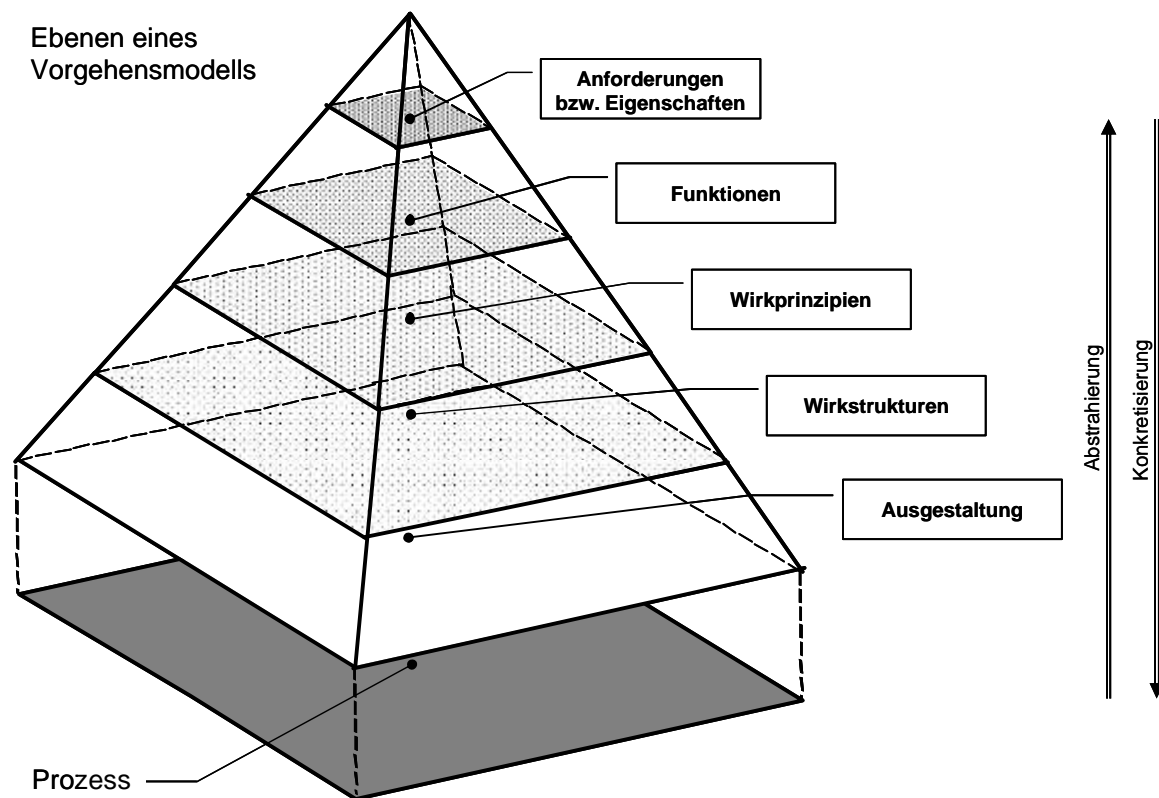


Bild 3.2-4: Modell der Ebenen eines Vorgehensmodells

Das Modell kann die Analyse von angewandten Vorgehensweisen im Produktentwicklungsprozess durch die Abstrahierung auf den verschiedenen Ebenen unterstützen, wie auch die Entwicklung neuer Vorgehensmodelle durch die stufenweise Konkretisierung der Lösungsmöglichkeiten. Dieses Ebenenmodell ist somit eine weitere, ergänzende Sichtweise auf die Vorgehensmodelle und soll andere Modelle, wie z. B. das ZBM-Modell (HACKER 2002) oder das Methodenmodell nach ZANKER (1999, S. 73) und GERST (2002, S. 79), nicht ersetzen.

### **Ebene der Anforderungen bzw. der Eigenschaften**

Die Ebene der Anforderungen bzw. der Eigenschaften ist die abstrakteste und unkonkreteste Form eines Vorgehensmodells. Ob jeweils die Anforderungen oder die Eigenschaften betrachtet werden, hängt von der Richtung des Vorgehens und der Betrachtung ab. Ist ein Vorgehensmodell zu entwickeln, werden die zu erfüllenden Eigenschaften in Form von Anforderungen beschrieben. Eine Anforderung ist als geforderte Eigenschaft definiert (LINDE-

MANN 2004, S. 221). Bei der Analyse eines bestehenden Vorgehensmodells werden auf dieser Ebene dagegen die vorhandenen relevanten Eigenschaften dargestellt. Eine Eigenschaft setzt sich nach LINDEMANN (2004, S. 146) aus einem Merkmal und dessen Ausprägungen zusammen, wobei ein Merkmal als Charakteristikum eines Systems definiert ist (LINDEMANN 2004, S. 288). Merkmale können in Beschaffenheitsmerkmale, Funktionsmerkmale und Relationsmerkmale eingeteilt werden (DIN 2330 1979). Beschaffenheitsmerkmale können direkt an dem Vorgehensmodell auf den Ebenen der Wirkstruktur und der Ausgestaltung festgestellt werden und Funktionsmerkmale bezeichnen dessen Zweck. Relationsmerkmale werden erst im Zusammenhang mit anderen Systemen oder mit dem Mensch bedeutend. Beschaffenheitsmerkmale werden unmittelbar festgelegt, während sich Funktions- und Relationsmerkmale dadurch mittelbar ergeben (EHRENSPIEL 1995, S. 23FF). Die Merkmale mit Ausprägungen als Eigenschaften können sich auf das gesamte Vorgehensmodell oder auf Teile davon beziehen. Die Randbedingungen aus der situativen Anwendung der Vorgehensmodelle sind i. d. R. Anforderungen an die Beschaffenheitsmerkmale, die sich meistens mit weniger Aufwand durch eine Adaption des Vorgehensmodells realisieren lassen, als die Randbedingungen an die Eigenschaften eines bestehenden Vorgehensmodells anzupassen.

Intensiv mit den Merkmalen von Methoden beschäftigen sich HELBIG (1994, S. 94FF) und WACH (1994, S. 44). So identifiziert HELBIG insgesamt 69 und WACH 27 verschiedene Methodenmerkmale, die sie verschiedenen Obergruppen zuordnen und jeweils Beispiele für mögliche Ausprägungen zuweisen. ZANKER (1999, S. 74) versucht die bestehenden Abhängigkeiten zwischen den genannten Merkmalen durch eine Reduktion auf sechs notwendige und unabhängige Beschaffungsmerkmale zu lösen, die aus seiner Sicht aus der Struktur, der Art der Formulierung, der Art der Darstellung, dem Hilfsmittel, dem Trägermedium und dem Anwenderkreis bestehen. In seinem Methodenmodell ordnet er diesen Merkmalen einzelne Methodenelemente zu (ZANKER 1999, S. 74) und untersucht ihre Veränderbarkeit um Methoden situativ anwenden und anpassen zu können. Auf eine weitergehende Betrachtung der Merkmale soll hier verzichtet werden.

Allgemein lassen sich für diese Ebene die Methoden der Anforderungsklä rung oder der Eigenschaftsermittlung einsetzen. Für den potenziellen Anwender der Vorgehensmodelle ist diese Ebene mit den Eigenschaften des Vorgehensmodells wesentlich, um eine Bewertung nach seinen Auswahlkriterien als Grundlage für eine Entscheidung zur Umsetzung durchführen zu können.

### **Ebene der Funktionen**

Auf der nächsten Konkretisierungsebene werden die Funktionen des Vorgehensmodells untersucht. Als Funktion versteht EHRENSPIEL (1995, S. 341) die lösungsneutrale Formulierung des gewollten Zwecks, welche die Änderung von Zuständen ausdrückt, wie z. B. die Eingangs-, Ausgangs- und inneren Zustände eines Systems. Eine Funktion beschreibt er in der formalen Form von zwei Zuständen mit jeweils einer Relation zu einer Operation (Bild

3.2-6). Bei den Funktionen lässt sich wie bei Produktfunktionen eine Unterscheidung zwischen den Haupt- und Nebenfunktionen sowie der Gesamtfunktion und Teilfunktionen vornehmen, wie in Bild 3.2-5 in Form dargestellt. Mit zunehmender Detaillierung geht aber der lösungsneutrale Zweck zur lösungsspezifischen Funktionsweise über (PULM 2004, S. 103). LINDEMANN (2004, S. 49) spricht im Zusammenhang mit Haupt- und Nebenfunktionen der Methoden von Wirkungen und Nebenwirkungen.

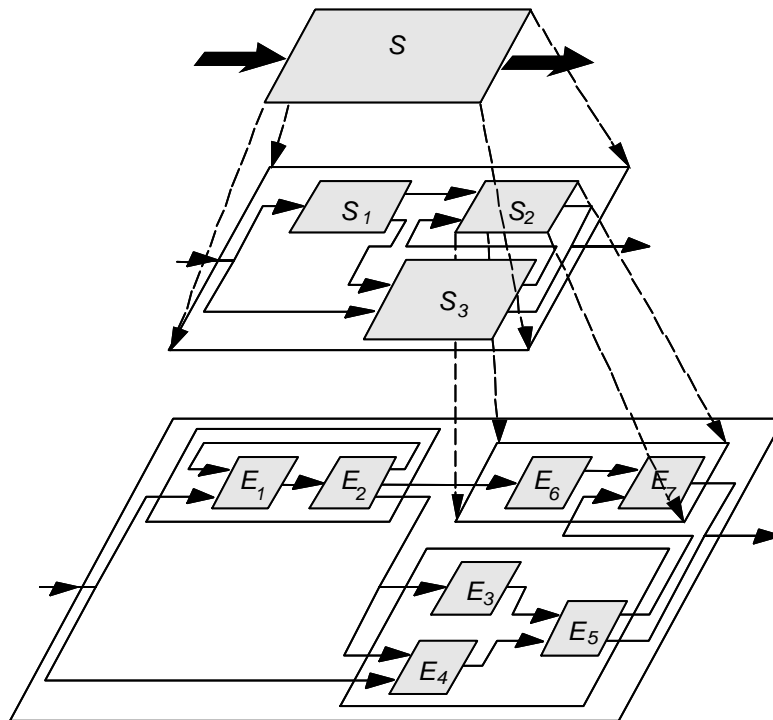


Bild 3.2-5: Hierarchische Gliederung einer Gesamtfunktion in Teilfunktionen

Nach GERST (2002, S. 74) können Methoden in Grundelemente zerlegt werden, die aus einzelnen Elementarfunktionen bestehen. Eine Elementarfunktion ist eine Funktion, die nicht mehr weiter untergliederbar und allgemein anwendbar ist (EHRENSPIEL 1995, S. 341). ZANKER (1999, S. 62FF) bezeichnet diese Grundelemente als Elementarmethoden. Für die Operationen schlägt er 26 überschneidungsfreie Grundtätigkeiten vor, aus denen sich Tätigkeiten im Produktentwicklungsprozess zusammensetzen, um auf möglichst konkreter Ebene Aufgaben zu beschreiben und diesen Elementarmethoden zuordnen zu können. Die Zustände und die logischen Verknüpfungen zwischen den Operationen betrachtet er nicht weiter. GERST (2002, S. 76) bezieht diese Grundtätigkeiten auf die Zustandsänderung eines Objektes und definiert so die Elementarfunktion einer Methode (Bild 3.2-6). Für die funktionale Betrachtung von Methoden greift er auf die Methode der umsatzorientierten Funktionsmodellierung nach EHRENSPIEL (1995, S. 342FF) zurück.

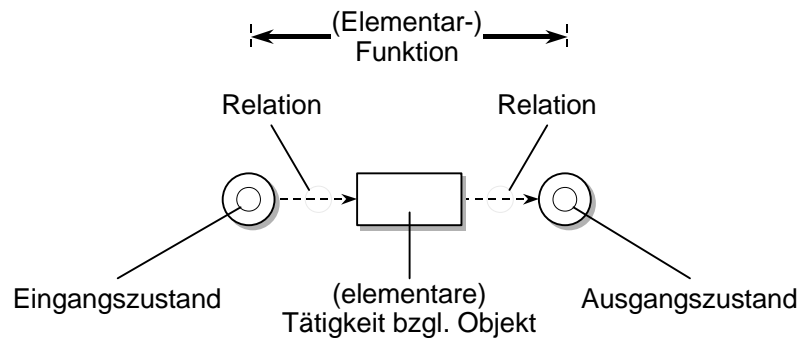


Bild 3.2-6: Elementarfunktion einer Methode nach GERST (2002, S. 81)

Die Zustände einer Funktion beziehen sich auf Eigenschaften oder Merkmalsausprägungen von Objekten, die auf dieser Ebene noch nicht genau definiert sein müssen. Da im Produktentwicklungsprozess aufbauend auf vorhandene Informationen weitere Informationen generiert werden, die das Produkt beschreiben (LINDEMANN 2004, S. 16), handelt es sich bei den Objekten zumeist um Informationen. Es können aber auch physische Objekte sein, wie z. B. ein Prototyp, ein Blatt Papier als Informationsträger oder ein Mensch. Die Objekte sind dabei entweder Funktionsträger oder Umsatzprodukte.

Besonders interessant ist die Anwendung der Methode der relationsorientierten Funktionsstruktur nach TRIZ (TERNINKO ET AL. 1997, S. 48), da schädliche Funktionen als unerwünschte Nebenwirkungen eingeführt und kausale Relationen zwischen nützlichen und schädlichen Funktionen betrachtet werden. Zum Beispiel verursacht bei der Methode des Brainstormings die Funktion „Kritik üben“ die schädliche Funktion „Kreativität einschränken“. Dadurch wird es möglich, Problemstellungen darzustellen und Zielkonflikte zu analysieren. Dieses ist auch bei der Anwendung auf Vorgehensmodelle sehr hilfreich. Zum Beispiel entwickelt DEMERS (2000, S. 63FF) auf Basis der kausalen Verknüpfungen dieser Methode und dem 3-Ebenenmodell von GIAPOLIS (Bild 3.1-2) eine Methode zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen.

Die Funktionsbetrachtungen auf dieser Ebene können einem Anwender die Zusammenhänge vermitteln, so dass er verstehen und nachvollziehen kann, warum eine Tätigkeit für die Zielerreichung notwendig ist.

### **Ebene der Wirkprinzipien**

Auf der Ebene der Wirkprinzipien beschreiben Effekte, auf welche prinzipielle Art und Weise eine mögliche Lösung den Zweck einer zugeordneten Funktion bewirkt. Wirkprinzipien können je nach Zweck z. B. psychologische, soziale, mathematische, physische, chemische oder biologische Effekte sein. Beispiele für Effekte sind die Begrenztheit der Einheiten in aktuellen Denkprozessen, Abrufen von Erfahrungswissen aus dem Langzeitgedächtnis durch Assoziationen, Synergien und Motivation durch gute Teamarbeit oder der Einsatz der



Ähnlichkeitsgesetze und der Ausgleich zufälliger Fehler beim Schätzen. Durch eine Festlegung der angewandten Effekte werden auch die auf sie bezogenen, relevanten Merkmale der Objekte bestimmt.

Beispiele für Methoden zur Unterstützung der Lösungssuche auf dieser Ebene sind z. B. Morphologische Kästen oder die Analyse anderer Methoden, in denen geeignete Effekte eingesetzt werden und die Analogiebildung. Kataloge und Sammlungen mit Effekten wie für die Produktentwicklung mit den physikalischen Effekten sind nur eingeschränkt verfügbar.

Durch eine Betrachtung der Vorgehensweise auf dieser Abstraktionsebene kann dem Anwender vermittelt werden, wie eine Vorgehensweise funktioniert und wie der Zweck erreicht werden soll. Durch dieses erweiterte Verständnis ist es ihm bei der Anwendung möglich zu überprüfen, ob sich die beabsichtigte Wirkung der Vorgehensweise zeigt oder ein adaptiertes Vorgehen notwendig ist. Die präskriptive Form einer Methode ist dann nicht mehr nötig.

### **Ebene der Wirkstruktur**

Auf der Ebene der Wirkstruktur eines Vorgehensmodells werden die verschiedenen, relevanten Objekte als Elemente des abzubildenden Prozesses definiert. Nach ÖSTERREICH (1998, S. 350) ist ein Objekt in einem System eine konkrete, vorhandene und agierende Einheit mit einer Identität und definierten Grenzen, das Zustände und Verhalten kapselt. Objekte können sich wiederum aus Objekten zusammensetzen. Dadurch werden hierarchische Strukturierungen mit einzelnen Modulen und Komponenten möglich (vgl. Bild 3.2-5). Die Objekte können aus der Funktionssicht in Funktionsträger oder Umsatzträger unterschieden werden (EHRENSPIEL, S. 342). Beispiele für Objekte sind reale Gegenstände wie Produkte, Informationseinheiten oder Vorgänge. Zusammen mit ihren Beziehungen als Relationen zwischen den einzelnen Objekten bilden sie die Wirkstruktur des Vorgehensmodells. Das Strukturieren und Gliedern in einzelne Module fördert auch den flexiblen Einsatz des Vorgehensmodells und die Integration von anderen Methoden bzw. den Einsatz von Komponenten für andere Aufgaben.

Zur Modellierung sind prinzipiell einige der Methoden zur Erstellung des Metamodells der Unified Modeling Language (UML) (BURKHARDT 1997, S. 5) geeignet. Aber auch andere Methoden wie die Methode SADT (MARCA 1986; Bild 2.3-1) können eingesetzt werden. Dem Anwender wird ermöglicht, die Struktur eines Vorgehensmodells zu erkennen und bei der Anwendung gezielt Variationen vorzunehmen, die sich in der betreffenden Situation vorteilhaft auswirken können.

### **Ebene der Ausgestaltung**

Die Detaillierung der Objekte und Beziehung des Vorgehensmodells findet auf der Ebene der Ausgestaltung statt. Auf dieser Ebene werden im Wesentlichen die Beschaffenheitsmerkmale als unmittelbare festgelegte Merkmale mit ihren Ausprägungen festgelegt, von

denen dann alle Eigenschaften des Vorgehensmodells mit den Funktions- und Relationsmerkmalen abhängen. Zum Beispiel kann auf dieser Ebene die Art eines Informationsträgers bestimmt werden, wie z. B. eine Diskette oder eine CD, die Darstellungsformen von Informationseinheiten, Farben von Papier, die Lage und Größe von Beschriftungsfeldern oder der Einsatz von unterstützenden Hilfsmitteln, wenn diese Hilfsmittel keine Rückwirkungen auf höhere Abstraktionsebenen, wie die Wirkstruktur, bewirken.

Viele Beschreibungen von Vorgehensmodellen in der Literatur umfassen keine detaillierten Beschreibungen dieser Abstraktionsebene, da es zum Teil nicht oder nur schwer möglich ist, alle Details über den projizierten Zeitraum genau und umfassend zu definieren. Dieses gilt besonders für Strategien. Häufig findet die Ausgestaltung dann erst im aktuellen Prozess statt. In dieser Ebene lassen sich für den Anwender am einfachsten Modifikationen vornehmen, wobei er aufgrund eines fehlenden Verständnisses für die Zusammenhänge der verschiedenen Abstraktionsebenen auch wesentliche Eigenschaften zu seinem Nachteil verändern kann.

### **Diskussion des Ebenenmodells**

In diesem Modell wird im Gegensatz zum 3-Ebenenmodell von GIAPOULIS (Bild 3.1-2) keine Abgrenzung zwischen der strategischen Ebene, der operativen Ebene und der Ergebnisebene vorgenommen. Die Strategien und Methoden unterscheiden sich auf den verschiedenen Ebenen in ihrem Umfang und Detaillierungsgrad. Während Methoden besonders auf den konkreteren Ebenen sehr detailliert beschrieben werden können, so dass sie präskriptiv anwendbar sind, ist dieses bei Strategien i. d. R. nicht praktikabel, da sie umfassender und längerfristiger sind und sich somit individuell auf die dynamischen Wechselwirkungen und an die Änderungen des relevanten Systems anpassen müssen.

Das Modell nimmt auch keine Abgrenzungen bezüglich des betrachteten Umfangs vor. So ist die rekursive Anwendung von Methoden in anderen Methoden möglich oder die Definition von Schnittstellen und Modulen, um die flexible Anwendung verschiedener Methoden zu gewährleisten. Zum Beispiel entwickelten GRÜN WALD (2002) und BICHLMAIER (2000) für die Planung von Produktentwicklungsprozessen unter den Gesichtspunkten der Dynamik und geforderten Flexibilität die Prozessbausteine. Die Prozessbausteine werden durch ihre Ein- und Ausgangsinformationen mit alternativ einsetzbaren Methoden, Randbedingungen sowie das Vorgehen als solches beschrieben (LINDEMANN 2004, S. 17). Sie erlauben die flexible, aufwandsarme und schnelle Feinplanung für kurzfristig anstehende Prozessschritte.

Dagegen stellt die Sichtweise des prinzipiellen Aufbaus des Methodenmodells von ZANKER (2000, S. 72) in diesem Modell eine Betrachtung des kleinsten, möglichen Umfanges einer Methode auf Basis einer Operation der Funktionsebene als Elementarmethode dar. Die Methode wird aus der Sicht von ZANKER erst auf den Ebenen des Wirkprinzips, der Wirkstruktur und Ausgestaltung definiert. Seine weitere Unterteilung der Elementarmethoden in Methodenelemente als Ausprägung jeweils eines Merkmals soll die direkte Bestimmung der

Eigenschaften der Elementarmethoden ermöglichen, die in dem Ebenenmodell auf der obersten Ebene abgebildet werden. Durch die Kenntnisse der Verbindung zwischen der Eigenschaftsebene und der Funktionsebene mit der Ebene des Wirkprinzips, der Wirkstruktur und der Ausgestaltung will er Methoden situativ anpassen und neu kombinieren.

Die Modellierungen der Vorgehensmodelle auf der Ebene der Funktionen, z. B. mit der relationsorientierten Funktionsstruktur (nach TRIZ), sind nicht zu verwechseln mit dem 'Relationsgefüge' für eine kritische Situation nach FRANKENBERGER (1997, S. 94; siehe Bild 3.2-7).

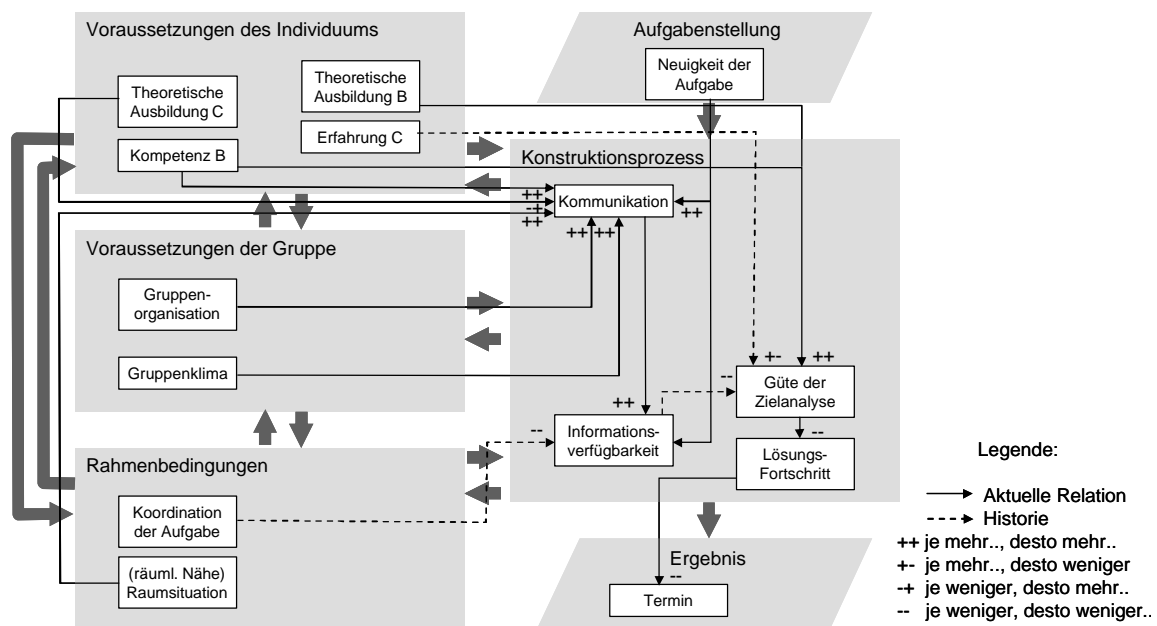


Bild 3.2-7: Modell zur Erklärung einer kritischen Situation nach FRANKENBERGER (1997, S. 94)

Bei der Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Effektivität des Konstruktionsprozesses, die aus technischen, organisatorischen und psychologischen Aspekten bestehen können, erstellt Frankenger die in Bild 3.2-7 beispielhaft gezeigten Einflussgrößenmodelle zur nachvollziehbaren Darstellung von untersuchten kritischen Situationen. Daraus leitet er zentrale Mechanismen für den Erfolg und den Misserfolg ab, die aus den einzelnen Einflussfaktoren und deren Relationen bestehen. Als Schlussfolgerung werden Empfehlungen zu zentralen Einflussfaktoren gegeben. In einem Vorgehensmodell können diese Empfehlungen in Form von Funktionen vorkommen, die positive Zustände im Konstruktionsprozess bewirken und so zu einem erfolgreichen Ergebnis führen oder einen Misserfolg verhindern.

Der Entwickler von Vorgehensmodellen kann das Ebenenmodell zur Unterstützung seines Vorgehens nach dem Phasenmodell für die systematische Entwicklung (Bild 3.2-3) einsetzen. Die Phasen der Entwicklung, der Aufgabenklärung, des Konzipierens, des Entwerfens und des Ausarbeitens werden durch das Definieren der verschiedenen Ebenen des Vorge-

hensmodells gestützt. Bei der Aufgabenklärung werden die geforderten Eigenschaften des Vorgehensmodells als Anforderungen klargestellt. In der Phase des Konzipierens werden auf der Ebene der Funktionen die benötigte Funktionsstruktur ermittelt und für die einzelnen Teilfunktionen Lösungen auf den Ebenen der Wirkprinzipien und Wirkstrukturen gesucht, aus denen dann in einer Gesamtbetrachtung das Konzept als prinzipielle Lösung erstellt wird. In der Phase des Entwerfens wird aus der prinzipiellen Lösung der Wirkstruktur ein Entwurf für die detaillierte Lösung auf dieser Ebene erarbeitet, der in der Phase des Ausarbeitens auf der Ebene der Ausgestaltung vervollständigt wird. In der Phase des Ausarbeitens werden auch die nötigen Dokumentationen vorgenommen, um das Vorgehensmodell dem Anwender vermitteln zu können. Diese Phasen fallen je nach Neu-, Anpassungs- und Variantenentwicklung unterschiedlich aus. Bei einer Anpassungsentwicklung wird ein bestehendes Konzept übernommen und bei der Variantenentwicklung nur der Entwurf angepasst. Das Ebenenmodell kann auch die Analyse bestehender Vorgehensmodelle zum Verwenden von Teillösungen und die Darstellung der logischen Zusammenhänge zur Vermittlung unterstützen.

Dem Anwender von Vorgehensmodellen nutzt das Ebenenmodell bei der Auswahl, der Anwendung, zum besseren Verständnis und bei der Adaption. Bei der Auswahl eines bestehenden Vorgehensmodells kann der Anwender dessen Eigenschaften mit seinen Anforderungen abgleichen und eine Bewertung als Grundlage für eine Auswahlentscheidung durchführen. Die Dokumentationen der Wirkstruktur und der Ausgestaltung dienen ihm als Anleitung für die Anwendung, während die Ebenen der Funktionen und der Wirkprinzipien sein Verständnis der Zusammenhänge fördern. Das unterstützt seine Sicht und das Verständnis für die Problemstellung sowie sein Problemmodell zum Vorgehen. Damit wird auch die Forderung von ZANKER (2000, S. 55) nach der Erhöhung des Verständnisses von den Methoden beim Anwender erfüllt. Mit zunehmendem Verständnis kann der Anwender die Vorgehensmodelle auf immer abstrakteren Ebenen adaptieren und diese an die Bedürfnisse der Situation anpassen. Dieses zunehmende Verständnis bedeutet allerdings auch zusätzlichen Aufwand zur Aneignung des nötigen Wissens, besonders da es Abstraktionsvermögen und Übung im Umgang erfordert (KRUMAUER 1979). In vielen Fällen wird der Anwender aber nicht bereit sein, sich intensiver einzuarbeiten und wird daher nur Adaptionen auf der Ebene der Ausgestaltung und eventuell auf der Ebene der Wirkstruktur vornehmen. Ohne das nötige Wissen über die Zusammenhänge müssen die Vorgehensmodelle dann i. d. R. aber präskriptiv sein, um eine Erreichung der Ziele ermöglichen zu können.

### 3.3 Zusammenfassung

Ausgehend von der Frage, wie ein Vorgehensmodell systematisch entwickelt werden kann, wird in Kapitel 3.1 zunächst der Einsatz von Vorgehensmodellen in der Produktentwicklung

beleuchtet. Daraus lassen sich zu berücksichtigende Randbedingungen für die Entwicklung einer Vorgehensweise ableiten.

Aufgrund fehlender Hinweise in der Literatur zu einer systematischen Entwicklung von Methoden und Strategien werden in Kapitel 3.2 zur Unterstützung eines Vorgehens nach den Grundprinzipien „vom Abstrakten zum Konkreten“ und „vom Ganzen zum Detail“ ein Phasenmodell für das Vorgehen bei der Entwicklung und ein Ebenenmodell für Vorgehensmodelle aufgestellt. Diese Modelle dienen als methodische Grundlage für die folgende Entwicklung eines IPP-Vorgehensmodells.



---

## 4 Entwicklung eines Vorgehensmodells

*In diesem Kapitel wird aufbauend auf den Erkenntnissen der vorhergehenden Kapitel ein Vorgehensmodell für die Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen entwickelt. Dazu wird zunächst das weitere Vorgehen in Bezug zu dem in Kapitel 3 entwickelten Phasenmodell dargestellt. Anschließend werden die Aufgaben des Vorgehensmodells geklärt um darauf aufbauend ein Gesamtmodell mit verschiedenen Teilmodellen zu konzipieren und zu entwerfen.*

### 4.1 Vorgehen in Bezug zum Phasenmodell

Das in Kapitel 3.2.2.1 aufgestellte Phasenmodell (Bild 3.2-3) kann für das Vorgehen in dieser Arbeit angewendet werden. Die in dem Modell definierte Hauptphase der Planung einer Integrierten Produktpolitik wurde durch die politischen Akteure der Europäischen Union durchgeführt. Die Ergebnisse der Planungsphase bilden eine inhaltliche Grundlage dieser Arbeit. Die Arbeit selber bildet die Hauptphase der Entwicklung eines Vorgehensmodells für die Einführung der IPP in KMU ab. Die dritte Phase der Vermittlung & Implementierung ist nicht mehr Teil dieser Arbeit, wird aber in der Entwicklungsphase mit berücksichtigt.

Die Entwicklung des Vorgehensmodells lässt sich gemäß des Phasenmodells in die Phasen der Aufgabenklärung, des Konzipierens, des Entwerfens, des Ausarbeitens und des Testens & Verifizierens unterteilen. Die Klärung der Aufgabe und das Suchen nach vorhandenen Lösungen wurden bereits im 2. Kapitel vorgenommen und die wesentlichsten Anforderungen werden im folgenden Unterkapitel noch einmal zusammengefasst. Aufbauend wird ein Vorgehensmodell konzipiert und entworfen. In Kapitel 5 wird das entworfene Vorgehensmodell durch die flexible Einbindung von unterstützenden Methoden und Hilfsmitteln in der praktischen Anwendung weiter ausgearbeitet sowie Hilfsmittel für eine spätere Vermittlung & Implementierung entwickelt. Auf eine Ausgestaltung und Festlegung aller Details des Vorgehensmodells wird aber verzichtet, weil in diesem Fall die flexible Anwendbarkeit auf ein breites Spektrum von Unternehmen und Produkten verloren geht. Die Ergebnisse werden anschließend in Kapitel 6 anhand von Anwendungen in der Praxis von drei Unternehmen getestet und verifiziert.

## 4.2 Aufgabenklärung

Die wesentlichen, im 2. Kapitel gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Anforderungen und Randbedingungen für die Einführung der Integrierten Produktpolitik sind in der folgenden Tabelle 8 als Anforderungsliste zusammengefasst.

Kategorie	Nr.	Anforderung	Verweis	
			Kapitel	Seite
<b>Ziele</b>				
<b>Hauptziele</b>	1.1.1	Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten.	2.1.2	14
	2	Ausgewogenes Verfolgen von ökologischen, ökonomischen u. sozialen Zielen.	2.1.2	14
	3	Umweltauswirkungen größerer Mengen von Produkten verringern.	2.1.3	20
	4	Stärken der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der Industrie.	2.1.2	19
	5	Verbessern der Organisation und des Verhaltens der Mitarbeiter.	2.1.4	25
	6	Verbessern der Produkte.	2.1.4	26
	7	Zusammenarbeit mit Kunden.	2.1.4	26
	8	Zusammenarbeit mit Lieferanten.	2.1.4	26
	9	Zusammenarbeit mit der politischen Ebene und mit der Öffentlichkeit.	2.1.4	27
<b>Zwischenziele</b>	1.2.1	Identifizieren des ungenutzten Potenzials entlang des Produktlebenszyklus.	2.1.2	17
	2	Fördern von Maßnahmen in den Lebensphasen, in denen die Potenziale mit dem geringsten Aufwand den größten Nutzen versprechen.	2.1.3	21
	3	Verbesserung der Informationsflüsse entlang der Wertschöpfungskette.	2.1.3	21
	4	Fördern des Denkens in Lebenszyklen und der Kooperation aller Beteiligten.	2.1.3	21
	5	Nutzen der Kreativität der Beteiligten für innovative Lösungen.	2.1.3	20
	6	Besseren Umweltschutz mit verbesserten Produktleistungen verbinden.	2.1.2	19
	7	Produktbezogener, vorsorgender und integrativer begin-of-pipe Umweltschutz.	2.1.2	16
	8	Teilnahme an freiwilligen Umweltvereinbarungen und Produktpanels.	2.1.3	23
<b>Eigenschaften</b>				
<b>Anwendungskreis</b>	2.1.1	Individuelle Anpassung an Unternehmen und Branche	2.1.2	16
	2	Anwendbar auf viele, verschiedene und komplexe Produkte.	2.1.3	20
	3	Beachten der Marktbedingungen und des weltweiten Handels und Zusammenarbeit.	2.1.3	20
	4	In kleinen und mittelständischen Unternehmen anwendbar.	2.2	30
	5	Optimieren für mittelständische Zulieferer und Kleinserienfertiger.	2.2.2.3	37
<b>Zeitlicher Verlauf</b>	2.2.1	Verantwortung, Wahl der Umsetzungsgeschwindigkeit und des Umsetzungsumfangs liegen bei den Unternehmen.	2.1.3	22
	2	Einleiten und Unterstützen eines stetigen Verbesserungsprozesses.	2.1.2	18
<b>Implementierung</b>	2.3.1	Methodeneinführung in Form von Pilotprojekten und optionale Einführung.	2.3.3	87
	2	Einbinden bestehender Methoden als Bausteine.	2.3.1.5	80
	3	Methoden nur nach Bedarf und zeitlich versetzt implementieren.	2.3.3	100
	4	Belastung der Mitarbeiter in geringem Umfang über einen längeren Zeitraum.	2.3.3	100
	5	Überwiegen der subjektiven Vorteile gegenüber den Nachteilen der Beteiligten.	2.3.3	91
	6	Berücksichtigen der Phasen des Transtheoretischen Modells.	2.3.3	98
	7	Unterstützen einer nachhaltigen Verankerung.	2.3.3	86
	8	Berücksichtigen des Aufwands und eines kurzfristigen Leistungsabfalls.	2.3.3	93



	9	Berücksichtigen der positiven Einflussfaktoren (Bild 2.3-30).	2.3.3	99
<b>Randbedingungen der kleinen und mittelständischen Unternehmen</b>				
<b>Unternehmer</b>	3.1.1	Unternehmer prägt die Unternehmenskultur.	2.2.2.2	32
	2	Unternehmer trägt das Haftungsrisiko.	2.2.2.2	33
	3	Unternehmer hat Entscheidungsfreiheit.	2.2.2.2	33
	4	Unternehmer besitzt persönliche Netzwerke zu Kunden und Lieferanten.	2.2.2.2	33
	5	Unternehmer entscheidet über die Priorität des Umweltschutzes.	2.2.3.2	43
	6	Unternehmer interessiert das langfristige Wohl des Unternehmens.	2.2.2.2	34
	7	Motivation des Unternehmers ist entscheidend für die IPP.	2.2.2.2	34
	8	Unternehmer nimmt für die IPP die Schlüsselrolle ein.	2.2.2.2	34
	9	Unternehmer plant selten langfristig und formuliert kaum Ziele.	2.2.2.2	35
	10	Unternehmer fordert selten methodisches Entwickeln ein.	2.2.3.1	39
	11	Unternehmer ist zeitlich sehr stark ausgelastet.	2.2.2.2	35
<b>Organisation</b>	3.2.1	Organisation ist gering formalisiert.	2.2.2.2	35
	2	Maximal 2-3 Ebenen sind in der Hierarchie vorhanden.	2.2.2.2	35
	3	Natürliche Teambildung und informelle Kommunikationswege.	2.2.2.2	35
	4	Überschaubarkeit über Produkte und Unternehmen ist gegeben.	2.2.2.2	34
	5	Aktive Beeinflussung des Marktes ist selten möglich.	2.2.2.2	36
<b>Entwicklung</b>	3.3.1	Keine institutionalisierte Produktplanung.	2.2.3.1	38
	2	Schwächen bei der Markteinschätzung.	2.2.3.1	38
	3	Kleine Entwicklungsabteilung mit geringer Arbeitsteilung.	2.2.3.1	39
	4	Entwicklungskapazitäten sind gering.	2.2.3.1	39
	5	Entwicklungen sind überwiegend bedarfsorientiert, auftragsbezogen u. kurzfristig-intuitiv.	2.2.3.1	39
	6	Übergeordnetes, unterstützendes Entwicklungsmanagement fehlt i. d. R.	2.2.3.1	39
	7	Entwicklungsmethoden werden selten oder im geringen Umfang angewendet.	2.2.3.1	40
	8	Einfache u. wenig aufwendige Methoden mit gutem Nutzen/Aufwandverhältnis werden bevorzugt.	2.2.3.1	41
	9	Denken in Lebenszyklen u. Betrachten des Lebensweges sind kaum verbreitet.	2.2.3.2	42
	10	Entwicklung hat den größten Einfluss auf Umwelteigenschaften des Produktes.	2.3.1.1	50
	11	Umweltelieigenschaft ist nur ein Aspekt von vielen in der Entwicklung.	2.3.1.2	56
	12	Mittelständler haben höchstes Innovationsvermögen u. kürzeste Umsetzzeit.	2.2.3.1	38
<b>Mitarbeiter</b>	3.4.1	Viele Facharbeiter sowie wenige Akademiker und Hilfsarbeiter.	2.2.2.2	35
	2	Mitarbeiter weisen umfangreiches Fachwissen und wenig Methodenwissen auf.	2.2.2.2	40
	3	Mitarbeiter sind eher Generalisten und weniger Spezialisten.	2.2.2.2	35
	4	Know-how zu Umweltaspekten fehlt i. d. R.	2.2.2.2	35
	5	Individuelle Kompetenz des Entwicklers entscheidet über Entwicklungserfolg.	2.2.3.1	39
<b>Arbeitsalltag</b>	3.5.1	Stark operative Ausprägung.	2.2.2.2	35
	2	Gute Kommunikationskanäle zu Kunden und Lieferanten.	2.2.2.2	36
	3	Kurzer Dienstweg zum Unternehmer.	2.2.3.1	33
	4	Hohe zeitliche Belastungen.	2.2.2.2	39
	5	Viele Störungen und flexible Anpassung an die aktuelle Situation.	2.2.3.1	39
<b>Finanzen</b>	3.6.1	Beschränkte Kapitalkraft und Finanzierungsmöglichkeiten.	2.2.2.2	33
	2	Kurzfristige Liquiditätssicherung ist existenziell.	2.2.2.2	36
	3	Finanzen und Ressourcen sind zu schonen.	2.2.2.2	36
	4	Beratungskosten für Umweltziele werden von meisten Unternehmen abgelehnt.	2.2.3.2	44

<b>Umwelt</b>	3.7.1	Umweltaktivitäten nehmen mit der Unternehmensgröße zu.	2.2.3.2	43
	2	Produktbezogene u. organisatorische Sichtweisen werden beim Umweltschutz wenig beachtet.	2.2.3.2	43
	3	Umweltschutz spielt für die kurz- und mittelfristige Planung eine untergeordnete Rolle, es dominieren wirtschaftliche Planungsziele.	2.2.3.2	43
	4	Unternehmen erwarten Steigerung der Kosten und Mehrarbeit sowie Informations- und Organisationsprobleme bei Umweltaktivitäten.	2.2.3.2	43
	5	Umweltmanagementsysteme spielen eine untergeordnete Rolle.	2.2.3.2	44
	6	Ökologische Verbesserungspotenziale der Produkte bleiben i. d. R. ungenutzt.	2.2.3.2	46
	7	Grosse Defizite bezüglich ökologischem Wissen, Informationen und Methoden.	2.2.3.2	46
	8	Konzepte für Produktrücknahme u. Demontage sind i. d. R. nicht vorhanden.	2.2.3.2	45
	9	Unternehmen nutzen selten Methoden zu ökologischen Produktbewertungen, sie werden häufig als zu aufwendig oder unsinnig eingeschätzt.	2.2.3.2	45
	10	Umweltauswirkungen der Produkte sind häufig nicht bekannt.	2.2.3.2	45
	11	Die Förderung wichtiger Unternehmensziele durch Umweltschutz wird nur gering wahrgenommen.	2.2.3.2	44
	3.8.1	Berücksichtigung der Randbedingungen von KMU (Tabelle 7).	2.2.2.2	34
<b>Randbedingungen des Marktes</b>				
<b>Kunden</b>	3.1.1	Kunden akzeptieren i. d. R. keinen Mehrpreis für umweltgerechte Produkte.	2.3.1.2	63
	2	Kundenverhalten hängt stark vom Verhältnis des persönlichen Opfers zum Nutzen ab.	2.3.1.2	63

Tabelle 8: Anforderungen (AF) und Randbedingungen (RB) für das Vorgehensmodell

Diese aus der Literatur gewonnenen Anforderungen und Randbedingungen wurden in wesentlichen Punkten durch Interessenten und Vertreter von kleinen und mittelständischen Unternehmen bestätigt. Dieses geschah zum einen durch die halbstrukturierte Befragung der in den Pilotprojekten beteiligten Industriepartner. Zum anderen wurde nach der Beendigung der Betreuung der ersten Produktentwicklungsprozesse in den kooperierenden Unternehmen des Forschungsprojektes im April 2002 ein „IPPsilon Workshop“ an der Technischen Universität München veranstaltet, zu dem weitere KMU-Vertreter und Interessierte eingeladen waren. Wichtiges Ziel dieser Veranstaltung war, die zukünftigen Forschungsaktivitäten inhaltlich noch besser auf die Bedürfnisse der KMU auszurichten. Die vorgestellten Ansätze wurden in Kleingruppen mit den Aufgabenstellungen „Ist-Situation in KMU“ und „Chancen und Defizite der IPP“ diskutiert und daraus verschiedene Anforderungen abgeleitet, welche die Anforderungsliste bestätigen (STMUVG 2005, S. 53ff).

### 4.3 Konzipieren und Entwerfen des Vorgehensmodells

Die folgende Synthese des Vorgehensmodells beruht auf gewonnenen Erkenntnissen aus der Literatur (siehe z. B. Kap. 2), auf Erfahrungen aus verschiedenen Industrieprojekten und logischen Schlussfolgerungen zu Erkenntnissen aus der Problemanalyse. Aufgrund einer

fehlenden Absicherung dieser Zusammenhänge in einem Gesamtkontext ist das folgende Vorgehensmodell noch als Hypothese zu betrachten, dessen Anwendbarkeit und Wirkung mit Hilfe von Praxisbeispielen zu verifizieren ist.

Um das Vorgehensmodell zu konzipieren, sind auf der zweiten Konkretisierungsebene des Ebenenmodells (Bild 3.2-4) die Funktionen zu betrachten und die Funktionsstrukturen zu modellieren (siehe Bild 4.3-1). Dazu eignet sich die Anwendung der Methode der relationsorientierten Funktionsstruktur (nach TRIZ) aufgrund der einfachen Darstellbarkeit der kausalen Abhängigkeiten und der Problemstellungen. Die Gesamtfunktion wird gemäß Bild 3.2-5 des Vorgehensmodells definiert und dann hierarchisch in ihre Teilfunktionen zergliedert um ein Vorgehen nach dem Prinzip vom „Groben zum Feinen“ (EHRENSPIEL 1995, S. 69) zu unterstützen. Diesen Funktionen können dann geeignete Wirkprinzipien zugeordnet werden. Eine Festlegung auf einzelne Wirkprinzipien ist in diesem Fall angesichts des zu betrachtenden Umfangs und der Einbindung von verschiedenen, bestehenden Methoden nicht sinnvoll.

Für den Entwurf werden die einzelnen Funktionen zusammengefasst und verschiedenen Modulen zugeordnet, die als einzelne Bausteine das Gesamtmodell und die Teilmodelle bilden und strukturieren. Das Strukturieren in Modulen erhöht die Übersichtlichkeit für die Anwender und vereinfacht eine folgende Ausgestaltung.

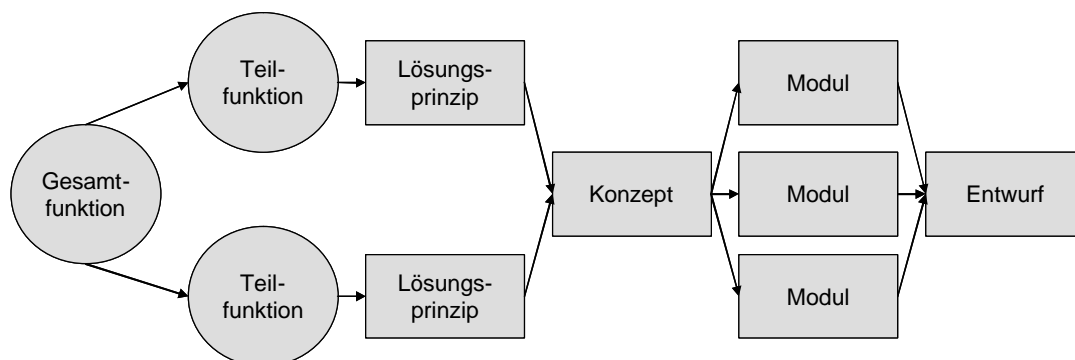


Bild 4.3-1: Strategie der Aufgliederung in Teilprobleme und des Wechsels vom Ganzen zum Detail nach EHRENSPIEL (1995, S. 68)

Als Ergebnis einer Entwicklung sind wie bei Produkten verschiedene Vorgehensmodelle denkbar, die auf den verschiedenen Abstraktionsebenen in unterschiedlichem Umfang voneinander differenzieren und alle zum gewünschten Ziel führen. Für das folgende Vorgehensmodell soll daher nicht der Anspruch erhoben werden, den einzigen Weg darzustellen, mit dem die Integrierte Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen eingeführt werden kann.



über den richtigen Umgang mit den Produkten möglich, was direkt zu geringeren Umweltbeeinträchtigungen führen kann. Die Verbesserung der Kooperation mit den Kunden und den Lieferanten führt i. d. R. aber zu besseren Produkten, die sich dann positiv auf die Nachhaltigkeit auswirken kann. Aufgrund des geringen Einflusses der KMU werden diese Teilfunktionen im Folgenden nur im Zusammenhang mit der Verbesserung der Produkte betrachtet und nicht weiter detailliert.

Des Weiteren wird von der Politik eine Zusammenarbeit auf der politischen Ebene und mit der Öffentlichkeit gefordert (AF 1.1.9). Diese Zusammenarbeit dient der Ausgestaltung der politischen Instrumente und kann damit zu einem späteren Zeitpunkt der Nachhaltigkeit dienen. Die direkten Auswirkungen dieser Zusammenarbeit werden in der Funktionsstruktur daher vernachlässigt. Anders sieht es bei der Teilnahme an einem Produktpanel aus (vgl. Kap. 2.3.2). Deren Ergebnisse wirken sich zunächst auf die Kooperationen mit den Lieferanten und Kunden und somit auf die Produkteigenschaften aus.

Die dargestellten Verbesserungen können i. d. R. nur durch eine Veränderung der Organisation mit dem Verhalten der Mitarbeiter bewirkt werden.

Als Konzept für die grobe Struktur des Vorgehensmodells kann das in Bild 4.3-4 dargestellte Modell aufgestellt werden. Hiermit werden die Anforderungen nach einem kontinuierlichem Verbesserungsprozess, dessen Umfang und Gestaltung in der Verantwortung der Unternehmen liegt (AF 2.2.1 u. AF 2.2.2), und der Zuordnung der Teilfunktionen zu dem verantwortlichen Funktionsbereich im Unternehmen berücksichtigt. In dem Modell wird zwischen der operativen, strategischen und politischen Ebene differenziert, auf denen die Vorgänge stattfinden. Diese Ebenen verdeutlichen den zeitlichen Bezug und den Bezug zum Tagesgeschäft.



Bild 4.3-4: Gesamtmodell für die Einführung der Integrierten Produktpolitik

Mit dem Modell ist eine Modularisierung der Vorgehensweise gegeben, in der die Verantwortung für die einzelnen Teilprozesse eindeutig an die verschiedenen Funktionsträger delegiert und das Vorgehen an die jeweiligen Randbedingungen angepasst werden kann. Aufgrund der zentralen Bedeutung für die Einführung der IPP sollen die Funktionen für die Verbesserung der Organisation und der Produkte näher beleuchtet werden. Die Zusammenarbeit mit den Kunden und den Lieferanten aus der Sicht des Einkaufs und des Vertriebs werden aus den oben genannten Gründen nicht weiter vertieft. Über die Zusammenarbeit auf der politischen Ebene, den Umfang und die Rückwirkung auf das Unternehmen entscheidet zwar das Management, aber dieser Prozess wird i. d. R. von politischen Akteuren oder durch NGO organisiert und die Industrievertreter nehmen in der Prozessplanung eine eher passive Rolle ein. Daher wird dieser Prozess nicht weiter detailliert. Für weitergehende Informationen sei auf die in Kapitel 2.3.2 diskutierten Projekte verwiesen.

#### 4.3.2 Modell zur Verbesserung der Organisation

Die Initiierung der Einführung der Integrierten Produktpolitik geht immer von dem Management des Unternehmens oder mit deren Unterstützung aus. Daher soll zunächst die Funktion der „Organisation verbessern“ detailliert werden. Bei dieser Funktionsbetrachtung wird noch keine Unterscheidung zwischen verschiedenen Hierarchieebenen vorgenommen, wie z. B. bei zwei Hierarchieebenen im Unternehmen mit einer Aufgabenteilung zwischen dem Unternehmer und den Abteilungsleitern. Unter Berücksichtigung der Anforderungsliste mit den definierten Randbedingungen und den im Rahmen der Implementierung von Methoden diskutierten Zusammenhänge für verschiedene Phasen in Kap. 2.3.3 wird die in Bild 4.3-5 dargestellte Funktionsstruktur modelliert.

Auf eine weitergehende Detaillierung der aufgeführten Funktionen wird an dieser Stelle bewusst verzichtet, um die Übersichtlichkeit zu bewahren. Dieses ist z. B. bei der Funktion „Änderungen vorbereiten“ möglich und wird später durchgeführt. Ebenso sind nicht alle Verbindungen von nützlichen Funktionen zu schädlichen Funktionen dargestellt. So verursachen auch andere Funktionen höhere Kosten und Aufwände, dieses aber in einem geringeren Umfang.

Wesentlich für den Erfolg einer Einführung ist, dass sich das Management ausreichend über die Integrierte Produktpolitik informiert und die Zusammenhänge sowie die Ziele der IPP versteht. Nur auf dieser Grundlage kann es die Einführung aktiv gestalten und sich durch den bietenden Nutzen so motivieren, dass es die Aufwendungen und Kosten als lohnende Investition betrachtet. Die sich ergebenden Potenziale sind durch eine Betrachtung der Organisation aus dieser Sichtweise zu bestimmen und zu priorisieren, um den Aufwand und die Kosten in einem für KMU annehmbaren Umfang zu begrenzen. Wichtig ist auch, dass die zeitliche Belastung für den Unternehmer gering ausfällt. Dafür ist für diesen kontinuier-

lichen Verbesserungsprozess aber ein stetiges und anhaltendes Engagement vom Unternehmer notwendig. Ohne seine kontinuierlichen Zielsetzungen, Rückmeldungen, Forderungen, Bewertungen und Motivationen ist es sehr wahrscheinlich, dass die Verbesserungsprozesse auf der operativen Ebene früher oder später im Alltag an Bedeutung verlieren.

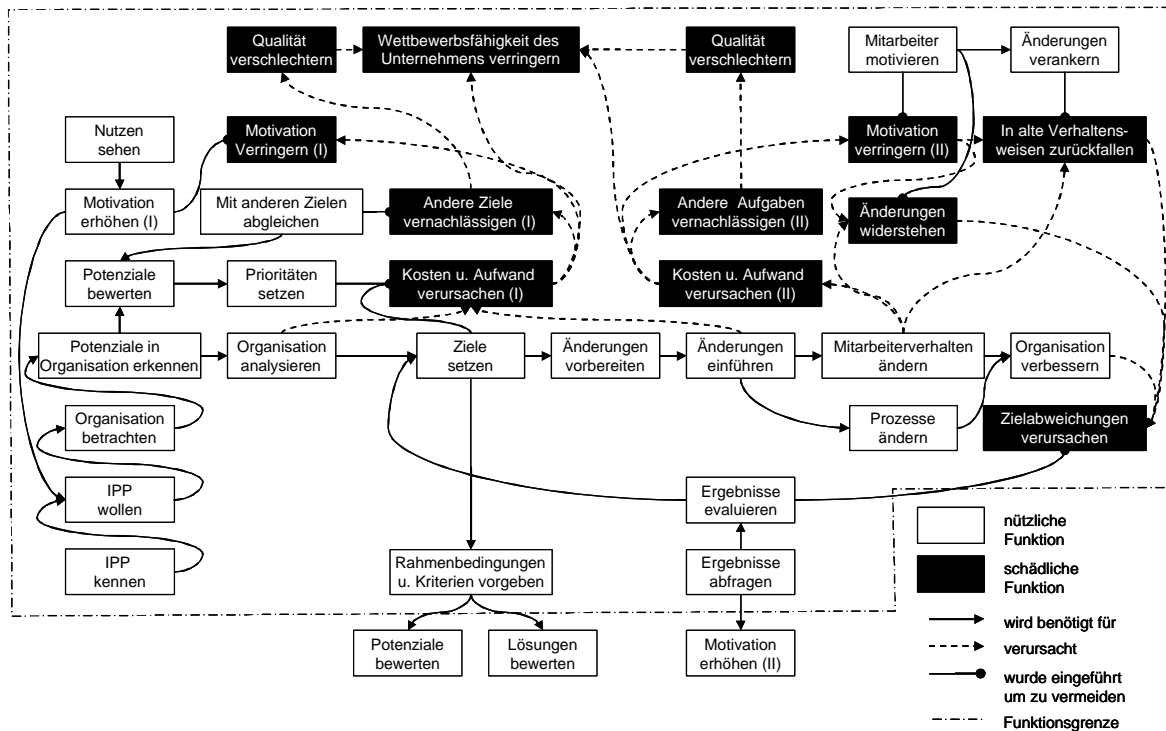


Bild 4.3-5: Detaillierung der Funktion „Organisation verbessern“

In dem Funktionsmodell kommen einige der schädlichen Funktionen doppelt vor. Diese Darstellungsform ist notwendig, da diese Funktionen sich einmal auf das Management beziehen (mit I gekennzeichnet) und das andere mal auf die Mitarbeiter (mit II gekennzeichnet). Durch die unterschiedlichen Randbedingungen und Situationen dieser Personengruppen sind die Wirkungen unterschiedlich zu berücksichtigen. Die Funktion „Motivation der Mitarbeiter erhöhen“ kommt ebenfalls zweimal vor. Dieses liegt an den verschiedenen Grenzen der Betrachtung. Einmal handelt es sich um die Motivation der Mitarbeiter, das eigene Verhalten im Sinne der Verbesserung der Organisation zu ändern, bei der anderen Funktion ist die Motivation bezüglich der anderen Verbesserungsprozesse des Gesamtmodells gemeint. Es ist im Rahmen des Vorgehens auf strategischer Ebene notwendig, neben der Initiierung einzelner Verbesserungsprozesse auf der operativen Ebene auch steuernd auf diese Prozesse einzuwirken. Die funktionalen Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilprozessen sind in diesem Funktionsmodell durch eine Grenzlinie dargestellt.

Als Vorgehensmodell für das Management werden diese Funktionen wie ein Baukasten in sechs einzelne Bausteine zusammengefasst, die ein übersichtliches und leicht zu erfassendes

Modell bilden (Bild 4.3-6). Die Untergliederung des Modells in jeweils sechs Bausteine vereinfacht die flexible Anpassung an die aktuelle Situation in dem jeweiligen Unternehmen. Ebenfalls können im Sinne des Konzepts der Prozessbausteine (BICHLMAIER 2000; vgl. S. 118) den einzelnen Bausteinen eine Reihe von Methoden zugeordnet werden. Diese Methoden können je nach Situation angewandt werden. Dadurch wird die flexible Anwendbarkeit des Modells unterstützt. Die Zuordnung von Methoden und Hilfsmitteln zu einzelnen Bausteinen wird in Kapitel 5 weiter detailliert.

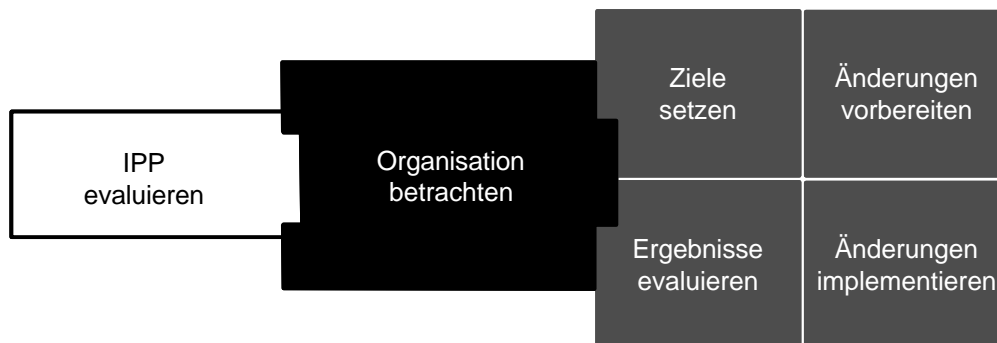


Bild 4.3-6: Vorgehensmodell für die Verbesserung der Organisation

Als Form des Modells wird bewusst keine lineare Darstellung gewählt, sondern eine Form von Stufen. Diese Form soll implizieren, dass ein Vorgehen nicht immer in einer reinen linearen Reihenfolge geschieht, sondern dass einzelne Teilprozesse gleichzeitig auf den verschiedenen Stufen stattfinden können und dass von einem Prozess auf einer Stufe mehrere Prozesse auf der nächsten Stufe initiiert werden können.

Nach dem Modell ist als erstes die Integrierte Produktpolitik durch das Management zu evaluieren, bevor die Organisation hinsichtlich ihrer Potenziale betrachtet werden kann. Je nach ausgewähltem Potenzial sind einzelne Ziele zu setzen. Die für die Zielerreichung notwendigen Änderungen sind vorzubereiten und zu implementieren. Die erzielten Ergebnisse sind zu evaluieren und mit den vorher gesetzten Zielen zu vergleichen, um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu ermöglichen. Abweichungen und neue Erkenntnisse können weitere Änderungen initiieren. Im Folgenden werden die einzelnen Bausteine des Modells weiter detailliert.

#### 4.3.2.1 IPP evaluieren

Bei dem Baustein „IPP evaluieren“ beantwortet der Unternehmer die Frage, „Lohnt sich für mein Unternehmen die Einführung der Integrierten Produktpolitik?“. Erst die positive und überzeugte Antwort der Unternehmerpersönlichkeit ermöglicht eine erfolgreiche Umsetzung der IPP (vgl. RB 3.1.8). Ohne diese Antwort kann von weiteren Schritten zur Einfüh-



zung der IPP abgesehen werden. Die Struktur der Funktionen des zugehörigen Bausteins „IPP evaluieren“ kann wie in Bild 4.3-7 dargestellt modelliert werden.

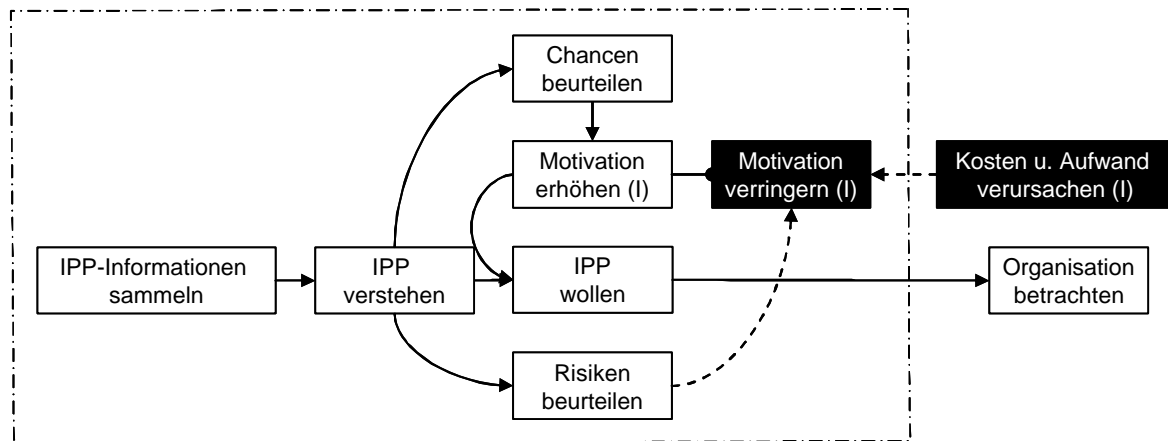


Bild 4.3-7: Funktionsstruktur des Bausteins „IPP evaluieren“

Der Unternehmer muss die Einführung der Integrierten Produktpolitik wollen. Dieses ist nur bei ausreichender, persönlicher Motivation der Fall. I. d. R. entsteht diese Motivation aus dem Abgleich der subjektiven Chancen und Risiken in Bezug zu dem Aufwand und den Kosten, die eine Einführung über die Zeit verursacht. Die bewusste Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen unterstützt eine Entscheidung mit nachhaltiger Wirkung. Für das bewusste Treffen einer Entscheidung benötigt der Unternehmer ein hinreichendes Wissen über die IPP um die Auswirkungen auf das Unternehmen abschätzen und beurteilen zu können. Eine fundierte Sammlung von verschiedenen Informationen zum Thema und eine intensive Auseinandersetzung damit sind nötig, um dieses Wissen zu erwerben.

Diese bewusste Entscheidung kann von der Unternehmerpersönlichkeit nur dann delegiert werden, wenn die betreffende Führungskraft einen großen Einfluss auf den Unternehmer sowie auf die Unternehmenskultur vorweisen kann. I. d. R. ist es sinnvoll, wenn sich der Unternehmer bei der Informationssammlung und der Abwägungen der Chancen, Risiken und Aufwände assistieren lässt. Bei der Beratung und Informationssammlung wird eine Unterstützung besonders von den Kammern und den zugehörigen Branchenverbänden erwartet (vgl. S. 44).

Die in diesem Prozess erarbeiteten Ergebnisse können zu einem späteren Zeitpunkt auch dazu dienen, verantwortliche Führungskräfte und Fachleute im Unternehmen zu informieren und vom Sinn einer Einführung zu überzeugen.

### 4.3.2.2 Organisation betrachten

Mit diesem Baustein wird den Führungskräften die Organisation aus der Sicht der IPP klar und transparent. Dies eröffnet die Möglichkeit bisher verborgene Potenziale zu entdecken und zu einem späteren Zeitpunkt optimal zum Wohle des Unternehmens sowie der Gesellschaft und der Umwelt zu nutzen. Potenziale sind nach DROSDOWSKI (1982, S. 613) definiert als Leistungsfähigkeit bzw. als Möglichkeit, die zur Wirklichkeit werden kann. Die dazu nötigen Funktionen des Bausteins gestalten sich wie in Bild 4.3-8 dargestellt.

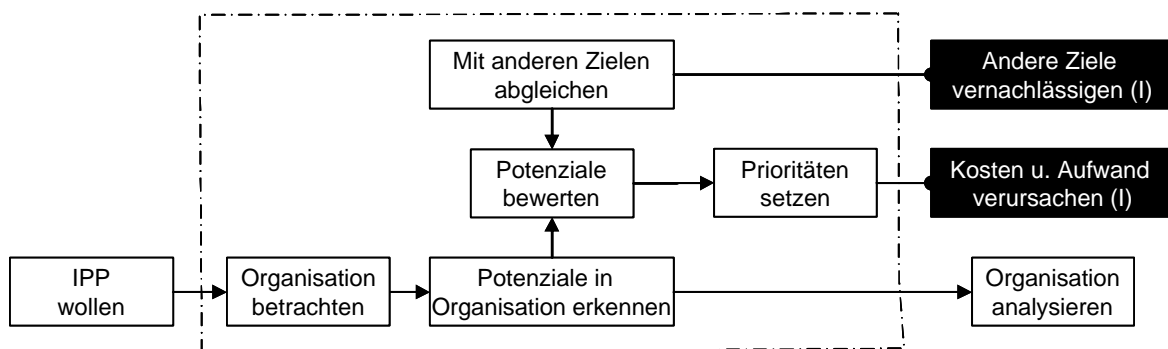


Bild 4.3-8: Funktionsstruktur des Bausteins „Organisation betrachten“

Zunächst sind die verschiedenen, in der Unternehmensorganisation bedeutenden, Funktionsbereiche zu betrachten. Diese Betrachtung findet am besten in einem kleinen Team aus dem Unternehmer, verantwortlichen Führungskräften und erfahrenen Mitarbeitern statt. Damit wird einerseits eine ausreichende Wissensbasis verfügbar und andererseits verfügen die unterschiedlichen Personen über verschiedene Sichtweisen und Meinungen, die zu neuen Anregungen führen können. Mit einer Unterstützung durch Checklisten aus Fragen oder der Darstellung erfolgreicher Lösungsansätze können die unterschiedlichen Funktionsbereiche beleuchtet und verborgene Potenziale durch das Team erkannt werden.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass in diesem Prozess viel mehr Potenziale offensichtlich werden als zunächst umgesetzt werden können. Einige Verbesserungsmöglichkeiten lassen sich nicht immer in den bestehenden Zielvorstellungen widerspruchsfrei integrieren. Daher sind die erkannten Potenziale durch die Führungskräfte zu bewerten und mit anderen Unternehmenszielen abzugleichen, um die für einen nachhaltigen Erfolg notwendige aktive und bewusste Integration zu gewährleisten. Um die Kosten und den Aufwand durch mögliche Umsetzungsprojekte auf ein vertretbares Maß zu begrenzen, sind die Potenziale aus der Sicht des Unternehmens und nach den gegebenen Möglichkeiten zu priorisieren. Die endgültige Entscheidung zur den Prioritäten der Umsetzungen sind vom Unternehmer zu treffen, der damit auch die Verantwortung trägt.

### 4.3.2.3 Ziele setzen

Bezüglich des ausgewählten Potenzials ist zu klären, was mit einer Umsetzung genau erreicht werden soll. Dazu sind klare und transparente Ziele zu setzen, deren Erreichung später überprüft werden können. Der Baustein „Ziele setzen“ setzt sich aus den Funktionen zusammen, die in Bild 4.3-9 abgebildet werden.

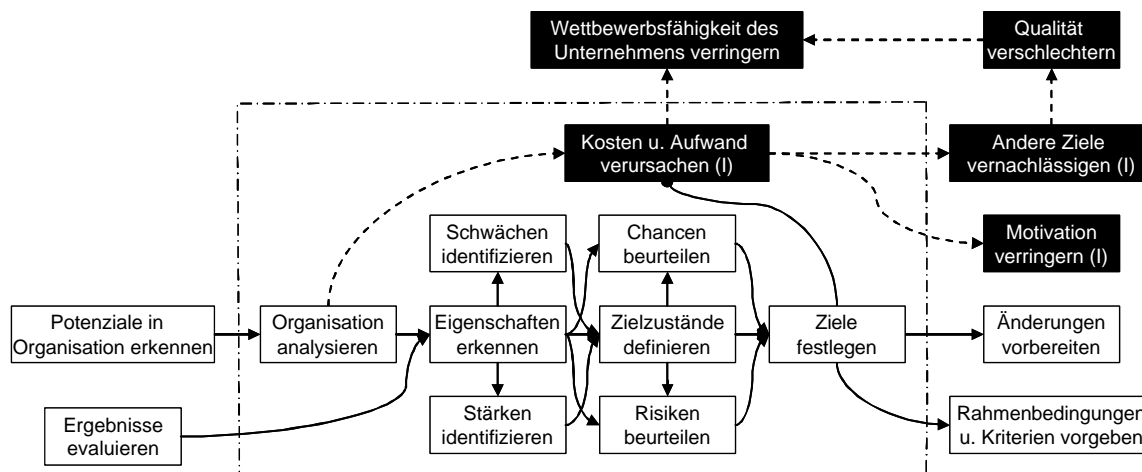


Bild 4.3-9: Funktionsstruktur des Bausteins „Ziele setzen“

Das Festlegen von genauen Zielen ist für die effiziente, aber auch effektive Umsetzung notwendig, um die einhergehenden Kosten und den Aufwand im Verhältnis zum angestrebten Nutzen gering zu halten. Dieses ist dringend notwendig, da zu hohe Kosten und Aufwände beim Management zu einer Reihe von negativen Auswirkungen führen. Zum einen führen diese zusätzlichen Belastungen zu einer Abnahme der Motivation und zum anderen werden bei begrenzten finanziellen und personellen Kapazitäten (RB 3.1.11 u. RB 3.6.1) andere Aufgaben und Ziele vernachlässigt. Dieses geht i. d. R. zu Lasten der Qualität und der Wettbewerbsfähigkeit, die aber durch die IPP gestärkt werden soll (AF 1.1.4).

Das bewusste Setzen und Kommunizieren der beabsichtigten Ziele fördert auch die Motivation der Beteiligten (vgl. Kap. 2.3.3). Dieses bedarf aber in vielen Unternehmen eine Änderung der Verhaltensweisen, da Unternehmer von KMU i. d. R. selten langfristig planen und kaum Ziele formulieren (RB 3.1.9).

Um sich auf Ziele festlegen zu können, sind die verschiedenen, gewünschten Zustände der Ziele zu definieren und mit Hilfe einer Beurteilung der sich ergebenden Chancen und Risiken zu bewerten. Dieses ist nur mit Hilfe einer detaillierten Analyse der Unternehmensorganisation in Bezug zu dem identifizierten Potenzial möglich, in der die relevanten Eigenschaften erkannt sowie Schwächen und Stärken der Organisation identifiziert werden. Im Fall einer Iteration im Umsetzungsprozess sind beim Erkennen der Eigenschaften die evaluierten

Ergebnisse zu berücksichtigen. Somit ist gewährleistet, dass die gewonnenen Erkenntnisse für eine notwendige Zielkorrektur verwandt werden.

Bei dieser Aufgabe kann der Unternehmer die Leitung von und die Verantwortung für diesen sowie den folgenden Bausteinen an eine Führungskraft des betroffenen Unternehmensbereichs delegieren, z. B. dem Entwicklungsleiter die Aufgabe zur Verbesserung der Produkte übergeben. Dieses Delegieren entbindet den Unternehmer nicht von seiner Verantwortung, die Zielerreichung und den Erfolg einzufordern und gegebenenfalls einzugreifen. Wichtig ist, dass er den beteiligten Mitarbeitern die von ihm gesetzte Priorität durch seine Verhaltensweise verdeutlicht.

#### 4.3.2.4 Änderungen vorbereiten

Im Baustein „Änderungen vorbereiten“ werden alle notwendigen Schritte unternommen, um ausgehend von dem gesetzten Ziel den Weg für die Umsetzung zu planen und vorzubereiten. Bild 4.3-10 zeigt die verschiedenen Funktionen, die dafür zu erfüllen sind.

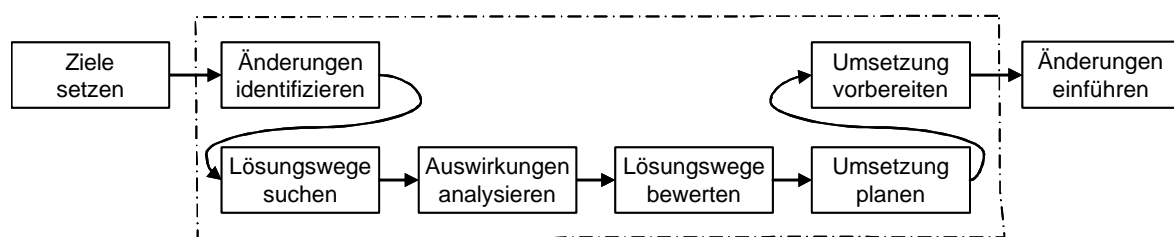


Bild 4.3-10: Funktionsstruktur des Bausteins „Änderungen vorbereiten“

Zuerst sind detailliert die möglichen Änderungen in dem System der Unternehmensorganisation zu identifizieren, mit denen die gesetzten Ziele erreicht werden können. Dieses kann z. B. die Einführung von Methoden und Hilfsmitteln sein. Für diese Änderungen im System sind verschiedene Lösungswege zur Umsetzung zu suchen, deren Auswirkungen zu analysieren sind. Die Lösungswege sind anschließend nach den Anforderungen des Unternehmens zu bewerten. Nach der Festlegung auf einen Lösungsweg wird die Umsetzung detailliert geplant und vorbereitet, wie z. B. durch das Testen von Hilfsmitteln in einem simulierten Alltagsbetrieb. Das optimale Vorgehen hängt sehr stark von der spezifischen Situation ab und soll daher an dieser Stelle nicht weiter detailliert werden. Negative Auswirkungen dieses Bausteins sind die entstehenden Kosten und Aufwände sowie die benötigte Zeit bis zum Beginn der Umsetzung. Andererseits kann durch eine gute Vorbereitung die Umsetzung viel effektiver und effizienter gestaltet werden. Zum Beispiel können durch das Starten eines Pilotprojektes wertvolle Erfahrungen gemacht werden und das Risiko reduziert werden.

Diese Aufgaben können vom verantwortlichen Management oder auch von externen Beratern übernommen werden. Berater sind besonders dann hilfreich, wenn so auf nicht vorhandenes Erfahrungswissen zurückgegriffen wird und personelle Kapazitäten fehlen. Andererseits steigt der Kommunikationsaufwand und es entstehen Kosten für die Einarbeitung der Berater in das Unternehmensumfeld.

#### 4.3.2.5 Änderungen implementieren

Durch den Baustein „Änderungen implementieren“ werden die geplanten und vorbereiteten Änderungen dauerhaft umgesetzt. Die besondere Herausforderung liegt in der Umsetzung der Pläne in den Betriebsalltag und die Bewältigung der dabei entstehenden Probleme. Die zu erfüllenden Funktionen sind dem Bild 4.3-11 zu entnehmen.

I. d. R. entstehen die höchsten Kosten und Aufwände bei der Bearbeitung dieses Bausteins und das sowohl beim Management als auch bei den Mitarbeitern. Das Management muss den Änderungsprozess in die Wege leiten, die Mitarbeiter über die Änderungen informieren und Unterstützungen für die beabsichtigten Verhaltensänderungen geben sowie den Mitarbeiter grundsätzlich zu dieser Änderung motivieren. Dieses kann z. B. in Form von Gesprächen, Schulungen, Coaching oder Anweisungen erfolgen. Oft sind ebenso technische Änderungen im Prozess der Ablauforganisation nötig, wie die Einführung neuer Hilfsmittel oder räumliche Veränderungen. Mit diesen Veränderungen bzw. Verbesserungen der Organisation sollen die gesetzten Ziele erreicht werden.

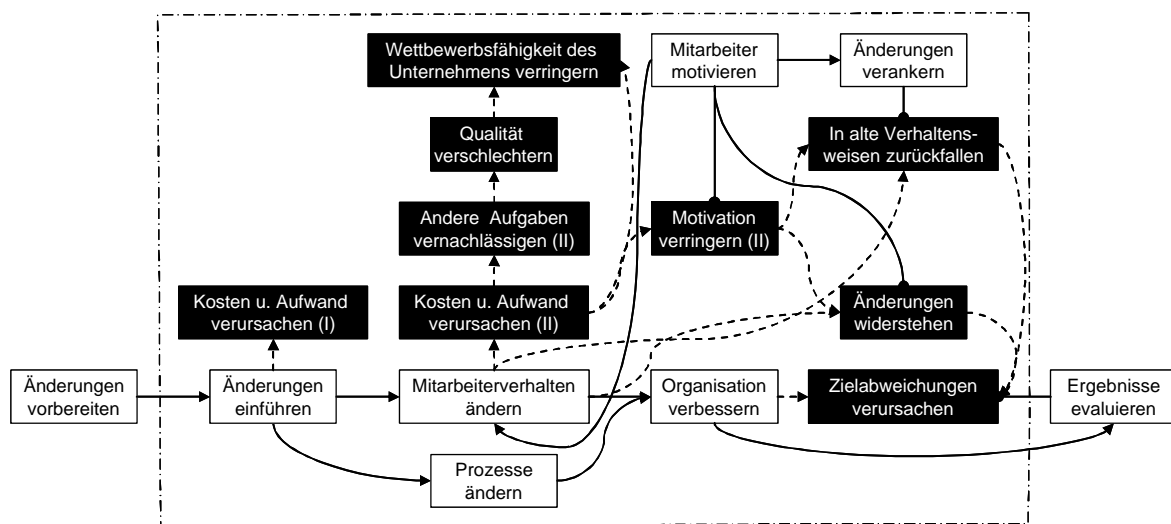


Bild 4.3-11: Funktionsstruktur des Bausteins „Änderungen implementieren“

Es können einige Wirkungen auftreten, die eine Abweichung bei der Erreichung des Zieles verursachen. So führen die zusätzlichen Kosten und der Aufwand bei den Mitarbeitern i. d. R. zu einer Verringerung der Motivation und zur Vernachlässigung bei der Bearbeitung

anderer Aufgaben. Die geringeren Ressourcen für andere Aufgaben können indirekt zu Rückschritten bei der Qualität und damit zu einer Verringerung der Wettbewerbsfähigkeit führen. Die Mitarbeiter können aus verschiedenen Gründen (vgl. Kap. 2.3.3) den Vorgaben des Managements widerstehen und ihre Verhaltensweisen nicht ändern. Dieses ist besonders bei einer geringen Motivation der Fall. Um diese Wirkungen zu verhindern, kann das Management die Motivation der Mitarbeiter erhöhen. Dazu gibt es eine Reihe von Methoden, um zielgerichtet positive und negative Motivation bei den Mitarbeitern zu erzeugen, z. B. durch das Zeigen von persönlichem Engagement und Interesse (siehe Bild 2.3-30) oder in Form von Druck durch Anweisungen.

Der betroffene Mitarbeiter fällt in der Regel nach einer Zeit des bewussten Handelns unbewusst in die alte, gewohnte Verhaltensweise zurück, wenn er nur gering motiviert ist und das neue Verhalten ihm subjektiv nicht nützt (vgl. Kap. 2.3.3). Das Management muss daher die Aufgabe übernehmen, die Verhaltensänderung des Mitarbeiters langfristig z. B. durch äußere Motivationen zu verankern.

#### 4.3.2.6 Ergebnisse evaluieren

Mit der Umsetzung der Änderungen sind i. d. R. die gesetzten Ziele noch nicht vollständig erreicht. Daher sind mit dem Baustein „Ergebnisse evaluieren“ zu überprüfen, was erreicht wurde, was für die Zukunft gelernt werden kann und was noch zu verbessern ist. Die einzelnen Funktionen sind in Bild 4.3-12 dargestellt.

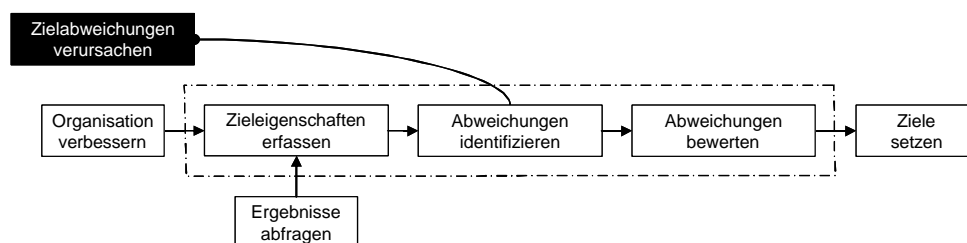


Bild 4.3-12: Funktionsstruktur des Bausteins „Ergebnisse evaluieren“

Zunächst sind die Ausprägungen der vom Ziel betroffenen Merkmale der Organisation zu erfassen. Dieses kann z. B. durch eine Abfrage der Ergebnisse in Form von Präsentationen und Diskussionen oder bei quantitativ erfassbaren Ausprägungen durch Messungen oder Rechnungen geschehen. Die ermittelten Ausprägungen können mit den gesetzten Ausprägungen des Ziels verglichen und damit die Abweichungen ermittelt werden. Die Abweichungen sind im Kontext der gemachten Erfahrungen zu bewerten und können gegebenenfalls das Management veranlassen, neue Ziele zu setzen und/oder weitere Veränderungen einzuführen.

### 4.3.3 Modell zur Verbesserung der Produkte

Der Prozess mit der Funktion „Produkte verbessern“ wird auf der strategischen Ebene durch das Management initiiert, das auch die notwendigen Änderungen vorbereitet und implementiert. Somit sind die Grundlagen für den Prozess der Produktverbesserungen zu Prozessbeginn bereits gegeben. Die Funktion „Produkte verbessern“ kann wie folgt als Funktionsstruktur modelliert und detailliert werden (Bild 4.3-13).

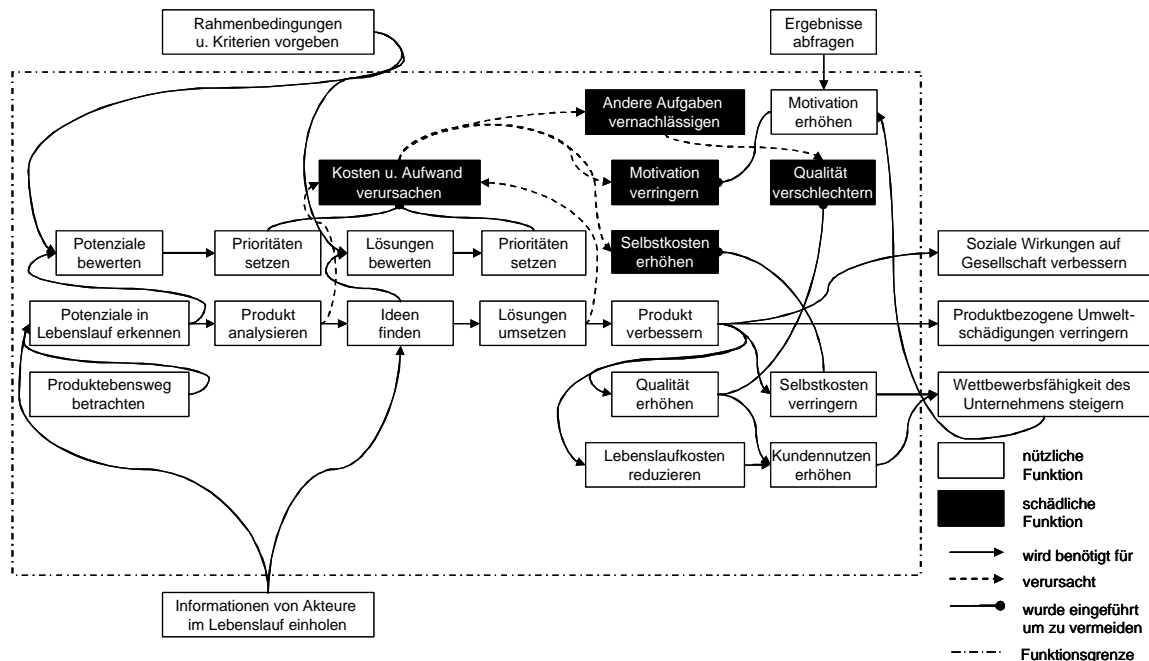


Bild 4.3-13: Detaillierung der Funktion „Produkte verbessern“

Auch in diesem Modell sind die Teilfunktionen der Funktion „Produkte verbessern“ durch eine Grenze zusammengefasst. Das Modell weist ebenfalls einige Schnittstellen zu anderen Funktionen auf. So werden die Teilfunktionen des Ziels der Nachhaltigkeit (Bild 4.3-3) direkt oder indirekt durch die Verbesserung der Produkte beeinflusst. Andererseits sind von Seiten des Managements Vorgaben für die Rahmenbedingungen und Entscheidungskriterien notwendig. Je nach Situation ist für einige der Teilfunktionen auch eine intensivere Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren im Produktlebenslauf notwendig, z. B. den Kunden und den Lieferanten. Wichtig für den Erfolg ist das bewusste Setzen von Prioritäten, um die entstehenden Kosten und den Aufwand gering zu halten. Somit lässt sich die Integrierte Produktentwicklung mit anderen Aufgaben und Zielen vereinbaren und gewährleistet die nötige Flexibilität, um sich an die aktuelle Situation anpassen zu können.

Die Vorgehensweise ist dabei angelehnt an Methoden des Kostenmanagements. Kosten und Umweltgefährdungen haben trotz der vielfach vermuteten Gegensätzlichkeit (vgl. S. 11) einige Gemeinsamkeiten, die im Sinne der IPP genutzt werden können.

Beide Eigenschaften sind Ausprägungen von Relationsmerkmalen der Produkte, die sich erst im Zusammenhang mit anderen Systemen oder mit dem Menschen ergeben und von Bedeutung sind (EHRENSPIEL 1995, S. 23). Kosten sind nach EHRENSPIEL ET AL (2000, S. 5) definiert als der in Geld bewertete Güterverbrauch für die betriebliche Leistungserstellung. Als Güter im Sinne dieser Definition gelten Material, Energie und Betriebseinrichtungen, ebenso wie die menschliche Arbeitskraft, Informationen oder die Nutzung von Kapital und der Rechte anderer. Nach dieser Definition werden die Energie-, Stoff- und Informationsströme der einzelnen Prozesse (Bild 2.3-1) und die Bereitstellung der Ressourcen in Form von Kosten bewertet. Die Summe aller Prozesskosten im gesamten Produktlebenslauf ergeben die Lebenslaufkosten des Produktes. Bei den Umweltbeeinträchtigungen gilt dieses analog, da sich diese aus der Summe aller Wirkungen der Energie- und Stoffströme der einzelnen Prozesse und der Bereitstellung von Ressourcen im Lebenslauf des Produktes auf die Umwelt ergeben (vgl. Kap. 2.3.1.1). Nur ist die Beurteilung der Wirkung auf die Umwelt aufwendiger als die kostenmäßige Bewertung (vgl. Kap. 2.3.1.4). Die Kosten sind neben einer hohen Qualität und einer kurzen Lieferzeit die bestimmende Größe für den Erfolg eines Produktes (EHRENSPIEL 1995, S. 551) und die Umwelteigenschaft spielt nur eine geringere Rolle (vgl. S. 63 u. Bild 2.2-5). Daher darf eine Vorgehensweise zur Verbesserung der Umwelteigenschaften nicht aufwendiger als eine Vorgehensweise zur Verbesserung der Kosten ausfallen, um akzeptiert zu werden. Ähnliche Schlussfolgerungen können analog für die sozialen Wirkungen auf die Gesellschaft gezogen werden.

Aufgrund der beschriebenen Gemeinsamkeiten soll als Ansatz eine Vorgehensweise gefunden werden, welche die verschiedenen Eigenschaften positiv beeinflusst und der dafür notwendige Aufwand sich im Gegensatz zu einer allein kostenorientierten Vorgehensweise nicht viel erhöht.

Kosten und Umweltbeeinträchtigungen sind als Relationseigenschaften keine für den Entwickler direkt erfassbaren Produkteigenschaften, sondern ergeben sich erst aus einer Betrachtung und Analyse der durch das Produkt bedingten Prozesse. Diese werden zudem häufig erst zu einem späten Zeitpunkt in der Entwicklung festgelegt, wie z. B. in der Arbeitsvorbereitung. Daher sind dem Entwickler diese Eigenschaften seines Produktes während der Entwicklung häufig nicht bewusst, da sie sich für ihn nicht direkt aus den technischen Zusammenhängen ergeben und i. d. R. erst nach der vollständigen Produktdefinition mit einigem Aufwand ermittelt werden können. In Analogie zu der Betrachtung von Einstandskosten zu Lebenslaufkosten aus der Sicht des Kunden (EHRENSPIEL ET AL. 2000, S. 106), erkennt und beachtet der Entwickler häufig nur einen geringen Teil dieser Relationseigenschaften, wie bei der Spitze eines Eisbergs (Bild 4.3-14). Dieses ist besonders bei



den Eigenschaften des Produktes der Fall, welche sich erst nach der Produkterstellung zeigen und dem Entwickler somit schwerer zugänglich sind.

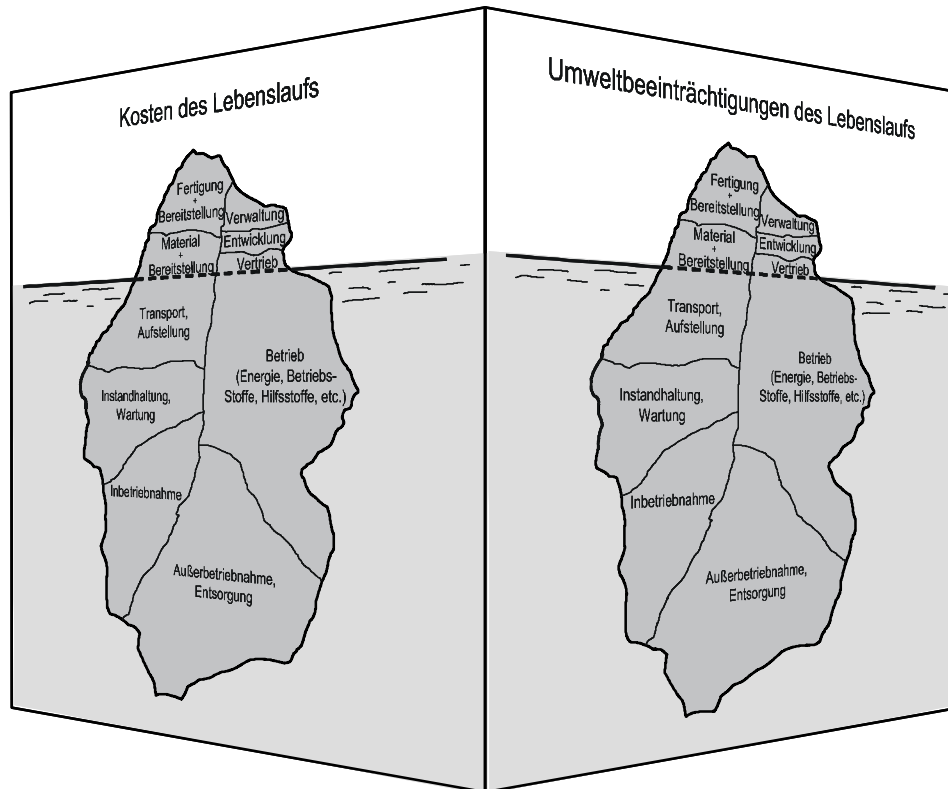


Bild 4.3-14: Kosten und Umweltbeeinträchtigungen als zwei Sichtweisen des Produktlebenslaufs

Viele Methoden des Kostenmanagements setzen genau an diesem Punkt an und funktionieren nach dem Prinzip, das Bewusstsein des Entwicklers für die Zusammenhänge zwischen seinen Entscheidungen und den Kosteneigenschaften des Produktes zu erhöhen und somit kostengünstigere Entscheidungen zu unterstützen. Analog funktioniert dies auch für die Umwelteigenschaften des Produktes.

Der Entwickler definiert bei einer Vorgehensweise nach der VDI 2221 oder nach der hierarchischen Modellierung von technischen Systemen nach EHRENSPIEL (Bild 3.2-2), ausgehend von den Anforderungen zuerst die Funktionsmerkmale und versucht diese mit der Definition der Beschaffungsmerkmale des Produktes optimal zu erfüllen. Diese Beschaffungsmerkmale definieren dann wiederum die Rahmenbedingungen für die Prozesse im Produktlebenslauf, die nur noch in einem geringen Rahmen, z. B. durch die Wahl der Technologie in der Fertigung, optimiert werden können.

Daher versuchen Methoden des Kostenmanagements, wie das Target Costing oder die Wertanalyse, entlang dieser Ursache-Wirkungskette möglichst frühzeitig auf die Wahl der Lösungen positiv Einfluss zu nehmen. Bei der Wertanalyse wird in einem ressortübergrei-

fenden Team agiert, in dem das Wissen aller betroffenen Bereiche vorhanden ist. Damit können alle für das Problem relevanten Gesichtspunkte erfasst werden. Den Funktionen wird durch eine rückwärtige Betrachtung der Ursachen-Wirkungskette die vorhandenen Kosten des Produktes zugeordnet. Aus den Funktionskosten lassen sich die zu bearbeitenden Schwerpunkte, unnötige Funktionen und Kosten erkennen (EHRENSPIEL ET AL 2000, S. 102). Beim Target Costing wird ausgehend von Marktuntersuchungen bestimmt, wieviel das geplante Produkt kosten darf und so werden dann die Zielkosten definiert. Mit Hilfe verschiedener Methoden werden diese Zielkosten auf die einzelnen Funktionen, Baugruppen oder Bauteile des Produktes aufgeteilt. Dabei ist eine frühzeitige Ermittlung der Kosteneigenschaften notwendig, um in einem kurzen Regelkreis Abweichungen zu erkennen und korrigierend eingreifen zu können (EHRENSPIEL ET AL 2000, S. 46). Diese frühzeitige Ermittlung wird durch die Methoden der entwicklungsbegleitenden Kalkulation unterstützt. Viele dieser Methoden basieren auf Kurzkalkulationen oder Kostenschätzungen, in denen in unterschiedlicher Weise auf vorhandenes Erfahrungswissen zurückgegriffen wird und die Genauigkeit vom Bekanntheitsgrad des Produktes abhängt. Dabei bleibt besonders in den frühen Phasen der Entwicklung aufgrund der unscharfen Produktdefinition immer eine größere Unsicherheit, die aber im Laufe der Entwicklung mit der Detaillierung des Produktes abnimmt. Die Eigenschaftsfrüherkennung und die Zunahme der Genauigkeit sind nur mit hohem Aufwand zu beschleunigen.

Diese Methoden lassen sich analog für Ziele von Umwelteigenschaften einsetzen. Nur wird der Marktbedarf nach einem Target Environment i. d. R. nicht so hoch sein, dass die Methode für diesen Zweck angewendet wird. Bei einer kritischen Situation, z. B. bei der Gefahr bestehende Umweltgesetze zu verletzen, kann dies anders aussehen.

Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Kosten und der Umweltgefährdung eines Produktes kann wie in Bild 4.3-15 dargestellt qualitativ skizziert werden.

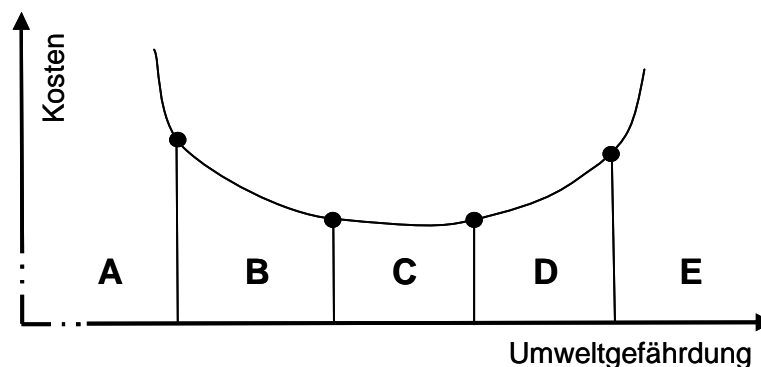


Bild 4.3-15: Qualitativer Zusammenhang zwischen den Umweltgefährdungen und den Kosten eines Produktes

Es lassen sich verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen Abhängigkeiten abgrenzen. Im Bereich A und E können die Kosten des Produktes signifikant verringert werden ohne große Auswirkungen auf die Umwelteigenschaften zu verursachen. Andererseits verursachen im Bereich A geringe Verbesserungen der Umwelteigenschaften große Kostensteigerungen. Im Bereich D verbessern sich beide Eigenschaften gleichzeitig. Dieses ist oft bei der Optimierung des Produktes wie z. B. bei der Reduktion des Funktionsumfangs, der Steigerung der Leistung oder der Verbesserung des Wirkprinzips möglich. Im Bereich C werden die Umwelteigenschaften verbessert ohne sich bemerkenswert auf die Kosten auszuwirken, z. B. bei der Wahl eines anderen Materials oder einem verträglicheren Materialmix. Im Bereich B steigen die Kosten mit der Verbesserung der Umwelteigenschaften an. Dieses ist i. d. R. bei dem end-of-pipe Umweltschutz der Fall, bei dem zusätzliche Prozesse und Investitionen zur Umweltschonung notwendig sind.

Ziel einer Vorgehensweise muss es sein, zuerst die Potenziale in den Bereichen E, D und C zu nutzen, bevor Maßnahmen für den Bereich B angestrebt werden. Bei Produkten sind häufig noch viele Potenziale ungenutzt, wie Studien zum Erfolg der Wertanalyse zeigen. In einer Untersuchung zu 800 durchgeführten Wertanalysen wurde z. B. eine durchschnittliche Reduzierung der variablen Herstellkosten von 23 Prozent ermittelt (EHRENSPIEL 2000, S. 102). Der zusätzliche Aspekt der Umwelt verkompliziert eine Vorgehensweise und erhöht den Aufwand. Allerdings werden durch diese, in vielen Fällen neue Sichtweise Potenziale offenbar, die aus der reinen, schon häufiger eingenommenen Kostensicht übersehen werden.

Wie bei den Methoden des Target Costing oder der Wertanalyse soll die hier zu entwickelnde Vorgehensweise nicht den gesamten Ablauf des Entwicklungsprozess dominieren, sondern soweit wie möglich in diesen integriert werden oder teilweise parallel dazu laufen können. Somit ist gewährleistet, dass die eigentliche Entwicklung mit ihren Zielvereinbarungen nicht durch die Integrierte Produktpolitik leidet, sondern davon profitieren kann.

Aus den gesammelten Erkenntnissen und dem Funktionsmodell kann ein Modell für die Verbesserung der Produkte gebildet werden, das sich an die Struktur des Modells zur Verbesserung der Organisation anlehnt. Damit kann ein potenzieller Anwender sich die Modelle leichter einprägen. Es besteht auch aus einem Baukasten mit sechs Bausteinen, die in drei Stufen angeordnet sind (Bild 4.3-16).

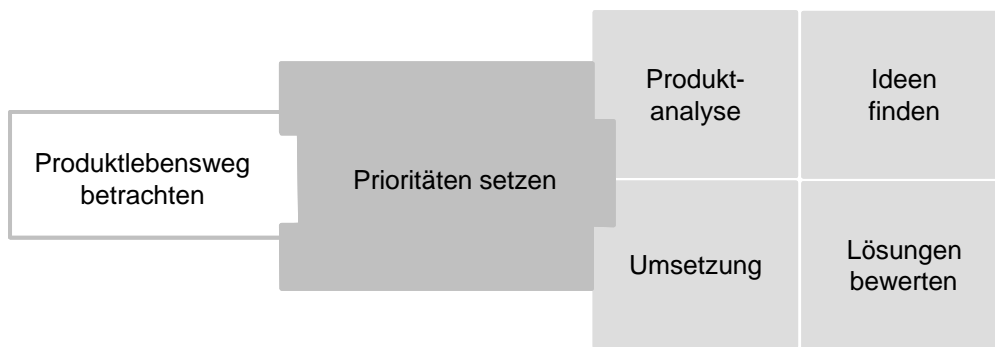


Bild 4.3-16: Vorgehensmodell zur Verbesserung der Produkte

Wie bei dem Modell für das Management können verschiedene Prozesse parallel auf den verschiedenen Stufen stattfinden. So macht es z. B. Sinn, sich zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal die gefundenen Potenziale des Produktlebensweges anzuschauen und nach der aktuellen Situation neue Prioritäten zu setzen. Auch auf der letzten Stufe können gleichzeitig mehrere, verschiedene Prozesse laufen, in denen für unterschiedliche Potenziale Lösungen gesucht werden. Diese Bausteine werden im Weiteren detaillierter dargestellt.

#### 4.3.3.1 Produktlebensweg betrachten

Mit dem Baustein „Produktlebensweg betrachten“ beantwortet der Entwickler mit einem Team die Frage „Womit beginne ich?“. Mit der Betrachtung soll den Beteiligten der Lebensweg des Produktes bewusst und transparent werden, so dass sie bisher verborgene Potenziale bei den Prozessen im Produktlebenslauf erkennen. Die Struktur der Funktionen ist in Bild 4.3-17 modelliert.

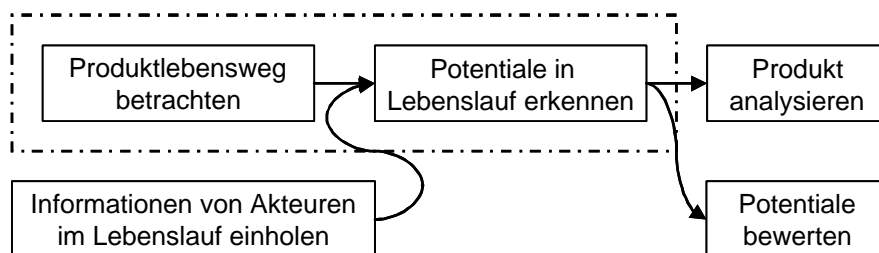


Bild 4.3-17: Funktionsstruktur des Elements „Produktlebensweg betrachten“

Die Betrachtung des Produktlebensweges wird unter optimalen Umständen in einem kleinen Team unter der Leitung des für das Produkt verantwortlichen Entwicklers durchgeführt. Es ist sicher zu stellen, dass die beteiligten Personen über ausreichendes Wissen zu den verschiedenen Prozessen der verschiedenen Lebensphasen verfügen, sowie deren Auswirkungen auf die Umwelt, auf die Gesellschaft und auf die Probleme im Unternehmen einschätzen

und beurteilen können. Das Team kann z. B. aus Fachleuten aus dem Bereich des Marketing, der Entwicklung, der Produktion, des Vertriebs und des Service bestehen.

Aus organisatorischen Gründen, z. B. aus Gründen der Geheimhaltung oder möglichen Beeinträchtigungen von Vertragsverhandlungen, werden die Zulieferer, Kunden und Entsorger als externe Akteure erst zu einem späteren Zeitpunkt, z. B. zur Verbesserung des Wissensstandes, zur Klärung offener Fragen oder bei der Ideenfindung, intensiv eingebunden oder einzeln angesprochen (Bild 4.3-18). Die offene Zusammenarbeit mit externen Partnern kann neue Einblicke vermitteln, z. B. in die Fertigungsmöglichkeiten der Zulieferer und durch aktiven Informationsaustausch können gemeinsam ökonomische und ökologische Potenziale erkannt und später umgesetzt werden.

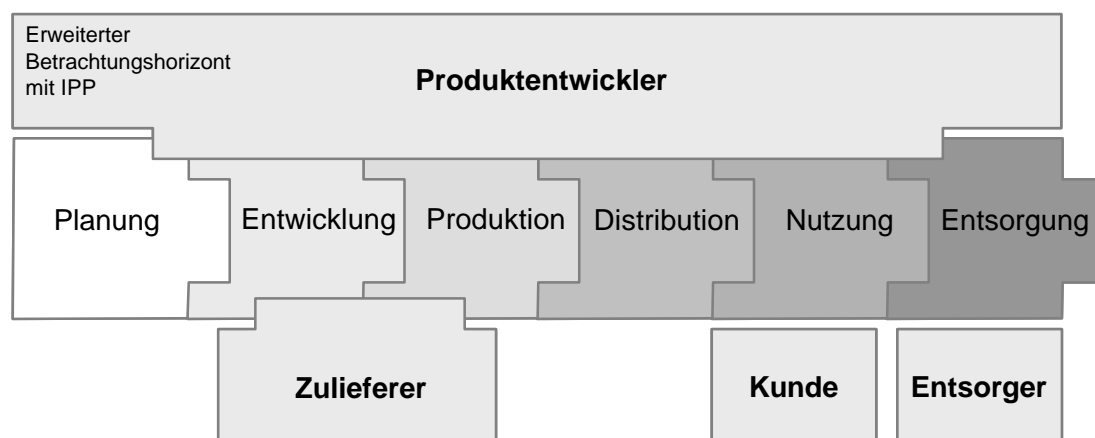


Bild 4.3-18: Betrachtung der Prozesse des Produktlebenslaufs und deren Auswirkungen durch die IPP

Wichtig ist, dass die anwesenden Mitarbeiter genügend Know-how zur Beurteilung der Lebensphasen aus Sicht der Unternehmensexternen mitbringen. Dennoch sollten Externe grundsätzlich so früh wie möglich eingebunden werden.

Die unterschiedlichen Wissensstände der einzelnen Mitarbeiter bieten die Chance eines regen Erfahrungs- und Wissensaustausch im Team, in dem einzelne Mitglieder ihre Defizite durch Fragen an die Fachleute schließen können mit dem Ziel, die Zusammenhänge zu verstehen. Bei einem häufigen Wechsel von gestellten Fragen und Antworten werden durch die verschiedenen Sichtweisen subjektive Annahmen und weiße Flecken im Wissensstand sichtbar. I. d. R. bleiben Fragen offen, die in dieser Runde nicht umgehend beantwortet werden und die zu einem späteren Zeitpunkt mit Hilfe einer Recherche geklärt werden können. Durch die Diskussion werden den Beteiligten die Prozesse und die Auswirkungen im Lebensweg bewusst und bestehende Lösungen können in Frage gestellt oder die Gründe für die aktuellen Zustände geklärt werden. Dieses ist für den Erfolg besonders wichtig, da viele Entscheidungen in KMU impulsiv getroffen wurden (vgl. Tabelle 3) und häufig nur die frühen Phasen des Produktlebenslaufs innerhalb der betriebsinternen Wertschöpfungskette be-

trachtet werden (vgl. S. 42). Eine verbesserte innerbetriebliche Kommunikation steigert auch die Motivation der Mitarbeiter entscheidend.

Die Betrachtung des Produktlebensweges soll strukturiert aus verschiedenen Sichtweisen erfolgen. Dabei muss die aktuelle Unternehmenssituation berücksichtigt werden, was durch Fragen und Checklisten gezielt unterstützt werden kann (Bild 4.3-19).

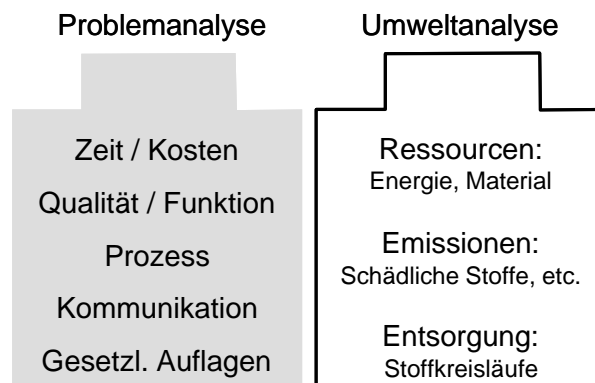


Bild 4.3-19: Berücksichtigung der Unternehmenssituation durch Problem- und Umweltanalyse

Aus der Sicht der Problemanalyse sollen die aktuellen und wichtigen Probleme erfragt und geklärt werden, die während der Produktlebensphasen bezüglich des Produktes und der Prozesse auftreten. Darunter fallen z. B. Probleme in Bezug auf Kosten, Zeit, Kommunikation, Qualität und gesetzliche Auflagen. Ohne deren Berücksichtigung sind die Umsetzung ökologischer Strategien und das Erreichen von Verbesserungen für die Umwelt und die Gesellschaft nur schwer realisierbar.

Dies ist zum Teil darin begründet, dass bei der Konfrontation mit unvorhergesehenen Problemen die geplanten Kapazitäten und das Engagement für die Behebung eben dieser Störungen benötigt werden. Die Problemanalyse ermöglicht eine realistische Abschätzung der Möglichkeiten und damit eine Priorisierung der effektivsten Strategien. Dadurch wird es möglich, Synergien zwischen ökologischen und ökonomischen Zielen zu erkennen und damit die Motivation und die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Umsetzung zu erhöhen.

Aus der Sicht der Umweltanalyse sollen die Auswirkungen der Prozesse im Produktlebenslauf auf die Umwelt betrachtet und anhand der verschiedenen Inputs und Outputs der Material- und Energieströme während der verschiedenen Lebensphasen analysiert werden. Diese kann unterstützt werden mit einzelnen Fragen und Kurzkalkulationen, z. B. zum Materialmix, zur Entsorgungsstrategie, zu den Mengen der Stoffströme etc. Andererseits können die in Kapitel 2.3.1 dargestellten und diskutierten Lösungsansätze zur umweltgerechten Produktgestaltung, Anregungen für das Entdecken von Potenzialen und von Verbesserungen geben.

### 4.3.3.2 Prioritäten setzen

In dem Baustein „Prioritäten setzen“ werden die identifizierten Potenziale im Produktlebenslauf bewertet und Prioritäten gesetzt, um sich auf die wichtigsten Potenziale konzentrieren zu können. Bild 4.3-20 zeigt die Funktionsstruktur dieses Prozesses.

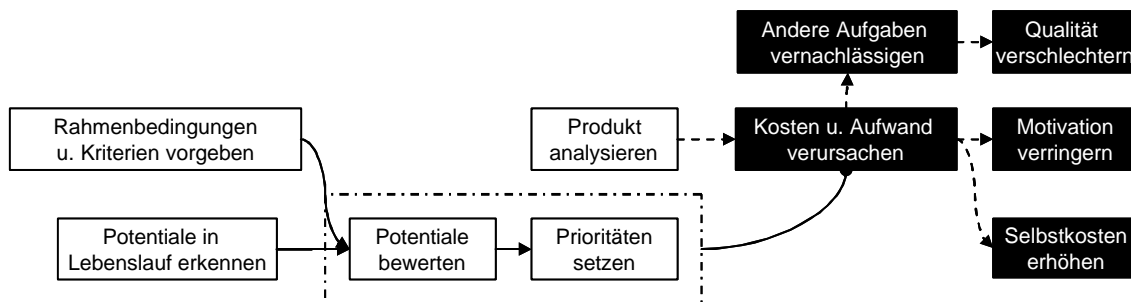


Bild 4.3-20: Funktionsstruktur des Bausteins „Prioritäten setzen“

Ohne die anfängliche Konzentration auf einige wenige Potenziale werden durch die folgenden Handlungen zur Verbesserung der Eigenschaften des Produktlebenslaufs zu hohe Kosten und Aufwände verursacht, welche die Ressourcen von KMU übersteigen können (RB 3.6.3). Die Kosten und Aufwände verursachen analog zu der, bei dem Modell Verbesserung der Organisation betrachteten Ursache-Wirkungskette (vgl. S. 135) eine Vernachlässigung anderer Aufgaben, die zu einer Verschlechterung der Qualität führen kann. Ebenfalls wird die Motivation der Beteiligten verringert, sowie die Selbstkosten erhöht. Alle diese Auswirkungen schwächen die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens.

Die Bewertung der erkannten Potenziale erfolgt unter der Berücksichtigung der vom Management vorgegebenen Kriterien und Rahmenbedingungen. Dazu sind die Chancen für den möglichen Nutzen für Umwelt, Gesellschaft, Unternehmen und für Anwender bzw. Kunden abzuschätzen. Ebenfalls sind die Risiken als mögliche Nachteile in Form von Kosten, Aufwand und Umsetzungsdauer zu bewerten. Bei einer großen Anzahl von gefundenen Potenzialen ist eine Bewertung nach der Methode der ABC-Analyse sinnvoll, bei der Schwerpunkte durch eine Klassifikation in drei Kategorien gebildet werden (LINDEMANN 2004, S. 217).

Es liegt im Entscheidungsspielraum der Entwickler, welche Potenziale als erstes erschlossen werden, solange sie die vom Management vorgegebenen Kriterien und Rahmenbedingungen einhalten. Bei größeren Auswirkungen ist es aber sinnvoll, das Management in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen. Wichtig ist auch, dass die erarbeiteten Ergebnisse klar und nachvollziehbar festgehalten werden. Eine gute Dokumentation ist eine wertvolle Hilfe bei denkbaren Iterationsschritten oder einer erneuten Anwendung in späteren Projekten.

### 4.3.3.3 Produkt analysieren

In dem Baustein „Produkt analysieren“ wird untersucht, welche Ausprägungen von Funktionsmerkmalen und Beschaffungsmerkmalen der Produkte sowie welche Entwicklungsprozesse in Beziehung zu den ausgewählten Verbesserungspotenzialen im Produktlebenslauf stehen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen über die Zusammenhänge können realisierbare Ziele gesetzt werden. Die Funktionsstruktur ist dem Bild 4.3-21 zu entnehmen.

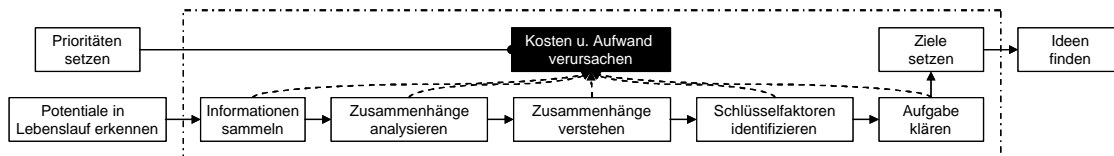


Bild 4.3-21: Funktionsstruktur des Elements „Produkt analysieren“

Zuerst sind relevante Informationen der Prozesse und der Produktmerkmale bezüglich der ausgewählten Potenziale zu sammeln. Dabei sind die nötigen Informationen aus verschiedenen Quellen, wie z. B. Prozessbeteiligte, Hardware, Dokumentationen, Literatur oder Kostenrechnungen zu recherchieren und für eine Analyse vorzubereiten.

In der folgenden Analyse werden die Informationen bezüglich der Zusammenhänge zwischen den Produkteigenschaften und den zu verbessernden Auswirkungen im Produktlebenslauf untersucht und die Ergebnisse mit Hilfe des bestehenden Wissens ergänzt. Offene Fragen, die sich in diesem Prozess ergeben, sind zu klären. Als Ziel sollen die Beteiligten die Wechselbeziehungen verstehen, um so die Schlüsselfaktoren für eine Verbesserung identifizieren zu können. Dabei wird die Frage geklärt, welche Module, Baugruppen und Bauteile mit ihren Funktions- und Beschaffungsmerkmalen den größten Einfluss auf die zu verbessernden Relationseigenschaften aufweisen. Somit werden auch die bestehenden Schwachstellen identifiziert und der Lösungssuchraum eingeschränkt.

Aus dem Produkt und den bedingten Prozessen ergeben sich für die später folgende Lösungssuche viele Anforderungen und Randbedingungen. Diese sind für eine zielgerichtete Vorgehensweise unerlässlich wie auch die Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Einflussfaktoren. Daher kann erst mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse die Aufgabenstellung mit ihren Anforderungen konkretisiert werden. Dies ist eine wesentliche Grundlage, um sich anschließend realisierbare Ziele zu setzen.

### 4.3.3.4 Ideen finden

Mit dem Baustein „Ideen finden“ sollen aus neuen Ideen oder bestehenden Ergebnissen optimale Lösungsalternativen für die Aufgabenstellung entwickelt werden. Das Modell der Funktionsstruktur ist in Bild 4.3-22 dargestellt.



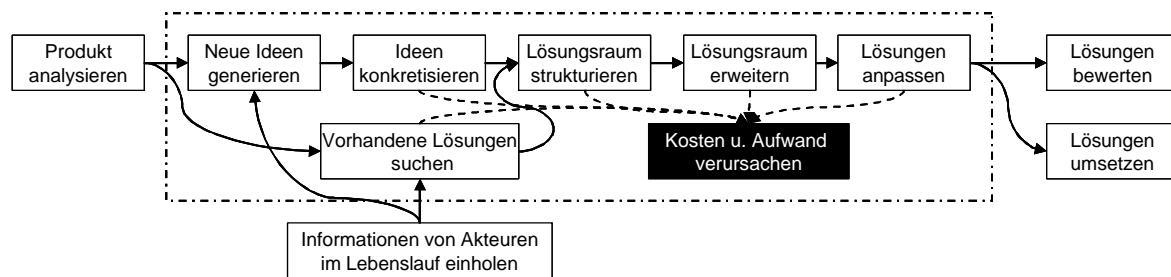


Bild 4.3-22: Funktionsstruktur des Bausteins „Ideen finden“

Ingenieure denken schnell an die Realisierung ihrer fixen Ideen, die häufig aus einer vorhandenen oder der ersten gefundenen Lösung besteht. Den Schritt zu wagen, bestehende Lösungen in Frage zu stellen, fällt ihnen oft schwer. Dennoch ist es für die Beurteilung der Qualität notwendig, mögliche Lösungsalternativen zu suchen. Die Entwickler sollten daher in jedem Fall prüfen, ob andere Lösungen in Frage kommen können. Dabei geht es nicht darum, möglichst viele Lösungen zu entwickeln, sondern gute Alternativen zu erschließen.

Zu diesem Zweck sind zuerst vorhandene Lösungen zu suchen und neue Ideen für Lösungen zu generieren. Die sinnvollen Ideen sollen soweit konkretisiert werden, dass sie mit den vorhandenen Lösungen verglichen werden können. Mit Hilfe dieser Sammlung von ersten Lösungen kann der Lösungsraum strukturiert werden, z. B. mit einem morphologischen Kasten oder mehrdimensionalen Ordnungsschemata. Durch diese Strukturierung lassen sich häufig weitere, wichtige Merkmale der Lösungen entdecken, um die der Lösungsraum erweitert werden kann und die zu neuen Lösungsansätzen anregen können. Oft ist es sinnvoll, Lösungen noch einmal gezielt an die gestellten Anforderungen und Randbedingungen anzupassen und zu optimieren. Ausführliche und weitergehende Beschreibungen zu diesen Funktionen mit der Beschreibung von anwendbaren Methoden und Strategien sind in der Literatur zu finden (EHRENSPIEL 1995, S. 346FF; PAHL & BEITZ 1997, S. 99FF; LINDEMANN 2004, S. 121FF).

Die Einbindung von Wissensträgern aus anderen Unternehmensbereichen ist auch für die Lösungssuche sinnvoll. Es wird davon profitiert, dass mehr Augen auf das Problem schauen und Lösungen suchen. Die unterschiedliche Sicht auf das Problem sowie das unterschiedliche Wissen und die Erfahrungen der Mitarbeiter können bisherige Lösungen auf den Prüfstand stellen und zu ganz neuen Lösungsansätzen führen.

#### 4.3.3.5 Lösungen bewerten

In dem Baustein „Lösungen bewerten“ geht es darum, die gefundenen Lösungen zu beurteilen und tragfähige Entscheidungen zu treffen. Bild 4.3-23 stellt die einzelnen Funktionen dar.

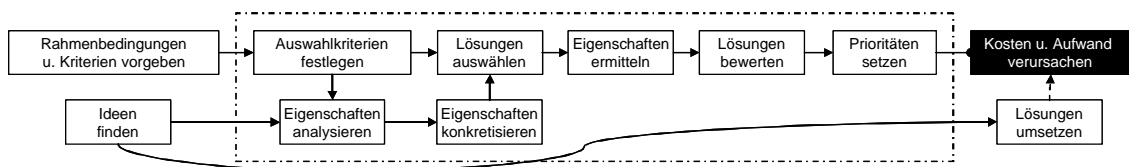


Bild 4.3-23: Funktionsstruktur des Bausteins „Lösungen bewerten“

Die Auswahl zwischen den gefundenen Lösungen ist in vielen Fällen nicht einfach oder klar erkennbar. Sind für verschiedene Lösungsalternativen jeweils Vor- und Nachteile auszumachen, so ist eine ausführlichere Bewertung erforderlich. Nicht selten sind Akteure von einer Lösung besonders begeistert und lassen sich nur schwer von anderen Ansichten überzeugen. Gerade hier empfiehlt sich eine klare, strukturierte Vorgehensweise, die die Objektivität bei der Auswahl und Bewertung fördert.

Dafür sind zuerst die Lösungen bezüglich ihrer Eigenschaften zu analysieren und zu konkretisieren. Erst wenn die erforderlichen und vor allem vergleichbaren Informationen vorliegen, ist eine einfache Vorauswahl möglich. Die Lösungen werden dahingehend ausgewählt, ob sie die erforderlichen Randbedingungen und Anforderungen des Produktes sowie der Produkterstellung erfüllen (z. B. aus Anforderungen des Lastenheftes). Bei Nichterfüllung scheidet sie aus. Bei den verbleibenden Lösungen werden die relevanten Eigenschaften für eine Bewertung detailliert ermittelt. Anschließend können die Lösungen z. B. nach ihrem Nutzen, dem erforderlichen Aufwand für die Umsetzung und der benötigten Dauer bewertet werden. Damit können die geeigneten Lösungen untereinander priorisiert und effektive Ansätze als erstes weiter verfolgt werden.

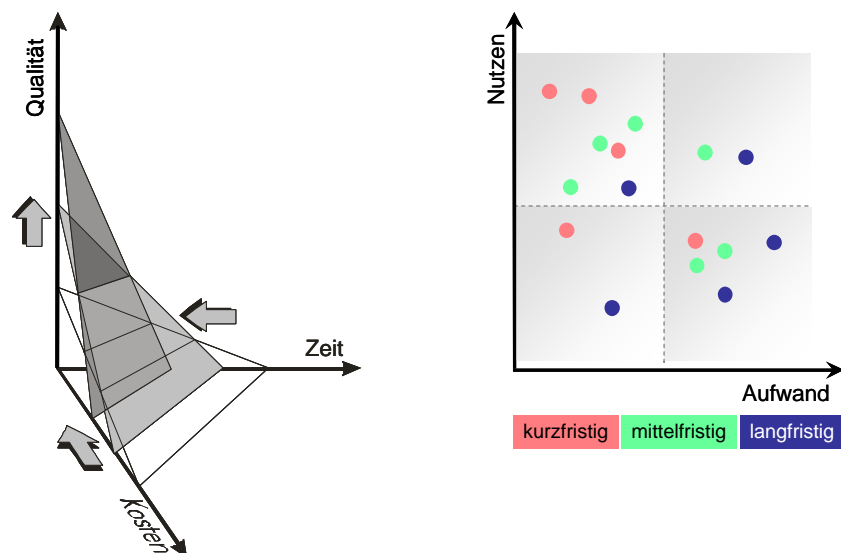


Bild 4.3-24: Prinzipieller Zusammenhang zwischen Kosten, Zeit und Qualität und Bewertung der vorausgewählten Lösungen nach den Kriterien Aufwand, Nutzen und Dauer der Umsetzung

Bild 4.3-24 zeigt den prinzipiellen Zusammenhang zwischen Kosten, Zeit und Qualität. Typischerweise werden Lösungen angestrebt, die Kosten- und Zeiteinsparungen (z. B. in der Produktion) bringen und gleichzeitig die Qualität des Produktes erhöhen. Lösungen können z. B. in anderer Form (Nutzen und Aufwand) in einem Diagramm dargestellt werden. Dies vermittelt den Akteuren die Einschätzung der gefundenen Lösungsweg und lässt auch zu einem späteren Zeitpunkt die Nachvollziehbarkeit des Entscheidungsweges zu. In diesem Beispiel werden die Lösungsideen zusätzlich hinsichtlich der Umsetzungszeit (kurz-, mittel- und langfristig) bewertet.

Die Entscheidung, welche und wieviele Lösungen umgesetzt werden, ist durch das Management oder dem Entwickler nach den Möglichkeiten und Risiken zu entscheiden, wie z. B. nach den vorhandenen personellen Ressourcen.

Ausführliche und weitergehende Darstellungen der diskutierten Funktionen und Schritte sind in der Literatur zu finden (LINDEMANN 2004, S. 143FF U. 161FF; EHRENSPIEL 1995, S. 434FF U. 449FF).

#### 4.3.3.6 Lösungen umsetzen

Bei diesem Baustein geht es um die Umsetzungen der priorisierten Lösungen. Das Modell der dazu gehörenden Funktionen ist in Bild 4.3-25 abgebildet.

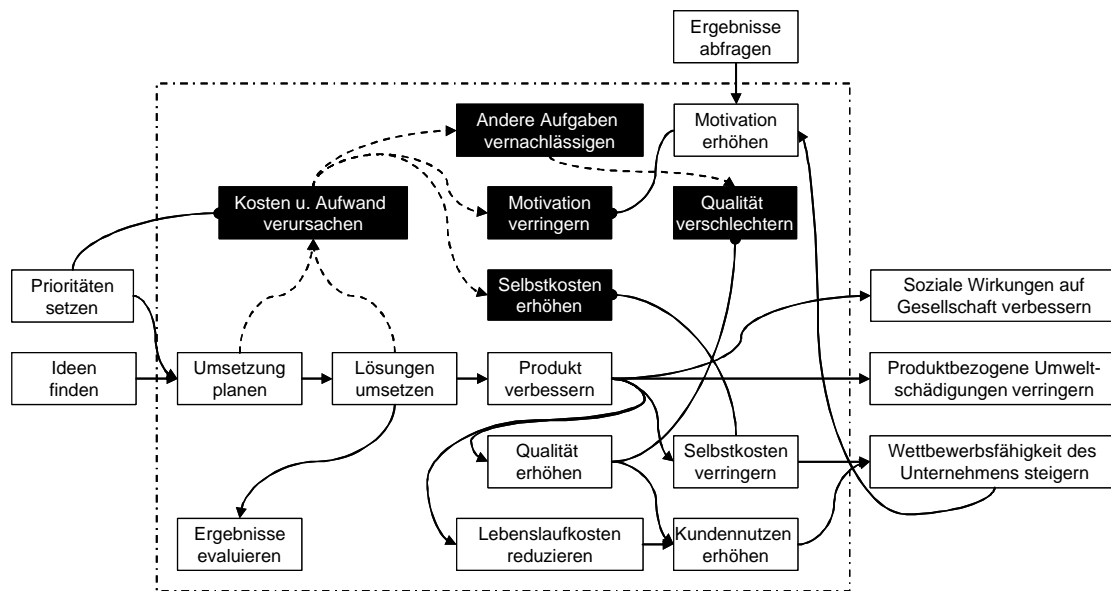


Bild 4.3-25: Funktionsstruktur des Bausteins „Lösungen umsetzen“

Die Umsetzung erfolgt sehr individuell entsprechend den organisatorischen und inhaltlichen Randbedingungen der priorisierten Lösungen. In jedem Fall ist die Umsetzung zuerst zu planen, bevor mit der Umsetzung begonnen werden kann. Die Umsetzungsmaßnahmen

können z. B. aus einer einfachen Änderung einer Zeichnung, Stückliste oder Handlungsanweisung bestehen oder aber mit der Planung von Versuchen für eine Machbarkeitsanalyse beginnen, deren Ergebnisse dann den Verlauf des weiteren Prozesses maßgeblich bestimmen. Je nach Umfang ist auf ein stetiges Controlling der Umsetzung und Zielerreichung zu achten. Dafür sind die Ergebnisse zu evaluieren, auch mit dem Ziel aus der Umsetzung Erfahrungen und neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Die Umsetzungsmaßnahmen verursachen für die Mitarbeiter den größten Aufwand und die meisten Kosten, was zu einer Verringerung der Motivation führen und zu Lasten anderer Aufgaben gehen kann. Die Vernachlässigung anderer Aufgaben kann wiederum eine Verschlechterung der Qualität verursachen. Die Motivation der Mitarbeiter lässt sich aber durch das Interesse des Managements und deren Verlangen, die erzielten Ergebnisse präsentiert zu bekommen, verbessern.

Um diese Nachteile zu kompensieren, müssen die Maßnahmen zu einer Verbesserung des Produktes führen. Diese sollen zur Steigerung der Qualität und des Kundennutzens sowie zur Senkung der Umweltbeeinträchtigungen, der Selbstkosten und der Lebenslaufkosten führen. Damit werden schließlich die Ziele der nachhaltigen Entwicklung unterstützt.

#### 4.4 Zusammenfassung

Nach einer kurzen Klärung der Vorgehensweise in Bezug auf das entwickelte Phasenmodell und auf das Ebenenmodell sind in Kapitel 4.1 die wesentlichen Anforderungen und Randbedingungen an ein Vorgehensmodell zur Einführung der IPP in KMU aus dem Kapitel 2 im Rahmen der Aufgabenklärung zusammengefasst.

Auf Basis einer Funktionsbetrachtung und einer Zuordnung zu den verschiedenen Funktionsträgern und zu den verschiedenen Ebenen des Unternehmensalltags wird ein einfaches Gesamtmodell für die Einführung der Integrierten Produktpolitik in KMU aufgestellt, das die gestellten Anforderungen und Randbedingungen erfüllt.

Aufbauend wird der Prozess der Verbesserung der Organisation des Gesamtmodells in einem einfachen Vorgehensmodell für das Management weiter detailliert. Die einzelnen Funktionen werden wie ein Baukasten in sechs einzelne Bausteine zusammengefasst und ergeben ein übersichtliches und leicht zu erfassendes Modell. Die Untergliederung in jeweils sechs Bausteine in einer Anordnung von drei Stufen vereinfacht die flexible Anpassung an die aktuelle Situation und ermöglicht die Strukturierung verschiedener, parallel verlaufender Prozesse auf den verschiedenen Stufen.

Der Prozess zur Verbesserung der Produkte des Gesamtmodells wird ebenfalls in einem einfachen Vorgehensmodell für die Entwicklung weiter detailliert. In Anlehnung an Methoden des Kostenmanagements und mit Parallelen zwischen den Kosten- und Umwelteigen-

schaften eines Produktes wird ein einfaches Modell aus sechs Bausteinen aufgestellt, das bewusst ähnlich wie das Modell für das Management gestaltet wird. Die einzelnen Bausteine werden für eine leichte Anwendbarkeit weiter detailliert und erläutert.



---

## 5 Ausarbeitung und Unterstützung des Vorgehensmodells

*Das im vorhergehenden Kapitel konzipierte und entworfene Vorgehensmodell gilt es im Folgenden weiter auszuarbeiten, um die Anwendung für die Nutzer zu vereinfachen. Andererseits werden in diesem Kapitel Hilfsmittel vorgestellt, welche die Einführung und Durchführung eines IPP-Projektes nach dem Vorgehensmodell unterstützen. Diese Unterstützung wird für die folgende Phase des Testens & Verifizierens benötigt und dient auch einer späteren Phase der Vermittlung & Implementierung (siehe BILD 3.2-3).*

*Die folgenden Ergebnisse sollen als Basis und Einstieg für die Anwender dienen und zu einer stetigen Weiterentwicklung anregen. Zum Teil ist es unumgänglich, die Hilfsmittel projekt- und produktspezifisch anzupassen. Für die zielgerichtete Anwendung von Methoden und Hilfsmitteln ist es eine Voraussetzung, dass ihre Nutzung auch vorgelebt und vom Management unterstützt sowie die Weiterentwicklung gefördert wird. Dazu bedarf es auch den Willen und die Bereitschaft von jedem Projektbeteiligten, zur Optimierung der Methoden und Hilfsmittel beizutragen (MÖRTL 2001, S. 115). Für weiterführende Informationen zum Prozess der Implementierung sei auf das Kapitel 2.3.3 verwiesen.*

### 5.1 Ausarbeitung der Vorgehensweise durch den flexiblen Einsatz von Methoden

Das konzipierte und entworfene Vorgehensmodell zur Verbesserung der Organisation und zur Verbesserung der Produkte soll ausgearbeitet werden, um dem Nutzer die Anwendung zu vereinfachen. Die abstrakte und allgemeine Darstellung von Vorgehensmodellen und die dadurch nötige Konkretisierung und Detaillierung für den einzelnen Anwendungsfall bereiten dem nicht erfahrenen Anwender häufig große Probleme (ZANKER 1999, S. 49). Andererseits führt eine detaillierte und sehr konkrete Darstellung eines Vorgehensmodells häufig zu Problemen beim Übertragen und Anwenden in Situationen mit stark unterschiedlichen Rahmenbedingungen (siehe S. 107). Das Spannungsfeld dieser gegensätzlichen Einflüsse gilt es zu berücksichtigen. Zur Ausarbeitung im Sinne des Konzepts der Prozessbausteine (BICHLMAIER 2000; vgl. S. 118 und S. 132) sollen den einzelnen Bausteinen eine Reihe von Methoden und zielführenden Fragen zugeordnet werden, welche die in Kapitel 4.3 dargestellten Funktionen unterstützen. Diese Methoden können je nach Situation angewandt werden. Dadurch wird die geforderte, flexible Anwendbarkeit der Modelle unterstützt (vgl. S. 132). Die Darstellung der einzelnen Methoden für den Anwender umfasst dabei i. d. R. die Ebe-

nen der Wirkstruktur und der Ausgestaltung (siehe Bild 3.2-4 u. Bild 5.2-1). Auf eine darüber hinaus gehende Detaillierung soll angesichts des hohen Aufwandes im Verhältnis zum geringen Zusatznutzen an dieser Stelle verzichtet werden.

Für das Modell zur Verbesserung der Organisation sind die in Bild 5.1-1 dargestellten Fragen und Methoden anwendbar. Darüber hinaus lassen sich nach der jeweiligen Situation und der zu erfüllenden Funktion eine Reihe von Methoden in der Literatur finden (EHRENSPIEL 1995; KOLLER 1994; LINDEMANN 2004, PAHL & BEITZ 1997; ROTH 1994; SPECHT & BECKMANN 1996). Bezüglich der anwendbaren Checklisten für den Baustein „Organisation betrachten“ sei besonders auf die Checklisten der IPP-Projekte „Coup21“ (IHK 2001B; vgl. S. 82) und „IPP in Managementsystemen“ (STMLU 2004; vgl. S. 84) verwiesen, auf die von der IPP Internetseite des STMUGV ([www.ipp-bayern.de](http://www.ipp-bayern.de)) zugegriffen werden kann. Für die Recherche des Bausteins „IPP evaluieren“ sind dort weitergehende Leitfäden und Praxisbeispiele verfügbar.

Ebenso sind für das Modell zur Verbesserung der Organisation die in Bild 5.1-2 dargestellten Fragen und Methoden anwendbar.

Je nach Situation kann auf eine Vielzahl von Methoden zurückgegriffen werden, die sich nach ihren Wirkprinzipien unterscheiden lassen. Die einzelnen Methoden können aber auch situationsspezifisch adaptiert und kombiniert werden.

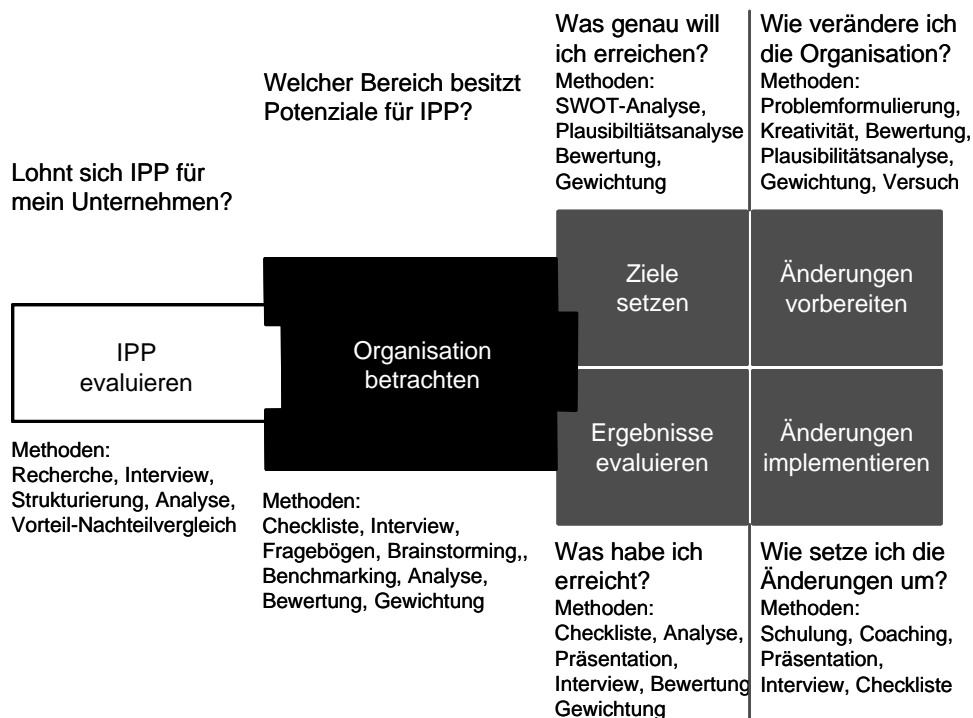


Bild 5.1-1: Zielführende Fragestellungen und unterstützende Methoden für das Modell zur Verbesserung der Organisation



Für eine Adaption und Auswahl von Methoden sei auf das Bild 3.1-3 und weiterführende Literatur verwiesen (ZANKER 1999; BRAUN & LINDEMANN 2003; LINDEMANN 2004).

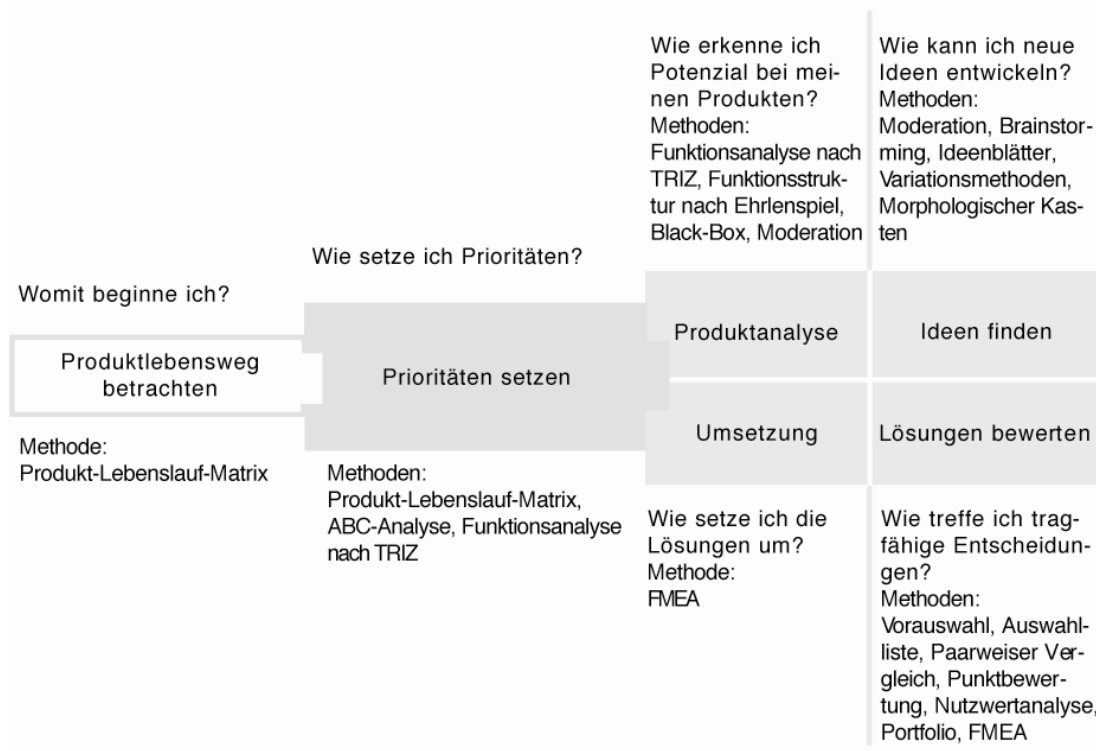


Bild 5.1-2: Zielführende Fragestellungen und unterstützende Methoden für das Modell zur Verbesserung der Organisation

## 5.2 Hilfsmittel zur Unterstützung

Die Akzeptanz und die Aussicht auf eine erfolgreiche Umsetzung der Vorgehensweise in der Praxis hängen sehr vom notwendigen Aufwand für die Anwender ab (vgl. S. 41). Daher gilt es die Anwender bei dem Einsatz des entwickelten Vorgehensmodells zu unterstützen um so die Effizienz zu verbessern (vgl. AF 2.3.4). Dazu werden im Folgenden einige Hilfsmittel vorgestellt, welche die Einführung und Durchführung eines IPP Projektes nach den Vorgehensmodellen unterstützen. Diese Unterstützung wird einerseits für die folgende Phase des „Testens & Verifizierens“ benötigt und dient andererseits auch einer späteren Phase der „Vermittlung & Implementierung“. In Bezug zum entwickelten Phasenmodell (siehe Bild 3.2-4) stellen diese Hilfsmittel die konkreteste und detaillierteste Form eines Teils des Vorgehensmodells auf den Ebenen der Wirkstruktur und der Ausgestaltung dar.

5.2.1 Methodenblätter

Im Alltag der Manager und der Entwickler ist ein schneller Zugriff auf mögliche Methoden notwendig. Je höher der Aufwand zur Informationsbeschaffung ist, desto geringer wird die Wahrscheinlichkeit der Anwendung der Methoden (ENGELMANN 1999, S. 46; vgl. S. 41).

Daher wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Einführung und Adaption von Methoden zur umweltgerechten, nachhaltigen Produktgestaltung anhand konkreter Praxisbeispiele mit begleitendem Erfahrungstransfer in KMU“ für die in Bild 5.1-2 dargestellten Methoden einzelne Methodenblätter als Hilfsmittel zum Erlernen und Anwenden entwickelt (Bild 5.2-1).

Methodenblatt	TRIZ – FUNKTIONS-MODELLIERUNG	Beispiel																		
<p><b>Beispiel: Entwicklung eines innovativen Schlittschuhs</b></p> <p>Im Folgenden soll nun am Beispiel eines Schlittschuhs ein widerspruchorientiertes Funktionsmodell aufgebaut werden. Eis besitzt im Winter normalerweise Temperaturen zwischen Grad Celsius minus. Tritt ein Schlittschuhläufer auf und aufgrund seines Körpergewichts und der Reibung zwischen Kufe und Eis die bei jeder Bewegung etwas Eis zum Auf diesem mikroskopischen Wasserfilm lösen des Läufers, ähnlich dem Effekt des Schmelzens von Eis.</p> <p>Beim Eiskurslauf hingegen versucht man durch eine geringe Aufstandsfläche mit kurzer Aufstandsänge (und Hahnschritt) eine hohe Manövrierfähigkeit für enge Kurvenradien zu erzielen. Beim Eishockey ist sowohl das Erreichen einer hohen Geschwindigkeit in sehr kurzer Zeit (3-4 Schritte) aber auch eine hervorragende Beweglichkeit für Kurvenmanöver gefordert. Darüber hinaus ist ein gutes Standvermögen auch im Schräglagebereich (z. B. bei Zweikämpfen) sowie eine hohe Robustheit des Schuhs von hoher Bedeutung.</p> <p>Als System sei hier der Schlittschuh zusammen mit dem Schlittschuhläufer betrachtet.</p>																				
<p><b>Kurzdarstellung</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Ermitteln der wesentlichen nützlichen Funktionen des betrachteten Systems.</li> <li>Ermitteln der wesentlichen schädlichen Funktionen des betrachteten Systems.</li> <li>Vier Fragen an die nützliche Funktion stellen und Funktionsmodell ergänzen.</li> <li>Vier Fragen an die schädliche Funktion stellen und Funktionsmodell ergänzen.</li> <li>Hinzugekommene Funktionen analog zu 3. und 4. befragen und Funktionsmodell wieder ergänzen.</li> <li>Aufbau des Funktionsmodells rechtzeitig abbrechen.</li> </ol> <p><b>Ziel und Kurzbeschreibung der Methode</b> Die in TRIZ angewandte Form der Funktionsmodellierung dient dazu, eine technische Problemstellung darzustellen, um im nächsten Schritt Zielkonflikte beheben zu können. Diese können dann mit drei weiteren Teilmethoden von TRIZ bearbeitet werden (hier nicht beschrieben). Aus dem Aufbau des Funktionsmodells wird den Ursachen für Problemstellungen auf den Grund gegangen, und es werden bereits etablierte Lösungsansätze ersichtlich. Die Funktionsmodellierung dient als Basis für eine zielgerichtete Entwicklung.</p>																				
<p><b>Elemente und Symbole</b> Eine technische Funktion wird im widerspruchorientierten Funktionsmodell durch ein Substantiv und ein Verb beschrieben. Dabei werden zwei Arten von technischen Funktionen unterschieden (für das System nützliche und schädliche Funktionen).</p> <p>Nützliche Funktion      Schädliche Funktion</p> <p>Das Funktionsmodell wird durch die sinnvolle Verknüpfung der technischen Funktionen gebildet.</p> <p>Wird benötigt für: NF → NF verursacht: NF → SF Wurde eingeführt um zu vermeiden: NF → SF verursacht: SF → SF</p> <p><b>Vorgehen bei der Erstellung eines Funktionsmodells</b></p> <p><b>Schritt 1:</b> Ermitteln Sie die wesentlichen nützlichen Funktionen des betrachteten Systems und zeichnen Sie diese auf.</p> <p><b>Schritt 2:</b> Ermitteln Sie die wesentlichen schädlichen Funktionen des betrachteten Systems und zeichnen Sie diese auf.</p> <p><b>Schritt 3:</b> Stellen Sie vier Fragen an die nützliche Funktion und ergänzen Sie das Funktionsmodell um die neuen Funktionen.</p> <p>Frage 1: Wird diese nützliche Funktion (NF1) für die Erfüllung einer weiteren nützlichen Funktion (NF2) benötigt? NF1 → NF2</p> <p>Frage 2: Verursacht diese nützliche Funktion (NF) irgendwelche schädlichen Funktionen (SF)? NF → SF</p> <p><b>Schritt 4:</b> Stellen Sie vier Fragen an die schädliche Funktion und ergänzen Sie das Funktionsmodell um die neuen Funktionen:</p> <p>Frage 1: Wird diese schädliche Funktion (SF1) durch eine andere schädliche Funktion (SF2) verursacht? SF1 → SF2</p> <p>Frage 2: Verursacht diese schädliche Funktion (SF1) weitere schädliche Funktionen (SF2)? SF1 → SF2</p> <p>Frage 3: Wird diese schädliche Funktion (SF) durch eine nützliche Funktion (NF) verursacht? NF → SF</p> <p>Frage 4: Wurde eine nützliche Funktion (NF) eingeführt, um diese schädliche Funktion (SF) zu unterdrücken? NF → SF</p> <p><b>Schritt 5:</b> Befragen Sie die neu hinzugekommenen Funktionen analog zu Punkt 3. und 4. und ergänzen Sie das Funktionsmodell um die zusätzlichen Funktionen und ihre Verknüpfungen.</p> <p><b>Schritt 6:</b> Brechen Sie den Aufbau des Funktionsmodells rechtzeitig ab, wenn alle wichtigen nützlichen und schädlichen Funktionen des betrachteten Systems abgebildet sind.</p>																				
<p><b>Funktionsmodell für das Gesamtsystem „Schlittschuh“</b></p>																				
<p><b>Merkmale der Methode</b></p> <table border="1"> <tr><td>Benötigte Personenzahl</td><td></td></tr> <tr><td>Schnelligkeit der Durchführung</td><td></td></tr> <tr><td>Einfachheit der Methode</td><td></td></tr> <tr><td>mit wenig Hilfsmittel durchführbar</td><td></td></tr> <tr><td>Freiraum für Kreativität</td><td></td></tr> <tr><td>Erhöhung der Produktkenntnis</td><td></td></tr> <tr><td>Detaillierungsgrad der Arbeitsschritte</td><td></td></tr> <tr><td>Toleranz bei Anwendungsfehlern</td><td></td></tr> <tr><td>eigenes, wichtiges Merkmal</td><td></td></tr> </table> <p><b>Kurzcharakteristik der Methode</b> Die Teilmethode „Funktionsmodellierung“ aus der Gesamthematik TRIZ scheint auf den ersten Blick sehr kompliziert, ist aber nach der ersten Anwendung eine sehr leichte und pragmatische Methode. Sie bietet sich an, wenn man Schwachstellen eines Produkts und deren Zusammenhänge auf den Grund gehen will.</p> <p><b>Alternative Methoden</b> ► Funktionsmodellierung (nach Ehrlenspiel) ► Black Box</p> <p><b>Einordnung in den IPP-Baukasten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Produktlebensweg betrachten</li> <li>Prioritäten setzen</li> <li>Produktanalyse</li> <li>Ideen finden</li> <li>Lösungen bewerten</li> <li>Umsetzung</li> </ul>			Benötigte Personenzahl		Schnelligkeit der Durchführung		Einfachheit der Methode		mit wenig Hilfsmittel durchführbar		Freiraum für Kreativität		Erhöhung der Produktkenntnis		Detaillierungsgrad der Arbeitsschritte		Toleranz bei Anwendungsfehlern		eigenes, wichtiges Merkmal	
Benötigte Personenzahl																				
Schnelligkeit der Durchführung																				
Einfachheit der Methode																				
mit wenig Hilfsmittel durchführbar																				
Freiraum für Kreativität																				
Erhöhung der Produktkenntnis																				
Detaillierungsgrad der Arbeitsschritte																				
Toleranz bei Anwendungsfehlern																				
eigenes, wichtiges Merkmal																				

Bild 5.2-1: Blätter mit Methodenbeschreibungen als Hilfsmittel für die einzelnen Vorgehensschritte (Bsp. TRIZ Funktionsmodellierung)

Die Methodenblätter weisen eine einheitliche Struktur auf, die eine schnelle Auswahl und das leichte Begreifen der Methode fördern. Die einzelnen Elemente des doppelseitigen Methodenblatts bestehen aus einer Ziel- und Kurzbeschreibung, die dem Anwender einen schnellen Überblick über den Zweck und das Wirkprinzip der Methode gibt. Eine Beschreibung der Eigenschaften anhand einer kurzen Merkmalsliste ermöglicht eine schnelle Beurteilung, ob die Methode mit den Randbedingungen der jeweiligen Situation vereinbar ist oder ob alternative Methoden günstiger sind. Eine Kurzcharakteristik der Methode unterstützt das bessere Verständnis der Methodeneigenschaften. Eine Kurzanleitung gibt einen schnellen Überblick über die grundsätzliche Vorgehensweise, die durch eine ausführliche Beschreibung zum Erlernen und Anwenden ergänzt wird. Ein Anwendungsbeispiel hilft zum Verständnis für die praktische Umsetzung. Für die Anwendung bei der Einführung der IPP wurde eine Zuordnung zu den Bausteinen vorgenommen und alternativ anwendbare Methoden angegeben.

Die einzelnen Methodenblätter sind unter der Internet-Seite [www.ipp-bayern.de/loesungen](http://www.ipp-bayern.de/loesungen) einzusehen und können für die Verwendung herunter geladen und ausgedruckt werden.

### 5.2.2 Produkt-Lebenslauf-Matrix

Zur Unterstützung beim Baustein „Produktlebensweg betrachten“ mit der Problem- und Umweltanalyse und beim Baustein „Prioritäten setzen“ des Vorgehensmodells zur Verbesserung der Produkte wurde ein einfaches Tool auf Basis eines Tabellenkalkulationsprogramms entwickelt.

Es dient den Nutzern als Anregung durch eine Liste von Fragen und Strategien, fördert ein systematisches Vorgehen und hilft bei der begleitenden Dokumentation. Im Folgenden ist ein Ausschnitt der Eingabemaske zu sehen (Bild 5.2-2).

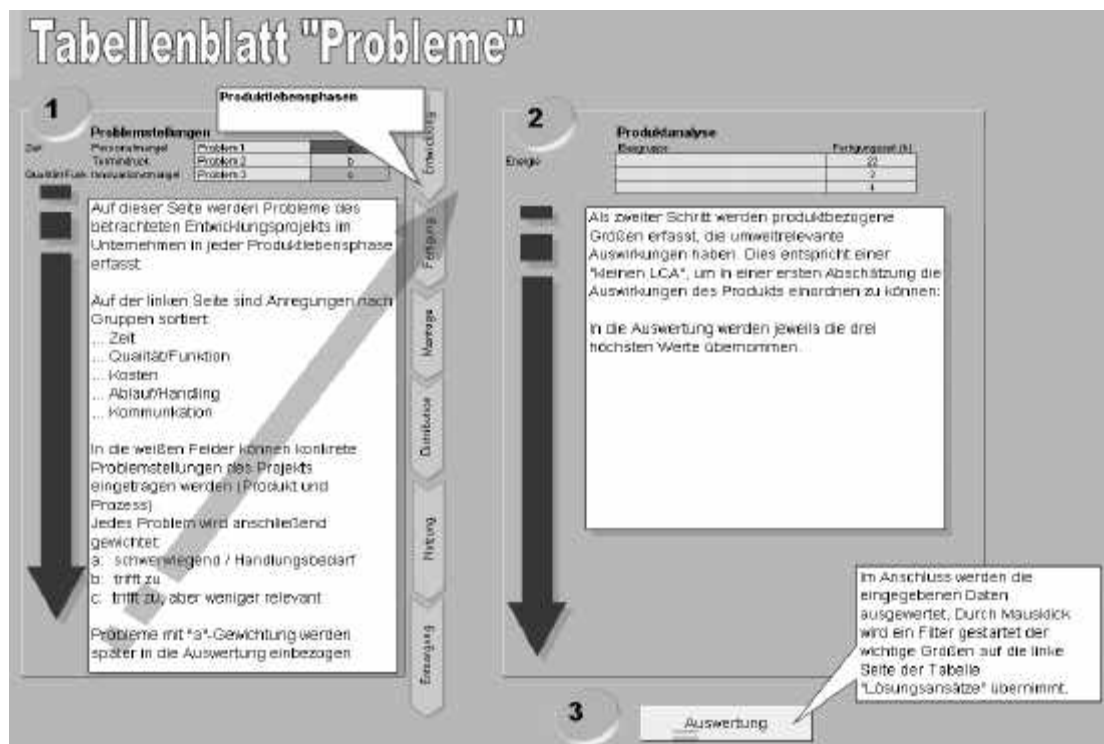


Bild 5.2-2: Unterstützung der Problem- und Umweltanalyse durch die Produkt-Lebenslauf-Matrix

Zur Unterstützung der Problemanalyse werden in Bezug zu den einzelnen Lebensphasen des Produktes Fragen zu aktuellen und wichtigen Problemen gestellt, die während der Produktlebensphasen bezüglich des Produktes und der Prozesse auftreten. Sie sollen die Diskussion und den Wissensaustausch im Team anregen. Falls ein Entwickler diese Schritte alleine durchführt, bieten ihm diese Fragen Denkanstöße, um sich der vorhandenen Probleme bewusst zu werden. Die Fragen beziehen sich auf Zeit-, Qualitäts-, Funktions-, Prozess-, Kosten-, Kommunikationsprobleme und auf gesetzliche Auflagen. Eine Ergänzung um weitere Arten von Problemen und deren Dokumentation ist leicht durchführbar. Die Probleme werden anschließend nach der Bedeutung anhand der Kategorien A, B und C gewichtet. Diese Gewichtung wird visuell durch eine automatische Einfärbung der betroffenen Zellen unterstützt. Die wichtigsten Probleme werden in der späteren Auswertung mit einbezogen.

Zur Unterstützung der Umweltanalyse werden wichtige produktbezogene Größen erfasst, die umweltrelevante Auswirkungen aufzeigen können. Dieses entspricht einer kleinen LCA, um in einer ersten Abschätzung die Auswirkungen des Produktes einordnen zu können. Ebenso unterstützt es den Prozess der Bewusstseinsbildung im Team über die Umweltgefährdungen während des Produktlebenszyklus, so dass das bei den einzelnen Mitgliedern verteilte Wissen mit den anderen Teilnehmern ausgetauscht wird. Die wichtigsten Daten werden ebenfalls automatisch in die Auswertung mit einbezogen.

Lösungsansätze		Nutzen für			Aufwand	Zeit	Zur vollständigen Ansicht der Spaltenkommentare die Bildlaufleiste ganz nach oben scrollen
		Klasse	Umwelt	Firma bzw. Kunden	Umfang	Dauer	
Entwicklung	Einsatz von Simulation / Berechnung						Energie
	Emission Targets						
	Qualitätsmanagement						
	Dokumentation						
	Änderungsmanagement						
	Variantenmanagement						
	Einsatz von Simulation / Berechnung						Material
	Einsatz von statistischer Versuchsplanung						
							Emissionen
Fertigung	Energieverbrauchsenkung						Energie
	Design for X (fertigungsgerecht)						
	Standardisierung / Variantenreduzierung						
	Reduzierung der Fertigungszeit						
	Logistikfreundliche Baustruktur						
	Modulbauweise						
	Prozessführung optimieren						
	Qualitätsprüfung						
	Sinnvoller Materialeinsatz						Material
	Materialverbrauchsenkung / -ausnutzung						
	Materialsparende Fertigungsverfahren						
	Alternative Materialien						
	Einstoffprodukt (bzw. Materialmix vermeiden)						
	Betriebsmittelsenkung / -wahl						Emissionen
	qualitätsgesicherte Gebrauchteile einsetzen						
Schadstoffarme Fertigungsverfahren							
Reduktion von Fertigungsabfallmengen							
Sortenreine Fertigungsabfälle							
Emissionsarme Fertigungsverfahren							
						Energie	
Energiesparende Montageverfahren							
Design for X (montagegerecht)							

Bild 5.2-3: Unterstützung des Findens und Priorisierens der Potenziale mit der Produkt-Lebenslauf-Matrix

Zur Potenzialfindung werden die erfassten, wichtigen Probleme und Umweltauswirkungen den einzelnen Lebensphasen und den verschiedenen Arten von Stoffströmen in einer weiteren Eingabemaske zugeordnet (Bild 5.2-3). Den Produktlebensphasen und Arten von Stoffströmen wurden mit Hilfe von Literaturrecherchen verschiedene Lösungsansätze aus der Forschung und Praxis (vgl. Kap. 2.3.1) beigeordnet, die zu Verbesserungen der Umweltauswirkungen von den Stoffströmen der Prozesse in der jeweiligen Lebensphase führen können. Diese Zuordnung von Problemen und ersten Umweltauswirkungen zu möglichen Lösungsansätzen für Verbesserungen können zu regen Diskussionen im Team führen, bei denen zu den einzelnen Phasen weitere Probleme und Ansätze zu Verbesserungen sowie sich bietenden Potenziale offenbar werden. Es unterstützt auch den Austausch des vorhandenen Wissens und fördert das Denken in Lebensphasen bei den einzelnen Mitgliedern. Die erkannten Potenziale und weitere, vom Team gefundene Lösungsansätze zu Verbesserungen können zur Dokumentation in der Maske für den weiteren Prozess ergänzt werden.

Zur Priorisierung der Potenziale werden in einem ersten Schritt eine einfache und schnelle Bewertung der Relevanz der gefundenen Potenziale und Verbesserungsansätze vorgenom-

men, um schnell die große Zahl und damit den Aufwand für eine intensivere Bewertung zu reduzieren. Dieses erfolgt mit den beiden Einstufungen „relevant“ oder „nicht relevant“. Dabei stehen den Bearbeitern erklärende Texte zu den einzelnen, bestehenden Lösungsansätzen zur Verfügung. Nach dieser ersten Reduktion mit einem einfachen Auswahlverfahren schließt sich ein detaillierteres Bewertungsverfahren an. Weil für eine motivierte Umsetzung neben dem Nutzen für die Umwelt weitere Kriterien entscheidend sind, werden in diesem Tool die folgenden drei Kriterien für die Bewertung durch das Team herangezogen:

- den erreichbaren Nutzen für die Umwelt, für den Hersteller und für den Nutzer, Anwender bzw. Kunden,
- der Aufwand, der in finanzieller oder personeller Form zu investieren ist und
- die Dauer, die für die Umsetzung benötigt wird und nach der sich der erste Nutzen zeigt.

Diese Kriterien werden mit „hoch“, „mittel“ oder „niedrig“ beziehungsweise „kurz-“, „mittel-“ oder „langfristig“ bewertet. Mit Hilfe dieser Einzelbewertungen können die relevanten Lösungsansätze und Potenziale in die folgenden drei Kategorien eingestuft werden:

- sehr interessant und wichtig,
- interessant und
- trifft zu, aber wenig relevant.

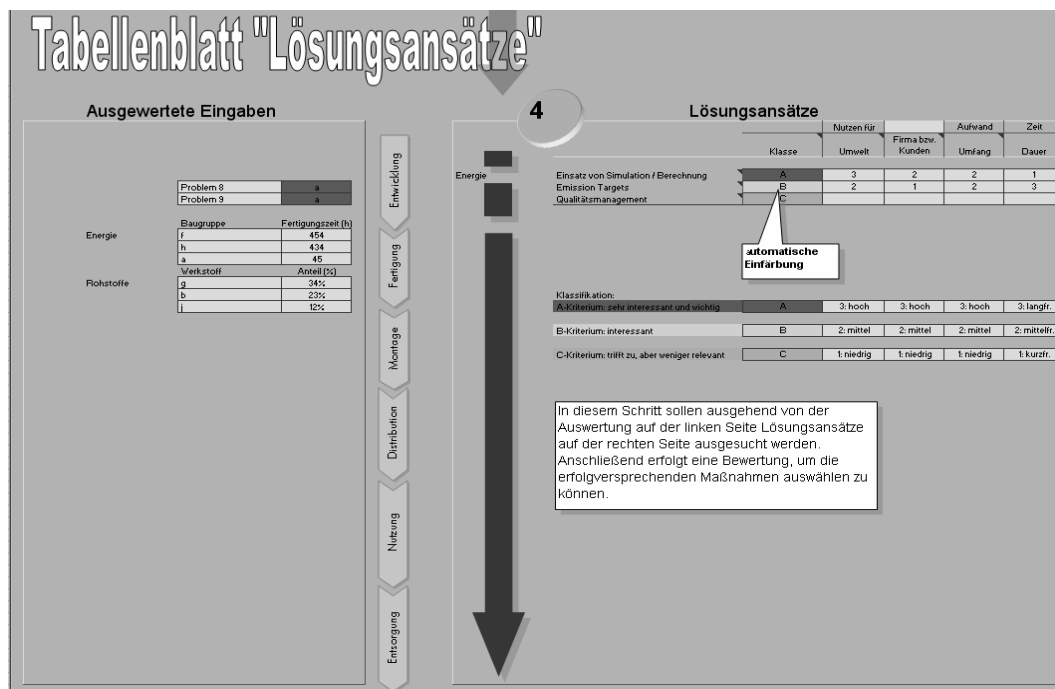


Bild 5.2-4: Zusammenfassung der wichtigsten Probleme, Umweltauswirkungen mit relevanten Potenzialen und Lösungsansätzen

Nach der Auswahl und Bewertung werden die relevanten Potenziale und Lösungsansätze automatisch in einer Ansicht zusammengefasst, um dem Team für die weitere Bearbeitung einen besseren Überblick zu verschaffen (Bild 5.2-4).

Diese Analyse und einfache Bewertung dient als Grundlage für eine vergleichende Priorisierung und folgende Entscheidungen. Die klare und nachvollziehbare Dokumentation der Ergebnisse kann später eine Hilfe bei denkbaren Iterationsschritten oder einer erneuten Anwendung in anderen Projekten sein.

### 5.2.3 Leitfaden und Internetplattform

Zur Unterstützung der Methodenanwendung und des Bausteins „IPP evaluieren“ des Vorgehensmodells zur Verbesserung der Organisation wurde der Leitfaden „Neue Wege für innovative KMU“ (Bild 5.2-5) erstellt. Dieser ist bei STMLU (2004A) verfügbar und ermöglicht nicht am Forschungsprojekt beteiligten Unternehmen die Integrierte Produktpolitik zu evaluieren und im eigenen Unternehmen einzuführen. Die Dokumentation enthält wichtige Elemente der beschriebenen Vorgehensweisen und Ergebnisse der Praxisbeispiele, die für Unternehmen strukturiert aufbereitet wurden.



Bild 5.2-5: Leitfaden für Unternehmen zur Einführung der Integrierten Produktpolitik (STMUGV 2004B)

Die Inhalte des Leitfadens sowie weitergehende Informationen und Hilfsmittel zur methodischen Unterstützung wurden aufbereitet und in einer Internetplattform der Öffentlichkeit für einen einfachen und schnellen Zugriff zur Verfügung gestellt (Bild 5.2-6). Diese Plattform steht unter der Internet-Seite <http://www.pe.mw.tu-muenchen.de/ipp> zur Verfügung.

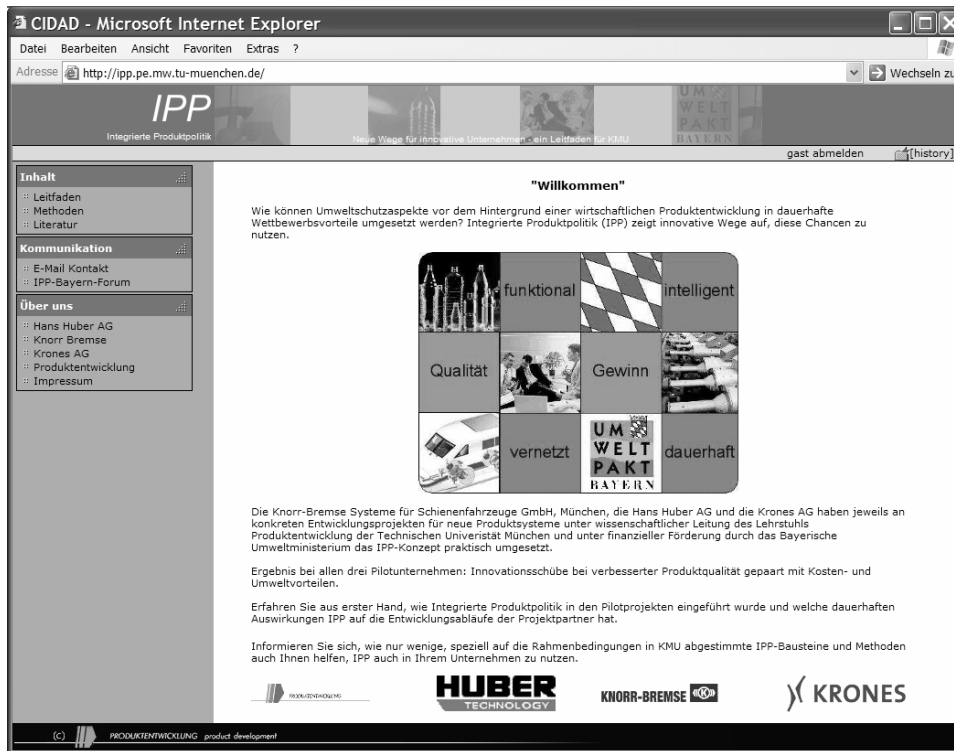


Bild 5.2-6: Internetplattform für einen einfachen und schnellen Zugriff auf den Leitfaden und die bereitgestellten Hilfsmittel

### 5.3 Zusammenfassung

Ein Vorgehen nach den in Kapitel 4 konzipierten und entworfenen Modellen zur Verbesserung der Organisation und der Verbesserung der Produkte wird durch die Zuordnung von zielführenden Fragen und geeigneten Methoden zu den einzelnen Bausteinen in Kapitel 4.3 unterstützt.

In Kapitel 5.2 werden eine Reihe von Hilfsmitteln vorgestellt, die verschiedene Aufgaben im Rahmen der einzelnen Bausteine unterstützen und somit die Effektivität und Effizienz des Umsetzungsprozesses verbessern.



---

## 6 Praxisbeispiele für die Einführung und Umsetzung

*In diesem Abschnitt sollen an Hand von Fallbeispielen in der Praxis von drei Industriepartnern die entwickelte Vorgehensweise auf ihre Praxistauglichkeit untersucht und getestet werden. Er zeigt verschiedene Anwendungsvarianten in verschiedenen Branchen und Unternehmen auf und stellt verschiedene Lösungsmöglichkeiten sowie die erzielten Ergebnisse bei der Umsetzung in Produktentwicklungen in der Praxis und an realen Produkten dar.*

### 6.1 Randbedingungen und Gemeinsamkeiten der Pilotprojekte

Zielsetzung des Forschungsprojektes „Einführung und Adaption von Methoden zur umweltgerechten, nachhaltigen Produktgestaltung anhand konkreter Praxisbeispiele mit begleitendem Erfahrungstransfer in KMU“ war die Erarbeitung einer Vorgehensweise für kleine und mittelständische Unternehmen. KMU waren zum Beginn des Projektes nur schwer vom Nutzen zu überzeugen. Daher wurde auf größere Unternehmen ausgewichen, die aber teilweise in Struktur und Kultur vergleichbar sind. Als Projektpartner aus der Industrie beteiligten sich die Hans Huber AG, die Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH und die Krones AG.

Die mittelständische Hans Huber AG aus Berching in der Oberfalz stellt Maschinen zur Abwasser-, Schlamm- und Trinkwasserbehandlung her und ist weltweit tätig. In der Kooperation des Forschungsprojektes wurde das Konzept auf verschiedene Produktentwicklungen angewandt, unter anderem auch auf die Überarbeitung einer Schneckenpresse zur Klärschlammbehandlung.

Die Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH ist Teil des Knorr-Bremse Konzerns mit Sitz in München. Sie ist weltweit auf den Geschäftsfeldern Bremssysteme und On-Board-Technik für Schienenfahrzeuge tätig. Durch die Kompetenz und das Aufkaufen vieler Konkurrenzfirmen wurde das Unternehmen zu einem der Marktführer in seinem Produktspektrum. Das Entwicklungsteam der Knorr-Bremse SfS GmbH befasste sich im Rahmen des Projektes mit der Optimierung des Modularen Bremssteuerungssystems MBS für Lokomotiven.

Die Krones AG mit Sitz in Neutraubling projiziert und installiert komplette Abfüll- und Verpackungslinien für Getränke und ist auf dem Gebiet Weltmarktführer. Sie stellt dafür alle Maschinen und Einrichtungen her und sieht sich als System- und Generalanbieter für Gesamtkonzepte, angefangen von der ersten Planung, Berechnung und Simulation über

Herstellung und Montage bis hin zu Schulung und Service (MÖRTL 2002, S. 138). In der Zusammenarbeit wurde das Recycling von PET-Flaschen für die Herstellung neuer Getränkeverpackungen betrachtet. Im Vorhaben stand hierfür die Neuentwicklung eines PET-Flake-Wäschers im Mittelpunkt.

Bei der Knorr-Bremse SfS GmbH und der Krones AG handelt es sich auf den ersten Blick nicht um Unternehmen dieser Klassifikation sondern um gewachsene KMU. Die Strukturen und die organisatorischen Randbedingungen der betreuten Projekte weisen aber in vielen Bereichen Ähnlichkeiten mit den Randbedingungen in KMU auf. Sowohl die Krones AG als auch die Knorr-Bremse SfS GmbH sind eigentümergeführte Unternehmen. Diese prägen in beiden Unternehmen wesentlich die Unternehmenskultur sowie die Unternehmenswerte, die in den meisten Fällen mit denen von inhabergeführten, mittleren Unternehmen vergleichbar sind (vgl. Kapitel 2.2.2.2). Beispielsweise zeigt der Umgang der Entscheidungsträger mit ihrer Verantwortung starke Parallelen. Sie verfügen individuell über weiterreichende Entscheidungskompetenzen und im Vergleich zu Großunternehmen steht bei Entscheidungen eher das Wohl des Unternehmens als die persönliche Risikoabsicherung im Vordergrund. Die Anzahl und Spezialisierung der projektbeteiligten Personen sind vergleichbar mit KMU. Dies gestattet eine sehr flexible Gestaltung der Entwicklungsprozesse und die einzelnen Mitarbeiter sind mit einem umfangreichen Aufgabengebiet betraut. Im Vergleich zu typischen Unternehmen ähnlicher Größe haben die Entwickler eine sehr gute Übersicht und Wissen über die verschiedenen Phasen ihrer Produkte und stehen im direkten Kontakt zum Kunden und Zulieferer.

Die betreuten Entwicklungsprojekte in den drei Unternehmen haben einige Gemeinsamkeiten, aber sie unterscheiden sich doch in wesentlichen Punkten. Die betrachteten Produkte unterscheiden sich sehr stark bezüglich ihrer Komplexität, Baugröße und Anzahl von Teilen. Auch die Anwendungsbereiche und die dadurch resultierenden Auswirkungen auf die verschiedenen Lebensphasen sind unterschiedlich. Diese unterschiedlichen Funktionserfüllungen bedingen sehr verschiedene technische Wirkprinzipien und Randbedingungen der dafür genutzten Technologie, wie Pneumatik, Reinigungsverfahren, mechatronische Systeme mit Elektronik und Software, Strömungsmechanik, Filtersysteme, etc. Ferner sind die Organisationsstrukturen, Produktionsphilosophien sowie Führungs- und Arbeitsstile in den Unternehmen sehr unterschiedlich und erfordern eine allgemein anwendbare Vorgehensweise.

Eine der wesentlichen Gemeinsamkeiten der Unternehmen ist die für KMU typische schnelle und informelle Kommunikation zwischen den Beteiligten aus den unterschiedlichen Abteilungen und der enge und stetige Kontakt zum Kunden. Dies ermöglicht eine einfache Integration des Kommunikations- und Integrationsgedanken der Integrierten Produktpolitik. Der Kommunikationsgedanke wurde insbesondere durch die enge Kooperation der beteiligten Unternehmen untereinander in regelmäßigen Treffen mit Teilnehmern verschiedener Führungsebenen gefördert.

In den einzelnen Entwicklungsprojekten wurde entsprechend des oben beschriebenen Vorgehensmodells zur Verbesserung von Produkten vorgegangen. Dabei überlappten sich einige der Teilprojekte oder werden von den Unternehmen alleine weiter verfolgt. Unter diesen Voraussetzungen ist eine gute Basis zur Verallgemeinerung der Ergebnisse und Übertragbarkeit auf andere KMU geschaffen.

Die in den einzelnen Projekten erzielten Ergebnisse werden in Form eines IPPsilon-Faktors angegeben. Dieser Faktor drückt den erreichten Fortschritt aus und steht somit für den Grad der Verbesserung der entwickelten Produkte oder Dienstleistungen gegenüber dem entsprechenden Referenzprodukt. Der IPPsilon-Faktor ist somit der Quotient der betrachteten Produkteigenschaft des Vorgängerproduktes zum optimierten Produkt durch IPP. Wurde beispielsweise die Zahl der Einzelteile um die Hälfte reduziert, so entsteht ein Verhältnis von zwei zu eins (2/1), also ein IPPsilon-Faktor von zwei.

Im Bezug zum Modell zur Verbesserung der Organisation wurden keine weitergehenden Untersuchungen durchgeführt. Die Organisation des Forschungsprojektes entsprach aber in wichtigen Punkten diesem Modell. Die Projektpartner mussten vor Projektbeginn evaluieren, ob sich die Einführung der IPP für das Unternehmen lohnt. Nach einer kurzen Betrachtung der Organisation wurden geeignete Pilotprojekte gesucht, für die das Ziel einer weitgehenden Produktverbesserung durch die IPP gesetzt wurde. Der Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München hat die Vorbereitung und Einführung der nötigen Änderungen in Form von Planungen, Organisation, Moderationen, Koordination, Organisation und der wissenschaftlichen Begleitung des Forschungsprojektes übernommen. Ebenfalls wurden die gemeinsamen Projektergebnisse durch den Lehrstuhl aufgearbeitet und dem Management der einzelnen Unternehmen zur Evaluation präsentiert.

## 6.2 Beispiel der Hans Huber AG

Bei der Hans Huber AG wurde die Neuentwicklung einer Siebbandpresse SBF, die Weiterentwicklung der Schneckenpresse RoS3 Future, sowie die Weiterentwicklung der Siebanlage Ro13 begleitet (Bild 6.2-1).

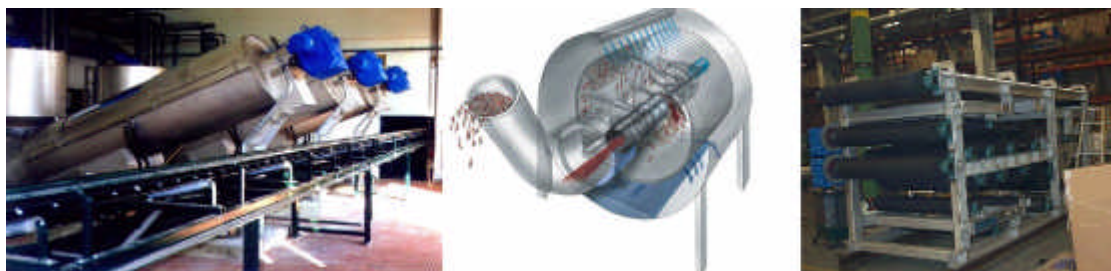


Bild 6.2-1: Betrachtete Projekte bei der Hans Huber AG: Schneckenpresse RoS3 Future, Siebanlage Ro13 sowie Siebbandpresse SBF



- Minimierung der Arbeitsbelastung des Betriebspersonals

Nachdem Prioritäten festgelegt wurden, konnte eine detaillierte Produktanalyse erfolgen (vgl. Kap. 4.3.3.3). Die Ergebnisse der Betrachtung des Produktlebenslaufs wurden konkret am Produkt analysiert. Da es sich im vorliegenden Fall um die Überarbeitung eines bestehenden Produktes handelte, war eine Analysemethode gefragt, die vor allem die Schwachstellen der bisherigen Konstruktion verdeutlicht. Es wurde die Analyse mit der „Funktionsmodellierung nach TRIZ“ gewählt. Weiße Felder beschreiben hier die gewünschten Funktionen des Produktes, schwarze Felder sind unerwünschte Funktionen, die aus gewünschten resultieren (Bild 6.2-3). Beispielsweise wurde erkannt, dass durch das Abrollen von Siebbändern (der zu entwässernde Schlamm ist in zwei Siebbändern eingeschlossen) um die Walzen wieder Wasser in das Siebband gedrückt wird. Die Zuverlässigkeit der eigentlich gewünschten Funktion „Schlamm entwässern“ wird durch diesen Effekt negativ beeinflusst.

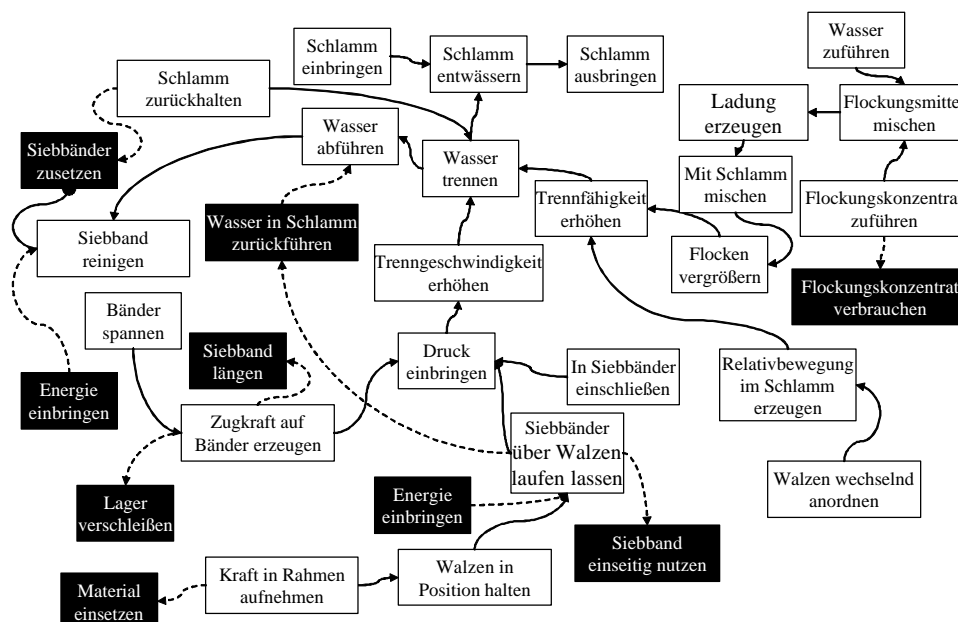


Bild 6.2-3: Produktanalyse mit Hilfe der Methode „Funktionsmodellierung nach TRIZ“

Das Erstellen dieses Funktionsmodells brachte vor allem deshalb Schwachstellen zu Tage, weil verschiedene Akteure ihre Gedanken zum Aufbau einbrachten. Durch die Diskussion wurden Zusammenhänge aufgedeckt, die dem Einzelnen zum Teil nicht bewusst waren. Allerdings lagen gerade in diesen „Knackpunkten“ die Potenziale, die für eine Produktoptimierung genutzt werden können, was den Aufwand zur Erstellung solcher Modelle rechtfertigte.

Für die ermittelten Potenziale wurden Methoden zur Generierung geeigneter Ideen eingesetzt (vgl. Kap. 4.3.3.4). Teilweise bedurfte es neue Ideen zur Entwicklung einer besseren Lösung für die gefundenen Schwachstellen. Waren die Lösungsmöglichkeiten vielfältig oder

waren neue, innovative Ideen gefragt, so wurde auf Kreativitätsmethoden zurückgegriffen. In einem weiteren Workshop mit der Hans Huber AG wurde eine Kreativitätsmethode, die Methode 6-3-5, angewendet. Die Methode 6-3-5 unterscheidet sich von einem Brainstorming vor allem dadurch, dass gefundene Lösungsideen organisiert zum Tischnachbarn weitergereicht werden (6-3-5 = 6 Teilnehmer, 3 Ideen je Runde, 5 Runden). Die Teilnehmer (Konstrukteure, Leiter der Entwicklung) sollten vor allem durch den Aspekt des „Weiterreichens“ von den Ideen der anderen Teilnehmer angeregt werden. Bild 6.2-4 zeigt beispielhafte Skizzen, wie sie im Workshop 6-3-5 entstanden.



Bild 6.2-4: Skizzierte Lösungsideen im Rahmen eines Kreativitätsworkshops

Die entstandene Vielzahl an Lösungsideen wurde durch das Skizzieren während der Anwendung der Methode 6-3-5 zugleich dokumentiert. Es können aber noch weitere Informationen zur jeweiligen Idee notiert werden (z. B. Ersteller der Idee oder Beschreibung der Funktionsweise). Die Entwickler hatten großes Interesse an der Dokumentation der Ideen für weitere Projekte. Da nicht alle Ideen für die Siebbandpresse SBF sinnvoll waren, aber für zukünftige Projekte „erhaltenswert“ schienen, wurden die Ideen gesammelt und mit Hilfe von Ideenblättern abgelegt.

Als nächster Schritt wurde entschieden, welche der Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt werden sollen. Dazu wurden die Lösungsideen nach dem Aufwand und Nutzen bewertet und nach der Dauer der Umsetzung in kurz-, mittelfristig und langfristig kategorisiert (vgl. Kap. 4.3.3.5). Bild 6.2-5 zeigt beispielhaft eine Liste von Lösungen für Verbesserungen der Siebbandpresse SBF. Gemeinsam mit den Akteuren des Projektes wurden die Ideen nach Nutzen und Aufwand eingeteilt. Interessant für die weitere Umsetzung waren dann vor allem Lösungen, die einen hohen Nutzen bei geringem Umsetzungsaufwand erwarten ließen. Somit wurde eine Priorisierung der Lösungsideen erreicht, da die Umsetzung aller Ideen zum gleichen Zeitpunkt unrealistisch gewesen war.

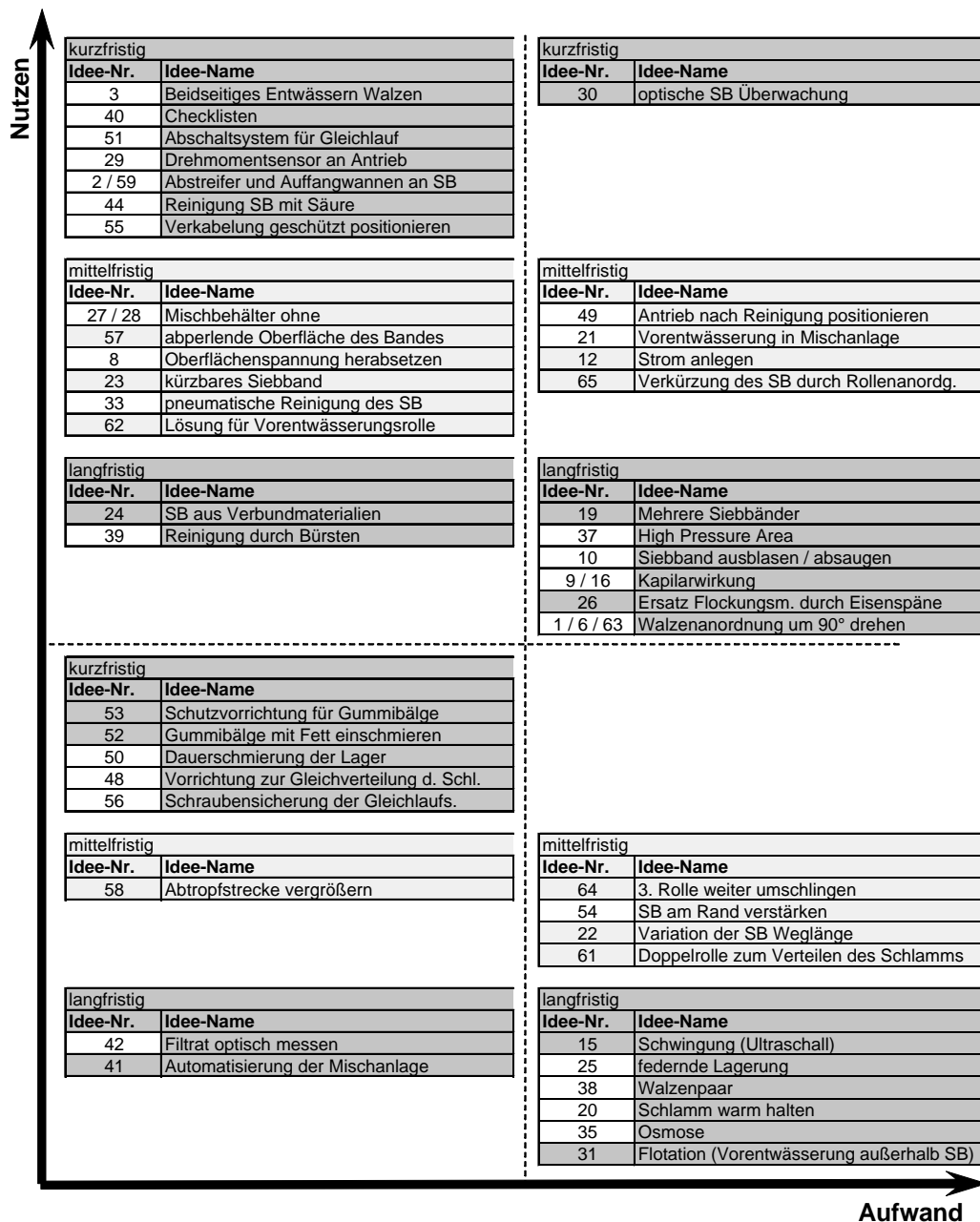


Bild 6.2-5: Arbeitsunterlage zur Zusammenstellung von Ideen, die innerhalb der Neuentwicklung der Siebbandpresse SBF als Lösungen umgesetzt wurden

Die anschließende Umsetzung (vgl. Kap. 4.3.3.6) nahm je nach Maßnahme einen hohen Zeitbedarf in Anspruch. Zusätzlich prägte das Umfeld des Unternehmens die weitere Vorgehensweise. Bei der Betrachtung der Siebbandpresse SBF änderten sich in der Umsetzungsphase die Randbedingungen. Durch den Zukauf eines Unternehmens durch die Hans Huber AG wurden andere, wichtige Aufgaben verfolgt. Demnach verzögerte sich der Prototypenbau der Siebbandpresse SBF und konnte während des Pilotprojektes IPP nicht in Be-

trieb genommen werden. Folgende Auswirkungen zu Umweltverbesserungen wurden allerdings durch die Maßnahmen erwartet:

- Materialeinsparung durch Vermeidung von Schäden während der Nutzungsphase (Checklisten, Abschaltssystem für Gleichlauf, Spannungsüberwachung an Antrieb)
- Materialeinsparung durch ausgeschöpfte Lebensdauer (Kontrolle der Siebbandalterung)
- Ressourcenschonung durch Verlängerung der Serviceintervalle (Checklisten, Fehlerüberwachung)
- Materialeinsparung durch Änderung der Konstruktion (Beidseitiges Entwässern an den Walzen, Walzenpaareinsparung durch Anbringen von Abstreifern und Auffangwannen, Weglassen des Rührwerks)
- Ergonomischere Bedienung (Fehleridentifikation durch Kunden, Checklisten)
- Senkung des Energieverbrauchs während der Nutzungsphase (Weglassen des Rührwerks, Herabsetzen der Zugspannung im Siebband)
- Reduzierung der Schadenshäufigkeit (Checklisten, Abschaltssystem für Gleichlauf, Spannungsüberwachung an Antrieb)
- Gewichtseinsparung (Weglassen des Rührwerks, Vorentwässerung in Mischanlage)

Bei der Weiterentwicklung der Schneckenpresse RoS3 Future führten die aufgedeckten Verbesserungsmöglichkeiten zu einem grundlegend neuen Konstruktionskonzept. Die Effizienzsteigerung gegenüber dem bisherigen Konzept ist anhand der IPPsilon-Faktoren (siehe S. 167) im Folgenden dargestellt.

Lebensphase: Herstellung, Fertigung	(IPPsilon-Faktor)
• Materialverbrauch:	1,5
• damit verbundene Kosteneinsparung (pro Stück):	3.000 €
Lebensphase: Gebrauch, Nutzung	
• Flockungsmiteleinsetzung:	1,3
• damit verbundene Kosteneinsparung über Maschinenlebensdauer:	35.000 €
• Zu entsorgendes Klärschlammvolumen:	1,3
• damit verbundene Kraftstoffeinsparung beim Schlammtransport:	7.500 l
Lebensphase: Entsorgung	
• Verschleißteilaufkommen, z. B. Bürstenreinigung:	2



Die erste produzierte Maschine nach diesem neuen Konstruktionsprinzip ist in Bild 6.2-6 zu sehen.

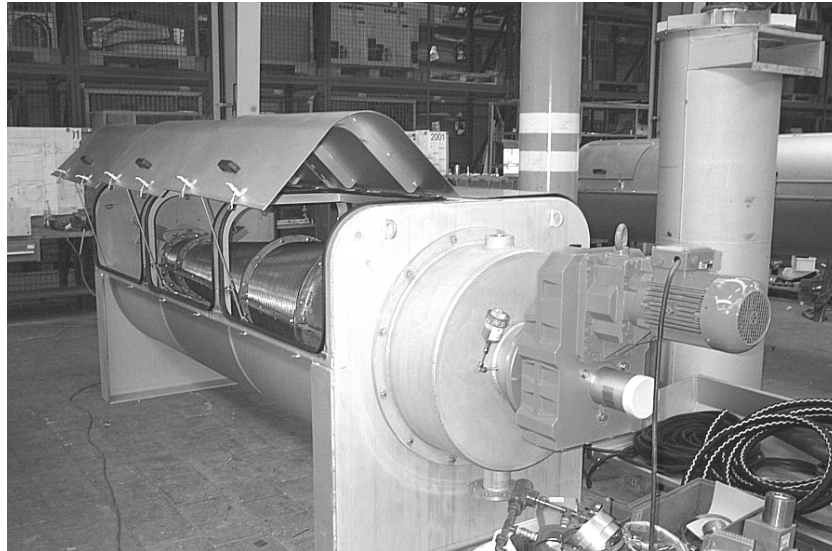


Bild 6.2-6: Prototyp der Schneckenpresse

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Siebanlage Ro13 konnte am konkreten Beispiel gezeigt werden, dass Ökologie und Ökonomie durch die strukturierte Anwendung der entwickelten Vorgehensweise in Einklang zu bringen sind. Ausgehend von einer bestehenden Anlage zur Siebung von Abwasser konnte mit Hilfe der dargestellten, methodischen Entwicklung ein neues Konzept erarbeitet werden.

Die grundlegende Funktionsweise dieses Konzeptes ist durch die schräg angeordnete Siebtrommel charakterisiert (Bild 6.2-7). Das zu siebende Medium wird über das Zuflussrohr in die schräg stehende Siebtrommel geleitet. Der Feststoff kann aufgrund der Spaltweite zurückgehalten und durch die an der Innenseite der rotierenden Trommel angeschweißten Mitnehmerbleche nach oben befördert werden. Am Ende der Trommel wird der Feststoff in einen Container abgeworfen. Die Flüssigkeit hingegen durchströmt den Siebkorb und wird über das Abflussrohr aus der Anlage geleitet.

Zum Ablösen des gesiebten Feststoffs wird Flüssigkeit mit Spritzdüsen auf den Siebkorb geleitet. Bei der ursprünglichen Konstruktion führte die Anordnung allerdings dazu, dass die Flüssigkeit dem gesiebten Feststoff wieder zugeführt wird und der Siebung entgegen wirkt. Durch die neue Anordnung wird erreicht, dass die Funktionen „Siebgut ablösen“ und „Korb reinigen“ getrennt werden. In diesem Konzept wird eine genaue Ablöseposition des Feststoffs nicht benötigt, da der Feststofftransport durch die Mitnehmerbleche gewährleistet wird. Dadurch kann die bewährte Spritzdüsenleiste an beliebiger Stelle und ohne Nachteile eingebaut werden.

Weitere Potenziale wurden beispielsweise durch die Gehäusegestaltung genutzt. Die Anschlussstellen und Geometrien wurden neu überdacht, so dass eine Optimierung der Wartungsarbeiten erreicht wurde. Die abnehmbaren Gehäuseelemente unterstützen die Zugänglichkeit bei der Reinigung und die Funktionskontrolle während des Betriebs. Das entstandene Konzept der Siebanlage wurde an die Konstruktionsabteilung übergeben, die nach Beendigung laufender Projekte einen Prototyp fertig stellen wird.

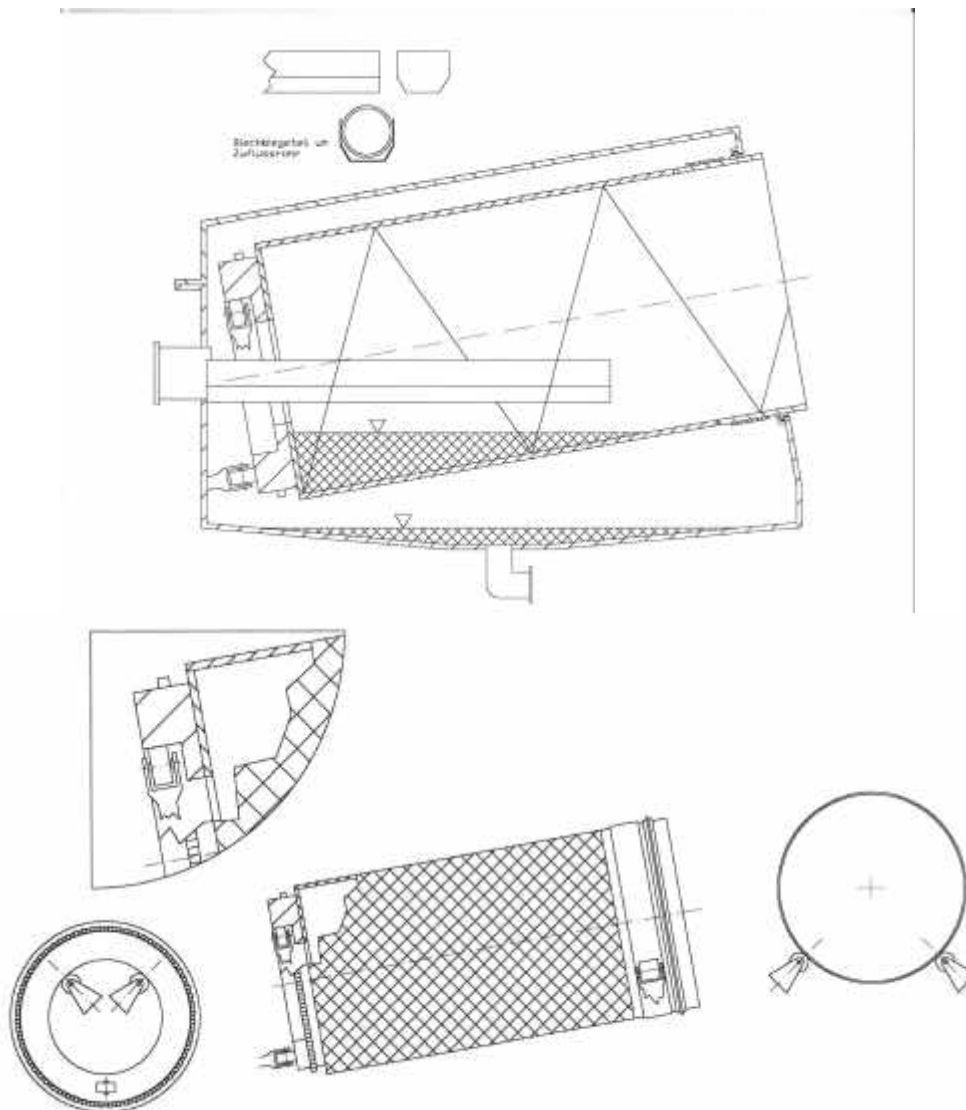


Bild 6.2-7: Konzeptskizzen der Siebanlage

Die Pilotprojekte dienen nicht nur dazu, das Ergebnis einer Entwicklung mit Hilfe der IPP zu verbessern. Vielmehr wurde das IPP-gerechte Denken und Handeln der Entwickler auch durch die aktive Teilnahme verbessert. Z. B. konnte durch Befragung der Akteure reflek-

tiert werden, dass der Blick über den Tellerrand (beispielsweise das Betrachten aller Lebensphasen) durch IPP gefördert wird.

Diese Erfahrungen wurden verankert und werden in zukünftigen Projekten der Hans Huber AG zur Wirkung kommen.

### 6.3 Beispiel der Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

Das Vorgehen im Projekt mit Knorr-Bremse ist mit dem der beiden anderen Unternehmen im Wesentlichen identisch. An dieser Stelle sollen die Ergebnisse im Vordergrund stehen, zumal viele Projektinhalte der Geheimhaltung unterliegen.

Bremssteuerungen für Schienenfahrzeuge sind Systeme, die an die spezifischen Anforderungen von Fahrzeugherstellern und Betreibern angepasst werden müssen. Diese Systeme bestehen teilweise aus mehreren hundert einzelnen Komponenten (Ventile, etc.). Mit MBS ist es der Knorr-Bremse gelungen, ein modular aufgebautes Bremssteuerungssystem als Standard für den europäischen Markt zu entwickeln, welches flexibel und mit geringem Aufwand an die unterschiedlichen Anforderungen von Fahrzeugherstellern und Betreibern angepasst werden kann.

Durch den modularen Ansatz lässt sich bei Ausfall einer Baugruppe der Fehler schnell identifizieren und nur das entsprechende Modul muss getauscht werden. So wird die Verfügbarkeit von Lokomotiven durch reduzierte Standzeiten erhöht und der Bedarf an Lokomotiven gesenkt.

Im Forschungsprojekt IPP befasste sich das Entwicklungsteam der Knorr-Bremse im Rahmen des Projektes mit der Optimierung des Modularen Bremssteuerungssystems MBS für Lokomotiven. Durch die Lebenswegbetrachtung wurden die Phasen der Entwicklung, Fertigung, Montage und Prüfung als diejenigen mit dem größten IPP-Verbesserungspotenzial erkannt. Vor allem die Senkung der Teilezahl und –vielfalt sowie die Reduzierung des Fertigungsaufwands wurden als Entwicklungsziele identifiziert.

In den einzelnen IPP-Umsetzungsprojekten wurde die systematische Festlegung der Anforderungen an das Produkt verbessert. Durch strukturiertes Sammeln der zu erfüllenden Anforderungen wurden Widersprüche frühzeitig erkannt und geklärt.

Das Team deckte anhand der Funktionsanalyse nach TRIZ die Schwachstellen des aktuellen Produktkonzeptes auf, wobei zur Lösungssuche geeignete Kreativitätstechniken zum Einsatz kamen. Eine gezielte Betrachtung verschiedener Lösungsalternativen war äußerst hilfreich, um gesicherte Entscheidungen treffen zu können. Hierfür ist es notwendig, auch zunächst unrealistisch erscheinende Ideen weiter zu verfolgen und zu konkretisieren.

Die Teamarbeit hatte wesentlichen Einfluss auf den Informationsfluss in den Entwicklungsabteilungen und sorgte für verbesserte Kommunikationswege. Die Zusammenarbeit mit externen Lieferanten wurde intensiviert. Das Fertigungs- und Montage-Know-how der Bauteillieferanten wurde in kooperativer Entwicklungstätigkeit sehr effektiv eingebunden.

Durch die neuartige, mechatronische Komponentenanordnung zu Funktionseinheiten ergeben sich wesentliche Vorteile für Betreiber, Kunden und Hersteller. Die Austauschbarkeit der Funktionseinheiten verkürzt die Reparaturdauer deutlich (Bild 6.3-1).

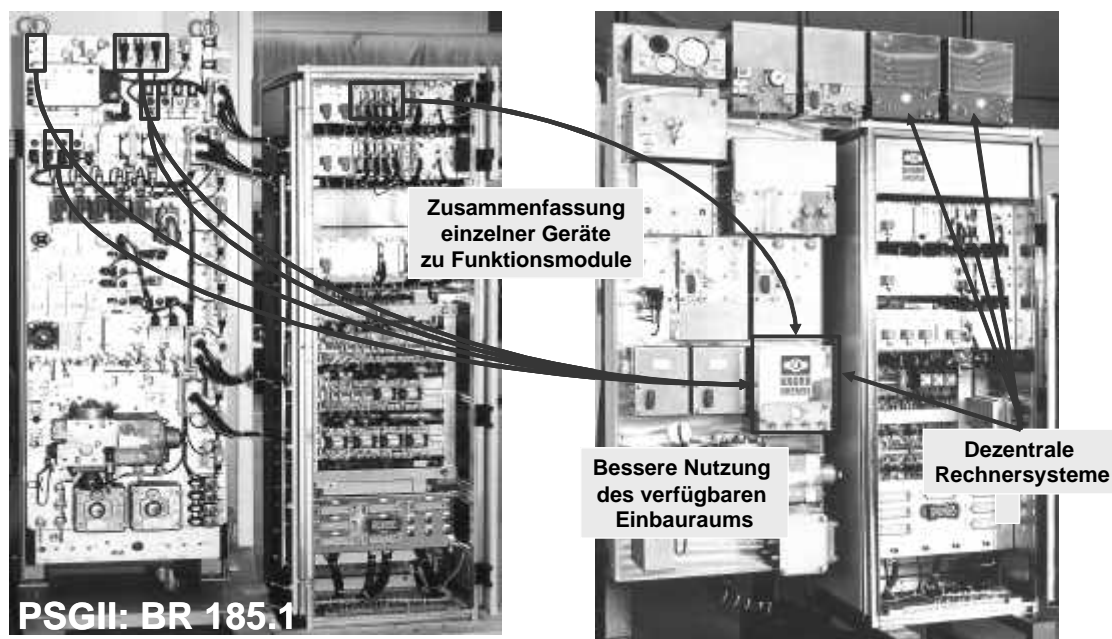


Bild 6.3-1: Zusammenfassung von verschiedenen Bauteilen zu Funktionsmodulen

Auf der rechten Seite des Bildes ist der erste Prototyp des modularen Bremssystems zu sehen. Bei einer Störung ist die betroffene Funktion sehr leicht zu identifizieren. Durch einfaches Austauschen des zugehörigen Moduls kann der Zug i. d. R. innerhalb von einigen Minuten ab Verfügbarkeit weiterfahren und nur das defekte Modul wird zur Reparatur gegeben.

Dieser Prototyp wurde anschließend innerhalb des IPP-Projektes weitgehend optimiert durch:

- Teile- und Gewichtsreduktion der Bremstafel
- Prozessunterstützung der Kabelbefestigung bis hin zur Serienreife
- Teile- und Gewichtsreduktion des Schaltschranks

Zur Erläuterung einiger neuer Lösungsideen und zur Kommunikation mit dem Kunden sowie internen Entscheidungsträgern wurde ein Demonstrationsmodell gebaut. Viele einzelne Lösungen sind bereits in die Serienplanung (Bild 6.3-2) mit eingeflossen.

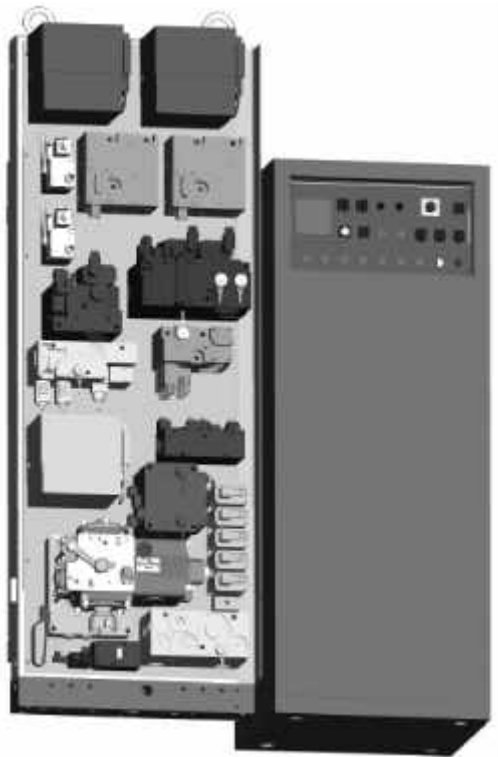


Bild 6.3-2: Konstruktionsstand des modularen Bremssystems für die Serienfertigung

Die Effizienzsteigerung gegenüber der bisherigen Lösung lässt sich anhand der IPPsilon-Faktoren (vgl. S. 167) am Beispiel ausgewählter Baugruppen (Bild 6.3-3) wie folgt verdeutlichen:

Trägergerüst der Funktionseinheiten (IPPsilon-Faktoren):

- Teilezahl: 5
- Gewicht: 1,6
- Herstellkosten: 2,9

Schaltschrank

- Teilezahl: 10
- Gewicht: 1,2
- Herstellkosten: 2,5

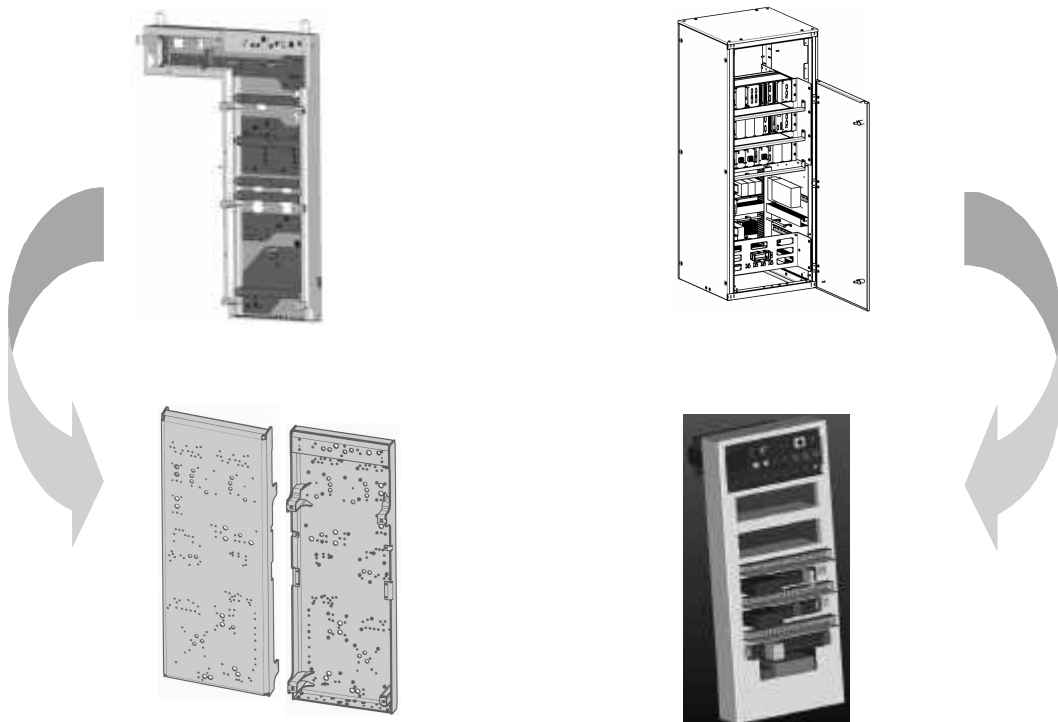


Bild 6.3-3: Verbesserung am Beispiel der ausgewählten Baugruppen Trägergerüst und Schaltschrank (oben die Ausgangsvariante, unten die IPP-gerechte Konstruktion)

Während der IPP-Abschlusspräsentation bei Knorr-Bremse wurde der entstandene Prototyp (Bild 32) vorgestellt, der signifikant den Fortschritt im Vergleich zum ursprünglichen Konzept verdeutlicht. Er dient als konkretes Anschauungsprodukt, wie IPP-gerechtes Handeln in Produkten umgesetzt werden kann.

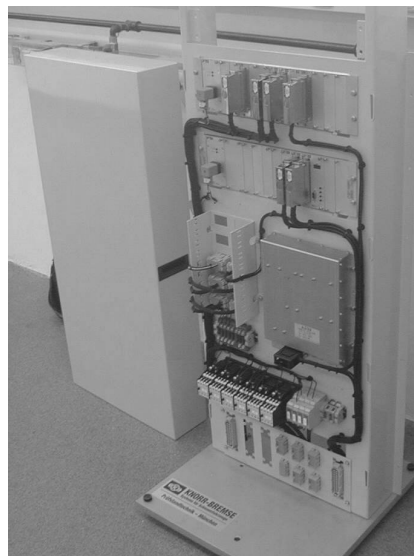


Bild 6.3-4: Verbesserung am Beispiel des Prototyps für den Schaltschrank

Das im Projekt gewählte Vorgehen wurde als Standard auf weitere Projekte übertragen. Somit ist auch in diesem Teilprojekt eine Veränderung in Richtung IPP-gerechten Handelns erzielt worden.

## 6.4 Beispiel der Krones AG

Bei der Krones AG wurde die Neuentwicklung eines PET-Flake Wäschers durch das Projekt begleitet. Dieser wird in einer neuen Recyclinganlage (Bild 6.4-1) eingesetzt, in der aus alten PET-Getränkeflaschen Granulat für die Neuproduktion von lebensmitteltauglichen Verpackungen, wie Getränkeflaschen, gewonnen wird.

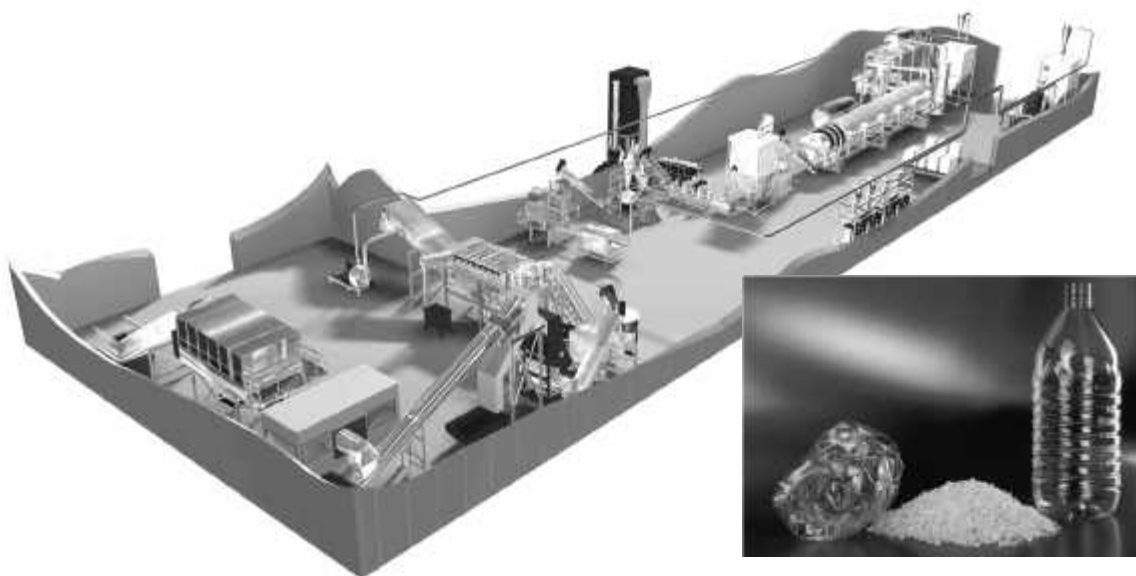


Bild 6.4-1: Anlage für das PET-Recycling von Flasche zu Flasche

Dieser Wäscher verringert durch das Entfernen von Etiketten und Leimresten die Ausschussrate von PET-Material in der Anlage und verbessert die Reinigungsqualität des nachfolgenden Rohrofens. In diesem Ofen wird dem PET nach dem patentierten URRC-Verfahren durch Zugabe von Natronlauge bei einer Verweilzeit von mehreren Stunden bei 250-300° Celsius Geruchs-, Geschmackstoffe und andere Verunreinigungen entzogen und es damit wieder lebensmitteltauglich gemacht.

Zu Beginn des Projektes galt es, den Produktlebensweg des neu zu entwickelnden Wäschers zu analysieren und mit den verschiedenen, am Produktlebensweg beteiligten Personen zu diskutieren. Als Unterstützung wurde das entwickelte Hilfsmittel zur Analyse des Produkt-





- Standardisierung und Modularisierung
- Sinnvoller Materialeinsatz und Materialeinsparung

Die ausgewählten Lösungsansätze zur Energieverbrauchssenkung beruhen auf dem hohen Wärmebedarf für den Reinigungsprozess. Für die zu reinigenden 2.000 kg PET-Material pro Stunde wird ein Waschprozess mit einer Laugentemperatur von 80°C für ein optimales Reinigungsergebnis benötigt. Nach der Produktanalyse und Ideenfindung entschieden sich die Konstrukteure für eine aufwändige Isolierung der die Laugen berührenden Teile (Bild 6.4-3). Damit können die Abstrahlungsverluste von 25kW auf 1,7 kW reduziert und das Heizsystem um 23 kW geringer dimensioniert werden. Dieses ermöglicht geringere Investitionskosten und spart 170.000kWh an Wärmeenergie pro Jahr ein. Zur Erzeugung der weiterhin benötigten Wärmeenergie entscheidet sich die Krones AG trotz der höheren Investitionskosten für den Energieträger Gas, um so geringere Betriebskosten und eine bessere Ressourcennutzung zu erzielen.



Bild 6.4-3: Aufwändige Isolierung des Wäschers zur Reduktion der nötigen Heizenergie während der Nutzungsphase

Zur Reduktion der nicht unerheblichen Energiemengen von ca. 50 KW zur mechanischen Reinigung wurden parallel Machbarkeitsstudien zum vielversprechenden Einsatz von Ultraschall vorgenommen, die aufgrund des hohen Zeitbedarfs nicht mehr für die erste Konstruktion berücksichtigt werden konnten. Bei der Durchführung von verschiedenen Versuchsrei-

hen in einem speziellen Versuchsaufbau stellte sich heraus, dass einige im Markt verwendete Kleber mit ihren zähen, mechanischen Eigenschaften dem Prozess der Ultraschall-Reinigung widerstehen. Einschmelzproben sind im Bild 6.4-4 zu sehen. Langfristig können erhebliche Vorteile durch den Ersatz dieser Kleber durch recyclingfreundlichere Ersatzstoffe erzielt werden. Diese Veränderungen im Markt werden von der Krones AG zwar strategisch angestrebt, können bei dem Recycling des PET aber noch nicht vorausgesetzt werden. Daher schied dieses Wirkprinzip trotz der Vorteile bezüglich des benötigten Energieverbrauchs aus.

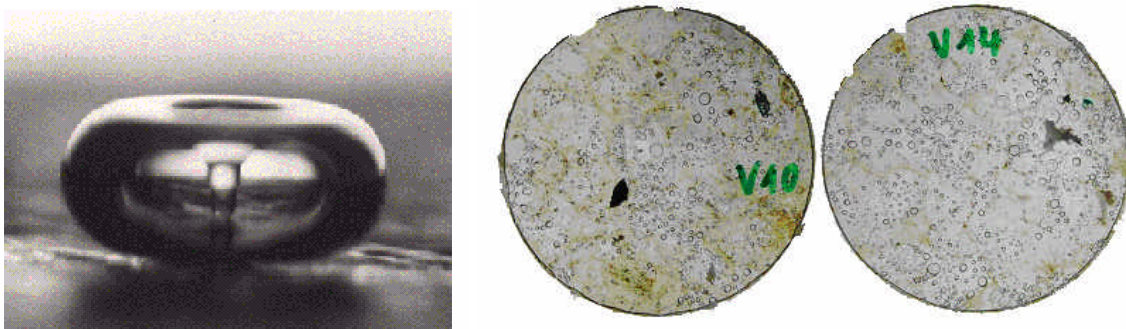


Bild 6.4-4: Einschmelzproben (PuK-Test) von Reinigungstests mit PET-Flakes (links) mit Hilfe von Kaviationsblasen (rechts) durch Ultraschall

Eine Kombination zwischen dem mechanischen Wirkprinzip und dem Einsatz von Ultraschall war aufgrund der hohen Investitionskosten nicht erstrebenswert.

Im Rahmen dieser Untersuchungen zur Reinigung mit Ultraschall wurden gleichzeitig die Messverfahren zur Beurteilung der Qualität des Reinigungsverfahrens weiterentwickelt. Diese erlaubten Untersuchungen zur Optimierung des Wirkprinzips der mechanischen bzw. hydraulischen Reinigung nach Inbetriebnahme am Wäscher.

Ein weiterer ausgewählter Lösungsansatz war die Erhöhung der Verfügbarkeit der Maschine. Dieses wurde zum einen durch eine wartungs- und instandhaltungsgerechte Konstruktion erreicht, zum anderen durch eine geringere Fehlerrate. Es wurde die Methode der Fehler-Möglichkeiten-Einfluss-Analyse (FMEA) durchgeführt, um mögliche Fehler im Voraus zu beseitigen. Auf Basis der Baustruktur und der zugehörigen Funktionen wurden mögliche Fehlfunktionen definiert und dadurch die Verfügbarkeit und der Nutzen erhöht. Ein Zwischenstand ist in Bild 6.4-5 zu sehen.

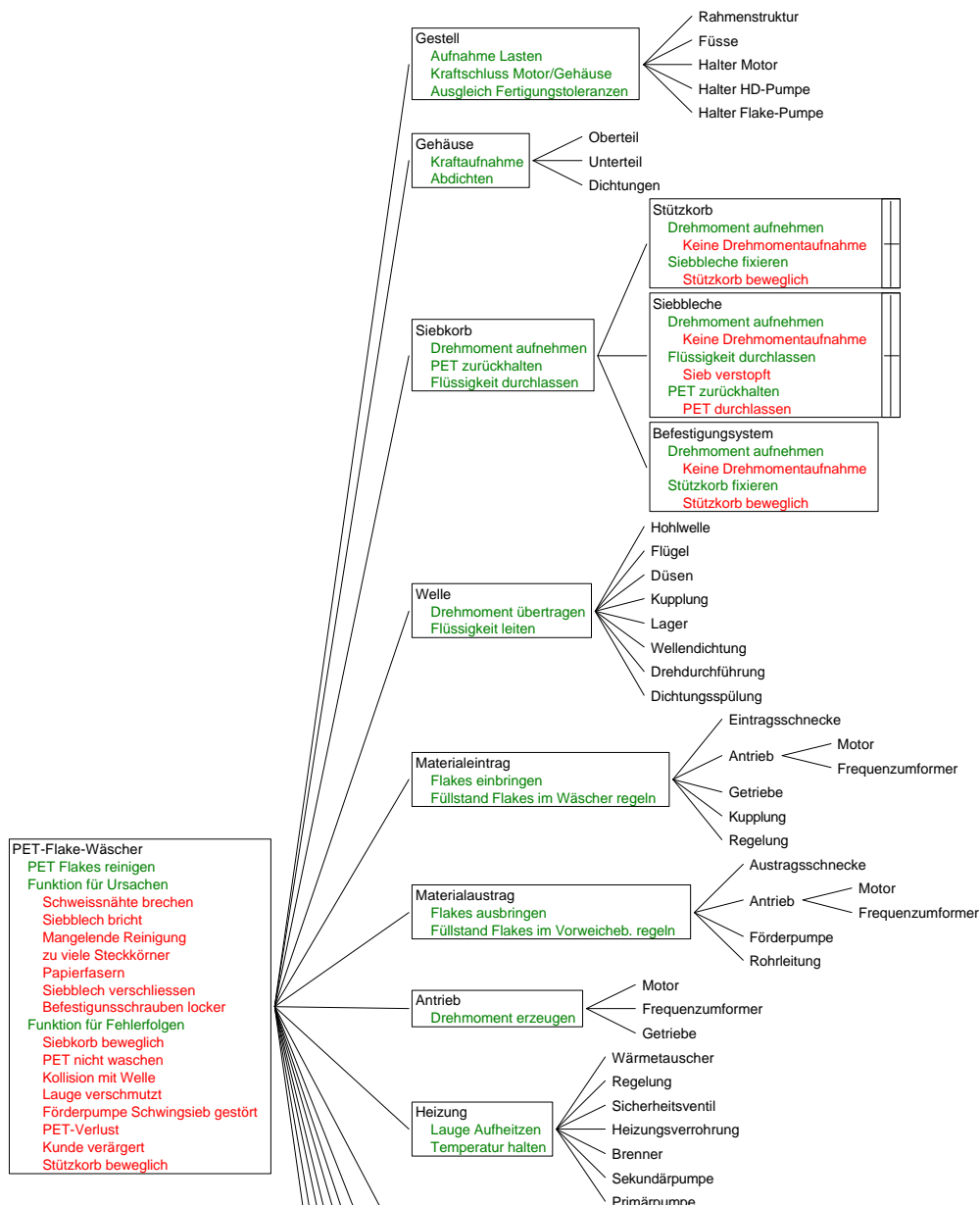


Bild 6.4-5: Baustruktur des Systems Wäscher mit zugeordneten Funktionen und einigen, möglichen Fehlfunktionen

Für jedes Bauteil wurden mögliche Fehler, die zu einer Fehlfunktion führen, gesucht und nach dem Vorgehen der FMEA bewertet und gegebenenfalls Maßnahmen entwickelt. In Bild 6.4-6 ist diese Vorgehensweise am Beispiel des Bauteils Siebblech dargestellt.

<b>F M E A</b> Konstruktion					Nummer: 1.3.2 Seite:	
Typ/Modell/Fertigung/Charge: PET-Flake-Wäscher			Sach-Nummer: Änderungsstand:		Verantwortlich: Firma:	
FMEA/Systemelement: Siebbleche			Sach-Nummer: Änderungsstand:		Verantwortlich: Firma:	
Mögliche Fehlerfolgen			Mögliche Fehlerursachen		Vermeidungsmaßnahmen	
B Mögliche Fehler			A Mögliche Fehlerursachen		E Entdeckungsmaßnahmen	
<b>Systemelement: Siebbleche</b>						
<b>Funktion: Drehmoment aufnehmen</b>						
PET nicht waschen			1 Keine Drehmomentaufnahme		Stützkorb beweglich	
Kollision mit Welle			10		Anfangsstand: 07.12.01	
					keine 1 keine 9 90	
					Anfangsstand: 07.12.01	
					keine 1 keine 10 100	
<b>Funktion: Flüssigkeit durchlassen</b>						
Lauge verschmutzt			2 Sieb verstopft		Mangelnde Reinigung	
Förderpumpe Schwingsieb gestört			2		Anfangsstand: 07.12.01	
					Kopfdüsen 2 keine 10 40	
					Anfangsstand: 07.12.01	
					keine 8 Inspektionen 6 96	
					Anfangsstand: 07.12.01	
					keine 8 Inspektionen 6 96	
<b>Funktion: PET zurückhalten</b>						
PET-Verlust			2 PET durchlassen		Siebblech bricht	
Kunde verärgert			8		Anfangsstand: 07.12.01	
					keine 1 keine 10 80	
					Anfangsstand: 07.12.01	
					keine 8 Inspektionen 6 384	
					Änderungsstand: 07.12.01	
					keine 8 Inspektionsintervalle anpassen 3 (192)	
					Verantwortlich? Verantwortlich? 3 (192)	
					Termin? unbearbeitet Termin? unbearbeitet	

Bild 6.4-6: Baustruktur des Systems Wäscher mit zugeordneten Funktionen und einigen, möglichen Fehlfunktionen

Mit der Einführung einer Bypass-Funktion wurde die Verfügbarkeit der Gesamtanlage von der des Wäschers entkoppelt. Dieses reduziert so die verursachten Umweltbeeinträchtigungen pro kg recyceltes PET.

Zur Verbesserung des Anlagenrecyclings wurde der Mix der verwendeten Materialien stark reduziert und leicht recycelbare Materialien verwendet. In der Umsetzung wurde fast ausschließlich Edelstahl eingesetzt. Aus Kostengründen ist als einzige große Baugruppe das Gerüst komplett aus Schwarzstahl. Die Konstruktion besteht aus einem optimierten Materialeinsatz und verwendet möglichst viele Gleichteile.

Als Ergebnis der ersten Entwicklung wurde die in Bild 6.4-7 dargestellte Konstruktion des PET-Flake-Wäschers gefertigt und in der Recyclinganlage in Betrieb genommen.

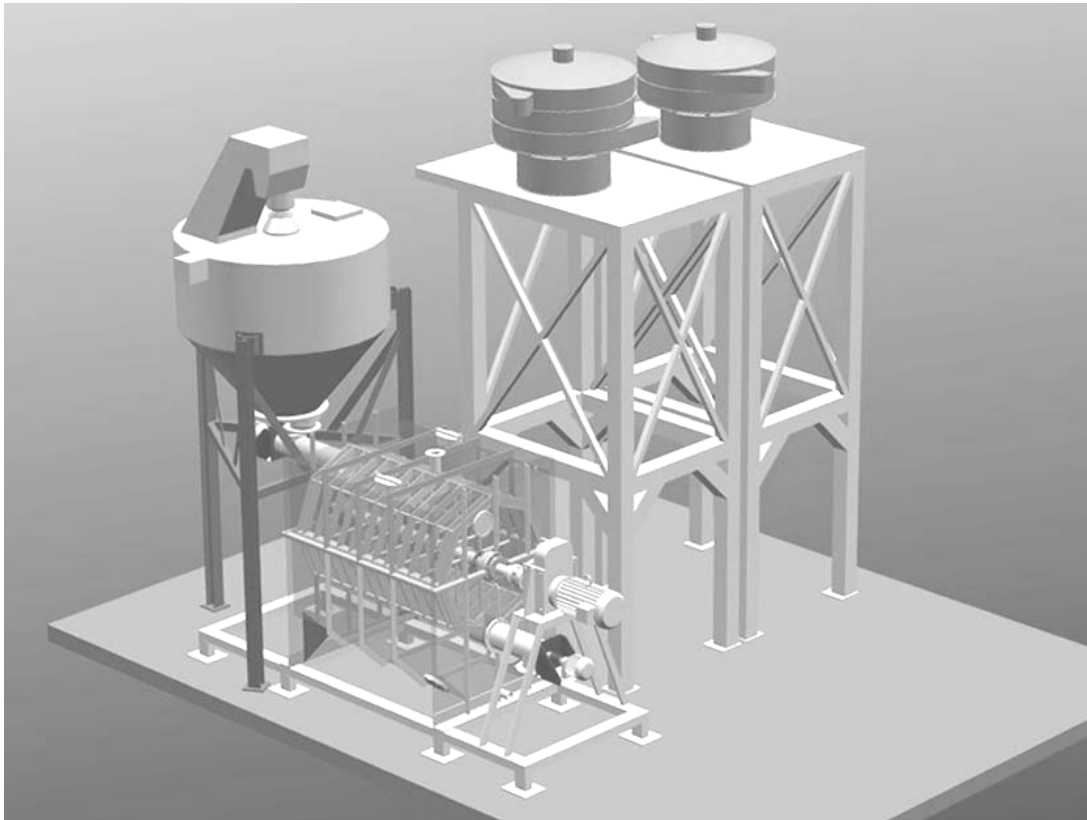


Bild 6.4-7: Konstruktion des ersten und installierten PET-Flake Wäschers

Ermutigt durch diese Ergebnisse wurde in einem zweiten Projektabschnitt ein umfassendes Redesign dieses PET-Flake-Wäschers vorgenommen, die einige der langfristigen Lösungsansätze weiterverfolgt. Aufgrund neuer oder erweiterter Erkenntnisse während der Erstellung des ersten Flake-Wäschers wurde der Schritt der Analyse des Produktlebensweges ein weiteres Mal durchgeführt. Dabei konnten die bestehenden Probleme und die Material- und Energieströme während des Produktlebensweges detaillierter bestimmt werden. Daher sind auch einige neue Lösungsansätze, z. B. die Reduktion der benötigten Betriebsmittel oder Verringerung des Teile- und Materialaufwandes, berücksichtigt.

Dazu wurden die Methoden der Funktionsanalyse nach TRIZ (Bild 6.4-9), der ablauforientierten Funktionsstruktur (Bild 6.4-8) sowie die Black-Box Methode angewandt.





Mit Hilfe eines mehrstufigen Bewertungsverfahrens unter Anwendung eines Morphologischen Kastens wurden daraus verschiedene Gesamtkonzepte erarbeitet. Ein Konzept wurde anschließend in dem grundlegend neuen PET-Flake-Wäscher umgesetzt.

Die erzielte Effizienzsteigerung ist im Vergleich zur ersten Konstruktion anhand der IPPsilon-Faktoren (vgl. S. 167) ersichtlich:

Lebensphase Herstellung, Fertigung	(IPPsilon-Faktoren)
• benötigter Bauraum :	3
• Grundflächenbedarf:	1,4
• Herstellkosten:	1,6
• Materialeinsatz:	2
Lebensphase Gebrauch, Nutzung:	
• Energieverbrauch:	1,4
• Betriebsmittel:	6,2
• Betriebskosten:	2,2
Lebensphase Entsorgung	
• einfache und sortenreine Trennung	

Die Konstruktion des PET-Flake-Wäschers nach dem Redesign ist in Bild 6.4-11 zu sehen.

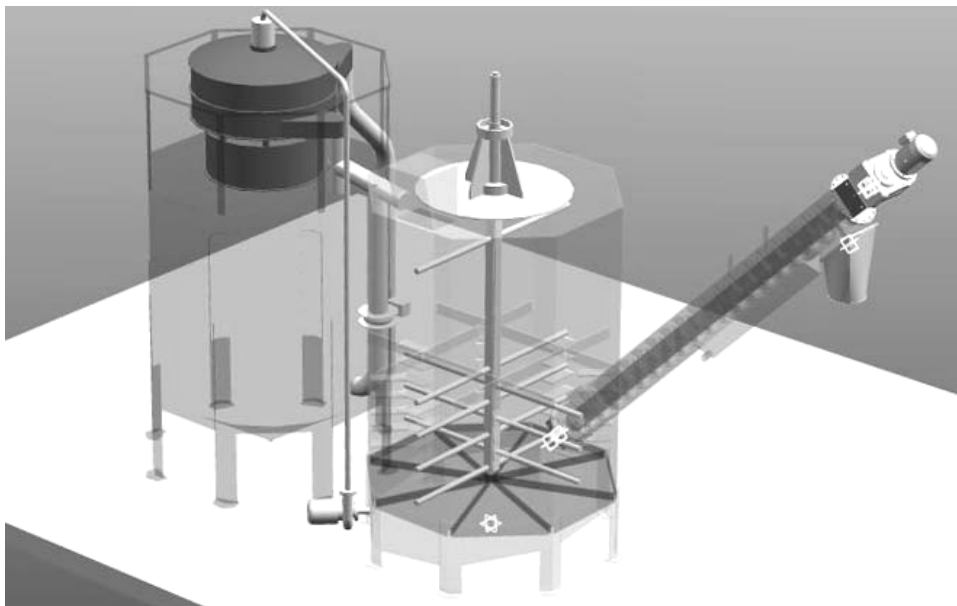


Bild 6.4-11: Konstruktion des PET-Flake-Wäschers nach dem Redesign



## 6.5 Diskussion der Praxisbeispiele mit Bezug zum Vorgehensmodell

Mit der erfolgreichen Anwendung und Verankerung der entwickelten Vorgehensweise in den Praxisbeispielen der drei Unternehmen konnte die Anwendbarkeit und die Wirkung des in Kapitel 4 entwickelten und in Kapitel 5 ausgestalteten Modells exemplarisch verifiziert werden.

In den dargestellten Entwicklungsprojekten der Industriepartner mit den unterschiedlichen Rahmenbedingungen wurde die Relevanz der in Kapitel 4.2 zusammengefassten Anforderungen an das Vorgehensmodell bestätigt. In den Projekten zeigte sich deutlich der Einfluss der Unternehmerpersönlichkeit und der von ihm geprägten Unternehmenskultur auf die Entwicklungsprozesse. Andererseits nahmen die beteiligten Entwickler eine Schlüsselrolle für den Erfolg der Projekte ein. Die Berücksichtigung der individuellen Situation und der unterschiedlichen Motivation der Entwickler waren sehr wesentliche Faktoren: Die Entwickler wiesen ein sehr unterschiedliches Know-how bezüglich der Produktentwicklung und des Methodenwissens auf. Die beobachtbaren Vorgehensweisen und die Anwendungen von Methoden waren sehr stark durch die jeweilige Persönlichkeit geprägt. Es war für eine breite Akzeptanz sehr bedeutsam, dass die Vorgehensweise diese unterschiedlichen Randbedingungen berücksichtigt. Sehr positiv wirkten sich flache Hierarchien und informelle Kommunikationswege aus. Diese ermöglichten eine zügige Klärung offener Fragen und schnelle Entscheidungen.

In den einzelnen Industrieprojekten wurde die Sinnhaftigkeit der Grundstruktur des Grundmodellentwurfs (Bild 4.3-4) bestätigt. Es zeigte sich, dass sich die einzelnen Prozesse auf den verschiedenen Ebenen stark voneinander unterscheiden und in einem gewissen Maß auch voneinander unabhängig sind. Die an den einzelnen Prozessen beteiligten Personen und die zugeordneten Rollen waren sehr unterschiedlich. Die Prozesse variierten sehr stark bezüglich der Art der Tätigkeit, des Umfangs und des betrachteten Zeithorizonts. In den Praxisbeispielen fand die Zusammenarbeit mit Lieferanten und Kunden nur aus der Sicht der Produktentwicklung und nicht aus der Sicht des Einkaufs und des Vertriebs statt. Daher sind keine Schlussfolgerungen aus den Anwendungen für die im Gesamtmodell dargestellten Prozesse der „Zusammenarbeit mit den Lieferanten“ und der „Zusammenarbeit mit den Kunden“ zu ziehen bzw. möglich.

Die Funktionen des Modells zur Verbesserung der Organisation waren im Rahmen der Organisation des Forschungsprojektes wahrzunehmen. Dabei bestätigten sich die in Kapitel 4.3.2 aufgestellten Relationen zwischen den einzelnen Funktionen sowie die Anwendbarkeit und die beabsichtigte Wirkung des Modells. Ebenfalls wurde der Nutzen eines Stufenmodells sichtbar. Die Prozesse liefen zeitlich nicht sequentiell, sondern iterativ und teilweise parallel auf den verschiedenen Stufen ab. In Abweichung zu dem aufgestellten Modell wurde die Verantwortung für die einzelnen Prozesse auf dieser Ebene zwischen dem Lehrstuhl

und den Führungskräften der beteiligten Unternehmen geteilt, wobei die endgültigen Entscheidungen von den Industriepartnern zu treffen waren. Die Moderation und die Führung bei der Ausgestaltung dieser Prozesse wurden aber durch den Lehrstuhl wahrgenommen. Daher ist für eine endgültige Verifikation dieses Modells die eigenständige Anwendung durch ein Unternehmen notwendig, in der externe Partner höchstens beratend tätig sind.

Die Darstellungen der Praxisbeispiele in den vorhergehenden Kapiteln beziehen sich größtenteils auf die Anwendung des Vorgehensmodells zur Verbesserung der Produkte. Trotz der großen Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten und den Entwicklungsprojekten zeigten sich die allgemeine Anwendbarkeit des Modells und die Erfüllung der gestellten Anforderungen. Die entwickelten Funktionsstrukturen des Vorgehensmodells erwiesen sich als sehr zweckmäßig und entsprachen den in den Projekten beobachteten Zusammenhängen. Die Anlehnung des Vorgehens an die Methoden des Kostenmanagements war sehr sinnvoll. Zum einen stieß es auf eine breite Akzeptanz der Entwickler, das Bewusstsein über den Produktlebensweg mit den einzelnen Auswirkungen auf die Kosten und die Umwelt zu erweitern sowie die bestehenden Probleme zu konkretisieren. Andererseits unterstützte das Setzen von Prioritäten und die Beschränkung auf Maßnahmen im Rahmen eines für die Entwicklungsprojekte verträglichen Umfangs die erfolgreiche Umsetzung. In den Projekten zeigte sich, dass das Stufenmodell ein reales Vorgehen darstellen kann. So wurden einzelne Bausteine mehrfach durchlaufen und es fanden gleichzeitig verschiedene Prozesse auf den einzelnen Stufen statt, die zum Teil sehr unterschiedliche Bearbeitungszeiten benötigten. Während der Bearbeitung der Projekte änderten sich die Rahmenbedingungen sehr viel häufiger als zunächst angenommen. Zum Beispiel traten Organisationsänderungen in den Unternehmen und Wechsel bei den beteiligten Entwicklern auf. Zum Teil änderten sich auch Kundenanforderungen und einzelne Entwicklungsziele für die Produkte. Besonders kurzfristig auftretende Probleme beeinflussten die geplante Vorgehensweise und veränderten kurzzeitig die Prioritäten. Für das Vorgehensmodell lassen sich daraus einige Schlussfolgerungen ableiten.

Es ist unbedingt notwendig, die Planung und Anwendung des Vorgehensmodells sehr flexibel zu gestalten. Außerdem müssen die Beteiligten sehr motiviert sein und mögliche Probleme sollten bereits im Vorfeld betrachtet werden. Bei den Entwicklern war im Projektverlauf ein kontinuierlich steigender Methodeneinsatz zu beobachten und die Akzeptanz der IPP nahm zu. Durch die aktive Teilnahme an den Projekten verbesserte sich bei den Entwicklern das Denken aus der Sichtweise des Produktlebenslaufes und das Handeln, um eine kontinuierliche Verbesserung des Produktes und der Prozesse zu erreichen.

Die Ausgestaltung des Vorgehensmodells durch anwendbare Methoden und die Unterstützung durch einzelne Hilfsmittel war für die erfolgreiche Umsetzung sehr wesentlich. Dabei zeigte sich, dass die konkrete Darstellung den Entwicklern bei ihrem Vorgehen hilft. Der Umfang soll aber am Anfang auf einige wesentliche Methoden beschränkt bleiben, um den Entwicklern vor einer zu großen Informationsflut und Wahlfreiheit zu bewahren. Erst mit

zunehmendem Verständnis und Wissen der Entwickler scheint es sinnvoll, den Umfang zu erweitern.

In den vorliegenden Praxisbeispielen wurden die Entwickler bezüglich der Methoden und Hilfsmittel durch die Mitarbeiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung beraten. Problemen bei der Auswahl, Anwendung und Adaption der einzelnen Methoden und Hilfsmittel konnten so entgegen gewirkt werden. Es ist allerdings zu bezweifeln, dass dieses auch ohne eine Beratung so reibungslos funktioniert hätte. In einer ersten Anwendung des Vorgehensmodells durch KMU ohne Beratung können gerade aus dieser Perspektive Probleme auftreten. Daher ist eine Weiterentwicklung der Ausgestaltung und Unterstützung durch Hilfsmittel für eine breite Anwendung in Unternehmen wünschenswert.

Die Praxisbeispiele zeigen auch, dass die Produkte von kleinen und mittelständischen Unternehmen im Allgemeinen hinreichend viele Potenziale für ökologische und ökonomische Win/Win-Situationen bieten. Die dabei erzielbaren ökonomischen Vorteile für das Unternehmen rechtfertigen den zu erbringenden Aufwand. Eine angemessene Einführung der Vorgehensweise und verschiedener Methoden amortisieren sich i. d. R. nach einiger Zeit.

Offen bleibt, ob sich andere Unternehmen durch die erzielten Erfolge der Praxisbeispiele überzeugen und motivieren lassen, IPP in ihrem Alltag einzuführen. Welche Probleme bei der Vermittlung & Implementierung der Vorgehensweise in KMU ohne unterstützende Beratung auftreten, ist trotz der Praxisbeispiele noch ungeklärt.

## 6.6 Zusammenfassung

Die dargestellten Fallbeispiele der drei Industriepartner zeigen, dass sich die entwickelte Vorgehensweise für die Anforderungen der Praxis mit der Entwicklung von realen Produkten sehr gut eignet und auch bei sehr verschiedenen Anwendungsszenarien in verschiedenen Branchen und Unternehmen mit Erfolg einsetzbar ist.

Zum einen wurden in den Fallbeispielen viele der in Kapitel 2 gefundenen Anforderungen und Randbedingungen bestätigt, zum anderen stellte sich heraus, dass die bewusste Integration der in der Produktentwicklung bestehenden Probleme für den Erfolg noch wichtiger ist als zunächst angenommen. Auch die Berücksichtigung der individuellen Situation und die verschiedenen Motivationen der Entwickler mit ihrem unterschiedlichen Know-how bezüglich der methodischen Produktentwicklung und ihren sehr verschiedenen Methodenwissen wirkte sich sehr positiv auf das Ergebnis und die Akzeptanz der angewandten Vorgehensweise aus.

Die Erfahrungen mit den einzelnen Teilnehmern offenbaren, dass sich eine anfängliche Skepsis gegenüber einer politischen, abstrakt formulierten Strategie mit den ersten Erfolgen zu einer festen Überzeugung vom Sinn der IPP wandeln kann.

Die dargestellten Fallbeispiele zeigen, dass mit einem vertretbaren Aufwand sehr gute Verbesserungen zum Wohle der Umwelt und der Gesellschaft, aber auch besonders zum wirtschaftlichen Nutzen des Unternehmens erzielt werden können. Aufgrund der vergleichbaren Erfahrungen bei sehr unterschiedlichen Unternehmen und Produktbeispielen ist anzunehmen, dass sich diese Ergebnisse und die gute Einsatzmöglichkeit auch auf andere Unternehmen und Produktarten übertragen lassen.

---

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

*Zum Abschluss soll im folgenden Kapitel noch einmal ein kurzer Überblick vermittelt und die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst werden. Daran anschließend wird ein kurzer Ausblick auf weitere, in der Zukunft mögliche Forschungsfragen und -themen gegeben.*

### 7.1 Zusammenfassung

Die neue Umweltstrategie der Integrierten Produktpolitik auf der Ebene der Europäischen Union fordert von den kleinen und mittelständischen Unternehmen verstärkt eine neue, eigenverantwortliche und produktbezogene Verbesserung der Nachhaltigkeit. Die Unternehmen werden damit vor die Herausforderung gestellt, eigenständig einen Weg als Antwort auf diese neuen Anforderungen zu finden. Bei den abstrakten Vorgaben und der stetigen Weiterentwicklung durch die politischen Akteure stellt die Einführung der IPP für die Unternehmen in Anbetracht der geringen finanziellen und personellen Ressourcen ein schwer zu überwindendes Problem dar. In der Konsequenz werden die Unternehmen die IPP so nur sehr selten erfolgreich umsetzen.

Ziel der Arbeit ist es daher, den KMU einen geeigneten Weg zur Einführung der IPP aufzuzeigen, der die speziellen Bedürfnisse von Unternehmen dieser Größe berücksichtigt. Ihnen soll eine individuelle Unterstützung bei der Entscheidung gegeben werden, ob und wie sie die IPP einführen. Zudem werden weitergehende Hinweise und Hilfen zur Organisation und Unterstützung des Umsetzungsprozesses gegeben.

In einem ersten Schritt geht es um die Vermittlung der wichtigen Hintergrundinformationen zur Integrierten Produktpolitik, die den Unternehmen einen Einstieg in die Thematik ermöglichen. Es werden die gestellten Anforderungen der politischen Akteure an die Industrie dokumentiert, die zugleich auch eine Grundlage für den zu findenden Lösungsweg darstellen. Dann werden die Rolle und die gegebenen Randbedingungen der KMU detailliert untersucht, um ein besseres Verständnis zu den typischen Bedürfnissen dieser Unternehmensgruppe zu erhalten. Daraus lassen sich viele Erkenntnisse und Anforderungen an einen Lösungsweg ableiten. Auf der Suche nach vorhandenen Lösungen für die Umsetzung der Integrierten Produktpolitik und dem aktuellen Stand der Forschung werden eine Vielzahl von Projekten und einzelnen Lösungen gefunden und übersichtlich dargestellt. Eine an der Integrierten Produktpolitik interessierte Person kann sich somit schnell einen guten Überblick über relevante Forschungen und gefundene Lösungsansätze verschaffen. Ohne diese Über-

sicht ist es nur mit sehr viel Aufwand möglich, die Vielzahl der verschiedenen Aktivitäten zu erfassen und bezüglich der Relevanz zur Themenstellung zu beurteilen. Andererseits wird deutlich, dass die KMU auf keine vorhandenen Lösungen zurückgreifen können, um die an sie gestellten Anforderungen zu erfüllen und um ihre besonderen Randbedingungen zu berücksichtigen.

Für die systematische Entwicklung eines Vorgehensmodells als Lösungsweg für die KMU fehlen Hinweise aus der Literatur zu einer systematischen Vorgehensweise. Diese Lücken werden durch das Aufstellen eines Phasenmodells für das Vorgehen bei der Entwicklung und eines Ebenenmodells für Vorgehensmodelle geschlossen, nachdem zuvor der allgemeine Einsatz von Vorgehensmodellen in der Produktentwicklung betrachtet wurde.

Auf Basis dieser inhaltlichen und methodischen Grundlagen wird ein einfaches Vorgehensmodell für die Einführung der Integrierten Produktpolitik in KMU konzipiert und entworfen. Es besteht aus einem Gesamtmodell mit fünf wesentlichen Prozessen, die den verantwortlichen Funktionsträgern im Unternehmen und den verschiedenen Ebenen des Unternehmensalltags zugeordnet sind. Aufgrund der überragenden Bedeutung werden für die Prozesse zur Verbesserung der Organisation und zur Verbesserung der Produkte eigenständige Vorgehensmodelle entwickelt. Das Modell zur Verbesserung der Organisation berücksichtigt insbesondere die gewonnenen Erkenntnisse bei der Recherche, wie Methoden optimal zu implementieren sind. Das Modell zur Verbesserung der Produkte basiert wesentlich auf die Gemeinsamkeiten zwischen Kosten und Umweltbeeinträchtigungen als Relationseigenschaft der zu entwickelnden Produkte und der Übertragung von erfolgreichen Wirkprinzipien aus den Methoden des Kostenmanagements. Für die beiden Prozesse entstehen zwei einfache und leicht zu erfassende Modelle, die wie ein Baukasten aus sechs einzelnen Bausteinen bestehen und in drei Stufen angeordnet sind. Diese Form vereinfacht die geforderte flexible Anpassung an die aktuelle Situation und ermöglicht die Strukturierung verschiedener, parallel verlaufender Prozesse auf den verschiedenen Stufen. Die einzelnen Bausteine werden für eine leichte Anwendbarkeit weiter detailliert und erläutert.

Zur Ausgestaltung des Vorgehensmodells und Unterstützung einer Umsetzung in den Unternehmen werden den einzelnen Bausteinen zielführende Fragestellungen und geeignete Methoden zugeordnet. Es werden eine Reihe von Hilfsmitteln vorgestellt, die eine Einführung der IPP effektiv und effizient unterstützen können.

An Hand von drei Fallbeispielen in der Praxis dreier Industriepartnern wird die entwickelte Vorgehensweise auf ihre Praxistauglichkeit untersucht und getestet. Es wird festgestellt, dass die entwickelte Vorgehensweise für die Anforderungen der Praxis mit der Entwicklung von realen Produkten sehr gut geeignet und auch bei sehr verschiedenen Anwendungsvarianten in verschiedenen Branchen und Unternehmen mit Erfolg einsetzbar ist. Die dargestellten Fallbeispiele zeigen, wie mit einem vertretbaren Aufwand sehr gute Verbesserungen

zum Wohle der Umwelt und der Gesellschaft, aber auch besonders zum wirtschaftlichen Nutzen des Unternehmens erzielt werden können.

Diese Anwendungen in der Praxis können anderen Unternehmen als konkrete Beispiele für die Möglichkeiten und Potenziale einer Einführung der IPP dienen und zum Handeln motivieren.

## 7.2 Ausblick

Diese Arbeit zeigt einen geeigneten Weg zur Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen auf. Eine Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmen dabei die Qualität und die Beständigkeit der Einführung und Anwendungen. Bei diesem Umfang von zu beachtenden Aspekten konnten nicht alle Fragen umfassend beantwortet werden. Dieses bietet Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsaktivitäten. Zum einen kann näher untersucht werden, inwiefern Unternehmer einem Wandel und neuem Denken offen gegenüberstehen und wie die Einflüsse der individuellen Persönlichkeiten zu berücksichtigen sind. Nähere Kenntnisse über den individuellen Ablauf der Evaluation der Integrierten Produktpolitik durch den Unternehmer, von der Willensbildung bis zum Handeln können für eine weitere Verbreitung entscheidend sein.

Darüber hinaus kann untersucht werden, wie die einzelnen Personen bei der Umsetzung der IPP noch besser durch Hilfsmittel unterstützt werden können. Es hat sich gezeigt, dass mit der zunehmenden Reduktion des Aufwands die Akzeptanz zur Umsetzung und der Erfolg stark zunimmt. Dies kann durch die schnelle Verfügbarkeit von Informationen über geeigneten Methoden und Strategien sowie die Unterstützung von kompetenten Anwendern erzielt werden. Dabei ist die Gefahr zu vermeiden, dass der Anwender durch einen steigenden Komplexitätsgrad mit der Einführung der Hilfsmittel zu sehr belastet wird.

Bezüglich der Bewertung der gesellschaftlichen Auswirkungen von Produktverbesserungen hat sich gezeigt, dass diese für die Anwender z. T. noch aufwendiger zu erfassen und zu beurteilen sind als die Umweltauswirkungen. Es sind dafür nur wenige geeignete und unterstützende Methoden verfügbar.

Darüber hinaus gibt es wenige Hinweise, wie eine Kooperation zwischen den verschiedenen Akteuren im Produktlebenszyklus im Sinne der IPP optimal zu gestalten ist und die Probleme zwischen den Beteiligten mit ihren sehr unterschiedlichen Motivationen und Interessen zu berücksichtigen sind.

Auf der anderen Seite wird in dieser Arbeit die Frage aufgeworfen, wie bei der systematischen Entwicklung von Vorgehensmodellen vorzugehen ist. Diese Frage wird nur in dem Umfang beantwortet, die zur Erreichung des gesetzten Ziels notwendig ist. Darüber hinaus sind viele weitergehende Fragen sinnvoll, die sich aus der Analogie zwischen der intensiv

erforschten Produktentwicklung und der weniger beachteten Methodenentwicklung ergeben. Es können z. B. verschiedene Methoden auf ihre Eignung für einen Entwicklungsprozess untersucht oder die verschiedenen Wirkprinzipien von Methoden gesammelt und strukturiert werden. Eine Untersuchung der verschiedenen Prinzipien zur Strukturierung von Methoden auf der Wirkstrukturebene kann nützliche Erkenntnisse für die zukünftige Entwicklung neuer Methoden und Strategien ergeben. Ein weiterer interessanter Aspekt dieser neuen Sichtweise ist der Einfluss auf die Adaption von Methoden an veränderte Randbedingungen und Ziele.



---

## 8 Literatur

ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D.B.:

Innovationen durch kleine Unternehmen,  
Berlin: (Eigenverlag) 1992

ADAMS, M.; BÖHLKE, U.; EVERSHEIM, W.:

Die Auswahl des „richtigen“ Produktionswerkstoffes – Neue ökonomie- und ökologieorientierte Bewertungsmethoden. VDI Berichte Nr. 1080: Leichtbaustrukturen und leichte Bauteile. S. 669-676  
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1994

AIGINER, K.; TICHY, G.:

Die Größe der Kleinen. Die überraschenden Erfolge kleiner und mittlerer Unternehmungen in den achtziger Jahren.  
Wien: (Eigenverlag) 1984

ALBRECHT, T.:

Erstellung von Substitutionskriterien für Verfahren und Werkstoffe.  
In: VDI-Z Integrierte Produktion, Sonderpublikation „Energie- und Rohstoffeinsparung – Methoden für ausgewählte Fertigungsprozesse“, S. 55-90, SFB 144  
Aachen: VDI-Verlag 1996

ALTFahrzeugG:

Gesetz über die Entsorgung von Altfahrzeugen,  
Altfahrzeug-Gesetz (AltfahrzeugG). 21. Juni 2002

ALTFahrzeugV:

Verordnung über die Überlassung und umweltgerechte Entsorgung von Altfahrzeugen,  
Altfahrzeug-Verordnung(AltfahrzeugV). 21. Juni 2002

ALTING, L.; JØRGENSEN, J.:

The Life Cycle Concept as a Basis for Sustainable Industrial Production,  
In: Annals of the CIRP Vol. 42/1, 1993

ALTING, L.; LENAU, T.:

The Missing Element in Design for Manufacturing,  
In: Annals of the CIRP Vol. 45/1, 1996

ANDERL, R.; DAUM, B.; JOHN, H. (1997A):

Cooperative product data modelling in life cycle networks.  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.) Proceedings of the IFIP WG5.3 4th International Seminar on Life-Cycle Engineering - Life Cycle networks, Berlin, S. 435-446  
London: Chapman&Hall, 1997

ANDERL, R.; DAUM, B.; JOHN, H.; PÜTTER, C.(1997B):

Entwicklung einer Umweltdatenbank für eine rechnergestützte Konstruktionsumgebung, Umweltinformatik 97. Internationales Symposium der Gesellschaft für Informatik  
Straßburg: 1997

ANDERL, R.; DAUM, B.; JOHN, H.:

Life Cycle Management: Voraussetzung für die Entwicklung umweltgerechter Produkte.

In: SFB 392 (Hrsg.): Tagung „Verantwortung Umwelt – Herausforderung für die Produktentwicklung der Zukunft“, Darmstadt, 05.12.2000

Darmstadt: TU (Eigenverlag) 2000, S. 33-39

ASHBY, M.:

Materials Selection and Process in Mechanical Design.

Oxford: Butterworth Heinemann 1999

ATIK, A.:

Methode des Kumulierten Energieaufwandes (KEA).

In: Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D.: Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfaden für Entwicklung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung

Berlin: Beuth, November 2001

BATHE, J.; BÖNKER, T.; BRACKE, S. ; FETTING, T.; HESSE, P.; PFEIFFER, B. G.:

Leitfaden für die kreislaufgerechte Konstruktion – Produktgruppe Pumpen und Kompressoren.

Entstanden während des BMBF-Verbundprojektes „KOMTEG – Modulares System zur Kreislaufführung komplexer technischer Gebrauchsgüter – Produktgruppe Pumpen und Verdichter“ im Rahmen von

„Produktion 2000 – Wirtschaften in Kreisläufen“.

Dortmund: Univ. 1999.

BAYFORREST (HRSG.):

Integrierte Produktpolitik (IPP) – Von der Entwicklung bis zur Entsorgung

Umdruck zum Workshop und Symposium in Nürnberg, 2000

BEITZ, W.:

Möglichkeiten zur material- und energiesparenden Konstruktion.

In: Konstruktion 42,

Düsseldorf: Springer 1990

BEITZ, W.:

Recyclinggerechtes Konstruieren

In: Hubka, V. (Ed): Proc. Of ICED 91, Vol.2, Zürich, 27.-29.08.1991

Zürich: Edition Heurista 1991, pp. 803-810. (Schriftenreihe WDK 20)

BEITZ, W.:

Design for Ease of Recycling – General Approach and Industrial Application.

In: Roozenburg, N. (Hrsg.): Proceedings of ICED 93, Vol.3, S. 731-738

Zürich: Edition Heurista 1993

BEITZ, W.:

Recyclinggerechtes Gestalten.

In: Nickel, W.(Hrsg.): Recycling-Handbuch, Strategien – Technologie – Produkte

Düsseldorf: VDI Verlag, 1996

BEHRENDT, S.:

Anwendung von Ökobilanzen bei komplexen technischen Produkten am Beispiel von Fernsehgeräten,

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU, Hrsg.): Produktbezogene Ö-

kobilanzen IV, Seminar 48 der UTECH Berlin, S. 119-138

- BESKOW, C.; JOHANSSON, J.; NORELL, M.:  
Changing the product development process: a study of four QFD implementations.  
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Eds.): Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference of Engineering Design ICED, Vol. 2, München, 24.-25.08.1999.  
München: TU 1999, pp. 1065-1068 (Schriftenreihe WDK 26)
- BERG, H.:  
Wettbewerbspolitik,  
In: Vahlens Kompendium der Wirtschaftspolitik und Wirtschaftstheorie, Bd. 2, 4. Auflage  
München: 1990
- BEY, N.; LENAU, T.; LARSEN, M.:  
Oil Points – Life Cycle Evaluations without the Data Problem.  
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Eds.): Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference of Engineering Design ICED, Vol. 2, München, 24.-25.08.1999.  
München: TU 1999, pp. 1065-1068 (Schriftenreihe WDK 26)
- BHAMRA, T.; MC ALOONE, T.; EVANS, S.:  
Organisational requirements for achieving Environmental Conscious Design.  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.) Proceedings of the IFIP WG5.3 4th International Seminar on Life-Cycle Engineering - Life Cycle networks, Berlin, S. 121-131  
London: Chapman&Hall, 1997
- BICHLMAIER, C.:  
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen.  
München: Utz 2000
- BIMSCHG:  
Zweites Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 4. Oktober 1985, BGBl. I S. 1950, geändert am 29. November 1986, BGBl. I S. 2090
- BIRKHOFFER, H. (2000A):  
SFB 392 – Entwicklung umweltgerechter Produkte.  
In: SFB 392 (Hrsg.): Tagung „Verantwortung Umwelt – Herausforderung für die Produktentwicklung der Zukunft“, Darmstadt, 05.12.2000  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 2000, S. 2-9
- BIRKHOFFER, H. (2000B):  
Sonderforschungsbereich SFB 392 – Entwicklung umweltgerechter Produkte.  
In: Verantwortung Umwelt – Herausforderung für die Produktentwicklung der Zukunft, Sonderbeilage zur Konstruktion Nr. 5 2000, S. 3-4, Darmstadt, 2000
- BMU (HRSG.):  
Umweltpolitik – Agenda 21,  
Berlin: BMU 1992
- BMU (HRSG.):  
Umweltbewusstsein in Deutschland,  
Bonn: BMU 1996
- BMU (HRSG.):  
Umwelt Nr. 6 /1999 – Sonderteil: Informelles EU-Umweltministertreffen in Weimar vom 7. bis 9. Mai 1999  
Berlin: BMU 1999

- BMU (HRSG.):  
Die Geschichte des BMU – 15 Jahre Bundesumweltministerium – Rückschau und Ausblick  
Berlin: BMU 2001
- BMU (HRSG.):  
Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung  
Berlin: BMU 2002
- BMU (HRSG.):  
Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung  
Berlin: BMU 2004
- BMW i (HRSG.):  
Unternehmensgrößenstatistik  
Bonn: BMW i 1993
- BÖHLKE, U.:  
Rechnerunterstützte Analyse von Produktlebenszyklen.  
Aachen: Shaker 1994
- BOLLMANN, J.:  
Konzeption und Entwicklung des internetgestützten Recyclinginformationssystems IQRIS.  
In: SFB 392 (Hrsg.): Entwicklung umweltgerechter Produkte. Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente. Colloquium, TU Darmstadt 03./04.11.1998.  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 1998, S. 30-32.
- BONACCORSI, A.; MANFREDI, E.:  
Design methods in practice: a survey on their adoption by the mechanical industry  
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Eds.): Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference of Engineering Design ICED, Vol. 1, S. 413-416, München, 24.-25.08.1999.  
München: TU 1999, (Schriftenreihe WDK 26)
- BONIFAZI, G.; DALMYN, W.; FRAUNHOLZ, N.; MASSACCI, P.; MILLEFIORI, C.; REM, P.:  
Aluminium Scraps Characterisation by Digital Imaging Techniques.  
In: Conference R'2000 – Recovery, Recycling, Re-integration, 5<sup>th</sup> World Congress on Integrated Resources Management and Envirotech Trade Show, Toronto (Canada), 05.-09.06.2000.  
Zürich: PEAK Ltd. 2000. (CD-ROM)
- BRANDRUP, J.:  
Die Wiederverwertung von Kunststoffen  
München, Carl Hanser, 1995
- BRAUNSCHWEIG, A.:  
MIPS versus Life Cycle Assessment – An alternative?  
In: Braunschweig et al.: Developments in LCA Valuation, Institut für Wirtschaft und Ökologie,  
St. Gallen: Hochschule St. Gallen, 1996
- BRAUN, T.; LINDEMANN, U.:  
Supporting the selection, adaptation and application of methods in product development  
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the 14th International Conference on Engineering Design 2003 (ICED03), 19.-21.08.2003.  
Stockholm: Design Society 2003
- BRINKMANN, T.; EHRENSTEIN, G. W.; STEINHILPER, R.:  
Umwelt- und Recyclinggerechte Produktentwicklung.  
Augsburg: WEKA 1995.

- BUCHHOLZ, C.:  
DEMROP Plus – Design and Evaluation Method for the Recyclability of Electomechanical Products  
In: Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D.: Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfa-  
den für Entwicklung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung  
Berlin: Beuth, November 2001
- BURKHARDT, R.:  
UML- Unified Modeling Language: Objektorientierte Modellierung für die Praxis  
Bonn: Addison-Wesley-Longmann, 1997
- BUWAL (HRSG.):  
IPP-Aktivitäten in der Schweiz  
[[http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_produkte/strategie/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_produkte/strategie/index.html), 2004]
- CADUFF, G.; ZÜST, R. :  
Steigerung der Öko-Performance in der Produktentwicklung  
In: Konstruktion 19, S. 40-44  
Düsseldorf: Springer 1997
- CAMPUS (HRSG.):  
Homepage der CAMPUS-Materialbank.  
[<http://www.campusplastics.com>, 2004]
- CEYP, M.:  
Ökologieorientierte Profilierung im vertikalen Marketing, Dissertation,  
Münster: Universität Münster 1996
- CFSD [THE CENTRE FOR SUSTAINABLE DESIGN] (HRSG.):  
Background Information on Integrated Product Policy,  
[<http://www.cfsd.org.uk/ipp-epd/index.html>, 2.5.2003]
- CFSD (HRSG.):  
Übersicht über Arbeiten und Aktivitäten des englischen “Centre for Sustainable Product Design”  
[<http://www.cfsd.org.uk/ipp-epd/index.html>, 2004]
- CHEN, R.:  
A method and case study of integration engineering analysis with LCA for material selection and its  
uncertainty. In: Proceedings of the IEEE 1995 International Conference on Clean Electronics, Products  
and Technology (Concept), Venue, S. 88-93, 1995
- CLAUSEN, J.:  
Systematische Entwicklung von Umweltzielen für die Produktkonstruktion.  
Konstruktion 47, Berlin: Springer 1995, S. 250-254
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.):  
Enterprises in Europe. Second Report  
Brüssel: COM 1992
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.):  
Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung. Herausforderungen der Gegenwart und Wege in 21.  
Jahrhundert. Richtlinie 94/8/EG  
Brüssel: COM 1994
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.):  
Study on different types of Environmental Labelling (ISO Type II and III Labels)  
Brüssel: COM 2000

- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.) (2001A):  
Green Paper on the Contribution of Product-Related Environmental Policy to Sustainable Development-  
A Strategy for an Integrated Product Policy Approach in the European Union  
Brüssel: COM 2001
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.) (2001B):  
Summary of Discussions at the 2<sup>nd</sup> Integrated Product Policy Expert Workshop – Environmental Prod-  
uct declaration (ISO 14025 Technical Report)  
Brüssel: COM 2001
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.) (2001C):  
Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.03.2001 über die  
freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement  
und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS)“, Abl. EG L114/1 vom 24.4.2001  
Brüssel: COM 2001
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.):  
Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Integrierte Produktpolitik –  
Auf den ökologischen Lebenszyklus-Ansatz bauen  
Brüssel: COM 2003
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (HRSG.):  
IPP-Aktivitäten der DG Umwelt der EU  
Brüssel: COM 2004  
[<http://www.europa.eu.int/comm/environment/ipp>]
- COPPENS, C.; LE CQU, M.; MILLET, D.; MICHAUD, P.:  
Design for Recovery Methodology.  
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Eds.): Proceedings of the 12<sup>th</sup> Interna-  
tional Conference of Engineering Design ICED, Vol. 2, München, 24.-25.08.1999.  
München: TU 1999, pp. 1065-1068 (Schriftenreihe WDK 26)
- COSTA, G.J.; GOUVINHAS, R.P.:  
Ecodesign strategies and the product development process within northeast SME Brazilian companies,  
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the 14th International  
Conference on Engineering Design 2003 (ICED03), 19.-21.08.2003.  
Stockholm: Design Society 2003
- CRONE, J.; DIETRICH, K.-H.; DORN, TH.; MÖRTL, M.; RATH, S.:  
ProMeKreis – Konstruktionsleitfaden; ein kompaktes Hilfsmittel für die recyclinggerechte Produktent-  
wicklung.  
In: Recyclingorientierte Entwicklung technischer Produkte 2000 – Management komplexer Zielkonflik-  
te, Fellbach, 15./16.11.2000.  
Düsseldorf: VDI 2000, S. 43-49. (VDI-Berichte 1570)
- DAENZER, W. F.; HUBER, F. (HRSG.):  
Systems Engineering – Methodik und Praxis.  
Zürich: Industrielle Organisation 1999
- DANNHEIM, F.:  
Die Entwicklung umweltgerechter Produkte im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie – Eine  
Analyse unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsphase  
Fortschrittsbericht VDI-Reihe 1 Nr. 320. Düsseldorf: VDI Verlag 1999

- DEFRA (HRSG.):  
IPP-Aktivitäten in Großbritannien  
[<http://www.defra.gov.uk/environment/consumerprod/index.htm>, 2004]
- DETZER, K.; DIETZFELBINGER, D.; GRUBER, A.; UHL, W.; WITTMANN, U.:  
Nachhaltig Wirtschaften – Expertenwissen für umweltbewusste Führungskräfte in Wirtschaft und Politik Augsburg: Kognos 1999
- DEUSE, J.:  
Fertigungsfamilienbildung mit feature-basierten Produktmodelldaten.  
Aachen: RWTH Aachen 1998
- DEUTSCHER INDUSTRIE- UND HANDELSTAG  
2001.  
[URL:<http://www.diht.de>]
- DIETRICH, K.-H.; DORN, T.; MÖRTL, M.; RATH, S.:  
Leitfaden zur recyclinggerechten Produktentwicklung.  
Entstanden während des BMBF-Verbundprojektes „ProMeKreis“ im Rahmen von „Produktion 2000 – Wirtschaften in Kreisläufen“, Laufzeit 11/1996- 02/2000.  
München: TU 2000
- DIN 2330:  
Begriffe und Benennungen  
Berlin: Beuth 1979
- DIN 54840:  
Kunststoffe – Kennzeichnung von Kunststoffteilen  
Berlin: Beuth 1990
- DIN EN ISO 8402:  
Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung - Begriffe  
Berlin: Beuth 1994
- DIN EN ISO 14.001:  
Umweltmanagementsysteme – Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung  
Berlin: Beuth 1996
- DIN EN ISO 14.040:  
Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Deutsche Fassung EN ISO 14.040  
Berlin: Beuth 1997
- DIN EN ISO 14.041:  
Umweltmanagement – Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. Deutsche Fassung EN ISO 14.041  
Berlin: Beuth 1998
- DIN EN ISO 14.042:  
Umweltmanagement – Ökobilanz – Wirkungsabschätzung. Deutsche Fassung EN ISO 14.042  
Berlin: Beuth 2000
- DIN EN ISO 14.043:  
Umweltmanagement – Ökobilanz – Auswertung. Deutsche Fassung EN ISO 14.043  
Berlin: Beuth 2000

- DOMEYER, V.; FUNDER, M. :  
Kooperation als Strategie – Eine empirische Studie zu Gründungsprozessen, Bestandsbedingungen von Kleinbetrieben,  
Darmstadt: 1991
- DROSDOWSKI, G.:  
Duden „Fremdwörterbuch“, d. Standardwerk zur dt. Sprache  
Mannheim: Bibliographisches Institut 1982
- ECODESIGN TU-WIEN (HRSG.):  
Software-Tools. ECODESIGN Informationsknoten,  
Wien: TU 2004  
[<http://www.ecodesign.at/information/anwendung/software/index.de.html>, 2004]
- ELFGEN, R.; KLAEILE, B.:  
Unternehmensberatung – Angebot, Nachfrage, Zusammenarbeit  
Stuttgart: 1987
- ELLENBERG, H.:  
Ökosystemforschung,  
Berlin: Springer 1973
- ENGELMANN, F.:  
Produktplanung und Produktentwicklung in kleinen und mittleren Unternehmen, Schriftenreihe Produktentwicklung/Konstruktionstechnik Band 1/99  
Aachen: Shaker, 1999
- ENSELING, A.:  
Selbstverantwortlicher Umweltschutz in KMU aus unternehmensethischer Perspektive.  
In: UmweltWirtschaftsForum, 9.Jg.; H.1, 2001
- ERHLENSPIEL, K.:  
Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion,  
München: Hanser 1995
- ERHLENSPIEL, K.:  
Integrierte Produktentwicklung,  
München: Hanser 2003
- ERHLENSPIEL, K.; KIEWERT, A.; LINDEMANN, U.:  
Kostengünstiges Entwickeln und Konstruieren: Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung. 3. bearb. Auflage  
Berlin: Springer 2000
- ERNSTER; YOUNG (HRSG.):  
European Commission: Integrated Product Policy – Final Report.  
o. O. 1998
- EVERSRSEIM, W.; BINDING, J.; ERKES, K.:  
In der Fertigung Energie und Rohstoffe einsparen – Substitutionssystematik als Hilfsmittel  
In: VDI-Z 127 Nr.13, S. 500-504, 1985
- EVERSRSEIM, W.; BÖHLKE, U.; ADAMS, M.:  
Die Auswahl des “richtigen” Produktionswerkstoffes  
In: VDI-Z 136 Nr.4, S. 118-121, 1994



- FELDMANN, K.; MEEDT, O.:  
Innovative Tools and systems for Efficient Disassembly Processes,  
In: 3<sup>rd</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering “ ECO-Performance, S. 229-236  
Zürich, Industrielle Organisation 1996
- FELDMANN, K.; MEEDT, O.; TRAUTNER, S.; MEERKAMM, H.; ROSEMAN, B.:  
Entwicklung einer Design-Disassembly Verfahrenskette auf Basis einer recyclingrelevanten Produkt-  
kennzeichnung. BayFORREST-Forschungsvorhaben F74(F).  
In: Wilderer, P. A.; Tartler, D. C. (Hrsg.): BayFORREST Statusbericht 2000.  
Garching: Eigenverlag 2000, S. 129-142. (Berichtsheft 11)
- FELDMANN, K.; TRAUTNER, S.:  
IPP-Med: IPP in der Medizintechnik.  
Erlangen: Univ. 2002.  
[URL: <http://www.fapS.uni-erlangen.de/ippmed/>, 2002]
- FIEDLER, H.; GROBE, H.; LEHMANN, G.; MITTAG, M.:  
Umweltschutz – Grundlagen, Planung, Technologie, Management,  
Stuttgart: Fischer Verlag Jena 1996
- FISCHER, D.; GERLACH, B.; LÖFFLER, TH.; MANN, H.; SEIDEL, TH.; WENZIG, G.:  
KreisSOMA – Kreislaufgerechte Gestaltung und Nutzung von Sonder- und Spezialmaschinen mit Flexi-  
bilisierung der Lebensdauer. BMBF-Projekt im Rahmen von „Produktion 2000 – Wirtschaften in Kreis-  
läufen“.  
Chemnitz: TU 2000. (Kurzbericht zum Forschungsprojekt und Hypertext-Informationssystem auf  
CD-ROM)  
[veröffentlicht auch im WWW unter URL: <http://www.tu-chemnitz/kreisoma/>]
- FLEISCHER, G.:  
Der ökologische Break-even-point für das Recycling,  
In: Thomé-Kozemiensky (Hrsg.): Modelle für eine zukünftige Siedlungsabfallwirtschaft,  
Berlin: EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, 1993
- FLEISCHER, G.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G.; SCHILLER, U.:  
Life Cycle Design and Life Cycle Costing.  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.): LIFE CYCLE NETWORKS – Proceedings of the CIRP 4<sup>th</sup> Interna-  
tional Seminar on Life-Cycle Engineering. Berlin; Germany, S. 107-120  
London: Chapman&Hall, 1997
- FRANK, E. (HRSG.):  
Forschungsvorhaben „Strategien zur Nutzungsintensivierung und Lebensdaueroptimierung von Produk-  
ten – Problemstellung, abgeschlossene und laufende Forschungsvorhaben, weiterer Forschungsbedarf“.  
Freiberg: TU Bergakademie, Lehrstuhl für allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Industrie-  
betriebslehre, Produktionswirtschaft und Logistik.  
[URL: <http://www.wiwi.tu-freiberg.de/iblneu/dfg.htm>, 2002 ].
- FRANKENBERGER, E. (HRSG.):  
Arbeitsteilige Produktentwicklung. Empirische Untersuchung und Empfehlungen zur Gruppenarbeit in  
der Konstruktion.  
Düsseldorf: VDI. 1997 (VDI-Fortschrittsberichte, Reihe 1, Nr. 227)
- FREI, M.; DANNHEIM, F.; SCHOTT, H.:  
Neuer Fokus des Umweltmanagements – Die zentrale Rolle der Produktentwicklung in der Umsetzung  
des Umweltmanagementsystems nach ISO 14.001.  
In: Qualität und Zuverlässigkeit, Juli, 1998

FRINGS, E.:

Integrierte Produktpolitik in Baden-Württemberg am Beispiel von Papierprodukten – Stand und Perspektiven. Empfehlungen für Wirtschaft und Staat.  
Stuttgart: UVM 2002

FRITZLER, M.:

Ökologie und Umweltpolitik.  
Bonn 1997

GABRIEL, R.; JENKA, B.:

Messung der Umweltleistung – Integration von GaBi4 in das Umweltdatenbanksystem der Alcan,  
In: Spath, D., Lang, C. (Hrsg.): Stoffstrommanagement – Entscheidungsunterstützung durch Umweltinformationen in der betrieblichen IT, Tagungsband zum 5. Management- Symposium „Produktion und Umwelt“ am 2. April 2003  
Stuttgart, Fraunhofer IRB 2003

GALPIN, T.:

The human side of change.  
San Francisco: Jossey-Bass Inc. 1996

GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P.:

Kooperative Produktengineering – Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens“, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 79  
Paderborn: HNI 2000

GERST, M.:

Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52)

GETTENBY, D.; FOO, G.:

Design for X (DFX): Key to Competitive, Profitable Products  
In: AT&T Technical Journal May/June 1990, S. 2-13

GOBIN, M.-C.:

Systematische Entwicklung eines Konzepts zur Erstellung und Struktur eines Grenzpunkteplans im Package-Prozess eines Automobilherstellers.  
Unveröffentlichtes Diplomarbeit am Lehrstuhl für Produktentwicklung (Nr. 915)  
München: TU 2001.

GOEDKOOPT, M.; EFFTING, S.; COLLIGNON, M.:

The Eco-indicator 99 – Manual for Designers,  
Amersfoort (Niederlande): Pré Consultants, 2000  
[www.pre.nl/eco-inidicator99]

GRAHL, B.:

Design for Environment – Umweltorientierte Produktentwicklung – Eine Idee auf für Sie?, 2001

GRIEGER, S.:

Strategien zur Entwicklung recyclingfähiger Produkte, beispielhaft gezeigt an Elektrowerkzeugen,  
Fortschrittsberichte VDI, Reihe 1 Nr. 270,  
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996

- GRIEGER, S.:  
DFE-Tool – Design for Environment  
In: Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D.: Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfa-  
den für Entwicklung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung  
Berlin: Beuth, November 2001
- GRIEGER, S.; BRANDT, R.; JENTSCHURA, L.:  
Ausgewählte Methoden und Hilfsmittel für die recyclinggerechte Produktgestaltung  
In: Konstruktion 48,  
Düsseldorf: Springer 1996
- GRÜNER, C.:  
Die strategiebasierte Entwicklung umweltgerechter Produkte,  
Fortschrittsbericht VDI-Reihe 1 Nr. 349. Düsseldorf: VDI Verlag 2001
- GRUNWALD, S.:  
Methode zur Anwendung der flexiblen Produktentwicklung und Montageplanung  
IWB-Forschungsberichte, Bd.159  
München: UTZ 2002
- GUINÉE, J. B. (ED.):  
Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standard. Book Series: Eco-  
Efficiency in Industry and Science: Vol. 7  
Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002
- GÜNTHER, K.:  
Ein Ökologiekonzept wird praktiziert – Umweltaktivitäten als integrierter Bestandteil der Unterneh-  
mensphilosophie.  
In: ZFO, 58.Jg.; Heft 2, 1987
- GÜNTHER, J.:  
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess.  
Aachen: Shaker 1998
- GUTERSOHN, A.:  
Das Gewerbe in der freien Marktwirtschaft, Bd. I: Das Wesen des Gewerbes und die Eigenarten seiner  
Leistungen.  
Berlin: 1977
- HAAKE, K.:  
Strategisches Verhalten in europäischen Klein- und Mittelunternehmen,  
Berlin: (Eigenverlag) 1987
- HABERLAND, S.; MAGER, A.; WALTEMATH, A.:  
Logistic STRATEGIES FOR THE realization of life cycle economy,  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.): LIFE CYCLE NETWORKS – Proceedings of the CIRP 4<sup>th</sup> Interna-  
tional Seminar on Life-Cycle Engineering. Berlin; Germany, S 43-56  
London: Chapman&Hall, 1997
- HACKER, W.:  
Denken in der Produktentwicklung  
Zürich: Reiner Hampp 2002

- HAHN, D.; OPPENLÄNDER, K.H.; SCHOLZ, L.:  
Stand der Entwicklungstendenzen der strategischen Unternehmensplanung in der Bundesrepublik Deutschland – Erste Ergebnisse eines empirischen Forschungsprojektes,  
In: Hahn, D.; Taylor, B. (Hrsg.): Strategische Unternehmensplanung – Strategische Unternehmensführung. S. 971-993  
Heidelberg: 1990
- HAMER, E.:  
Mittelständische Unternehmen: Gründung, Führung, Chancen, Risiken.  
Landsberg a. Lech: MI-Poller 1990
- HARBAUER, J.:  
Konzept zur Integration von Umwelt- und Recyclingaspekten in den verkürzten Entwicklungsprozess komplexer Produkte. Dissertation  
Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg, 2002
- HARTEL, M.:  
Kennzahlenbasiertes Bewertungssystem zur Beurteilung der Demontage- und Recyclingeignung von Produkten  
Karlsruhe: (Eigenverlag) 1997
- HAUSER, J.; CLAUSING, D.:  
The House of Quality. Harvard Business Review, Mai/Juni 1988, S. 63-73
- HECKL, M.; MÜLLER, H. A.:  
Taschenbuch der Technischen Akustik  
Berlin: Springer 1995
- HEINEVETTER, G.; SCHÖN, T.:  
COMMET – Design of Environment-Friendly products by Using Practical Examples  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.): LIFE CYCLE NETWORKS – Proceedings of the CIRP 4<sup>th</sup> International Seminar on Life-Cycle Engineering, Berlin, Germany, S. 324-334  
London: Chapman&Hall 1997
- HELLIGE, H.:  
Wirtschafts-, Energie- und Stoffkreisläufe in sekulärer Perspektive. Von der thermodynamischen Entzauberung der Welt zur recyclingorientierten Wachstumsgesellschaft,  
In: Hübinger, G., Osterhammel, J., Pelzer, E. (Hrsg.): Universalgeschichte und Nationalgeschichten,  
Freiburg: Rombach 1994
- HEMEL, C. v.:  
Tools for Setting Realizable Priorities at Strategic Level in Design for Environment.  
Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design. 22-24.August 1995, S. 1040-1047
- HEMEL, C. v.:  
EcoDesign empirically explored – Design for Environment in Dutch small and medium sized enterprises. Design for Sustainability Research Programme publication no. 1.  
Delft: TU Delft 1998
- HERMANN, C.:  
Werkzeuge für die demontage- und recyclingorientierte Produktbewertung  
In: Tagungsunterlagen zum Kolloquium zur Kreislaufwirtschaft und Demontage – SFB 281, 20/21.1.2000  
Berlin: (Eigenverlag) 2000

- HERMANN, C.; SCHÖCH, H.; BETZ, M.; EYERER, P.:  
The implementation of LCA into DfE,  
In: Proceedings of the International Congress "Electronics Goes Green 2000+"  
Berlin: September 2000
- HESSELBACH, J.; HERMANN, C.; KANG, H.-Y.:  
Recycling oriented design – Weak point identification and product improvement  
In: Proceedings of the International Symposium on Sustainable Manufacturing,  
Shanghai: November 1999
- HEBLING, T.; LINDEMANN, U.:  
Introduction of the Integrated Product Policy in Small and Medium-Sized Enterprises. In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference - Design 2004. Dubrovnik (Croatia), 18.-21. May 2004. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2004, S.1057-1062.
- HIRSCHL, B.:  
Integrierte Produktpolitik als umweltpolitische Gestaltungsaufgabe und neue Herausforderung für die Nachhaltigkeitskommunikation – Kooperationsansätze für Nachhaltigen Konsum am Fallbeispiel Polstermöbel, Schriftenreihe des IÖW 178/05  
Berlin: IÖW 2005
- HOFFMANN, W.:  
A tired approach to design for environment.  
In: Proceedings of the IEEE 1995 International Conference on Clean Electronics, Products and Technology (Concept), Venue, S. 41-47, 1995
- HOTTENROTH, S.; RECHE, R.; KREIBE, S.; ROMMEL, W.:  
Praxishilfe zur Durchführung von Ökoeffizienzanalysen als Instrument einer Integrierten Produktpolitik (IPP) an einem Beispiel aus der Automobilindustrie  
Blfa-Text Nr. 26, März 2004
- HUFENBACH, W.; ARCHDOULAKIS, G.:  
Ein Konzept zur recyclinggerechten Altfahrzeugdemontage CA – Computer Aided Recycling,  
Sonderdruck aus Umweltmagazin, Nr. 11, Vogel Verlag und Druck KG, 1992
- HUNKLINGER, R.:  
Methoden und Instrumente zur Beschreibung abfallrelevanter Prozesse für die Entwicklung umweltgerechter Produkte.  
In: Kolloquium zur Kreislaufwirtschaft und Demontage.  
Berlin: TU Berlin 1997
- IDEMAT (HRSG.):  
Homepage der IDEMAT Materialbank.  
<http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/index.htm>, 2004
- IHK FÜR NÜRNBERG UND MITTELFRANKEN (HRSG.) (2001A):  
Management ökologischer Produktentwicklung, Leitfaden des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,  
München: 2001
- IHK FÜR MÜNCHEN UND OBERBAYERN (HRSG.) (2001B):  
IPP-Instrumente aus der Praxis am Beispiel Automobil, Leitfaden des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,  
München 2001

IÖW (HRSG.):

ECODESIGN – Fibel für Anwender.  
Wien: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, 1993

IQ HANNOVER (HRSG.):

“Umweltmanagement“ – Vorlesung der Universität Hannover  
<http://www.iq.uni-hannover.de/Vorlesung/DOWNLOAD/QUU/QUU99-10.pdf>, 1999

ISHII, K.:

Incorporating End-of-Life Strategy in Product Definition,  
In: Proceedings of the first Intern. Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 1999), 1.-3. Februar 1999, Tokyo  
Los Alamitos: IEEE Computer Society 1999

JÄGER, T.; WELLHAUSEN, A.; BIRKE, M.; SCHWARZ, M.:

Umweltschutz, Umweltmanagement und Umweltberatung – Ergebnisse einer Befragung in kleinen und mittleren Unternehmen, Bericht 55 des ISO-Institut zur Erforschung sozialer Chancen  
Köln: ISO 1998

JOHNSON, E.; GAY, A.:

A practical, customer-oriented DFE methodology.  
In: Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, San Francisco, S. 47-50, 1995

JOVANE, F.; ALTING, L.; ARMILLOTTA, A.:

A Key Issue in Product Life Cycle : Disassembly, In: Annals of the CIRP Vol. 42/2, 1993

KAHLE, E.:

Organisation der Mittelständische Unternehmung,  
In: Frese, E. (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation  
Stuttgart: 1992

KAHMEYER, M. RUPPRECHT, R.:

Recyclinggerechte Produktgestaltung,  
Würzburg: Vogel, 1996

KEIL, M.; RUBIK, F.:

Integrierte Produktpolitik (IPP) am Beispiel der textilen Kette – Abschlussbericht zum Pilotprojekt.  
Stuttgart: UVM 2004  
[www.uvm.baden-wuerttemberg.de]

KEIL, T.:

Realisierung eines Pilot-Demontagesystems.  
In: SFB 392 (Hrsg.): Entwicklung umweltgerechter Produkte. Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente. Kolloquium, TU Darmstadt 03./04.11.1998.  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 1998, S. 156.

KELDMANN, T.:

The Environmental Part of the Product Concept.  
In: Hubka, V. (Hrsg.): Proceedings of ICED 95, Vol.3, S. 1048-1053  
Zürich: Edition Heurista 1995

KELLER, S.:

Zur Validität des Transtheoretischen Modells – Eine Untersuchung zur Veränderung des Ernährungsverhaltens, Dissertation  
Marburg: Universität Marburg 1998

- KELLER, A.; LÜCK, M.:  
Der Einstieg ins Öko-Audit für mittelständische Betriebe durch modulares Umweltmanagement  
Berlin: Springer 1995
- KESSELRING, F.:  
Technische Kompositionslehre. Anleitung zu technisch-wirtschaftlichem und verantwortungsbewusstem Schaffen  
Berlin: Springer 1954
- KETTRUP, A.:  
Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie in Sinne der Nachhaltigkeit  
In: GSF- Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.): Seminarband der Zentralen Informationsstelle – Umweltberatung Bayern  
Eigenverlag 2001. (Band 18)
- KLIMMEK, M.:  
Fraktionierung technischer Produkte mittels eines frei beweglichen Wasserstrahls  
Karlsruhe: (Eigenverlag) 1997
- KLÖCKER, S.:  
Gestaltung umweltverträglicher Produkte in kleinen und mittleren Unternehmen  
Aachen: Shaker 2000
- KLÖCKER, S.; MÜLLER, D.:  
Ecological Classification and Risk Analysis to Evaluate Environmental Impacts of New Products.  
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg.): Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design,  
München: Technische Universität München 1999, S. 1483-1488
- KLÖPFER, W.; RENNER, I.:  
Life cycle impact categories: the problem of new categories and biological impacts,  
In: Proceedings of SETAC Europe 13<sup>th</sup> Annual Meeting, Vol. 1 Systematic approach  
Hamburg: SETAC 2003
- KOLLER, R.:  
Konstruktionslehre für den Maschinenbau.  
Berlin: Springer 1994
- KOLLMANN, F. G.:  
Maschinenakustik.  
Berlin: Springer 1993
- KORTE, H.P.:  
Ökologische Innovation in Klein- und Mittelunternehmen  
Oldenburg: Universität Oldenburg 1992
- KRÄMER, R.A.:  
Dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung. Das fünfte Umweltaktionsprogramm der EG,  
In: Roth; Sander (Hrsg.): Ökologische Reformen in Europa  
Köln: Bund-Verlag 1992
- KRAUSE, F.; KIND, C., MARTINI, K.:  
Application of feature technology in a disassembly-oriented technology infrastructure,  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.): LIFE CYCLE NETWORKS – Proceedings of the CIRP 4<sup>th</sup> International Seminar on Life-Cycle Engineering, Berlin, Germany, S. 345-356  
London: Chapman&Hall 1997

KRUMAUER, P.:

Methodisches Konstruieren in Kleinunternehmen.  
In: Konstruktionspraxis im Umbruch.  
Düsseldorf: VDI 1979. (VDI Berichte 347)

KRW/ABFG:

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen, 6. Oktober 1994

LAMBERT, A. J. D.:

Disassembly aimed at Product Remanufacturing.  
In: Proceedings of DETC'01, ASME 2001 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Pittsburgh (Pennsylvania, USA), 09.-12.09.2001.  
New York: ASME 2001, p. 37.

LAPOINTE, M.:

Treated wood pole management at Bell Canada: Reuse, recovery and recycling:  
In: Conference R'2000 – Recovery, Recycling, Re-integration, 5<sup>th</sup> World Congress on Integrated Resources Management and Envirotech Trade Show, Toronto (Canada), 05.-09.06.2000  
Zürich: PEAK Ltd. 2000. (CD-ROM)

LEGARTH, J.; ALTING, L. L.; ERICHSEN, H.; GREGERSEN, J.; JØRGENSEN, J.:

Development of Environmental Guidelines for Electronic Appliances. Proceedings of the 1994 IEEE Symposium on Electronics and the Environment. Piscataway, NJ: IEEE 1994

LENOX, M; EHRENFELD, J.:

Organizing for Effective Environmental Design  
In: Business Strategy and the Environment, Vol. 6, S. 187-196, 1997

LICHTENVORT, K.:

Systemgrenzenrelevante Änderungen von Flussmengen in der Ökobilanzierung, Dissertation  
Berlin: TU-Berlin 2004

LIDDLE, M.; LEUNG, S.:

Recycling: Has Hong Kong done enough?  
In: Conference R'2000 – Recovery, Recycling, Re-integration, 5<sup>th</sup> World Congress on Integrated Resources Management and Envirotech Trade Show, Toronto (Canada), 05.-09.06.2000  
Zürich: PEAK Ltd. 2000. (CD-ROM)

LINDEMANN, U. (2004A):

Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexible und situationsgerecht anwenden  
Berlin: Springer 2004

LINDEMANN, U.(2003):

Produktentwicklung und Konstruktion  
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Umdruck zur Vorlesung 2003

LINDEMANN, U.; MÖRTL, M.; RATH, S.:

A design methodology for the recycling of simple and complex products  
In: Conference R'2000 – Recovery, Recycling, Re-integration, 5<sup>th</sup> World Congress on Integrated Resources Management and Envirotech Trade Show, Toronto (Canada), 05.-09.06.2000  
Zürich: PEAK Ltd. 2000. (CD-ROM)



- LINDEMANN, U.; MÖRTL, M.:  
BayFORREST-Forschungsvorhaben F205: Optimierung der Produktlebensdauer zur nachhaltigen Abfallreduzierung  
In: Wilderer, P.A.; Wimmer, M.C. (Hrsg.): BayFORREST Statusbericht 2001  
Garching: Eigenverlag 2001. (Berichtsheft 13; CD-ROM)
- LINDEMANN, U.; BRAUN, T.; GAUSEMEIER, J.; ORLIK, L.; VIENENKÖTTER, A.:  
Design Support by Improving Method Transfer – A Procedural Model and Guidelines for Strategic Product Planning in Small and medium-sized Enterprises.  
In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference – Design 2004, Dubrovnik (Croatia), 18.-21. May 2004, S. 143-148  
Zagreb: Sveucilisna tiskara 2004
- LINDEMANN, U.; HEBLING, T.; HUTTERER, P.; MÖRTL, M.:  
Applicable Methods for Sustainable Development for Small and Middle-Class Companies. In: Titsworth, F., Jacobs, A., Werner, B., IEEE (Eds.): 2nd Intern. Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 2001) Tokyo (Japan), 11.-15.12.2001. USA: Printing House 2001, S.180-183
- LINDEMANN, U.; HEBLING, T.:  
Integrated Product Policy in Small and Middle-Sized Companies. In: Seliger, G. (Ed.): Proceedings-Colloquium e-ecological Manufacturing, SFB 281 Berlin, 27.-28.03.03. 2003, S.95-96.
- LINDEMANN, U.; HEBLING, T.; HUTTERER, P.:  
Introduction and Adaptation of Methods for Sustainable Product Development in Small and Middle-Sized Companies-Results and Experiences. In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the 14th International Conference on Engineering Design 2003 (ICED03) Stockholm, 19.-21.08.2003. Design Society: 2003,
- LINDEMANN, U.; HUTTERER, P.; HEBLING, T.; MÖRTL, M.:  
Nachhaltige Produktgestaltung in KMU anhand konkreter Praxisbeispiele. In: TIAW (Hrsg.): 2. Symposium Kreislaufwirtschaft von A-Z Erfurt, 2001
- LINDEMANN, U.; HUTTERER, P.; HEBLING, T.; MÖRTL, M.:  
Methods for environmental, sustainable development based on experience with companies. Recovery, Recycling, Re-integration, 6th World Congress on Integrated Resources Management Geneva, 12.-15.02.2002. 2002
- LINDEMANN, U.; MÖRTL, M.; HEBLING, T.:  
The guideline 'Design for Upgrading': A medium (incl. processes, methods, resources) to extend the usage phase. 9th CIRP International Seminar on Life Cycle Engineering 'IPP-chance and challenge' Erlangen, 09.-10.04.2002. Bamberg: Meisenbach 2002, S.159-168.
- LINDEMANN, U.; MÖRTL, M.; HEBLING, T.:  
The Guideline 'Design for Upgrading' as a Medium for Sustainable DESIGN. 7th International Design Conference-DESIGN 2002 Dubrovnik, Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002, S.1331-1338.
- LINDEMANN, U.; HESSELBACH, J.; HEBLING, T.; SCHNEIDER, S.; MATEIKA, M.:  
Environmental oriented product planning: success factors and obstacles. In: Horváth, I.; Xirouchakis, P. (Eds.): Tools and Methods in Competitive Engineering. Lausanne, 12.-16. April 2004. Rotterdam: Millpress 2004, S.1157-1158.
- LINK, A.N.; REES, J.:  
Firm size, university based research, and the return to R&D.  
Small Business Economics 2: S. 25-31, 1990

- LUTTROP, C.; ZÜST, R.:  
Eco-effective product from a holistic view.  
In: Luttrop, C.; Persson, J. (Hrsg.): Life Cycle Design '98. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering, 16.-18. September 1998 Stockholm, Schweden, S. 45-56
- MAGNUS, B. H.:  
Life Cycle information for the plant – based on a STEP data model.  
In: 7. Intern. CSC Ploenzke Kongress Life Cycle Management – Produkte und Prozesse gestalten für die Märkte von morgen, Mainz, 05.-07.05.1998.  
Wiesbaden: CSC Ploenzke 1998, pp. 407-414.
- MANN, H.:  
Verbundprojekt KreiSOMA: Überblick und Stand der Bearbeitung.  
In: KreiSOMA (Hrsg.): Kreislaufgerechte, lebensdauerflexible Konzepte zur Gestaltung und Nutzung von Sender- und Spezialmaschinen, Chemnitz, 25.06.1998.  
Chemnitz: TU (Eigenverlag) 1998.
- MARCA, D.:  
SADT, Structured Analysis and Design Technique  
New York: McGraw-Hill Book Company, 1986
- MARNER, B.; JAEGER, F.:  
Unternehmensberatung und Weiterbildung mittelständischer Unternehmer – Ergebnisse einer empirischen Studie  
Berlin: (Eigenverlag) 1990
- MASUI, D.:  
SADT, Structured Analysis and Design Technique  
New York: McGraw-Hill Book Company, 1986
- MAURISCHAT, C.:  
Erfassung der “Stages of Change” im Transtheoretischen Modell Prochaska's – eine Bestandsaufnahme. Forschungsbericht des Psychologischen Instituts der Universität Freiburg Nr. 154  
Freiburg: Universität Freiburg 2001
- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.C., RANDERS, J.; BEHRENS, W.:  
Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit  
Stuttgart: 1972
- MEDING, A.:  
Nutzen des EU-Konzeptes Integrierte Produktpolitik (IPP) für Unternehmen  
Lübeck: Fachhochschule Lübeck, 2001
- MEED, O.:  
Effizienzsteigerung bei Demontage und Recycling durch flexible Demontagetechnologien und optimierte Produktgestaltung, Dissertation  
Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg, 1998
- MEERKAMM, H.:  
Design for X – A Core Area of Design Methodology,  
In: Journal of Engineering Design, Vol. 5, No. 2, 1994
- MEERKAMM, H.; WEBER, J.:  
Integration of the Design for Recyclability-tool RecKon in Environmental Management Concept,  
In: 3<sup>rd</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering “ECO-Performance 96” S 159-167,  
Zürich: Industrielle Organisation 1996

- MEERKAMM, H.; ROSEMAN, B.:  
Ökonomisch-ökologische Produktoptimierung durch recyclinggerechte Konstruktion.  
In: Industrie Management I/2000 – Life Cycle Management,  
Berlin: GTO, Februar 2000
- MEERKAMM, H.; ROSEMAN, B.:  
IPP und das „Bayerische Entwicklungsnetz für innovative Technologien.“  
In: STMLU (Hrsg.): Integrierte Produktpolitik (IPP) – Von der Entwicklung bis zur Entsorgung, Workshop und Symposium, 3. April 2000  
Garching: BayFORREST 2000
- MEFFERT, H.; BRUHN, M.:  
Die Beurteilung von Konsum- und Umweltproblemen durch Konsumenten,  
In: Die Betriebswirtschaft. Vol. 56, 1996, S. 631-649
- MILJØMINISTERIET (HRSG.):  
Internetseiten des dänischen Ministeriums für Umwelt  
[www.mim.dk, 2004]
- MOGGE, C., ROSEMAN, B.:  
Umweltinformationssysteme in der Konstruktion – Voraussetzung zum präventiven Umweltschutz – In:  
Management von Umweltinformationen in vernetzten Umgebungen, Workshop HUBUIS 99,  
<http://www.tzi.de/tzi/tw-98/ui-98/submission.html>  
Nürnberg: Metropolis 1999
- MOOREN, A. L. V. D.:  
Instandhaltungsgerechtes Konstruieren und Projektieren.  
Berlin: Springer 1991. (Konstruktionsbücher Band 37)
- MÖRTL, M.:  
Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte  
München: Dr. Hut 2002
- MÖRTL, M.; HEBLING, T.:  
Entwicklung upgradinggerechter Produkte. In: Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D. (Hrsg.):  
Umweltgerechte Produktentwicklung-Ein Leitfaden für Entwicklung und Konstruktion Berlin: Beuth  
2003, S.03.03.2014.
- MULGER, J.:  
Betriebswirtschaftslehre der Klein- und Mittelbetriebe.  
Wien: Springer 1995
- MÜLLER, J.:  
Akzeptanzbarrieren als berechtigte und ernstzunehmende Notwehr kreativer Konstrukteure.  
In: Hubka, V.(Ed): Proc. Of ICED 91, Vol.2, Zürich, 27.-29.08.1991  
Zürich: Edition Heurista 1991, S. 769-776. (Schriftenreihe WDK 20)
- MÜLLER, R.; ZÜLCH, G.:  
Planung von Demontageabläufen auf Basis von Probedemontagen.  
In: SFB 392 (Hrsg.): Entwicklung umweltgerechter Produkte. Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente. Kolloquium, TU Darmstadt 03./04.11.1998.  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 1998, S. 12-15.

- MÜLLER, T.; PEPE, D.:  
Der weite Weg zum neuen Ich.  
In: Verhalten, Persönlichkeit, Psyche – Auf der Suche nach uns selbst, Geo-Wissen Nr.32 Persönlichkeit & Verhalten  
Itzehoe: Grüner+Jahn 2003
- MURL (HRSG.):  
Internetseiten des Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen  
[www.murl.nrw.de, 2004]
- NATURVÅRDSVERKET (HRSG.):  
IPP-Aktivitäten der schwedischen Umweltbehörde  
[http://www.internat.naturvardsverket.se, 2004]
- NAVIN-CHANDRA, D.:  
Design for Environmentability  
In: Stauffer, L. (Hrsg.): Design Theory and Methodology,  
New York: ASME (DE-Vol. 31), S. 119-125, 1991
- NICKEL, W. (HRSG.):  
Recycling-Handbuch, Strategien – Technologien Produkte.  
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996
- NORELL, M.:  
The Use of DFA, FMEA and QfD as Tools for Concurrent Engineering in Product Development Processes.  
In: Roozenburg, N.(Hrsg.): Proceedings of ICED 93, Vol.3, S. 867-874  
Zürich: Edition Heurista 1993
- OAKLEY, B.:  
Total Quality Product Design – How to Integrate Environmental Criteria into the Product Realization Process.  
In: Total Quality Environmental Management, Spring, S. 309-321, 1993
- OELESEN, J.;KELDMANN, T.:  
Design for Environment – A Framework  
In: Roozenburg, N. (Hrsg.): Proceedings of ICED 93, Vol.3, S. 747-754  
Zürich: Edition Heurista 1993
- OESTREICH, B.:  
Objektorientierte Softwareentwicklung: Analyse und Design mit der Unified modeling language  
München: Oldenburg 1998
- OPPENLÄNDER, K.H.:  
Wie sieht die Zukunft für kleine und mittlere Unternehmen aus?  
Internationales Gewerbearchiv 33, S. 217-229, 1985
- ÖSTREICHISCHER WIRTSCHAFTSBUND (HRSG.):  
Mittelstand: Säule der Wirtschaft, Mittelstandsbericht  
Wien: (Eigenverlag) 1989
- OTA (HRSG.):  
Green Products by Design, United States Office of Technology Assessment, OTA-E-541.  
Washington: USGPO 1992

- OTT, KALIN:  
Zielsystem einer nachhaltigen Abfallwirtschaft,  
In: Müll und Abfall, Nr. 9, 2000
- OTTO, U.; BÄUMER, K. A.:  
Scientific Assessment of the Upgrading of a Wastewater Treatment Plant with a Capacity of 122,000 P.  
and P.E.  
Wien: 1995.
- OVERBY, C.:  
Design for the Entire Life Cycle: A new Paradigm?  
In: 1990 ASEE Annual Conference Proceedings, S. 552-563  
Washington, D.C.: American Society for Engineering Education 1990
- PAHL, G.; BEITZ, W.:  
Konstruktionslehre: Handbuch für Studium und Praxis, 2. Auflage  
Berlin: Springer 1986
- PAHL, G.; BEITZ, W.:  
Konstruktionslehre.  
Berlin: Springer 1997
- PANT, R.; ATIK, A.:  
Methode der Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS).  
In: Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D.: Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfa-  
den für Entwicklung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung  
Berlin: Beuth, November 2001
- PAPANEK, V.:  
The Green Imperative  
London: Thames and Hudson 1995
- PETRA, H.:  
Auswahl von Methoden und Tools für die Strategieentwicklung mit begleitendem Implementierungs-  
konzept. Unveröffentlichtes Diplomarbeit am Lehrstuhl für Produktentwicklung (Nr. 937)  
München: TU 2002.
- PETRI, H.:  
Die automatisierte Demontage – Voraussetzungen und Möglichkeiten.  
In: VDI EKV (Hrsg.): Montage und Demontage – Aspekte erfolgreicher Produktkonstruktion, Fellbach,  
11./12.11.1992.  
Düsseldorf: VDI 1992, S. 317-334. (VDI-Berichte 999)
- PFOHL, H.C., KELLERWESSEL, P.:  
Abgrenzung der Klein- und Mittelbetriebe von Großbetrieben.  
In: Pfohl, H.C. (Hrsg.) Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe  
Berlin: 1990
- PHLEPS, U.:  
Recyclinggerechte Produktdefinition – Methodische Unterstützung für Upgrading und Verwertung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 34)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- PLEITNER, H.J.:  
Aspekte einer Managementlehre für kleinere Unternehmen, Sonderheft I  
Stuttgart: 1986

- PLEITNER, H.J.:  
Die Klein- und Mittelstandsunternehmen zwischen Chancen und Risiken.  
In: Mulger, J.; Schmidt, K.H. (Hrsg.) Klein- und Mittelunternehmen in einer dynamischen Wirtschaft  
Berlin: Springer 1995
- PRÉ CONSULTANTS (HRSG.):  
SimaPro – Single User Manual.  
Amersfoort (Niederlande) 2004  
[www.pre.nl, 2004]
- PRINS, J.:  
Design for environment in practice,  
In: Riithahuhta, A. (Hrsg.): Proceedings of the ICED'97 Tampere (Finland), Schriftenreihe WDK 25)  
Vol. 3, S. 611-618
- PROCHASKA, J. O.; DICLEMENTE, C.C.:  
The transtheoretical approach: Crossing traditional boundaries of therapy  
Homewood: Dow Jones 1984
- PROCHASKA, J. O.; NORCROSS, J.C.; DICLEMENTE, C.C.:  
Changing for good.  
New York: William Morrow & Company 1994
- PULM, U.:  
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung  
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 51)
- RADTKE, M.:  
BAMOS-Baustruktureditor  
In: Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D.: Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfa-  
den für Entwicklung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung  
Berlin: Beuth, November 2001
- RATH, S.:  
Simulation von Partikeltrajektorien bei der Wirbelstromsortierung.  
München: TU 2001. (als Diss. eingereicht)
- RATH, S.; MERSMANN, A.; PHLEPS, U.:  
Analysis of Process Requirements on the feed Material to support the cycle optimised Product Defini-  
tion.  
In: R'99 Recovery Recycling Reintegration, collected papers of the R'99 World Congress, Vol. 1, Ge-  
neva (Switzerland), 02.-05.02.1999.  
St. Gallen: EMPA 1999, S. 174-179.
- RATH, S.; MÖRTL, M.; AICHHORN, C.:  
Aufschlussgerechte Gestaltungsmöglichkeiten für Schraubverbindungen.  
In: wt Werkstattstechnik online 91 (2001) 6, S. 367-372.
- REETZ, U.:  
Performance Measurements – a Key Method for a Guided Implementation of Concurrent Engineering  
Principles into Product Development Processes.  
In: Walker, R.; Weber, F. (Eds.): PACE'97 – A Practical Approach to Concurrent Engineering, Pro-  
ceedings of the European Workshop, S. 39-52  
Portugal: (Eigenverlag) 1997

- REHN, J.:  
Integrative Planungs- und Kontrollsysteme für mittlere Unternehmen: Konzeption, Gestaltung und empirisches Schlaglicht  
München: 1998
- REITER, F.:  
Chancenorientiertes Change Management in ökologisch affinen Mittelstandsunternehmungen  
München: Rainer Hampp; 2003
- RENN, O.:  
Ökologisch denken – sozial handeln: die Realisierbarkeit einer nachhaltigen Entwicklung und die Rolle der Kultur und Sozialwissenschaften  
Stuttgart 1996
- RENZ, R.:  
Kunststoffeinsatz und Recycling am Beispiel Automobil.  
In: Recyclinggerechte Produktentwicklung  
Düsseldorf: VDI 1993, (VDI Berichte Nr. 1089), S. 157-180
- ROHS:  
EU-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten  
Brüssel: 27. January 2003
- ROMBOUTS, J.; HENNERSEY, J.:  
Applying Classifications of Materials and Energy Transformations to Early Environmental Assessment of Products,  
In: Proceedings of the first Intern. Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 1999), 1.-3. Februar 1999, Tokyo  
Los Alamitos: IEEE Computer Society 1999
- ROOSENBURG, N.; EEKELS, J.:  
Product Design – Fundamentals and Methods.  
Chichester: Jon Wiley & Sons 1995
- ROSE, C.M.; STEVELS, A.; ISHII, K.:  
A New Approach to End-of-Life Design Advisor (ELDA)  
In: Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, San Francisco, Mai 2000
- ROSEMANN, B.:  
Lebenszyklusorientierte, ökonomisch-ökologische Produktoptimierung durch recyclinggerechte Konstruktion  
In: Seliger, G. (Hrsg.): Kolloquium zur Kreislaufwirtschaft und Demontage, 20.-21. Januar,  
Berlin: TU und HdK, 2000
- ROSEMANN, B.:  
Framework eines umweltorientierten, interdisziplinären Produktinnovationsprozesses unter Einsatz rechnerunterstützter Werkzeuge  
Fortschrittsbericht VDI-Reihe 1 Nr. 373. Düsseldorf: VDI Verlag 2004
- ROTH, K.:  
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Band 1: Konstruktionslehre.  
Berlin: Springer 1994

- RUBIK, F.:  
Pilotprojekt zur Integrierten Produktpolitik (IPP) am Beispiel von Textilien  
Heidelberg: IÖW 2002
- RUBIK, F.:  
Innovationen durch die Umweltpolitik – Integrierte Produktpolitik (IPP) in Deutschland  
Heidelberg 2002
- SAUR, K.:  
Beitrag zur Bewertung der ganzheitlichen Bilanzierung als Grundlage der Bauteilentwicklung  
Donzdorf, 1997
- SCHELLER, H.:  
Automatisierte Demontage und recyclinggerechte Gestaltung elektronischer Flachbaugruppen,  
Dissertation  
Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg, 1997
- SCHILLER, E. F.:  
Ein Beitrag zur adaptiv-dynamischen Arbeitsplanung in der Demontage, Dissertation  
Karlsruhe: Universität Karlsruhe, 1998
- SCHMAUS, TH.; KAHMEYER, M.:  
Demontagegerechte Produktgestaltung zwischen Montage, Aufbereitung und Entsorgung.  
In: VDI EKV (Hrsg.): Montage und Demontage – Aspekte erfolgreicher Produktkonstruktion, Fellbach,  
11./12.11.1992.  
Düsseldorf: VDI 1992, S. 277-295. (VDI-Berichte 999)
- SCHMIDT, M.:  
Stoffstromanalysen als Basis für ein Umweltmanagementsystem im produzierenden Gewerbe.  
Fachgespräch Arbeitskreis Betriebliche Umweltinformationssysteme S. 67  
Berlin: 1995
- SCHMIDT, U.:  
Umweltschutz – Abschied vom Mythos eines Kostentreibers,  
In: IO-Management, 65.Jg, H.5, 1996
- SCHMIDT, M., HÄUSLEIN, A.:  
Ökobilanzierung mit Computerunterstützung - Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Pro-  
gramm Umberto,  
Berlin: Springer 1997
- SCHMIDT-BLEEK, F.:  
Wieviel Umwelt bracht der Mensch? MIPS – das Maß für ökologisches Wirtschaften.  
Berlin: Birkhäuser 1993
- SCHMIDT-BLEEK, F.:  
MAIA – Einführung in die Materialintensitäts-Analyse nach dem MIPS Konzept.  
Wuppertal: Wuppertaler Institut für Klima-Umwelt-Energie, 1996
- SCHOTT, C.; BIRKHOFER, H.; GRÜNER, C. (1997A):  
Sustainable Product Development – A challenge for Design Science  
In: Proceedings of ICED 97, S. 665-668 Tampere 1997  
Zürich: Heurista 1997



- SCHOTT, C.; BÜTTNER, K.; DANNHEIM, F.; BIRKHOFFER, H. (1997B):  
Design for Environment – Computer based Product and Process Development  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.): LIFE CYCLE NETWORKS – Proceedings of the CIRP 4<sup>th</sup> International Seminar on Life-Cycle Engineering, Berlin, Germany, S. 174-186  
London: Chapman&Hall 1997
- SCHUBERT, H.; HIRTH, T.; ZIEGHAHN, K. (HRSG.):  
Strategische Aspekte der Kreislaufwirtschaft.  
Abschlussbericht BMBF-Verbundvorhaben „Strategische Aspekte der Kreislaufwirtschaft und Beschreibung spezifischer Handlungsfelder“, Förderkennzeichen 02PF2003.  
Pfinztal: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie 1997.
- SCHÜLEIN, J. A.; BRUNNDER, K.; REIGER, M.:  
Manager und Ökologie – Ein qualitative Studie zum Umweltbewusstsein von Industriemanagern  
Opladen: 1994
- SCHULZ, H. (HRSG.):  
CIM-Planung und Einführung: Ein Leitfaden für die Praxis  
Köln: Verlag TÜV Rheinland 1990
- SCHULZ, H.:  
Methoden zum Analysieren und ganzheitlichen Beurteilen von Prozessen  
In: SFB 392 (Hrsg.): Entwicklung umweltgerechter Produkte. Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente. Arbeits- und Ergebnisbericht, 1996-1998.  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 1998
- SCHULZE, H.:  
Computereinsatz in Mittel- und Kleinbetrieben – Probleme und Lösungen  
Reinbeck: 1993
- SCHWEIMER, G.; SCHUCKERT, M.:  
Sachbilanz eines Golf,  
In: VDI Jahrbuch 1997 Fahrzeug- und Verkehrstechnik.  
Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 313-333
- SCHWINN, R.:  
Betriebswirtschaftslehre  
München: Oldenbourg 1993
- SEIDEL, T.; LÖFFLER., T.; MANN, H.:  
Lebensdauerflexibilisierung von Sonder- und Spezialmaschinen.  
In: SFB 392 (Hrsg.): Entwicklung umweltgerechter Produkte. Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente. Kolloquium, TU Darmstadt 03./04.11.1998.  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 1998, S. 30-32.
- SELIGER, G; MÜLLER, K.; PERLEWITZ, H.:  
More Use with fewer Resources,  
In: Life Cycle Networks: Proceedings of the 4<sup>th</sup> CIRP International Seminar on Life Cycle Engineering, 26.-27. June 1997 in Berlin, S. 3-16
- SHAW, A.; AITCHISON, D.:  
Real time rapid product development process data and information management for smaller enterprises  
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the 14th International Conference on Engineering Design 2003 (ICED03), 19.-21.08.2003.  
Stockholm: Design Society 2003

SIEMENS (HRSG.):

Umweltverträgliche Produkte – Leitlinien zur Produktgestaltung Siemens-Norm SN36350-1, Teil1, Siemens AG, 1996

SMITH, J. S.; DUFFY, A. H. B.:

Modularity in Support of Design for Re-Use.

In: Culley, S.; Duffy, A.; McMahon, C.; Wallace, K. (Eds.): Proc. of the 13<sup>th</sup> Intern. Conference on Engineering Design 2001, Vol. „Design Management – Process and Information Issues“, Glasgow (UK), 21.-23.08.2001.

Glasgow: I Mech E 2001, pp. 195-202. (Schriftenreihe WDK 28)

SMUL (HRSG.):

Internetseiten des Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft  
[www.smul.sachsen.de/de/wu/index.html, 2004]

SORNEBEL, K.; TAMMELER, U.:

„Quality Function Deployment“ als Werkzeug des Umweltmanagements, UmweltWirtschaftsForum 3. Jg.; H.4, Dezember 1995. Berlin: Springer 1995, S. 4

SPATH, D.; TRENDER, L. PELZ, R.:

Hypertextbasiertes Informationssystem zur Unterstützung des Life-Cycle-Design,  
In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol 92 Nr. 12, S. 624-626, 1997

SPECHT, G.; BECKMANN, C.:

F&E-Management  
Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1996

STAHEL, W. R.:

Vermeidung von Abfällen im Bereich der Produkte, Vertiefungsstudie zur Langlebigkeit und zum Materialrecycling.

In: Ministerium für Umwelt, Baden-Württemberg (Hrsg.): Wirtschaft und Staat: Zusammen Lösungen zur Abfallvermeidung anpacken. Tagung Stuttgart, 04.10.1991, S. 45-62. (Luft Boden Abfall Heft 16)

STAUFFER, L.A.; KIRBY, A.D.:

The product-development needs of smaller manufacturing firms

In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the 14th International Conference on Engineering Design 2003 (ICED03), 19.-21.08.2003.

Stockholm: Design Society 2003

STEINHILPER, R.:

Produktrecycling im Maschinenbau; In: IPA Forschung und Praxis Nr. 115  
Berlin: Springer 1998

STEINHILPER, R.:

Produktrecycling: Vielnutzen durch Mehrfachnutzen  
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1999

STEINHILPER, R.; HUDELMAIER, U.:

Erfolgreiches Produktrecycling zur erneuten Verwendung oder Verwertung – Ein Leitfaden für Unternehmen.

Eschborn: Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW) e.V. 1993.

STEINHILPER, R.; OSTEN-SACKEN, v.D. D.:

Decision Management Systems for Downcycling/Upycling/Eco Design – Interdisziplinäre Experience  
In: Krause, F.; Seliger, G. (Hrsg.): LIFE CYCLE NETWORKS – Proceedings of the CIRP 4<sup>th</sup> International Seminar on Life-Cycle Engineering, Berlin, Germany, S. 324-334  
London: Chapman&Hall 1997

STEINMETZER, H.C.:

Integrierte Produktpolitik in Bayern  
In: Stroh, K.; Behling, G.; Koller, U.; Lattner, A. (Hrsg.): Seminarband der Zentralen Informationsstelle – Umweltberatung Bayern, Bd. 18, GSF Bericht 10/01  
Neuherberg: GSF, 2001

STEGER, U.:

Einleitende Zusammenfassung;  
In: Steger, U. (Hrsg.), Handbuch des integrierten Umweltmanagements,  
München, 1997, S. 1-29

STETTER, R.:

Method Implementation in Integrated Product Development  
München: Dr. Hut 2000

STMUGV (HRSG.):

Mehr Nutzen für Hochtechnologieprodukte – Ergebnisse des Pilotprojektes IPP in der Medizintechnik  
Feucht: DRUCK+SATZ Grafex 2003  
[<http://www.ipp-bayern.de>]

STMUGV (HRSG.) (2004A):

IPP Projekte in Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit u. Verbraucherschutz  
München: STMUGV 2003  
[<http://www.ipp-bayern.de>]

STMUGV (HRSG.) (2004B):

IPP- Integrierte Produktpolitik: Neue Wege für innovative Unternehmen  
Ergebnisse des Pilotprojektes IPP in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU)  
München: STMUGV 2004

STMUGV (HRSG.):

Einführung und Adaption von Methoden zur umweltgerechten, nachhaltigen Produktgestaltung anhand konkreter Praxisbeispiele mit begleitendem Erfahrungstransfer in KMU  
Abschlussbericht des gleichnamigen Forschungsprojektes zur Integrierten Produktpolitik in KMU  
München: STMUGV 2005

SUHR, M.:

Wissensbasierte Unterstützung recyclingorientierter Produktgestaltung  
In: Roozenburg, N.(Hrsg.): Proceedings of ICED 93,  
Zürich: Edition Heurista 1993

SWEATMANN, A.;

Life Cycle Assessment of an Electrolux Vacuum Cleaner: An Evaluation of LCA Tools.  
In: 4<sup>th</sup> Symposium for Case Studies, Brüssel, 3. Dezember 1996, S. 27-33  
Brüssel: SETAC 1996

TAMINI, N.; SEBASTIANELLI, R.:

The Barriers to Total Quality Management. Quality Progress, June 1998, S. 57-60

## TA-SIEDLUNGSABFALL:

Technische Anleitung zur Vermeidung, Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen,  
Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall),  
Bonn: 14.Mai 1993

## TA-SONDERABFALL:

Technische Anleitung zur Verwertung und sonstigen Entsorgung von Sonderabfällen,  
Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Sonderabfall),  
Bonn: 1.Oktober 1990.

## TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B.:

Step by Step TRIZ: Systematic Innovation.  
Nottingham, Newhamshire: 1997

## THEUNERT, C.:

Poolberatung als mögliches Instrument zur Umsetzung der EMAS-Verordnung in KMU  
Oldenburg: Universität Stuttgart 1999 (Schriftenreihe LAUB 27)

## TISCHLER, R.:

Ökologische Berater-Netzwerke: ein Beratungsmodell zur Förderung einer ökologieorientierten Verhaltensausrichtung kleiner und mittlerer Betriebe  
Baden-Baden: 1994

## TRAUTNER, S.:

Technische Umsetzung produktbezogener Instrumente der Umweltpolitik bei Elektro- und Elektronikgeräten.  
Erlangen-Eltersdorf: Meisenbach Verlag Bamberg 2002

## TRIPNIS, V.:

Evolving Issues in Product Life Cycle Design.  
In: Annals of the CIRP Vol. 42/1, S. 169-173, 1993

## TRITSCH, C.:

Flexible Demontage technischer Gebrauchsgüter  
Karlsruhe: (Eigenverlag) 1996

## TROKKOS, C.:

Die Bedeutung Klein- und Mittelbetriebe im Wachstumsprozess hoch entwickelter Industrieländer unter besonderer Berücksichtigung der außenwirtschaftlichen Beziehungen zu Entwicklungsländern,  
Göttingen: Universität Göttingen 1991

## UM (HRSG.):

Internetseiten des Umweltministeriums Niedersachsen  
[www.mu1.niedersachsen.de, 2004]

## UMEMORI, Y.; KONDOH, S.; UMEDA, Y.; SHIMOMURA, Y.; YOSHIOKA, M.:

A Study on Design for Upgradable Products Considering Future Uncertainty.  
In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Intern. Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 2001), Tokyo (Japan), 12.-15.12.2001.  
Los Alamitos: IEEE Computer Society 2001

## UMWELTBUNDESAMT (HRSG.):

Ermittlung des ökologischen Problembewusstseins der Bevölkerung,  
UBA Texte 7/94,  
Berlin: Umweltbundesamt 1994

UMWELTBUNDESAMT (HRSG.):

Stand der Entsorgung von elektrischen und elektronischen Kleingeräten in der Bundesrepublik Deutschland,  
UBA Texte 61/96,  
Berlin: Umweltbundesamt 1996

UMWELTPAKT BAYERN; BAYERISCHE STAATSKANZLEI (HRSG.):

Umweltpakt Bayern – Nachhaltiges Wirtschaften im 21. Jahrhundert  
München: Bayerische Staatskanzlei 2000

URBANEK, P.:

UMWELTGESCHICHTE - Ein Überblick  
[Url: <http://www.oekoweb.at/infoebenen/oekomuseum/> , 2004]

USHER, J.:

Implementing Concurrent Engineering in Small Manufacturing Enterprises.  
In: Engineering Management Journal, Vol. 8 Nr.1, S. 33-43  
März 1996

UTERMÖHLEN, R.:

Hat Ihr Produkt noch Zukunft? – Umfrage zum „Green Engineering“  
In: VDI-Nachrichten Nr. 17/2000, S. 14  
Düsseldorf: VDI-Verlag, 2000

UVM (HRSG.) (2004A):

Internetseiten des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.  
[www.uvm.baden-wuerttemberg.de, 2004]

UVM (HRSG.) (2004B):

Kooperative Ansätze im Rahmen einer Integrierten Produktpolitik – Überlegungen zur Gestaltung von Produktforen, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.  
Stuttgart: druck und medientechnik 2004  
[www.uvm.baden-wuerttemberg.de]

VDI-RICHTLINIE 2220 :

Produktplanung. Ablauf, Begriffe und Organisation  
Berlin: Beuth 1980

VDI-RICHTLINIE 2221 :

Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte  
Berlin: Beuth 1993

VDI-RICHTLINIE 2222 :

Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien  
Düsseldorf: VDI 1996

VDI-RICHTLINIE 2243 (1993):

Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte. Grundlagen und Gestaltungsregeln  
Düsseldorf: VDI 1993 (zurückgezogen und ersetzt durch Entwurf 2000)

VDI-RICHTLINIE 2243 (2002):

Recyclingorientierte Produktentwicklung  
Berlin: Beuth 2002

- VDI-RICHTLINIE 2246 (1996).:  
Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse. Grundlagen  
Düsseldorf: VDI 1996 (zurückgezogen und ersetzt 2001)
- VDI-RICHTLINIE 2246 (2001):  
Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse. Grundlagen  
Berlin: Beuth 2001
- VDI-RICHTLINIE 3720:  
Lärmarm Konstruieren; Hydrokomponenten und -systeme  
Berlin: Beuth 2001
- VDI-RICHTLINIE 3727:  
Schallschutz durch Körperschalldämpfung; Physikalische Grundlagen und Abschätzungsverfahren  
Berlin: Beuth 1984
- VDI-RICHTLINIE 3740:  
Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Holzbearbeitungsmaschinen; Hobelmaschinen für einseitige Bearbeitung  
Berlin: Beuth 2001
- VDI-RICHTLINIE 4600:  
Kumulierter Energieaufwand – Begriff, Definition, Berechnungsmethoden  
Berlin: Beuth 1997
- VERPACKV:  
Verordnung zur Vermeidung von Verpackungsabfällen  
Bonn: Juni 1991
- VEZJAK, B.:  
Why Include Environmental Information in Annual Report?  
In: Strojniški Vestnik Proc. DMMI'99 – Design to Manufacture in Modern Industry, Podcetrtek (Slovenia), 20./21.09.1999, pp. 428-433 (Special Edition of Slovene Journal of Mechanical Engineering)
- VIERTLBÖCK, M.:  
Modell der Methoden- und Hilfsmittelführung im Bereich der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2000
- VROM (HRSG.):  
Internetseiten des niederländischen Ministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Umwelt  
[www.mim.dk, 2004]
- WACH, J. J.:  
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12)
- WANSLEBEN, M.:  
Hauptgeschäftsführer des Deutschen Industrie- und Handelskammertages (DIHK) anlässlich des Presseggesprächs :EU-Recht als Bürokratielast?“, Brüssel, 2004
- WAGNER, M.; SELIGER, G.:  
Modelling of Geometry-Independent End effectors for Flexible Disassembly Tools,  
In: 3<sup>rd</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering “ECO-Performance 96”, S. 219-228  
Zürich: Industrielle Organisation 1996

- WASSIDLO, P.R.:  
Mittelständische Unternehmung  
In: Wittmann, W. (Hrsg.) Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Bd. 2, 5. Aufl.  
Stuttgart: 1993
- WEBER, J.:  
Konzept eines rechnerunterstützten Assistenzsystems für die Entwicklung umweltgerechter Produkt.  
Erlangen: (Eigenverlag) 1998
- WEEE:  
EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte  
Brüssel: 27. Januar 2003
- WENDT, A.:  
Aspekte eines innovationsorientierten Umweltmanagements in mittelständischen Unternehmen – Eine theoretische Analyse der Anforderungen und empirische Untersuchung  
Karlsruhe: Universität Karlsruhe 1999
- WENZEL, H.; HAUSSCHILD, M.; ALTING, L.:  
Environmental Assessment of Products,  
Methodology, tools and case studies in product development,  
London: Chapman & Hall 1997
- WERDER, A.; NESTLER, A.:  
Organisation des Umweltschutzes im Mittelstand. Konzeption, Praxiserfahrungen, Gestaltungsempfehlungen  
Wiesbaden: 1998
- WEULE, H.:  
Life-Cycle-Analysis – A Strategic Element for Future Products and Manufacturing Technologies,  
In: Annals of the CIRP Vol. 42/1, S. 181-184, 1993
- WEYERHAEUSER CO.:  
Upgrading Wood Quality Through Drying Technology.  
1989.
- WIESE, B. S.:  
Der ökologische Ladenhüter? Marktpsychologische Aspekte der umweltgerechten Produktentwicklung.  
In: SFB 392 (Hrsg.): Tagung „Verantwortung Umwelt – Herausforderung für die Produktentwicklung der Zukunft“, Darmstadt, 05.12.2000  
Darmstadt: TU (Eigenverlag) 2000, S. 2-9
- WIMMER, F.:  
Empirische Einsichten in das Umweltbewusstsein und Umweltschutzverhalten der Konsumenten,  
In: Wagner, G. (Hrsg.): Betriebswirtschaft und Umweltschutz, S. 44-75  
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1993
- WIMMER, F.:  
Der Einsatz von Paneldaten zur Analyse des umweltorientierten Kaufverhaltens von Konsumenten,  
In: UmweltWirtschaftsForum 3. Jg., 1995, S. 28-34
- WIMMER, W.:  
Ecodesign Pilot – Product Investigation, Learning and Optimization Tool. In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg.): Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design. Vol. 1, S. 465-468  
München: Technische Universität München 1999

WIMMER, W.:

Environmental Improvements of a Citruspress using the Ecodesign Checklist Methode.

In: Kimura, F. (Hrsg.): Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering, 27.-29. November 2000, Tokyo, Japan, S. 106-110

WIMMER, W.:

Ecodesign Pilot – Product Investigation, Learning and Optimization Tool. In: Kimura, F. (Hrsg.): Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering, 27.-29. November 2000, Tokyo, Japan

WIMMER, W.:

ECODESIGN Online: The New Internet Tool For Environmentally Conscious Product Design.

In: SFB 392 (Hrsg.): Tagung „Verantwortung Umwelt – Herausforderung für die Produktentwicklung der Zukunft“, Darmstadt, 05.12.2000

Darmstadt: TU (Eigenverlag) 2000, S. 2-9

WÖGERBAUER, H.:

Werkstoffsparen in Konstruktion und Fertigung

In: Werkstoffsparen. Heft 1,

Berlin: VDI 1940

WÖTZEL, K.; FLAKE, M.:

Nachwachsende Rohstoffe – eine Alternative zu Kunststoffen? Vergleichende Ökobilanz einer PKW-Seitenverkleidung aus einem Hanffaserverbundwerkstoff und aus ABS-Spritzguß

In: Seliger, G. (Hrsg.): Kolloquium zur Kreislaufwirtschaft und Demontage, 20.-21. Januar,

Berlin: TU und HdK, 2000

WUPPERTALER INSTITUT (HRSG.)

MIPS-Online

Wuppertal: Wuppertal Instituts für Klima-Umwelt-Energie, 2004

[www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline, 2004]

ZANKER, W.:

Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.

Aachen: Shaaker 1999, (Konstruktionstechnik München, Band 36)

ZEITEL, G.:

Volkswirtschaftliche Bedeutung von Klein- und Mittelbetrieben,

In: Pfohl, H.C. (Hrsg.), Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe: Größenspezifische Probleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung, 2. Aufl.

Berlin: 1990

ZÜLCH, G.; EMMERICH, F.; SCHNECK, M.:

Adaptive Dynamic Process Plans – A Basic for a Disassembly Information System,

In: 3<sup>rd</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering “ECO-Performance 96”, S. 245-253

Zürich: Industrielle Organisation 1996

ZÜST, R.:

Sustainable Products and Processes. In: Proceedings of the Eco-Performance – 3<sup>rd</sup> International Seminar on Life Cycle Engineering, Zürich, 1996

ZÜST, R.; PLÄTZ, A., CADUFF, G.:

Consideration of Environmental Aspects in Product Design.

In: Hubka, V. (Hrsg.): Proceedings of ICED 95, Vol.3, S. 1023-1032

Zürich: Edition Heurista 1995



ZÜST, R.; WAGNER, R.:

Consideration of Environmental Aspects in Product Design.

In: Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design (ICED), Prag, S. 473-476,  
Zürich, Heurista 1992



---

## 9 Anhang

### 9.1 Abkürzungen

€	EURO (gesetzliches Zahlungsmittel seit 01.01.2002)
AbfG	Abfallgesetz
AF	Anforderung
ASME	Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference
BayFORREST	Bayerischer Forschungsverbund für Abfallforschung und Reststoffverwertung
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.
BEnefit	Bayerisches Entwicklungsnetz für innovative Technologien
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CE	Concurrent Engineering
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DFX	Design for X
DIHT	Deutscher Industrie- und Handelstag
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
E&K	Entwicklung und Konstruktion
EMAS	Environmental Management and Audit Scheme
EPD	European Product Declaration
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft

---

EU	Europäische Union
FMEA	Failure Mode and Effekt Analysis, auch Fehlermöglichkeiten- und -einfluss-Analyse
F&E	Forschung und Entwicklung
GVO	Genetisch veränderte Organismen
HTML	Hypertext Markup Language
ICED	International Conference on Engineering Design
I. d. R.	In der Regel
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IHK	Industrie- und Handelskammer
IP	Integrierte Produktentwicklung
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
IPP	Integrierte Produktpolitik
ISO	International Organization for Standardization
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
KrW	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LCA	Life Cycle Analysis
LCC	Life Cycle Cost
MBS	Modulares Bremssteuerungssystem
Mio.	Millionen
MIPS	Materialintensität pro Serviceeinheit
MVM	Münchener Vorgehensmodell
NRO	Nicht-Regierungsorganisationen
PET	Polyethylenterephthalat
ProMeKreis	Methoden zur Verbesserung der Kreislaufeignung von Einfach- und Komplexgeräten unter besonderer Berücksichtigung der Recyclingkosten und unter Einbeziehung innovativer Verwertungstechniken bei der Produktentwicklung (Verbundprojekt für das BMBF)
QFD	Quality Function Deployment

---

ROHS	Europäische Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten: „Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances
RB	Randbedingung
RP	Rapid Prototyping
SADT	Structure Analyse and Design Technique
SBF	Siebbandpresse
SFB	Sonderforschungsbereich
SE	Simultaneous Engineering
SME	small and medium-sized companies
StMLU	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (alter Name)
StMUGV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (neuer Name)
TA Abfall	Technische Anleitung Abfall
TA Luft	Technische Anleitung Luft
TA Sonderabfall	Technische Anleitung Sonderabfall
TQM	Total Quality Management
TRIZ	Theory of Inventive Problem Solving bzw. aus dem Russischen „Teorijz Rezhenija Izobretatel'skich Zadach“
TTM	Transtheoretisches Modell
UMS	Umweltmanagementsystem
UAP	Umweltaktionsprogramm der EU
UML	Unified Modelling Language
UMS	Umweltmanagementsystem
UNO	United Nations Organization
UNCED	UN-Conference on Environment and Development
URL	Uniform Ressource Locator
URRC	Utility Regulation Research Centre
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Vgl.	vergleiche
WECD	World Commission on Environment and Development
WEEE	Waste of Electrical and Electronic Equipment (Europäische Richtlinie für Elektro- und Elektronik-Altgeräte)
WWW	World Wide Web
Z. B.	Zum Beispiel

---

## 10 Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung

Lehrstuhl für Produktentwicklung

Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

Dissertationen betreut von

- Prof. Dr.-Ing. W. Rodenacker,
- Prof. Dr.-Ing. K. Ehrlenspiel und
- Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

- D1 COLLIN, H.:  
Entwicklung eines Einwalzenkalenders nach einer systematischen Konstruktionsmethode.  
München: TU, Diss. 1969.
- D2 OTT, J.:  
Untersuchungen und Vorrichtungen zum Offen-End-Spinnen.  
München: TU, Diss. 1971.
- D3 STEINWACHS, H.:  
Informationsgewinnung an bandförmigen Produkten für die Konstruktion der Produktmaschine.  
München: TU, Diss. 1971.
- D4 SCHMETTOW, D.:  
Entwicklung eines Rehabilitationsgerätes für Schwerstkörperbehinderte.  
München: TU, Diss. 1972.
- D5 LUBITZSCH, W.:  
Die Entwicklung eines Maschinensystems zur Verarbeitung von chemischen Endlosfasern.  
München: TU, Diss. 1974.
- D6 SCHEITENBERGER, H.:  
Entwurf und Optimierung eines Getriebesystems für einen Rotationsquerschneider mit allgemeingültigen Methoden.  
München: TU, Diss. 1974.
- D7 BAUMGARTH, R.:  
Die Vereinfachung von Geräten zur Konstanthaltung physikalischer Größen.  
München: TU, Diss. 1976.
- D8 MAUDERER, E.:  
Beitrag zum konstruktionsmethodischen Vorgehen durchgeführt am Beispiel eines Hochleistungsschalter-Antriebs.  
München: TU, Diss. 1976.

- D9 SCHÄFER, J.:  
Die Anwendung des methodischen Konstruierens auf verfahrenstechnische Aufgabenstellungen.  
München: TU, Diss. 1977.
- D10 WEBER, J.:  
Extruder mit Feststoffpumpe – Ein Beitrag zum Methodischen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1978.
- D11 HEISIG, R.:  
Längencodierer mit Hilfsbewegung.  
München: TU, Diss. 1979.
- D12 KIEWERT, A.:  
Systematische Erarbeitung von Hilfsmitteln zum kostenarmen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1979.
- D13 LINDEMANN, U.:  
Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt.  
Düsseldorf: VDI-Verlag 1980. (Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften Reihe 1, Nr. 60)  
Zugl. München: TU, Diss. 1980.
- D14 NJOYA, G.:  
Untersuchungen zur Kinematik im Wälzlager bei synchron umlaufenden Innen- und Außenringen.  
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D15 HENKEL, G.:  
Theoretische und experimentelle Untersuchungen ebener konzentrisch gewellter Kreisringmembranen.  
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D16 BALKEN, J.:  
Systematische Entwicklung von Gleichlaufgelenken.  
München: TU, Diss. 1981.
- D17 PETRA, H.:  
Systematik, Erweiterung und Einschränkung von Lastausgleichslösungen für Standgetriebe mit zwei Leistungswegen – Ein Beitrag zum methodischen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1981.
- D18 BAUMANN, G.:  
Ein Kosteninformationssystem für die Gestaltungsphase im Betriebsmittelbau.  
München: TU, Diss. 1982.
- D19 FISCHER, D.:  
Kostenanalyse von Stirnzahnrädern. Erarbeitung und Vergleich von Hilfsmitteln zur Kostenfrüherkennung.  
München: TU, Diss. 1983.



- D20 AUGUSTIN, W.:  
Sicherheitstechnik und Konstruktionsmethodiken – Sicherheitsgerechtes Konstruieren. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz 1985.  
Zugl. München: TU, Diss. 1984.
- D21 RUTZ, A.:  
Konstruieren als gedanklicher Prozess.  
München: TU, Diss. 1985.
- D22 SAUERMAN, H. J.:  
Eine Produktkostenplanung für Unternehmen des Maschinenbau.  
München: TU, Diss. 1986.
- D23 HAFNER, J.:  
Entscheidungshilfen für das kostengünstige Konstruieren von Schweiß- und Gußgehäusen.  
München: TU, Diss. 1987.
- D24 JOHN, T.:  
Systematische Entwicklung von homokinetischen Wellenkupplungen.  
München: TU, Diss. 1987.
- D25 FIGEL, K.:  
Optimieren beim Konstruieren.  
München: Hanser 1988.  
Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d. T.: Figel, K.: Integration automatisierter Optimierungsverfahren in den rechnerunterstützten Konstruktionsprozess.

#### Reihe Konstruktionstechnik München

- D26 TROPSCHUH, P. F.:  
Rechnerunterstützung für das Projektieren mit Hilfe eines wissensbasierten Systems.  
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 1)  
Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d. T.: Tropschuh, P. F.: Rechnerunterstützung für das Projektieren am Beispiel Schiffsgetriebe.
- D27 PICKEL, H.:  
Kostenmodelle als Hilfsmittel zum Kostengünstigen Konstruieren.  
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 2)  
Zugl. München: TU, Diss. 1988.
- D28 KITTSTEINER, H.-J.:  
Die Auswahl und Gestaltung von kostengünstigen Welle-Nabe-Verbindungen.  
München: Hanser 1990. (Konstruktionstechnik München, Band 3)  
Zugl. München: TU, Diss. 1989.
- D29 HILLEBRAND, A.:  
Ein Kosteninformationssystem für die Neukonstruktion mit der Möglichkeit zum Anschluss an ein CAD-System.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 4)  
Zugl. München: TU, Diss. 1990.

- D30 DYLLA, N.:  
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5)  
Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D31 MÜLLER, R.  
Datenbankgestützte Teileverwaltung und Wiederholteilsuche.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 6)  
Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D32 NEESE, J.:  
Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 7)  
Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D33 SCHAAL, S. :  
Integrierte Wissensverarbeitung mit CAD – Am Beispiel der konstruktionsbegleitenden Kalkulation.  
München: Hanser 1992. (Konstruktionstechnik München, Band 8)  
Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D34 BRAUNSPERGER, M.:  
Qualitätssicherung im Entwicklungsablauf – Konzept einer präventiven Qualitätssicherung für die Automobilindustrie.  
München: Hanser 1993. (Konstruktionstechnik München, Band 9)  
Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D35 FEICHTER, E.:  
Systematischer Entwicklungsprozess am Beispiel von elastischen Radialversatzkupplungen.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 10)  
Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D36 WEINBRENNER, V.:  
Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 11)  
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D37 WACH, J. J.:  
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12)  
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D38 LENK, E.:  
Zur Problematik der technischen Bewertung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 13)  
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D39 STUFFER, R.:  
Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 14)  
Zugl. München: TU, Diss. 1993.

- D40 SCHIEBELER, R.:  
Kostengünstig Konstruieren mit einer rechnergestützten Konstruktionsberatung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 15)  
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D41 BRUCKNER, J.:  
Kostengünstige Wärmebehandlung durch Entscheidungsunterstützung in Konstruktion und Härterei.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 16)  
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D42 WELLNIAK, R.:  
Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 17)  
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D43 SCHLÜTER, A.:  
Gestaltung von Schnappverbindungen für montagegerechte Produkte.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 18)  
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D44 WOLFRAM, M.:  
Feature-basiertes Konstruieren und Kalkulieren.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 19)  
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D45 STOLZ, P.:  
Aufbau technischer Informationssysteme in Konstruktion und Entwicklung am Beispiel eines elektronischen Zeichnungsarchivs.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 20)  
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D46 STOLL, G.:  
Montagegerechte Produkte mit feature-basiertem CAD.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 21)  
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D47 STEINER, J. M.:  
Rechnergestütztes Kostensenken im praktischen Einsatz.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 22)  
Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D48 HUBER, T.:  
Senken von Montagezeiten und -kosten im Getriebebau.  
München: Hanser 1995. (Konstruktionstechnik München, Band 23)  
Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D49 DANNER, S.:  
Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 24)  
Zugl. München: TU, Diss. 1996.

- D50 MERAT, P.:  
Rechnergestützte Auftragsabwicklung an einem Praxisbeispiel.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 25)  
Zugl. München: TU, Diss. 1996 u. d. T.: MERAT, P.: Rechnergestütztes Produktleitsystem
- D51 AMBROSY, S.:  
Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1997. (Konstruktionstechnik München, Band 26)  
Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D52 GIAPOULIS, A.:  
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27)  
Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D53 STEINMEIER, E.:  
Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells – Einsatz in der Pkw-Entwicklung  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 28)  
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D54 KLEEDÖRFER, R.:  
Prozess- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 29)  
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D55 GÜNTHER, J.:  
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30)  
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D56 BIERSACK, H.:  
Methode für Kraftleinleitungsstellenkonstruktion in Blechstrukturen.  
München: TU, Diss. 1998.
- D57 IRLINGER, R.:  
Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 31)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D58 EILETZ, R.:  
Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte – am Bsp. PKW-Entwicklung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 32)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D59 STÖBER, R.:  
Zielkostenmanagement in integrierten Produkterstellungsprozessen.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 33)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.

- D60 PHLEPS, U.:  
Recyclinggerechte Produktdefinition – Methodische Unterstützung für Upgrading und Verwertung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 34)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D61 BERNARD, R.:  
Early Evaluation of Product Properties within the Integrated Product Development.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 35)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D62 ZANKER, W.:  
Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 36)  
Zugl. München: TU, Diss. 1999.

### Reihe Produktentwicklung München

- D63 ALLMANSBERGER, G.:  
Erweiterung der Konstruktionsmethodik zur Unterstützung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 37)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D64 ABMANN, G.:  
Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 38)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D65 BICHLMAIER, C.:  
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 39)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D66 DEMERS, M. T.  
Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 40)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D67 STETTER, R.:  
Method Implementation in Integrated Product Development.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 41)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D68 VIERTLBÖCK, M.:  
Modell der Methoden- und Hilfsmiteileinführung im Bereich der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 42)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.

- D69 COLLIN, H.:  
Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 43)  
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D70 REISCHL, C.:  
Simulation von Produktkosten in der Entwicklungsphase.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 44)  
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D71 GAUL, H.-D.:  
Verteilte Produktentwicklung - Perspektiven und Modell zur Optimierung.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 45)  
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D72 GIERHARDT, H.:  
Global verteilte Produktentwicklungsprojekte – Ein Vorgehensmodell auf der operativen Ebene.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 46)  
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D73 SCHOEN, S. :  
Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 47)  
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D74 BENDER, B.:  
Zielorientiertes Kooperationsmanagement.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 48)  
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D75 SCHWANKL, L.:  
Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 49)  
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D76 WULF, J.:  
Elementarmethoden zur Lösungssuche.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50)  
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D77 MÖRTL, M.:  
Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 51)  
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D78 GERST, M.:  
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52)  
Zugl. München: TU, Diss. 2002.

- D79 AMFT, M.:  
Phasenübergreifende bidirektionale Integration von Gestaltung und Berechnung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 53)  
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D80 FÖRSTER, M.:  
Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbau.  
München: Dr. Hut 2003. (Produktentwicklung München, Band 54)  
Zugl. München: TU, Diss. 2003.
- D81 GRAMANN, J.:  
Problemmodelle und Bionik als Methode.  
München: Dr. Hut 2003. (Produktentwicklung München, Band 55)  
Zugl. München: TU, Diss. 2003.
- D82 PULM, U.:  
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 56)  
Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D83 HUTTERER, P.:  
Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 57). Zugl. München: TU,  
Diss. 2005.
- D84 FUCHS, D.:  
Konstruktionsprinzipien für die Problemanalyse in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 58). Zugl. München: TU,  
Diss. 2005.
- D85 PACHE, M.:  
Sketching for Conceptual Design.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 59). Zugl. München: TU,  
Diss. 2005.
- D86 BRAUN, T.:  
Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 60). Zugl. München: TU,  
Diss. 2005.
- D87 JUNG, C.:  
Anforderungskklärung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 61). Zugl. München: TU,  
Diss. 2006.