

Lehrstuhl für Produktentwicklung

Verteilte Produktentwicklung - Perspektiven und Modell zur Optimierung

Hans-Dieter Gaul

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. B.-R. Höhn
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Die Dissertation wurde am 25.04.2001 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen
am 06.08.2001 angenommen.

Vorwort des Herausgebers

Problemstellung

Die Randbedingungen, unter denen Unternehmen heute agieren müssen, haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Die Kunden fordern immer individuellere Lösungen, gleichzeitig steigt die Komplexität der Produkte stark an. Parallel zu diesem Trend sind die Länder der Welt dichter zusammengedrückt. Unter dem Stichwort *Globalisierung* werden die politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Entwicklung in der Öffentlichkeit heftig diskutiert.

Immer häufiger suchen die Unternehmen daher nach Partnern, mit denen sie gemeinsam auf die gestiegenen Anforderungen reagieren können. Zum einen versuchen große Unternehmen kleinere Firmen aufzukaufen und damit zusätzliches Know-how oder neue Märkte zu gewinnen. Auf der anderen Seite schließen sich immer mehr kleine und mittelständische Betriebe in Netzwerken zusammen, und treten gegenüber dem Kunden als ein Gemeinschaftsunternehmen auf. In beiden Fällen wird die Entwicklung neuer Produkte stark durch die kooperative Arbeit der beteiligten Partner gekennzeichnet.

In den vergangenen Jahren stand die Entwicklung neuer rechnergestützter Werkzeuge für den Einsatz in solchen verteilten Umgebungen im Mittelpunkt der Forschung. Ebenso wurde der Aufbau von Produktionsnetzwerken näher untersucht. Die methodische Unterstützung der kooperativen Produktentwicklung wurde jedoch bisher eher vernachlässigt.

Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit soll zunächst Trends identifizieren, die die Entwicklung neuer Produkte in den nächsten Jahren beeinflussen können. Aus diesen Trends soll ein mögliches Szenario für die Produktentwicklung der Zukunft abgeleitet werden. Darüber hinaus soll mit Hilfe eines Modells der verteilten Produktentwicklung eine Optimierung verteilt ablaufender Produktentwicklungsprozesse ermöglicht werden.

Ergebnisse

Ausgehend von einer intensiven Literatur- und Internetrecherche wurden die Randbedingungen von Entwicklungsprozessen identifiziert, die sich in den nächsten Jahren besonders stark verändern könnten. Neben den gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Randbedingungen sind dabei besonders die Entwicklung neuer Technologien sowie die Veränderung der zu entwickelnden Produkte zu nennen. Gleichzeitig wurde auch

untersucht, welche neuen Möglichkeiten den Entwicklungsabteilungen zur Verfügung stehen werden um auf die Veränderungen reagieren zu können. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf dem Einsatz neuer Rechnerwerkzeuge sowie der Anpassung von Methoden und Prozessen an die neuen Erfordernisse.

Insgesamt konnte der Trend bestätigt werden, dass auch in der Produktentwicklung zunehmend über Standort- bzw. Unternehmensgrenzen hinweg an neuen Produkten gearbeitet werden wird. Zur Verbesserung dieser kooperativen Produktentwicklung stellt diese Arbeit ein Modell zur Verfügung, das sowohl eine Optimierung der Abläufe in einem bereits laufenden Projekt als auch die Berücksichtigung verteilungsspezifischer Besonderheiten bereits in der Projektplanung ermöglicht. Dabei steht insbesondere die Gestaltung der Schnittstellen zwischen den Partnern, die Bildung standortübergreifender Teams sowie die Kommunikation und Informationslogistik zwischen den beteiligten Partnern im Mittelpunkt der Betrachtung.

Folgerungen für die industrielle Praxis

Die Anwendung des vorgestellten Modells erlaubt jedem Mitarbeiter in einem verteilten Entwicklungsprojekt sich schnell ein Bild von der spezifischen Verteilungssituation im Projekt zu machen und frühzeitig mögliche Problemquellen zu identifizieren. Gleichzeitig stellt das Modell Lösungsansätze bereit, mit denen die Auswirkungen von auftretenden Problemen gemildert oder gar beseitigt werden können. Daneben ermöglicht es den Projektverantwortlichen im Unternehmen die verteilungsspezifischen Besonderheiten eines Projekts bereits bei der Projektvorbereitung zu berücksichtigen und damit die Probleme von Anfang an zu vermeiden oder zumindest auf mögliche Probleme vorbereitet zu sein.

Folgerung für Forschung und Wissenschaft

In den letzten Jahren sind umfangreiche Anstrengungen zur Entwicklung von neuen, rechnergestützten Werkzeugen für die verteilte Produktentwicklung unternommen worden. Dabei stand zumeist die Ausnutzung der neuen technischen Möglichkeiten im Vordergrund, die methodische Unterstützung der verteilten Produktentwicklung wurde hingegen nicht weiter betrachtet. Die vorliegende Arbeit hilft diese Lücke zu schließen.

August 2001

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

Danksagung des Autors

Diese Arbeit wurde während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München erstellt. Dem vorliegenden Text liegen die Erfahrungen zugrunde, die ich in mehreren Projekten sammeln konnte. Insbesondere das Kooperationsprojekt „Verteilte Produktentwicklung“ mit der BMW AG und dem Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion der TU Darmstadt sowie in der letzten Phase auch dem Department for Mechanical Engineering der Clemson University lieferte wesentliche Erkenntnisse für diese Arbeit.

An dieser Stelle bietet sich mir nun die Gelegenheit all jenen zu danken, die mich bei der Erstellung dieser Dissertation unterstützt haben. Zunächst ist hier Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann zu nennen, der mir die Gelegenheit zur Promotion geboten hat und meine Arbeit während der letzten vier Jahre begleitet und gefördert hat. Insbesondere in schwierigen Lebensphasen hat er mir durch sein Verständnis viel geholfen. Des weiteren danke ich Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm für die Mitberichterstattung sowie Prof. Dr.-Ing. B.-R. Höhn für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes. Meinen Kollegen Dipl.-Ing. B. Jokele und Dipl.-Ing. D.-K. Fuchs danke ich für die Anregungen und Korrekturen, die zur Verbesserung dieser Arbeit beigetragen haben.

Ebenso danke ich allen, mit denen ich an den verschiedenen Projekten gearbeitet habe, für ihre Anregungen und die konstruktive Zusammenarbeit. Neben den Mitarbeitern im bereits erwähnten Projekt „Verteilte Produktentwicklung“ möchte ich dabei die Kollegen des SFB 336 sowie die Partner in den zahlreichen kleineren Projekten mit der BMW AG sowie der IBM Unternehmensberatung GmbH erwähnen. Dabei sollen auch die Studenten nicht vergessen werden, die durch ihren Einsatz die Projekte immer wieder vorangetrieben haben.

Für eine erfolgreiche Arbeit ist immer auch ein entsprechendes Umfeld erforderlich. Daher gilt mein Dank auch allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Produktentwicklung, die dafür gesorgt haben, dass mir meine Zeit am Lehrstuhl immer in angenehmer Erinnerung bleiben wird. Besonders denke ich dabei an meine Bürokollegen Dipl.-Ing. M. Amft und Dipl.-Ing. B. Jokele.

Schließlich gebührt meinen Eltern großer Dank, die mir meinen Weg zur Promotion durch ihre kontinuierliche Unterstützung erst möglich gemacht haben. Zu guter Letzt danke ich meiner Frau für ihre Geduld und Unterstützung, in guten wie in schlechten Zeiten.

September 2001

Hans-Dieter Gaul

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Potenziale der verteilten Produktentwicklung	2
1.2	Probleme und Defizite der verteilten Produktentwicklung	3
1.3	Fazit	4
1.4	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	6
2	Grundlagen der verteilten Produktentwicklung	9
2.1	Systems Engineering	10
2.1.1	Systemdenken	11
2.1.2	Vorgehensmodell	13
2.1.3	Systemgestaltung	14
2.1.4	Projektmanagement	15
2.2	Projekt und Prozess	16
2.2.1	Prozesse	16
2.2.2	Projekt	17
2.2.3	Abgrenzung	19
2.3	Arbeiten in Teams	19
2.3.1	Begriffsdefinition	19
2.3.2	Das Team als soziales System	20
2.3.3	Verteilte Teams	23
2.4	Simultaneous und Concurrent Engineering	23
2.5	Information, Kommunikation und Kooperation	24
2.5.1	Einordnung von Daten, Information und Wissen	25
2.5.2	Modelle der Information und Kommunikation	26
2.5.3	Kooperation	30
3	Der Weg zur verteilten Produktentwicklung	37
3.1	Arbeitsteilung und Spezialisierung	37
3.2	Heutige Organisationsformen	39
3.3	Lean Thinking und Outsourcing	41
3.4	Neue Organisationsformen	43
3.5	Globalisierung	45
4	Unterstützung verteilter Prozesse	49
4.1	Informationstechnische Unterstützung	49
4.1.1	Informationssysteme und Wissensmanagement	51
4.1.2	Kommunikationssysteme und CSCW	53
4.1.3	Unterstützung der Organisation	56

4.1.4	Fazit	56
4.2	Methodische Unterstützung	56
4.2.1	Verbesserung der Kooperation	57
4.2.2	Netzwerkartige Unternehmensorganisation	59
4.2.3	Fazit	60
5	Perspektiven für die Zukunft	61
5.1	Auseinandersetzung mit der Zukunft	61
5.1.1	Prognostik	62
5.1.2	Futuristik	63
5.1.3	Planung	64
5.1.4	Szenario-Technik	66
5.2	Perspektiven der verteilten Produktentwicklung	70
5.2.1	Projektionen der Schlüsselfaktoren	71
5.2.2	Strategien für die Produktentwicklung	82
5.2.3	Verteilte Produktentwicklung in zehn Jahren	86
6	Modell zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse	89
6.1	Merkmalsystem „Verteilte Produktentwicklung“	89
6.1.1	Merkmale verteilter Entwicklungsprozesse	91
6.1.2	Typische Probleme in verteilten Entwicklungsprozessen	95
6.1.3	Lösungsansätze zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse	96
6.1.4	Randbedingungen von Entwicklungsprozessen	97
6.1.5	Werkzeug „MMS“	98
6.1.6	Einsatz des Merkmalsystems	99
6.2	Teamentwicklung in verteilten Teams	101
6.3	Kommunikation und Informationslogistik	103
6.4	Vorgehen zur Planung und Durchführung von verteilten Entwicklungsprojekten	106
6.4.1	Planung verteilter Entwicklungsprojekte	106
6.4.2	Durchführung verteilter Entwicklungsprojekte	113
6.4.3	Steuerung verteilter Entwicklungsprojekte	114
7	Einsatz des Modells in Praxisprojekten	115
7.1	Merkmalsystem	115
7.2	Planung eines verteilten Projekts	119
7.3	Nutzung von IuK-Werkzeugen in verteilten Umgebungen	123
7.3.1	Projekt „24-Entwicklung“	124
7.3.2	Telekooperation in der Produktentwicklung	126
7.4	Teamentwicklung	127

8	Zusammenfassung und Ausblick	129
8.1	Zusammenfassung	129
8.2	Ausblick	130
9	Literaturverzeichnis	133
10	Anhang	157
10.1	Beispiel für einen Interviewleitfaden	157
10.2	Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung	159

1 Einleitung

Die Entwicklung neuer, marktfähiger Produkte ist die wesentliche Aufgabe eines Unternehmens, um langfristig im Wettbewerb überleben zu können. Dabei haben sich die Randbedingungen, unter denen die Unternehmen agieren müssen, in den letzten Jahren verschärft. Insbesondere zwingt der Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten die Unternehmen dazu immer speziellere, auf den einzelnen Kunden abgestimmte Lösungen anzubieten. Dieser Trend wird durch Schlagworte wie „*Losgröße 1*“ oder auch „*Mass Customization*“ sowie steigende Variantenzahlen gekennzeichnet (REINHART & KRESS 1999, WILDEMANN 1999).

Parallel zur Veränderung der Kundenforderungen und damit der Produkte sind die Länder der Welt dichter zusammengewachsen. Die aktuellen Diskussionen um die Osterweiterung der Europäischen Union bzw. der NATO sind nur zwei Beispiele für diesen Trend. Mit diesen Veränderungen geht auch eine wirtschaftliche und politische Annäherung einher, die die Unternehmen vor neue Herausforderungen stellt. Unter dem Stichwort *Globalisierung* werden die Chancen und Risiken dieser Veränderungen in der Öffentlichkeit heftig diskutiert.

Heutige Produkte müssen nicht mehr nur gegenüber Erzeugnissen anderer inländischer Unternehmen konkurrenzfähig sein, sie müssen auch im Vergleich mit den Produkten internationaler Konkurrenten auf den globalen Märkten bestehen können. Dabei entscheidet neben Preis und Qualität immer häufiger der Zeitpunkt der Markteinführung über Erfolg oder Misserfolg des Produkts (GRABOWSKI & GEIGER 1997, SPÄTH 2000). Die Geschwindigkeit, mit der neue Innovationen gefordert werden, erhöht sich durch den globalen Wettbewerb. Dies lässt sich an den immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen ablesen (GAUSEMEIER et al. 2000a). Gleichzeitig werden Produkt- und Prozessinnovationen immer schneller von den Konkurrenten nachgeahmt (HAAK 2000b). Zudem steigt mit zunehmendem technischen Fortschritt die Komplexität der Produkte an (GAUSEMEIER et al. 2000b, EVERSHEIM et al. 1995). Dadurch entsteht der Zwang immer schneller immer komplexere Produkte zu entwickeln.

In dieser Situation stehen den Unternehmen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung um auf die veränderten Randbedingungen zu reagieren. Eine dieser Möglichkeiten ist die Durchführung von Entwicklungsprojekten in Kooperationen, sowohl unternehmensintern als auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Nach SPUR (2000b) wird „das Wissen über die effiziente Gestaltung derartiger Netzwerke (...) zu einem entscheidenden Wettbewerbsvorteil“. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten.

1.1 Potenziale der verteilten Produktentwicklung

Die Komplexität heutiger Produkte erfordert immer spezialisierteres Wissen in mehreren Fachbereichen. Daher müssen die Unternehmen entweder wachsen und damit ihr intern verfügbares Know-how vergrößern, oder sie müssen das benötigte Wissen aus externen Quellen beziehen, indem sie Kooperationen mit anderen Partnern eingehen.

Am Beispiel der Automobilindustrie ist dieser Trend gut zu erkennen. So wurde bereits im Jahr 1994 vorausgesagt, dass der Anteil langfristiger Partnerschaften zwischen Herstellern und Zulieferern von 20% (Stand 1993) auf etwa 50% der Gesamtauftragssumme der Herstellerunternehmen ansteigen wird (DEMANT 1994). In der Automobilindustrie werden immer mehr Komplettsysteme bei den Zulieferern bestellt (EVERSHEIM et al. 1995). Beispiele hierfür sind Schiebedach, Cockpit- oder Frontendmodule. Nach WILDEMANN (1998) zeigt sich dieser Trend auch in der Abnahme der Fertigungstiefe der Hersteller von 71% in 1981 auf voraussichtlich 59% in 2005. Damit entwickeln sich die Zulieferer von der „verlängerten Werkbank“ der Hersteller zu Systemlieferanten, die eigenes Entwicklungs-Know-how besitzen.

Für die überwiegend mittelständisch geprägte Branche der Automobilzulieferer fassen HÄGELE & SCHÖN (1998) die Chancen zusammen, die in der unternehmensübergreifenden Kooperation liegen. Insbesondere bei den Faktoren

- ◆ *Investitionsmöglichkeiten*
- ◆ *Erlangung von Systemkompetenz*
- ◆ *Transfer von Erfahrungswissen*
- ◆ *Kostensenkung durch koordinierte Entwicklungsarbeit und geringere Gemeinkosten*
- ◆ *Zugang zu neuen Kunden und Märkten*
- ◆ *Internationale Marktpräsenz ohne direkte Auslandsinvestitionen*
- ◆ *Abwicklung von Systemaufträgen*
- ◆ *Kapazitätsauslastung*
- ◆ *Ausnutzung von Synergieeffekten*

liegen ihrer Ansicht nach große Potenziale in Kooperationen. GAUSEMEIER et al. (2000b) sehen daher die Kooperationskompetenz, d.h. die Fähigkeit Kooperationen einzugehen, als eine der wichtigsten strategischen Faktoren für erfolgreiche Unternehmen an.

Auch eine Verkürzung der Entwicklungszeiten ist durch kooperatives Arbeiten möglich. Beispiele hierfür sind das weitverbreitete Simultaneous Engineering oder die Bildung unternehmensübergreifender *Task-Forces* zur schnellen Behebung akuter Probleme. Die *Volkswagen AG* verspricht sich durch kooperatives Arbeiten unter Ausnutzung von verschiedenen Zeitzonen eine Verkürzung der Entwicklungszeit auf ein Drittel der heute üblichen Zeiten (DONAUKURIER 1997). Im Maschinen- und Anlagenbau treibt eher der Zwang

zur globalen Marktpräsenz sowie die für die angestrebte Kundenbindung notwendige Nähe zu den Kunden die Hersteller zum Aufbau verteilter Ressourcen (NEFF 2000).

Darüber hinaus bieten Kooperationen die Chance die immer weiter steigenden Kapitalmengen aufzubringen, die zur Durchführung von High-Tech-Projekten benötigt werden (HAAK 2000b). Dadurch wird das unternehmerische Risiko der Entwicklung neuer Technologien und Verfahren breiter gestreut. In Japan verfolgen die Unternehmen zwei Strategien gleichzeitig. Zum einen suchen sie Kooperationspartner im asiatischen Raum, die ihnen einen einfachen Marktzugang und eine schnelle Marktdurchdringung ermöglichen. Bei Kooperationen mit nordamerikanischen bzw. westeuropäischen Firmen suchen sie hingegen eher technologiestarke Unternehmen, von denen sie Know-how erhalten können (HAAK 2000a).

Ein weiterer Nutzeffekt von Kooperationen ist die Steigerung der Kreativität durch unterschiedliche persönliche und kulturelle Eigenschaften von Teammitgliedern. Der Automobilhersteller *Ford* sieht in unterschiedlichen Persönlichkeitsmerkmalen große Chancen für Entwicklungsteams. Deshalb werden dort gezielt *Diversity-Teams* gebildet, bei denen Mitarbeiter aus unterschiedlichen Kulturkreisen sowie verschiedenen Altersschichten zusammen arbeiten. Eine Studie bei *General Electric* hat ergeben, dass solche gemischten Teams etwa 20% produktiver sind als homogene Gruppen (LEIMBACH 2000).

1.2 Probleme und Defizite der verteilten Produktentwicklung

Trotz aller Chancen, die in der Kooperation liegen, dürfen die Probleme, die bei der verteilten Bearbeitung von Aufgabenstellungen auftreten, nicht außer Acht gelassen werden. Prominente Beispiele der jüngsten Zeit, wie z.B. *DaimlerChrysler* (SÜDDEUTSCHE ZEITUNG ONLINE 2000a) oder die gescheiterte Fusion von *BMW* und *Rover* (SÜDDEUTSCHE ZEITUNG ONLINE 2000b), zeigen die Risiken sehr deutlich.

Von besonderer Bedeutung für eine partnerschaftliche Zusammenarbeit ist nach WILDEMANN (1998) das Vertrauen zwischen den Partnern. Damit gilt es neue Kooperationsstrategien zu entwickeln, da die bisher, z.B. von den Automobilherstellern, praktizierten Strategien wie die des „gläsernen Partners“ auf dieser Basis nicht mehr funktionieren.

ENDRES (1996) kam in einer Studie zu dem Ergebnis, dass die Ursache für Probleme in einer Kooperationsbeziehungen zwischen zwei Unternehmen überwiegend in der Organisation der Zusammenarbeit begründet sind. EVERSHEIM et al. (1995) stellen fest, dass die Prozesskette zur Entwicklung eines Produkts bisher nur innerhalb des eigenen Unternehmens optimiert wurde. Unternehmensübergreifende Konzepte zur Synchronisation der Abläufe zwischen Hersteller und Zulieferer fehlen jedoch.

Voraussetzung für die globale Zusammenarbeit ist die Vernetzung der Unternehmen. Mit der Zunahme von Geschäften im Internet können Unternehmen einfach und kostengünstig mit

ihren Kunden auf der ganzen Welt in Kontakt treten. Neben den Versandhändlern testen beispielsweise auch Automobilhersteller bereits den Vertrieb über dieses Medium (z.B. OPEL 1999). Dadurch werden sie aber auch verwundbarer, wie GREGORY (2000) betont. Ein Beispiel hierfür ist die rasante Ausbreitung von Computerviren. Der bekannte „I-love-you“-Virus konnte sich beispielsweise innerhalb kürzester Zeit, ausgehend von den Philippinen, um den ganzen Erdball ausbreiten. Dabei entstanden den betroffenen Unternehmen Schäden in Höhe von 10 Mrd. Dollar (GREGORY 2000). Ein anderes Risiko besteht in der einfachen Transferierbarkeit von Daten. Genauso wie Daten (z.B. CAD-Modelle) schnell an einen anderen Standort eines Unternehmens geschickt werden können, können sie auch zum Konkurrenten gelangen. Außerdem wird ein Unternehmen durch den Anschluss an die weltweiten Datennetze verwundbar, wie das Beispiel *Microsoft* zeigt (GRAFF 2000).

Probleme können auch die unterschiedlichen DV-Systeme der Kooperationspartner bereiten. MÜNSTEDT & HÖFER (2000) berichten beispielsweise vom Aufwand, der zur Vereinheitlichung der Personalmanagementsysteme zweier Unternehmen nach ihrer Fusion nötig wurde.

HÄGELE & SCHÖN (1998) fassen die Probleme von unternehmensübergreifenden Kooperationen wie folgt zusammen:

- ◆ *Erhöhter Kommunikationsaufwand durch unternehmensübergreifende Arbeit*
- ◆ *Reibungsverluste durch Unternehmenskulturunterschiede*
- ◆ *Fehlende Managementkapazität*
- ◆ *Reibungsverluste bei nicht klar definierten Verhaltensregeln*
- ◆ *Gegenläufige Zielsetzungen*
- ◆ *Widerstände der Mitarbeiter*
- ◆ *Abhängigkeit von Kooperationspartnern*
- ◆ *Know-how-Abfluss zu den Partnern*
- ◆ *Keine langfristige Garantie auf Loyalität*

1.3 Fazit

Auf dem Weg zwischen Chancen und Risiken der verteilten Arbeit stehen den Unternehmen verschiedene Strategien zur Verfügung. In einem ersten Schritt sind zahlreiche Unternehmen dazu übergegangen neue Fertigungsstandorte in sogenannten „Billiglohnländern“ zu errichten. Inzwischen werden immer häufiger auch Entwicklungsleistungen im Ausland erbracht.

Ein zweiter Trend ist in der verstärkten Einbindung von Zulieferern in die Entwicklungsabteilungen zu sehen. Dieser Trend wird häufig mit den Schlagworten „*Outsourcing*“ und „*Konzentration auf Kernkompetenzen*“ bezeichnet. Dabei übernimmt der Zulieferer im allgemeinen die Systemverantwortung für eine komplette Baugruppe. Schließlich stehen vielen Unternehmen durch Firmenzusammenschlüsse oder Joint Ventures Entwicklungsressourcen im Ausland zur Verfügung, die möglichst effizient genutzt werden müssen.

KLENTER & WARNKE (2000) kennzeichnen die Nutzung internationaler Produktionsstandorte als *State of the Art* und sehen unter anderem globale Produktionsnetzwerke sowie Kooperationen in virtuellen Strukturen als wesentliche Trends für die Zukunft von Produktionsbetrieben.

Allerdings ist auch eine Zunahme der Rückverlagerung von Produktionsstätten aus dem Ausland nach Deutschland zu verzeichnen (LAY & KINKEL 2000). Als Gründe für diese Rückverlagerung werden unter anderem die höhere Flexibilität sowie die hohen Koordinationskosten genannt (Bild 1-1), was auf organisatorische Probleme schließen lässt. LIEBING (1998) nennt ebenfalls zahlreiche Gründe, die eine Verlagerung von Tätigkeiten in andere Länder, insbesondere in die sogenannten „Billiglohnländer“, behindern. Seiner Ansicht nach sind Kultur, Bildung, Infrastruktur und Sprache besondere Problemquellen bei einer Verlagerung in diese Länder. Es ist zu erwarten, dass auch in der Entwicklung ähnliche Probleme auftreten werden.

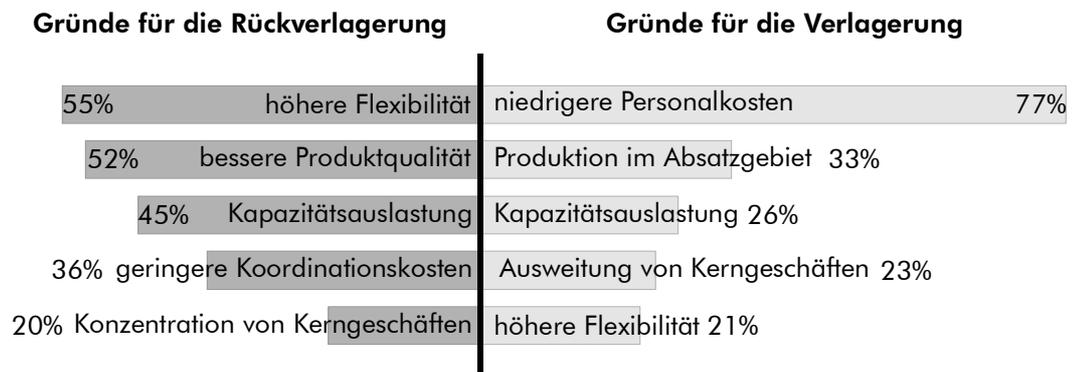


Bild 1-1: Gründe für die Verlagerung bzw. Rückverlagerung der Produktion (in Anlehnung an LAY & KINKEL 2000)

Am Beispiel der Automobilindustrie lassen sich die Herausforderungen, denen sich Hersteller und Zulieferer heute stellen müssen, gut erkennen. HÄGELE & SCHÖN (1998) haben die Situation der Automobilzulieferer untersucht und Strategien entwickelt, mit deren Hilfe diese Branche den Wettbewerbsbedingungen gerecht werden kann (Bild 1-2). Fast alle dieser Strategien erfordern Kooperationen über Standort- und Unternehmensgrenzen hinweg.

Eine Umfrage unter mittelständischen Automobilzulieferern hat ergeben, dass 88% der Betriebe Kooperationen eingehen wollen, um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden (SCHMOECKEL et al. 1995). Der Schwerpunkt wird dabei vor allem bei Forschungs- und Entwicklungskooperationen gesehen. Dabei sind sowohl Kooperationen mit anderen Zulieferern möglich als auch Kooperationen mit den Automobilherstellern im Sinne einer gemeinsamen Systementwicklung.

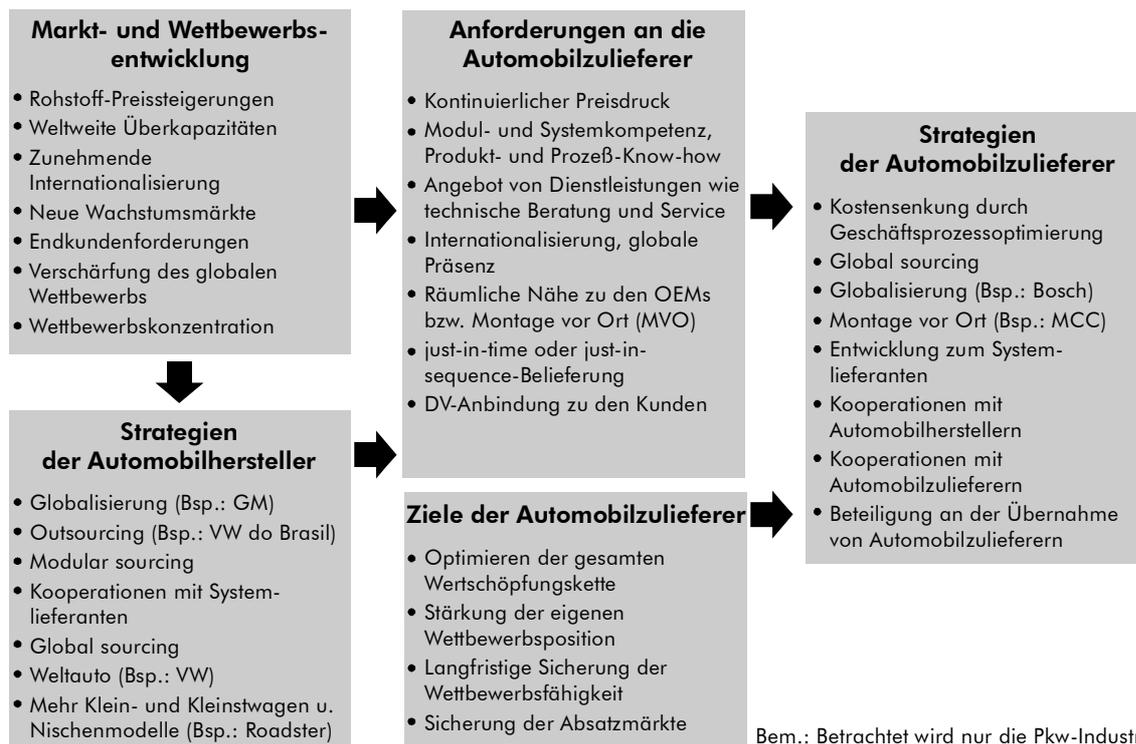


Bild 1-2: Trends und Strategien in der Automobil- und Automobilzulieferindustrie (HÄGELE & SCHÖN 1998)

1.4 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Wie oben gezeigt wurde, wird die verteilte Bearbeitung von Aufgaben in der Produktentwicklung weiter zunehmen. Die vorliegende Arbeit zeigt auf, wie sich das Umfeld der Produktentwicklung in den nächsten Jahren verändern wird und erläutert, welche Möglichkeiten den Entwicklungsabteilungen zur Verfügung stehen werden um auf die veränderte Situation reagieren zu können.

Während in den letzten Jahren zahlreiche Anstrengungen unternommen wurden, um Rechnerwerkzeuge zur Unterstützung der Produktentwicklung (sowohl für verteilt als auch nicht-verteilt bearbeitete Projekte) bereitzustellen, ist bisher keine methodische Unterstützung zur Durchführung verteilter Projekte verfügbar. Hierzu soll diese Arbeit einen Beitrag leisten, indem Methoden und Werkzeuge zur Analyse und Verbesserung von verteilten Entwicklungsprozessen vorgeschlagen werden. Darüber hinaus wird gezeigt wie die vorgestellten Methoden bereits in der Vorbereitung neuer, verteilter Projekte eingesetzt werden können, um verteilungsbedingten Problemen vorzubeugen.

Diese Arbeit ist auf Grundlage mehrerer Industrieprojekte sowie der Arbeit im Sonderforschungsbereich 336, „Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und

Planung“ entstanden. Die Mehrheit der Industrieprojekte wurde im Bereich der Automobilindustrie durchgeführt. Daher sind die Erkenntnisse in erster Linie für diesen Industriezweig gültig. Ein Großteil der Ergebnisse lässt sich allerdings, auch ohne große Anpassungen vornehmen zu müssen, auf andere Branchen übertragen.

Der Aufbau der Arbeit ist aus Bild 1-3 ersichtlich und wird im folgenden näher erläutert.

Die verteilte Produktentwicklung baut auf zahlreichen Ansätzen auf, die sich in den letzten Jahren in den Entwicklungsabteilungen durchgesetzt haben. Kapitel 1 gibt einen Überblick über den aktuellen Stand in den wesentlichen Bereichen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den verschiedenen Ansätzen, die schließlich in das Konzept der *Integrierten Produktentwicklung* Eingang gefunden haben.

In Kapitel 1 werden verschiedene Stationen auf dem Weg zur Realisierung verteilter Entwicklungsprozesse beschrieben. Ausgehend von dem grundlegenden Prinzip der Arbeitsteilung, das schon lange in der Industrie praktiziert wird, werden unterschiedliche Entwicklungen dargestellt, die zur heutigen Situation geführt haben.

Daran anschließend werden in Kapitel 1 aktuelle Ansätze vorgestellt, die sich mit der Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse beschäftigen. Diese Ansätze beziehen sich zum größten Teil auf die Unterstützung der Kommunikationsprozesse sowie die Bereitstellung von Rechnerwerkzeugen, die besonders in verteilten Umgebungen einsetzbar sind. Im Bereich der methodischen Unterstützung der verteilten Produktentwicklung konnten in der Literatur dagegen nicht sehr viele Vorschläge gefunden werden. Daher werden in diesem Kapitel auch Ansätze aus dem Bereich der Produktionsforschung aufgegriffen.

Das erste Kapitel beschäftigt sich zunächst mit der Zukunftsforschung, mit deren Methoden zukünftige Entwicklungen ermittelt werden können. Ein Beispiel für diese Methoden, die Szenariotechnik, wird detailliert vorgestellt. Daran anschließend wird, in Anlehnung an das Vorgehen der Szenariotechnik, ein Bild von einer möglichen Entwicklungsabteilung in der Zukunft gezeichnet.

Kapitel 1 erläutert Methoden und Werkzeuge, mit deren Hilfe verteilte Entwicklungsprozesse optimiert und beherrscht werden können. Aufbauend auf einer Charakterisierung verteilt ablaufender Prozesse werden Möglichkeiten aufgezeigt, potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den Gebieten *Kommunikation und Informationslogistik*, *Teamentwicklung* sowie den Besonderheiten der *Steuerung verteilter Entwicklungsprozesse*.

Anhand von Praxisbeispielen wird in Kapitel 1 der Einsatz der vorgestellten Ansätze aus dem vorangegangenen Kapitel gezeigt und damit die Tauglichkeit für den Einsatz in industriellen Entwicklungsprojekten demonstriert.

Kapitel 1 fasst die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit zusammen und bietet einen Ausblick auf weitere Forschungsthemen, die sich aus dieser Arbeit ergeben.

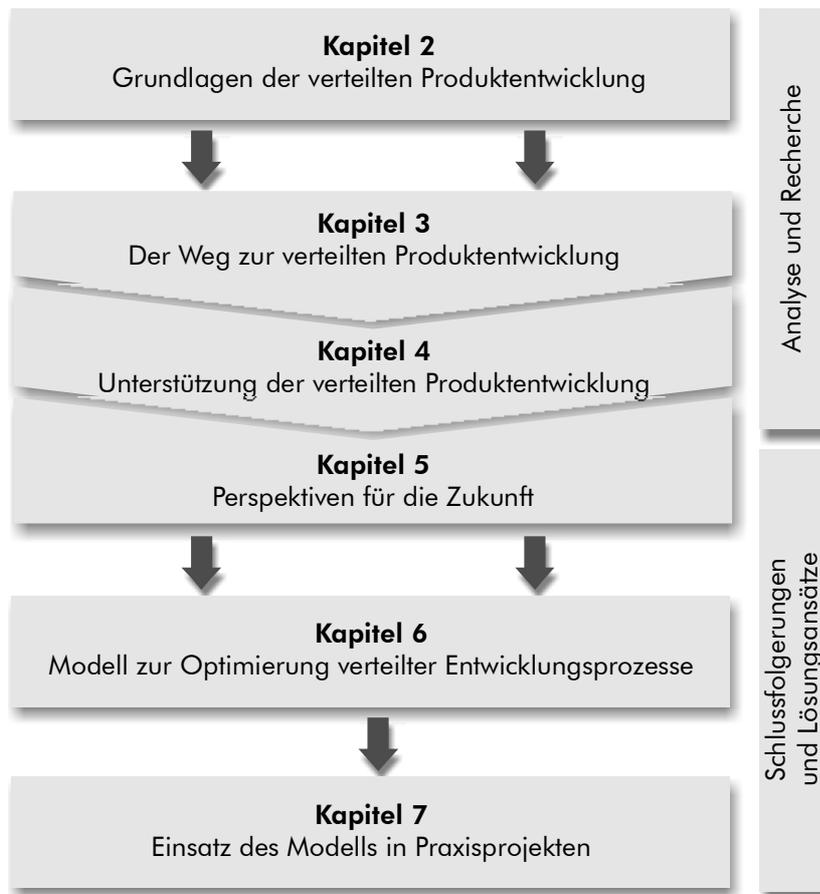


Bild 1-3: Inhaltlicher Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen der verteilten Produktentwicklung

Im Rahmen der verteilten Entwicklung von Produkten werden verschiedene Prinzipien und Vorgehensweisen angewendet, die bereits aus anderen Einsatzbereichen bekannt sind. Insbesondere baut die verteilte Produktentwicklung auf der *Integrierten Produktentwicklung* auf, die zahlreiche andere Ansätze integriert. Darüber hinaus ist die Betrachtung der Bereiche Information, Kommunikation und Kooperation (Kap. 2.2) in verteilten Umgebungen besonders wichtig.

Die *Integrierte Produktentwicklung* basiert auf der Philosophie des *Systems Engineering* (Kap. 2.1), konkretisiert diese Ansätze für den Bereich der Produktentwicklung (HABERFELLNER et al. 1999, S. 63) und fügt weitere Elemente hinzu. Damit verbindet die *Integrierte Produktentwicklung* verschiedene Managementtechniken (z.B. Projektmanagement, Kostenmanagement) mit einer prozessorientierten Betrachtungsweise (Kap. 2.4) sowie Strategien und Methoden zur erfolgreichen Produktentwicklung. Darüber hinaus wird die Bedeutung von Mensch und Organisation für die Gestaltung der Produktentwicklung betont (LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997). Die Organisation der Produktentwicklung erfolgt dabei häufig in Form von *Simultaneous-Engineering-Teams* (STUFFER 1994; Kap. 2.3 und 2.4). Zur Ablaufgestaltung kommen der Vorgehensplan bzw. Vorgehenszyklus zum Einsatz, die aus der *Systems-Engineering-Philosophie* entstanden sind (Bild 2-1).

Ein weiterer Schwerpunkt der Integrierten Produktentwicklung ist der Einsatz von Methoden im Entwicklungsprozess (z.B. PAHL & BEITZ 1997, EHRENSPIEL 1995). Beispiele für weitverbreitete Methoden sind das *Quality Function Deployment* (QFD, z.B. AKAO 1992) und die *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA, z.B. BLÄSING 1987).

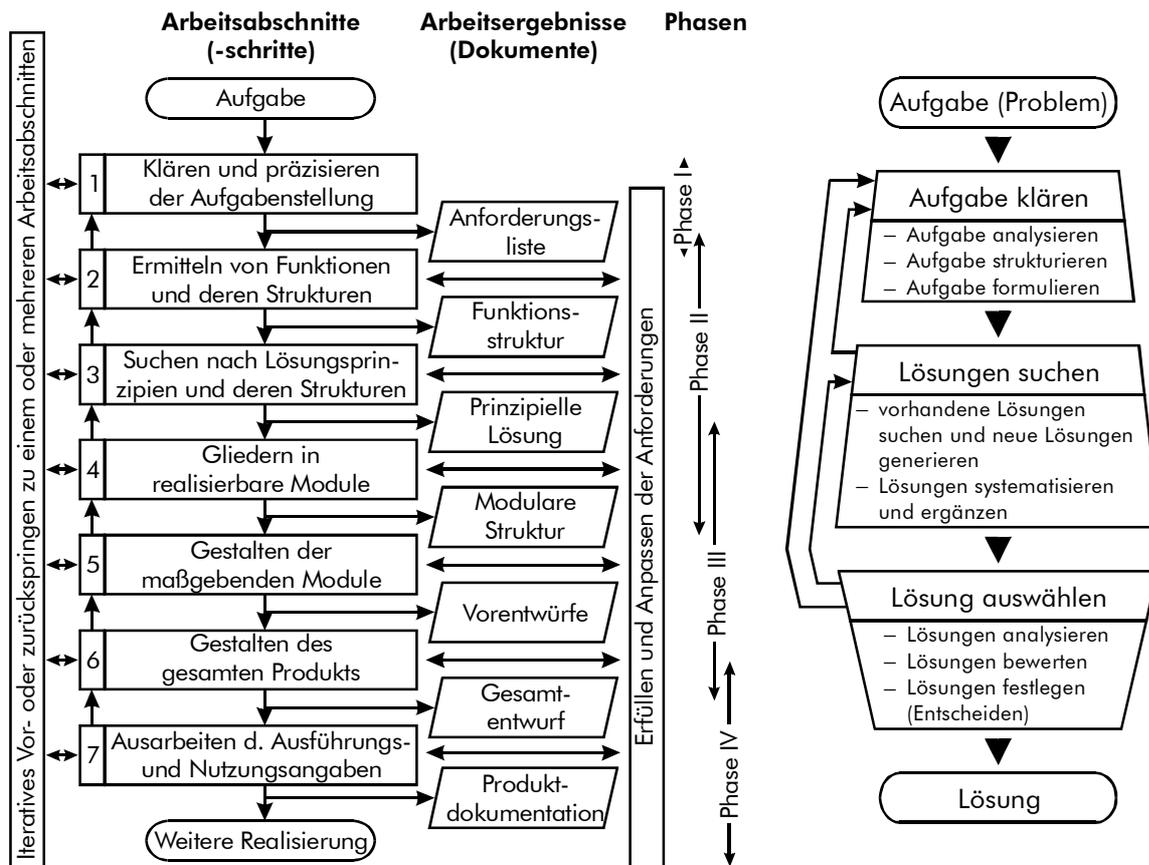


Bild 2-1: Vorgehensplan und Vorgehenszyklus (VDI 2221, EHRENSPIEL et al. 1998)

2.1 Systems Engineering

Wie bereits dargestellt, ist das Konzept des Systems Engineering die Grundlage der Integrierten Produktentwicklung. *Systems Engineering* soll nach HABERFELLNER et al. (1999, S. VXIII) „... als eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Wegleitung zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme betrachtet werden“. Das *Systems Engineering* stellt dabei eine Methodik zur zielgerichteten Lösung von Problemen bereit. Bild 2-2 zeigt die wesentlichen Elemente des *Systems Engineering*.

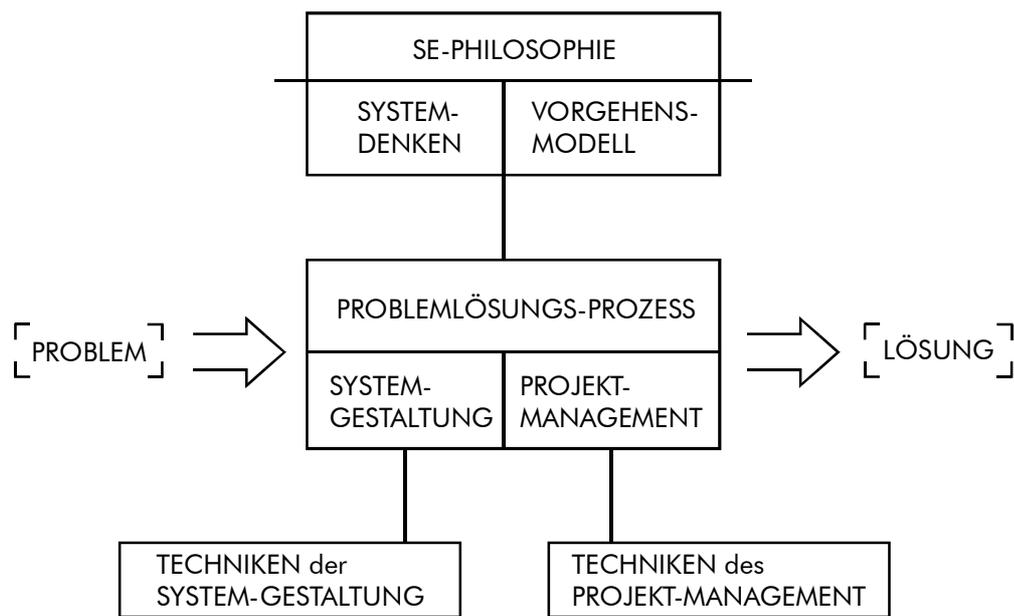


Bild 2-2: Komponenten des Systems Engineering (HABERFELLNER et al. 1999, S. XIX)

Im Zentrum steht der *Problemlösungsprozess*, der zwei Komponenten enthält. Die *Systemgestaltung* befasst sich mit der eigentlichen Lösungsentwicklung, während die Aufgabe des *Projektmanagements* die organisatorische Abwicklung und Koordination des Problemlösungsprozesses ist. Der Problemlösungsprozess baut dabei auf die *Systems Engineering-Philosophie* auf. Die wesentlichen Bestandteile dieser Philosophie sind das *Systemdenken* sowie ein allgemeines *Vorgehensmodell*.

2.1.1 Systemdenken

Im Rahmen des Systemdenkens wird das zu untersuchende Problem als System beschrieben, das sich aus Subsystemen, Elementen sowie den Beziehungen zwischen diesen zusammensetzt. Darüber hinaus steht das System in der Regel auch mit seiner Umwelt in Beziehung. Die Subsysteme werden zunächst als *Black-Box* betrachtet, d.h. sie werden nur durch ihre Ein- und Ausgangsgrößen beschrieben. Auf weiteren Detaillierungsebenen kann dann das Subsystem weiter untersucht werden. Ebenso können auf übergeordneten Ebenen Supersysteme analysiert werden und damit die Systemgrenzen der Betrachtung erweitert werden. Auf diese Weise lässt sich eine Systemhierarchie aufbauen (Bild 2-3).

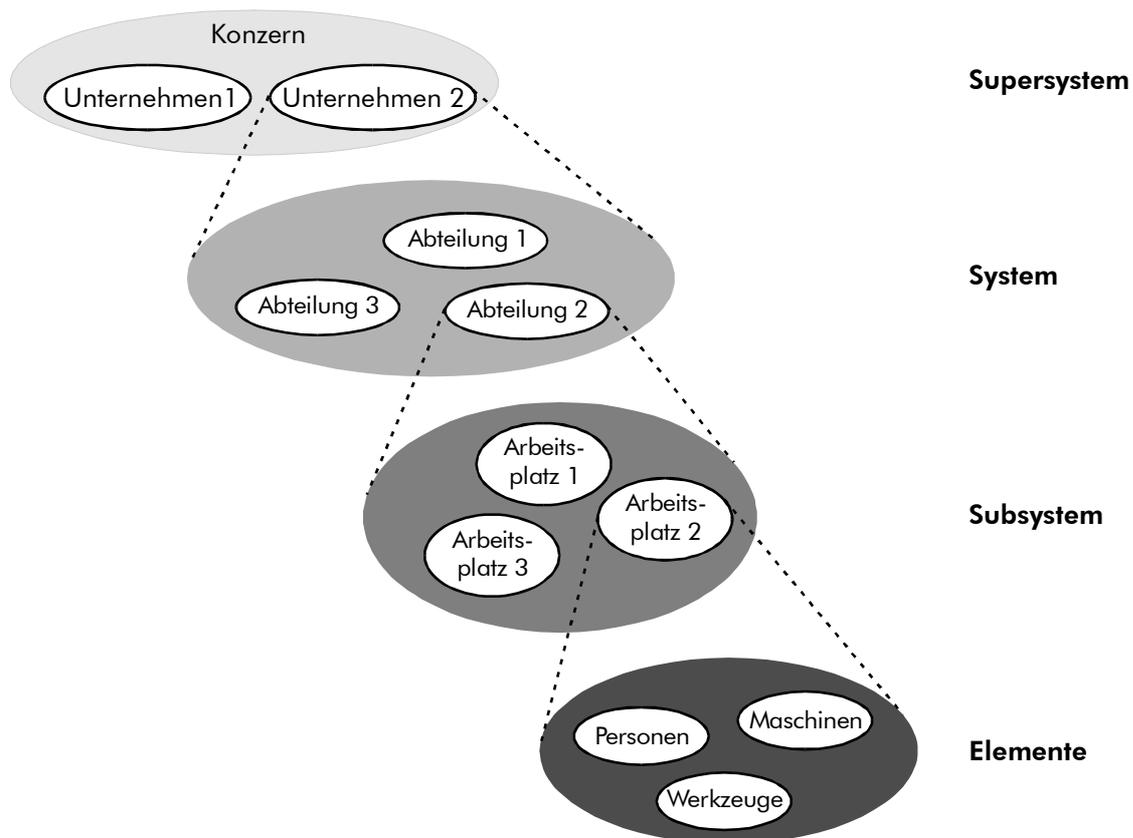


Bild 2-3: Systemhierarchie

Systeme können jeweils unter verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Beispielsweise kann ein Unternehmen im Hinblick auf die Informationsflüsse untersucht werden. Ein anderer Aspekt wäre die Betrachtung der Materialflüsse. Ebenso kann der Schwerpunkt der Betrachtung, je nach Aufgabenstellung, auf der inneren Struktur des Systems, den Beziehungen zur Systemumwelt oder auch auf der Wirkung eines Systems (Input-Output-Betrachtung) liegen.

Ein weiterer Schwerpunkt des Systems Engineering ist im Ansatz des *vernetzten Denkens* zu sehen. Bei diesem Ansatz werden die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge eines Problems analysiert. Dazu werden die einzelnen Faktoren, die das Problem beeinflussen, betrachtet und ihre gegenseitigen Wechselwirkungen untersucht. Ziel ist es, nicht viel Zeit mit der Behebung der Symptome eines Problems zu verbringen, sondern die Ursachen des Problems zu erkennen und an diesen zu arbeiten. Dabei wechselt die Betrachtung ständig zwischen Problem- und Lösungssystem (Bild 2-4). Das Problemsystem beschreibt das zu untersuchende Problem, während im Lösungssystem an der Lösung des Problems gearbeitet wird.

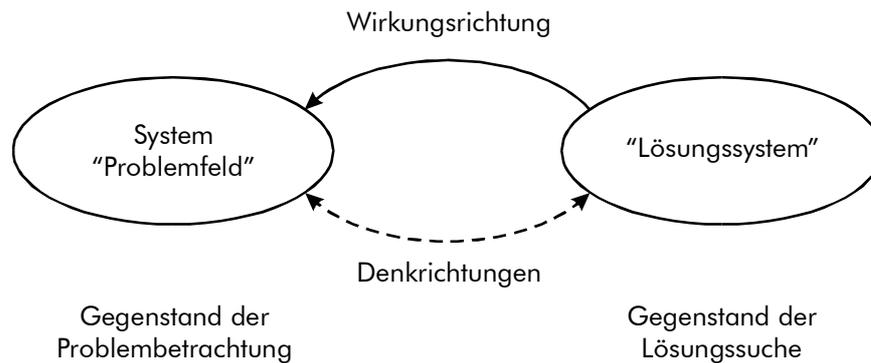


Bild 2-4: Zusammenhang zwischen Problemfeldsystem und Lösung (HABERFELLNER et al. 1999, S. 20)

2.1.2 Vorgehensmodell

Das Vorgehensmodell des Systems Engineering beruht auf vier Grundgedanken (HABERFELLNER et al. 1999, S. 29):

- ◆ *Vorgehen vom Groben zum Detail*
Zunächst empfiehlt sich die Betrachtung des Problems auf einer relativ abstrakten Ebene, um die wesentlichen Einflüsse und den möglichen Handlungsrahmen zu erkennen. Ebenso sollte erst der grobe Lösungsrahmen abgesteckt werden, bevor die Details erarbeitet werden. Anschließend wird der Betrachtungsbereich schrittweise eingengt und dabei die Lösung verfeinert.
- ◆ *Denken in Varianten*
Auf jeder Betrachtungsebene sollen mehrere mögliche Lösungen generiert werden. Dadurch wird die Gefahr verringert sich mit der „erstbesten“ Lösung zufrieden zu geben. Durch eine systematische Auswahl wird auf jeder Detaillierungsebene die beste Lösung ausgewählt.
- ◆ *Phasengliederung*
Die Gliederung des Problemlösungsprozesses in Phasen ermöglicht eine stufenweise Planung und Entscheidungsfindung. So kann beispielsweise ein Projekt abgebrochen werden, wenn nach Erstellung eines Grobkonzepts bereits erkennbar wird, dass das Projektziel nicht erreicht werden kann.
- ◆ *Problemlösungszyklus*
Der Problemlösungszyklus des Systems Engineering beschreibt ein allgemeines Vorgehen, nach dem jedes beliebige Problem bearbeitet werden kann. Er setzt sich aus den drei Hauptschritten *Zielsuche* (bzw. *Zielkonkretisierung*), *Lösungssuche* und *Auswahl* zusammen. Diese drei Hauptschritte lassen sich in sechs Teilschritte untergliedern (Bild 2-5). Die

Teilschritte müssen nicht streng sequentiell abgearbeitet werden, es sind auch Iterationen in Form von Rücksprüngen zu bereits bearbeiteten Teilschritten möglich. Die Art der zur Lösung des Problems benötigten Informationen verändert sich im Laufe der Abarbeitung der einzelnen Schritte von problemorientierten hin zu lösungsorientierten Informationen. Darüber hinaus wird im Zusammenhang mit dem Problemlösungszyklus die Notwendigkeit einer Dokumentation der jeweiligen Ergebnisse betont.

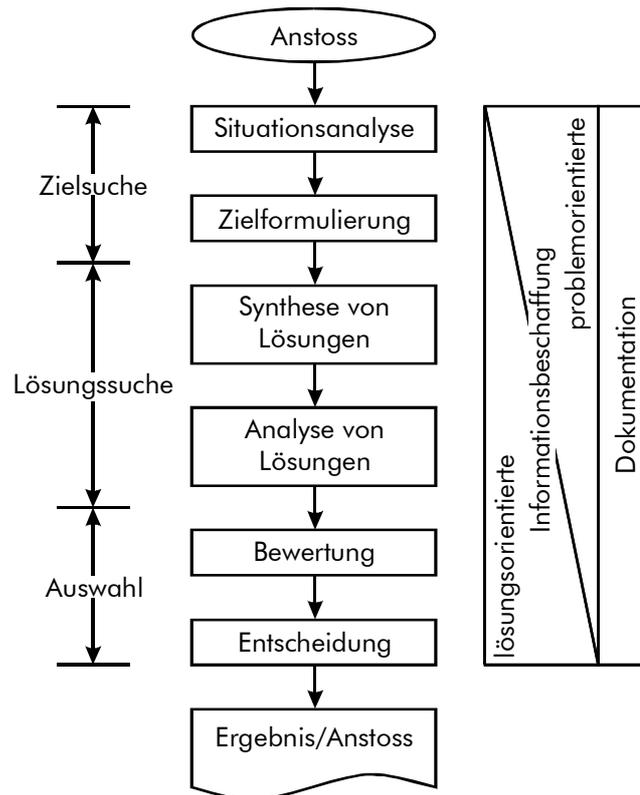


Bild 2-5: Problemlösungszyklus der Systemtechnik (HABERFELLNER et al. 1999, S. 48)

2.1.3 Systemgestaltung

Das Konzept des Systems Engineering betont die Notwendigkeit kreativer Lösungsschritte zur Generierung von Lösungsansätzen. Darüber hinaus ist die Bildung von Modellen von zentraler Bedeutung, um die Komplexität der Problemstellung zu reduzieren. Daher kommt hier das Vorgehensmodell des Systems Engineering mit seinen vier Grundideen (vgl. Kap. 2.1.2) zum Einsatz.

Zur Gestaltung der Systeme schlägt das Systems Engineering drei Prinzipien vor (HABERFELLNER et al. 1999, S. 160):

- ◆ *Prinzip der minimalen Präjudizierung*
Es werden jeweils die Lösungsansätze bevorzugt, die im weiteren Verlauf der Problembearbeitung den größten Handlungsspielraum ermöglichen, also den weiteren Problemlösungsprozess am wenigsten einschränken (präjudizieren).
- ◆ *Prinzip der Minimierung von Schnittstellen*
Zwischen einzelnen Elementen des Lösungssystems sowie in der Beziehung zwischen Lösungssystem und Systemumwelt werden möglichst wenige und klar definierte Schnittstellen angestrebt.
- ◆ *Prinzip des modularen Aufbaus*
Hier wird das Ziel verfolgt Lösungsbausteine zu gestalten, die mehrfach (auch in anderen Systemen) verwendbar sind oder die Verwendbarkeit von „Standardlösungen“ zu lassen.

2.1.4 Projektmanagement

Projektmanagement ist nach DIN 96 901 die „Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Abwicklung eines Projekts“. SCHEEL (1998) definiert den Begriff *Führung* in diesem Zusammenhang als „die Steuerung der verschiedenen Einzelaktivitäten in einem Projekt im Hinblick auf das übergeordnete Projektziel“. Nach HABERFELLNER et al. (1999, S. 243f) hat das Projektmanagement fünf Dimensionen:

- ◆ *funktionale Dimension*
Die funktionale Dimension beinhaltet die Aspekte der Projektvorbereitung, Projektkontrolle und -steuerung sowie Projektabschluss.
- ◆ *institutionelle Dimension*
In diesen Bereich fällt die Projektorganisation (Aufbauorganisation) sowie die Verzahnung mit der Mutterorganisation.
- ◆ *personelle Dimension*
Im Blickpunkt der personellen Dimension stehen die handelnden Personen. Beispielsweise sind die Anforderungs- und Eignungsprofile Bestandteil dieser Dimension. Die personelle Dimension steht in engen Wechselbeziehungen zur institutionellen Dimension, da die Organisation nicht von den handelnden Personen zu trennen ist.
- ◆ *psychologische Dimension*
Da Projekte in der Regel von Teams bearbeitet werden spielen auch psychologische Fragen eine große Rolle für erfolgreiches Projektmanagement. Beispiele aus diesem Bereich sind die Motivation der

Teammitglieder sowie die gruppenspezifischen Prozesse, die in einem Team ablaufen (vgl. Kap. 2.3.2).

- ◆ *instrumentelle Dimension*

Im Rahmen des Projektmanagement werden verschiedene Methoden und Werkzeuge eingesetzt, die in der instrumentellen Dimension zusammengefasst werden. Bekannte Methoden sind z.B. die Netzplantechnik sowie verschiedene Moderationstechniken.

Diese Dimensionen stehen in enger Wechselwirkung miteinander und können daher nicht isoliert voneinander betrachtet werden. Beispielsweise ist „... der Projektleiter sowohl eine Institution als auch eine Person, er erfüllt Aufgaben (Funktionen) und sollte sich geeigneter Instrumente (Techniken) bedienen“ (HABERFELLNER et al. 1999, S. 244).

2.2 Projekt und Prozess

Integraler Bestandteil des Konzepts des *Systems Engineerings* ist das Projektmanagement. Dies zeigt die hohe Bedeutung, die der Organisation der Abläufe in diesem Konzept beigemessen wird. Die Entwicklung neuer Produkte wird heute üblicherweise in Form von Projekten abgewickelt. Gleichzeitig wird versucht die ablaufenden Prozesse zu optimieren. Häufig werden dabei die Begriffe Projekt und Prozess miteinander verwechselt. In diesem Abschnitt sollen daher diese beiden Begriffe erläutert und gegeneinander abgegrenzt werden.

2.2.1 Prozesse

Der Begriff Prozess lässt sich nach MILLER (1994) als „...an interconnected, and interdependent set of activities“ definieren. Diese Aktivitäten haben jeweils ein definiertes Ergebnis und benötigen zu ihrer Ausführung bestimmte Ressourcen, Werkzeuge und Methoden (Bild 2-6). Von besonderem Interesse für eine prozessorientierte Gestaltung sind dabei die Informationsflüsse, die für das Durchlaufen des Prozesses erforderlich sind. HAMMER (1999) betont, dass ein Prozess einen Wert für den Kunden erzeugen muss.

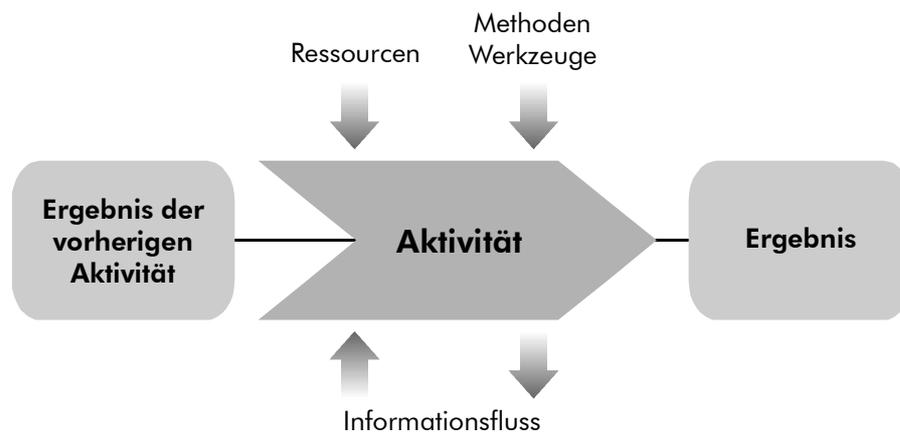


Bild 2-6: Modell der Aktivitäten

Nach HUNGENBERG & WULF (1998) führt eine prozessorientierte Organisation im Vergleich zu traditionellen Organisationsformen zu weniger Hierarchiestufen und zu mehr Handlungsmöglichkeiten für die Mitarbeiter bzw. Organisationseinheiten. HAMMER (1999) sieht den Vorteil einer prozessorientierten Organisation in der Orientierung am Gesamtergebnis des Prozesses. Damit sollen Schnittstellenprobleme, die in funktional gegliederten Organisationen auftreten, vermieden werden.

Neue Ansätze zur Organisation von Unternehmen, wie z.B. das *Business Process Reengineering* (HAMMER & CHAMPY 1993), empfehlen die Ausrichtung des Unternehmens an den zur Erstellung der Leistung nötigen Prozesse. Damit wechselt die Perspektive, unter der das Unternehmen betrachtet wird, von der vertikalen Gliederung in Hierarchieebenen zur horizontalen Gliederung in Wertschöpfungsketten. Nach EVERSHEIM (1995b, S. 19) sind die Produktentstehung sowie die Auftragsabwicklung die für den Erfolg des Unternehmens bedeutendsten Prozesse. Die Richtlinien zum Qualitätsmanagement, entsprechend den Normen DIN ISO 9000ff, die inzwischen in der Industrie weit verbreitet angewendet werden, fordern eine Dokumentation der im Unternehmen ablaufenden Prozesse und fördern somit ebenfalls die prozessorientierte Reorganisation der Unternehmen. Auch die Philosophie des *Total Quality Managements* (TQM, z.B. REINHART et al. 1996) stellt die Prozesse in den Mittelpunkt der Betrachtung.

2.2.2 Projekt

Für den Begriff Projekt finden sich in der Literatur sehr viele unterschiedliche Definitionen. MADDAUSS (2000) hat diese gesammelt und einander gegenübergestellt (Bild 2-7).

A) Projektmerkmale	B) Definitionshinweise											
	NASA (1963)	Rüsberg (1971)	Dreger (1975)	Archibald (1976)	Dülfer (1982), Schelle (1989)	Groth et al. (1983)	Reschke & Svoboda (1983)	Rosenau (1984)	Platz & Schmelzer (1986)	Burghardt (1988)	PMI (1989)	DIN 69 901
a. Einmaliger (azyklischer) Ablauf/Einmaligkeit	x	x	x		x	x		x	x	x		
b. Zeitliche Befristung und klarer Anfangs- und Endzeitpunkt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
c. Eindeutige Aufgabenstellung, Verantwortung und Zielsetzung (Endprodukt)	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
d. Komplexität		x		x	x				x			
e. Beteiligung vieler Menschen, Arbeitsgruppen, Firmen, usw.		x										
f. Interdisziplinärer Charakter der Aufgabenstellung							x		x			
g. Relative Neuartigkeit							x		x			
h. Finanzieller Rahmen und begrenzte Ressourcen				x			x		x	x	x	x
i. Größe									x			
k. Unsicherheit/Risiko									x			
l. Dynamik									x			
m. Abgrenzung gegenüber anderen Vorhaben												x
n. Projektspezifische Organisation					x							x

Bild 2-7: Vergleich verschiedener Definitionen des Begriffs „Projekt“ (nach MADAUSS 2000)

Häufig wird die Definition nach DIN 96 901 verwendet, die die wesentlichen Merkmale der anderen Definitionen beinhaltet. Demnach ist „Ein Projekt (...) ein Vorhaben, das im wesentlichen durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist, wie z.B.

- ◆ Zielvorgabe
- ◆ zeitliche, finanzielle, personelle und andere Begrenzungen,
- ◆ Abgrenzung gegenüber anderen Vorhaben
- ◆ projektspezifische Organisation.“

In den meisten Definitionen werden die zeitliche Befristung, eine eindeutige Zielvorgabe sowie eine Begrenzung der zur Verfügung stehenden Ressourcen hervorgehoben. Damit kann

ein Projekt als organisatorischer Rahmen aufgefasst werden, innerhalb dessen die zur Erreichung des Ziels notwendigen Prozesse ablaufen können.

Nach SCHELLE (1998) können Projekte u.a. anhand der Kriterien *Projekthalt*, *Stellung des Auftraggebers* (intern/extern), *Grad der Wiederholung*, *sozialer Komplexität* sowie den *beteiligten Organisationseinheiten* (abteilungsintern/-übergreifend) klassifiziert werden. Am häufigsten wird die Unterteilung nach dem Projekthalt benutzt. Beispiele hierfür sind *Investitionsprojekte*, *Forschungs- und Entwicklungsprojekte (FuE-Projekte)* sowie *Organisationsprojekte* (SCHELLE 1998). Im Rahmen dieser Arbeit stehen die FuE-Projekte im Mittelpunkt.

2.2.3 Abgrenzung

Im Allgemeinen können die Begriffe *Projekt* und *Prozess* analog zur Trennung in Aufbau- und Ablauforganisation abgegrenzt werden. Ein Projekt beinhaltet eher die organisatorischen Randbedingungen, unter denen ein Vorhaben durchgeführt werden kann (z.B. Zeit, Kosten, Ressourcenzuweisung). Der Prozess hingegen beschreibt eher den Ablauf der Entwicklung. Damit beschreibt der Prozess die Aktivitäten, die zur Erreichung des Ziels durchgeführt werden müssen sowie die Abhängigkeiten dieser Aktivitäten untereinander.

2.3 Arbeiten in Teams

Die meisten der aktuell diskutierten Maßnahmen zur Optimierung der Organisation von Produktentwicklungsprozessen basieren auf der Teamarbeit. Insbesondere ist die Arbeit in Projekten direkt mit dem Begriff des *Projektteams* verknüpft. Deshalb sollen hier wesentliche Grundlagen der Arbeit in Teams dargestellt werden.

2.3.1 Begriffsdefinition

Der Begriff *Team* ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. Deshalb soll zunächst eine Abgrenzung dieses Begriffs zu verwandten Begriffen vorgenommen werden. Allgemein gesehen ist ein Team eine Gruppe von Menschen. Dabei definieren beispielsweise LIPNACK & STAMPS (1998, S. 65) eine Kleingruppe als „Individuen, die auf interdependente Weise interagieren“. Durch diese Interaktion ist eine Gruppe leistungsfähiger als die Summe der Leistungsfähigkeit der einzelnen Mitglieder. Zur Differenzierung der Begriffe *Team* und *Gruppe* verwenden LIPNACK & STAMPS (1998, S. 67) die Aufgabenorientiertheit eines Teams.

Demnach führen zwar alle Gruppen gemeinsame Aufgaben aus, bei einem Team steht jedoch die Aufgabe im Mittelpunkt aller Handlungen.

KATZENBACH & SMITH (1995, S. 45) definieren den Begriff *Team* als eine kleine Zahl von Personen mit unterschiedlichen, sich ergänzenden Fähigkeiten. Die Mitglieder des Teams arbeiten dabei an einer gemeinsamen Aufgabe, haben gemeinsame Leistungsziele, sind sich gegenseitig verantwortlich und sind auf gemeinsames Fortkommen angewiesen.

Nach PICOT et al. (1998, S. 450f) werden Teams durch folgende Merkmale charakterisiert:

- ◆ „gemeinsame Aufgabe und Zielsetzung
- ◆ gegenseitige Ergänzung der Problemlösungs- und Entscheidungsfähigkeiten sowie der fachlichen, charakterlichen und sozialen Qualifikationen der einzelnen Teammitglieder
- ◆ Übertragung der Verantwortung auf die Gruppe statt auf einzelne Personen; Herausbildung eines gegenseitigen Verantwortungsgefühls
- ◆ starke Gruppenkohäsion und Teamgeist sowie relativ intensive wechselseitige Beziehungen im Team
- ◆ größere Einflußmöglichkeiten jedes Teammitglieds auf gemeinsame Entscheidungen und gemeinsame Ergebnisse der Gruppe
- ◆ ganzheitliche Aufgabenstellung und Ausstattung mit entsprechenden Ressourcen zur Aufgabenerfüllung sowie ganzheitliche Verantwortung für die zu erstellenden Produkte / Dienstleistungen
- ◆ flache Hierarchie im Team; Team-Leiter werden vom Team gewählt und unterliegen dem Rotationsprinzip. Sie koordinieren die Teams, moderieren Team-Meetings und betreuen die Team-Mitglieder.“

2.3.2 Das Team als soziales System

Da sich ein Team aus mehreren Personen zusammensetzt kann, es als soziales System angesehen werden. Daher spielen für die Leistungsfähigkeit eines Teams mehrere Faktoren eine große Rolle. Die Rahmenbedingungen (vgl. Kap. 2.3.2.1) ermöglichen dem Team erfolgreich zu arbeiten. Gleichzeitig ist ein Team aber auch ein dynamisches System, das Zeit für seine Entwicklung benötigt. Die Phasen, die es dabei durchläuft werden in Kapitel 2.3.2.2 erläutert.

2.3.2.1 Rahmenbedingungen für Teamarbeit

BORN & EISELIN (1996) stellen ein Modell für die Rahmenbedingungen eines erfolgreichen Teams vor (Bild 2-8). Danach wird ein Team durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die *Aufgaben-Variablen* beinhalten Parameter, die aus der zu bearbeitenden Aufgabe resultieren. Mit den *Persönlichkeits-Variablen* werden die Mitglieder des Teams charakterisiert. Darüber hinaus beschreiben die *Struktur-Variablen* die innere Struktur eines Teams. Die Aufgaben-,

Persönlichkeits- und Struktur-Variablen beeinflussen jeweils die *Prozessvariablen* des Teams, die die Abläufe und Sozialstrukturen im Inneren des Teams beschreiben. Von diesen inneren Parametern hängt maßgeblich die Funktions- und Leistungsfähigkeit des gesamten Teams ab. Darüber hinaus wirken verschiedene *Umwelteinflüsse* auf ein Team und können dieses somit fördern oder behindern. Zur genaueren Erläuterung der einzelnen Variablen sei an dieser Stelle auf die Literatur verwiesen.

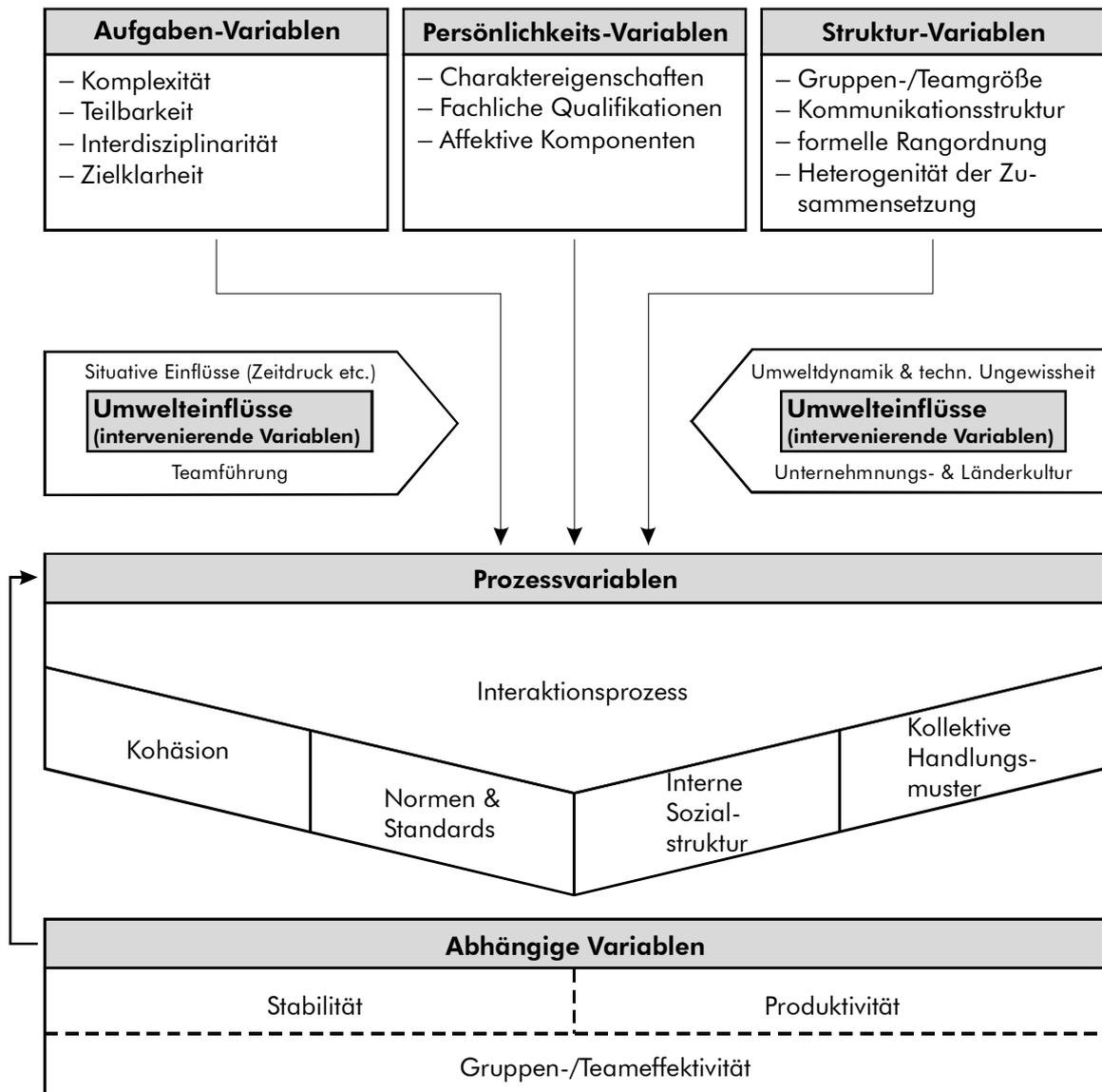


Bild 2-8: Rahmenbedingungen und Determinanten erfolgreicher Teamarbeit (BORN & EISELIN 1996, S. 47)

2.3.2.2 Teamentwicklung

Die Effektivität eines Teams ist in hohem Maße durch die zwischenmenschlichen und gruppendynamischen Abläufe im Team bestimmt. Nach TUCKMAN (1965, zitiert nach CARMEL 1999, S. 54 und LIPNACK & STAMPS 1998, S. 176) durchläuft ein Team fünf Phasen in seiner Entwicklung:

1. *Forming*
In dieser Phase lernen sich die Teammitglieder kennen und definieren Rollen im Team sowie das Ziel des Teams.
2. *Storming*
Bevor das Team seine volle Leistung erbringen kann, müssen zunächst die internen Strukturen entwickelt werden (Prozessvariablen in Bild 2-8). Die Sturmphase ist durch Konflikte zwischen den Teammitgliedern über Rollen- und Aufgabenverteilung, Ziele etc. gekennzeichnet.
3. *Norming*
In der Normierungsphase entwickelt das Team allgemein anerkannte Normen, die die Zusammenarbeit regeln.
4. *Performing*
Nachdem die Konflikte beigelegt und die Arbeitsweise festgelegt worden ist, kann das Team zur vollen Leistungsfähigkeit gelangen.
5. *Adjourning*
Die letzte Phase im Lebenszyklus eines Teams wird in der Literatur, ebenso wie in der Praxis, meist vernachlässigt. Hier kommt die Teamarbeit zu einem geordneten Abschluss.

LIPNACK & STAMPS (1998, S. 176ff) vergleichen diese Entwicklung mit der S-Kurve, in der viele Prozesse ablaufen (Bild 2-9; vgl. Sättigungsmodelle nach HABERFELLNER et al. 1999, S. 533). Diese Kurve beschreibt zwei kritische Punkte, sogenannte *Stresspunkte*, im Lebenszyklus einer Teams. Dementsprechend erweitern LIPNACK & STAMPS (1998) das Tuckman-Modell um eine zweite Übergangsphase zwischen *Performing* und *Adjourning*. In dieser Phase überprüft das Team seine Ergebnisse, gleichzeitig beginnen Zeit und Ressourcen knapp zu werden. Das Team befindet sich daher hier nochmals in einer kritischen Phase.

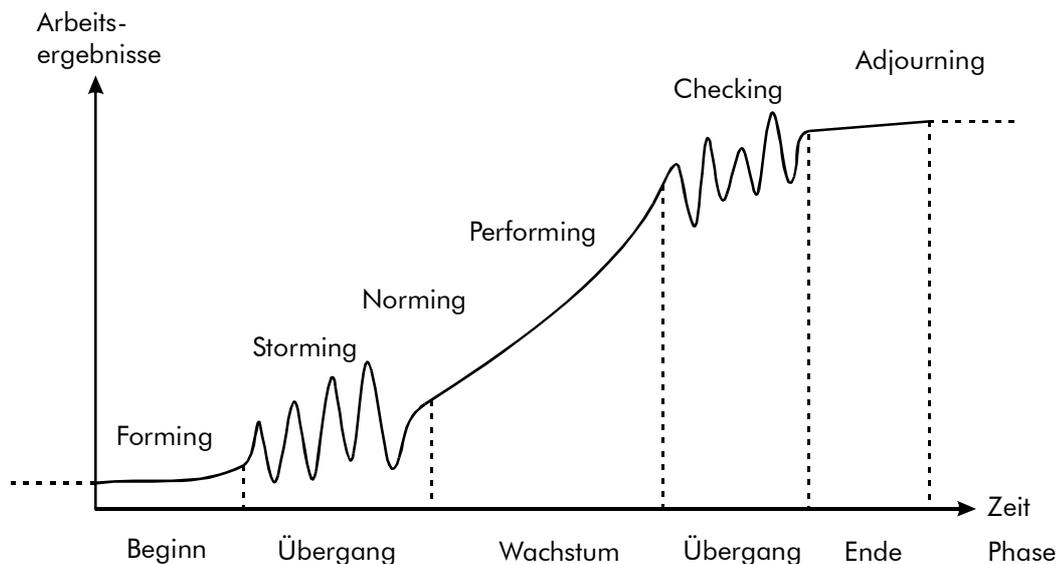


Bild 2-9: Teamprozess und „Stresspunkt-S“ (in Anlehnung an LIPNACK & STAMPS 1998, S. 177)

2.3.3 Verteilte Teams

Räumlich verteilte Teams funktionieren im Prinzip genauso wie Teams, die an einem gemeinsamen Ort arbeiten. Allerdings laufen die Teamprozesse langsamer ab, da die Kommunikation zwischen den Mitgliedern nicht so intensiv stattfinden kann (CARMEL 1999, S. 54). Insbesondere die Bildung einer internen Sozialstruktur sowie der Kohäsion zwischen den Teammitgliedern (d.h. der Zusammenhalt der Gruppe) ist schwieriger zu erreichen. Deshalb sollte dem Beginn der Zusammenarbeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden (LIPNACK & STAMPS 1998, S. 180). Ebenso stellen LIPNACK & STAMPS (1998, S. 175) fest, dass verteilte Teams stärker auf persönliche Meetings angewiesen sind, als nicht-verteilte Teams. In diesen Treffen wird die Vertrauensbasis zwischen den Teammitgliedern gestärkt, die die weitere verteilte Zusammenarbeit erst ermöglicht.

2.4 Simultaneous und Concurrent Engineering

Die Teamarbeit ist die wesentliche Grundlage für das Konzept des *Simultaneous* bzw. *Concurrent Engineering*. Für die Begriffe *Simultaneous Engineering* (SE) und *Concurrent Engineering* (CE) finden sich in der Literatur keine einheitlichen Definitionen. Insbesondere werden die Begriffe häufig äquivalent verwendet (DÖLLNER 1997, S. 243). BULLINGER & WARSCHAT (1996) verwenden deshalb den Begriff *Concurrent Simultaneous Engineering* (CSE). Im angelsächsischen Sprachraum hat sich die Bezeichnung *Concurrent Engineering*

weitgehend durchgesetzt, wohingegen in Deutschland überwiegend von *Simultaneous Engineering* gesprochen wird.

Die Kundenorientierung ist nach EVERSHEIM (1995a, S. 9) die wichtigste Leitlinie für erfolgreiche SE-Projekte. Gleichzeitig sieht er Zeitziele als die wichtigsten Ziele des Einsatzes von SE an. Wesentliche Elemente der SE-Philosophie sind nach HABERFELLNER et al. (1999, S. 68f):

- ◆ *Parallelisierung von Abläufen*
- ◆ *ganzheitlicher, teamorientierter Ansatz*
- ◆ *Einbindung aller betroffenen Fachbereiche (Interdisziplinarität)*
- ◆ *Beschleunigung von Tätigkeiten durch Rechner- und Methodeneinsatz*
- ◆ *Einbindung externer Entwicklungspartner*

Nach EHRENSPIEL et al. (1998, S. 41) ist für die Parallelisierung von Abläufen insbesondere ein Arbeiten mit unscharfen, d.h. noch nicht endgültig festgelegten, Informationen nötig. PRASAD (1996, S. 169) betont darüber hinaus

- ◆ *die frühzeitige Problementdeckung,*
- ◆ *die Entscheidungsfindung in den frühen Stadien der Entwicklung,*
- ◆ *die Strukturierung der Aufgabe sowie*
- ◆ *die Unterordnung von abteilungsspezifischen Zielen gegenüber Unternehmenszielen.*

Nach SMITH & REINERTSEN (1998, S. 242) liegen die Potenziale von CE darin, durch die Einbindung aller Abteilungen späte Änderungen zu vermeiden und somit Zeit und Kosten einzusparen. Sie sehen den Schwerpunkt für CE vor allem in der Einbindung der Fertigungsbereiche in die Konzeptentscheidungen am Beginn der Entwicklungsarbeit.

2.5 Information, Kommunikation und Kooperation

Die arbeitsteilige Organisation der Produkterstellung bedingt nach PROBST et al. (1997) die Entstehung von unverbundenen Wissensinseln im Unternehmen (Bild 2-10). Um dennoch eine gemeinsame Aufgabe zu bearbeiten müssen die Beteiligten, z.B. in SE-Teams, miteinander kooperieren. Zur Koordination ihrer Tätigkeiten ist daher die Kommunikation und der Austausch von Informationen grundlegende Voraussetzung (REICHWALD 1999).

In einem verteilt bearbeiteten Entwicklungsprojekt steigt die Bedeutung der Kommunikation gegenüber einem nicht-verteilten Projekt weiter an, da zu den hierarchischen, projektspezifischen und zeitlichen Barrieren (Bild 2-10), auch noch die räumliche Distanz kommt, die die Möglichkeit zur zufälligen Kommunikation verringert. ALLEN (1984) hat in einer Studie nachgewiesen, dass die Häufigkeit der Kommunikation zwischen zwei Partnern bereits bei einer Entfernung von ca. zehn Metern drastisch abnimmt. Dies führt auch dazu, dass die

Bildung persönlicher Beziehungen zwischen den Partnern, die für erfolgreiche Kommunikation erforderlich ist (vgl. Kap. 2.5.2.2), erschwert wird.

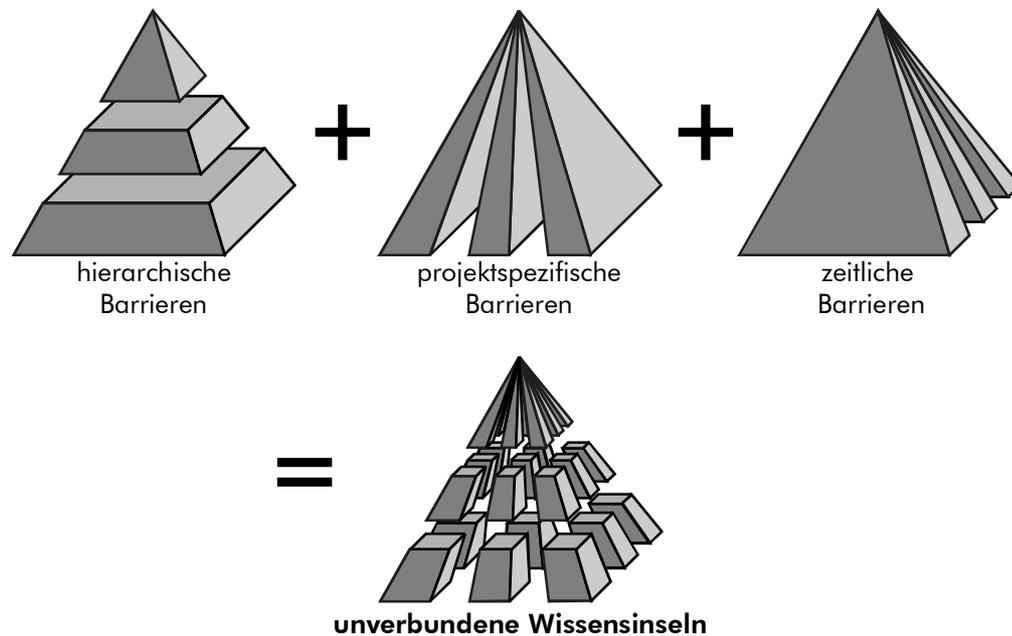


Bild 2-10: Wissensinseln durch organisatorische Gliederungen (nach PROBST et al. 1997)

2.5.1 Einordnung von Daten, Information und Wissen

Nach REICHWALD (1999) wird Information in der Betriebswirtschaft als weiterer Produktionsfaktor neben Arbeitsleistung, Betriebsmitteln, Energie, Finanzierungsmitteln, etc. bezeichnet. Information und Kommunikation werden als zentrale Bestandteile des ökonomischen Handelns angesehen.

In der Literatur finden sich zahlreiche Versuche zur Bestimmung des Begriffs *Information*. Abhängig vom Zusammenhang, in dem dieser Begriff betrachtet wird, haben sich unterschiedliche Definitionen als zweckmäßig erwiesen. Besonders häufig wird der Begriff *Information* in Verbindung mit den verwandten Begriffen *Daten* und *Wissen* verwendet. Eine klare Trennung zwischen diesen Begriffen ist nicht möglich. Vielmehr sind die Übergänge, je nach Betrachtungsweise, fließend.

Die enge Verzahnung der Begriffe lässt sich leicht erkennen, wenn man die Definitionen in der Literatur betrachtet. So sind Informationen nach MÜLLER (1995, S. 289) „(...) die Teilmenge des vorhandenen Wissens, die zur Erreichung bestimmter Zwecke geeignet ist“. Andererseits betont DRUCKER (zitiert nach DAVENPORT & PRUSAK 1998, S. 2) den Zusammenhang von Informationen und Daten. Demnach sind Informationen „data endowed

with relevance and purpose“. Allen Definitionen ist gemeinsam, dass Daten, Information und Wissen eine Hierarchie bilden, so dass Wissen auf Informationen aufbaut und Informationen auf Daten beruhen. Zusammenfassend charakterisiert IRLINGER (1998) Daten, Information und Wissen durch ihre Eigenschaften sowie die Operationen, die angewendet werden müssen um auf die jeweils nächsthöhere Stufe in der Hierarchie zu gelangen (Bild 2-11).

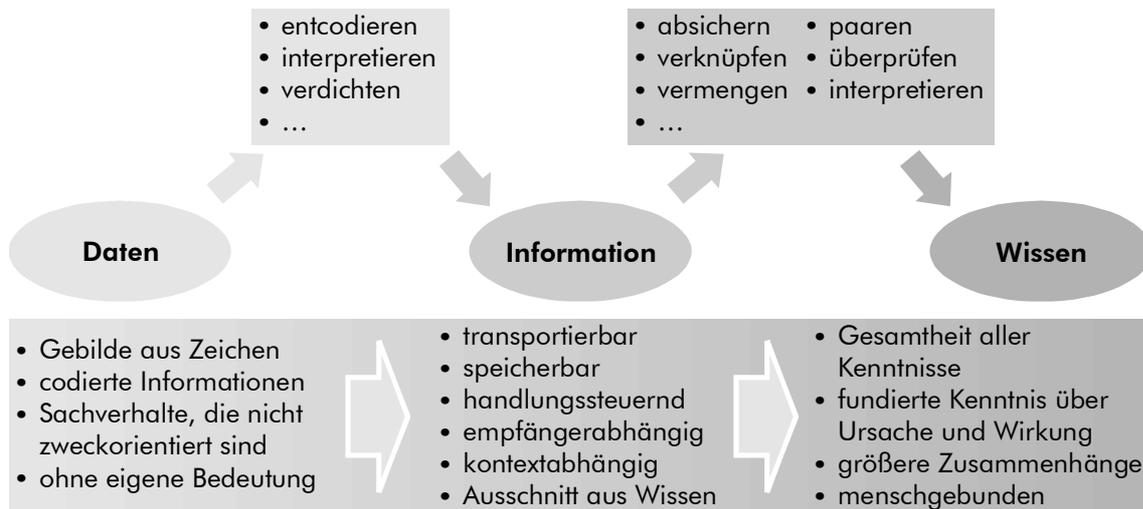


Bild 2-11: Daten, Information und Wissen (IRLINGER 1999, S. 21)

2.5.2 Modelle der Information und Kommunikation

Um die Abläufe, die bei der Kommunikation zwischen zwei Partnern wichtig sind, zu verstehen und zu optimieren, wurden zahlreiche Modelle für Information und Kommunikation entwickelt. Je nach der verfolgten Zielrichtung werden dabei sehr unterschiedliche Aspekte beleuchtet. Dieses Kapitel soll einen Überblick über wesentliche Modelle geben.

2.5.2.1 OSI-Referenzmodell

In der Informationstechnik wurde vom Standardisierungsgremium *Open Systems Interconnection* (OSI) der *International Standardisation Organisation* (ISO) ein Referenzmodell zur Beschreibung des Datenaustauschs zwischen zwei Rechnern entwickelt. Auf Grundlage dieses Standards soll es ermöglicht werden, sogenannte „offene Systeme“ zu entwickeln. Offene Systeme sind Systeme, die genormte Schnittstellen zur Kommunikation mit anderen Systemen verwenden. Dadurch wird es ermöglicht, dass Systeme unterschiedlicher Hersteller zusammenarbeiten können (JOBMANN 2000a). Wesentliches Element des OSI-Referenzmodells ist die Trennung von Dienst, Schnittstelle und Protokoll, sowie die Aufteilung einer Kommunikationsbeziehung in Schichten.

Das OSI-Referenzmodell (Bild 2-12) enthält sieben Schichten, von der physikalischen Schicht (Festlegung von Signalpegeln und Pinbelegungen) bis hin zur Anwendungsschicht, die die zu übertragenden Nutzdaten bereitstellt. Jede dieser Schichten kommuniziert nur mit derselben Schicht des Partnersystems über das jeweilige Protokoll dieser Schicht. Dazu nutzt sie die Dienste, die die untergeordneten Schichten bereitstellen. Die Dienste werden dabei in Form einer Schnittstelle realisiert (JOBMANN 2000a).

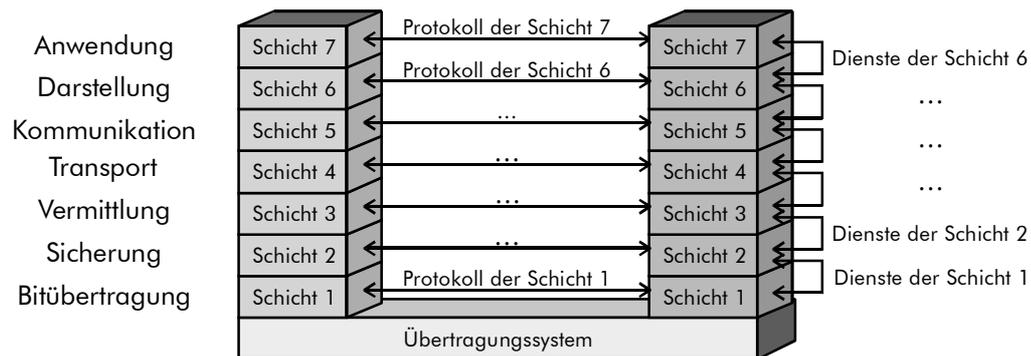


Bild 2-12: OSI-Referenzmodell (in Anlehnung an JOBMANN 2000a)

Das OSI-Referenzmodell lässt wesentliche Elemente der Kommunikation zwischen zwei Partnern erkennen. So muss beispielsweise für eine erfolgreiche Kommunikation (Schicht 5) zunächst die Übertragung vom Sender zum Empfänger sichergestellt sein (Schicht 1). Ferner müssen Mechanismen vorhanden sein, die die Fehlerfreiheit der übertragenen Daten sicherstellen (Schicht 2). Die Vermittlungsschicht (Schicht 3) sorgt dafür, dass der Sender mit dem richtigen Empfänger verbunden ist, wohingegen die Transportschicht für die kommunizierenden Partner eine Verbindung herstellt (z.B. ein Telefon), ohne dass die Partner genau wissen müssen auf welche Weise sie miteinander verbunden sind. Schließlich müssen auch jeweils Protokolle zwischen Sender und Empfänger vereinbart werden (z.B. die verwendete Sprache bei der Kommunikation zwischen zwei Menschen), damit die Kommunikation stattfinden kann.

2.5.2.2 Vier Seiten einer Nachricht

Im Gegensatz zur Kommunikation zwischen zwei Datenverarbeitungssystemen spielen bei Kommunikationsbeziehungen zwischen zwei menschlichen Partnern auch psychologische Faktoren eine große Rolle. Daher entwickelte SCHULZ VON THUN (1993) ein sozialpsychologisches Modell zur Analyse von Kommunikationsstörungen. Nach diesem Modell hat jede Nachricht, die von einem Sender zu einem Empfänger gelangt, vier unterschiedliche Aspekte (Bild 2-13). Unter *Sachinhalt* wird der zu übermittelnde Inhalt der Nachricht verstanden. Dieser Inhalt kann unter Berücksichtigung der *Beziehung* zwischen Sender und Empfänger unterschiedlich interpretiert werden. Je unproblematischer die Beziehung

zwischen zwei Kommunikationspartnern ist, desto einfacher kann der Sachinhalt vermittelt werden. Der *Appell* bezeichnet die Wirkung, die der Sender der Nachricht beim Empfänger erreichen will. Darüber hinaus enthält eine Nachricht noch den *Selbstoffenbarungsaspekt*. Damit kann eine Nachricht zusätzlich auch eine gewollte Selbstdarstellung als auch eine ungewollte Selbstoffenbarung enthalten.

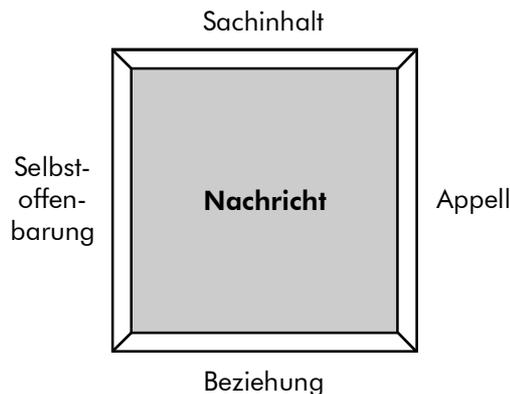


Bild 2-13: Vier Seiten der Nachricht (SCHULZ VON THUN 1993, S. 14)

Kommunikationsstörungen treten nach diesem Modell dann auf, wenn Sender und Empfänger einer Nachricht das Geflecht dieser vier Aspekte unterschiedlich interpretieren. Dieser Konflikt lässt sich nur durch eine sogenannte *Metakommunikation* lösen, bei der die Kommunikationspartner sich darüber auseinandersetzen wie die Nachricht gemeint war (PICOT et al. 1998, S. 77).

2.5.2.3 Ebenen der Semiotik

Ähnlich zu den sieben Schichten im OSI-Referenzmodell (vgl. Kap. 2.5.2.1) werden in der allgemeinen Sprachtheorie (Semiotik) drei Ebenen der Kommunikation unterschieden (Bild 2-14, REICHWALD 1999). Die *Syntaktik* beinhaltet die korrekte Übertragung von Zeichen sowie ihrer formalen Beziehung zueinander. Dagegen steht auf der Ebene der *Semantik* die Bedeutung der Zeichen im Vordergrund. Entscheidend für eine erfolgreiche Kommunikation ist, dass Sender und Empfänger den Zeichen dieselbe Bedeutung zuordnen. Die *Pragmatik* befasst sich mit der Wirkung, die der Sender beim Empfänger erreichen möchte.

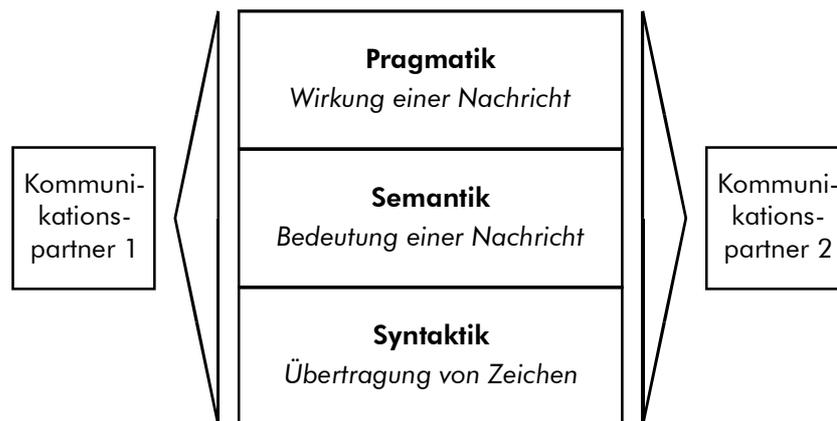


Bild 2-14: Ebenen der Semiotik (REICHWALD 1999)

2.5.2.4 Media-Richness-Theorie

Nach der *Media-Richness-Theorie* ist die Wahl des Kommunikationsmittels von der Komplexität der zu übermittelnden Information abhängig (PICOT et al. 1996). Die Informationsreichhaltigkeit (*Media-Richness*) umfasst dabei die Fähigkeit eines Mediums, neben dem Inhaltsaspekt auch den Beziehungsaspekt einer Nachricht (vgl. Kap. 2.5.2) zu übermitteln. Je komplexer die Kommunikationsaufgabe ist, desto wichtiger wird die Beziehungsebene. Daher steigen auch die Anforderungen an die Kommunikationsmedien.

Bietet ein Medium mehr Möglichkeiten als für die Kommunikationsaufgabe eigentlich nötig wären, so besteht die Gefahr dass die eigentlich zu übertragende Information durch die zusätzlich übermittelten, unnötigen Informationen überdeckt und in den Hintergrund gedrängt wird. Gleichzeitig sinkt die Effizienz der Kommunikation, da die Nutzung der reichhaltigeren Medien in der Regel mit höherem Aufwand verbunden ist. Im Gegensatz dazu kann die Wahl eines zu wenig reichhaltigen Mediums dazu führen, dass nicht alle relevanten Informationen beim Empfänger ankommen (Bild 2-15).

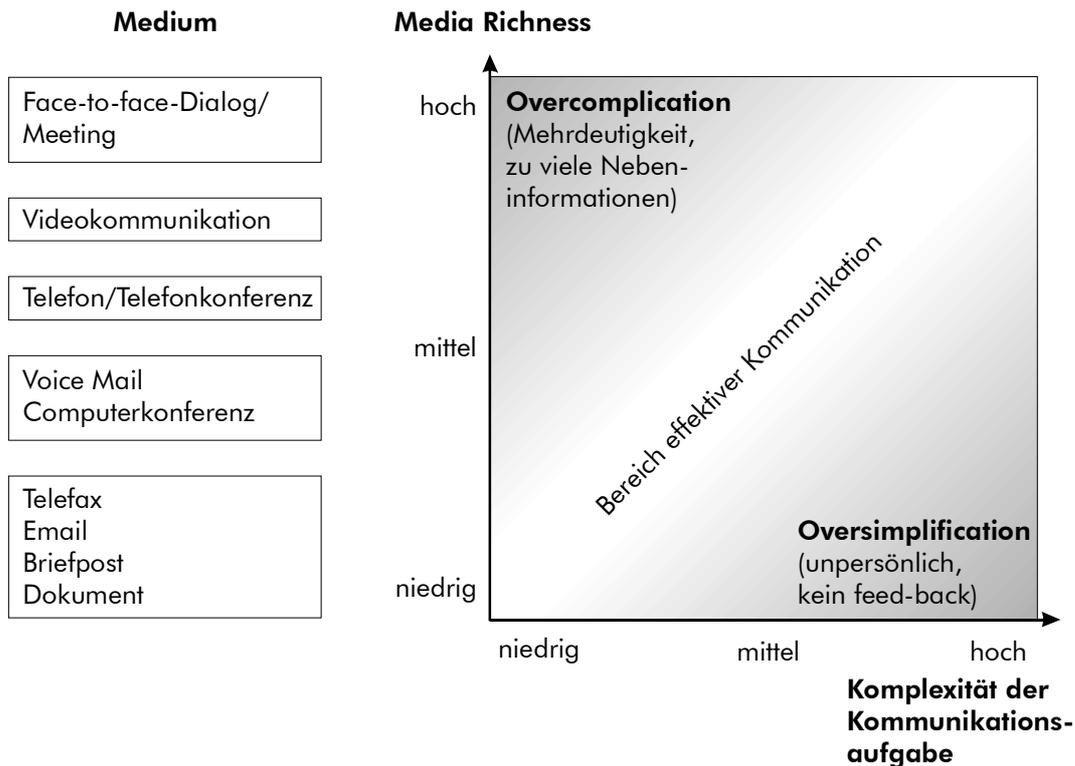


Bild 2-15: Auswahl von Kommunikationsmedien (in Anlehnung an PICOT et al. 1998)

2.5.3 Kooperation

Kooperationen finden immer dann statt, wenn zwei oder mehrere Partner ein gemeinsames Ziel verfolgen, das sie alleine nicht erreichen können. Diese Kooperationen können entweder innerhalb eines Unternehmens (z.B. zwischen verschiedenen Fachabteilungen) oder auch über Unternehmensgrenzen hinweg erfolgen. Kooperationen zwischen verschiedenen Unternehmen lassen sich nach WOLTER (1998) in verschiedene Kooperationsarten unterteilen. Eine *vertikale Kooperation* erstreckt sich dabei über unterschiedliche Ebenen der Wertschöpfungskette. Demgegenüber bezeichnet eine *horizontale Kooperation* einen Verbund unabhängiger Partner auf derselben Wertschöpfungsebene. *Regionale Kooperationen* werden durch die räumliche Nähe der Partner gekennzeichnet, während an *internationalen Kooperationen* weltweit verteilte Unternehmen beteiligt sein können.

Zur Analyse von Kooperationen wurden insbesondere in den Wirtschafts-, Politik- und Sozialwissenschaften verschiedene Modelle aufgestellt. Von besonderer Bedeutung für das Themengebiet dieser Arbeit sind dabei die *Spieltheorie* zur Untersuchung des Kooperationsverhaltens sowie die *Transaktionskostentheorie* zur Gestaltung der Organisation einer Kooperation.

2.5.3.1 Transaktionskostentheorie

Lange Zeit wurde in den Wirtschaftswissenschaften davon ausgegangen, dass alle Teilnehmer am Marktgeschehen über die selben Informationen verfügen und die Beschaffung dieser Informationen kostenlos sei. In dieser Theorie, der *neoklassische Markttheorie*, bildet der Preis eines Gutes die einzige Information, die für den Markt relevant ist.

Neuere Theorien, wie z.B. die *Marktprozesstheorie*, gehen dagegen von einer Ungleichverteilung von Informationen und Wissen zwischen den Beteiligten als Triebkraft für alle unternehmerischen Aktivitäten aus. Information und Kommunikation spielen eine zentrale Rolle bei der Koordination wirtschaftlicher Aktivitäten. Damit wird Information als neuer Produktionsfaktor neben den traditionellen Faktoren wie Boden, Arbeit und Kapital anerkannt (PICOT et al. 1998). Die Beschaffung und Bewertung von Informationen wird nicht mehr als kostenlos angesehen. Weitere Untersuchungen haben ergeben, dass mittlerweile der größte Teil des Volkseinkommens für Information und Kommunikation eingesetzt wird (WALLIS & NORTH 1986).

Nach PICOT et al. (1998, S. 34) sind „die Bestimmung arbeitsteilig zu bewältigender Aufgaben und die Auswahl geeigneter Koordinationsformen zentrale Fragestellungen der Organisation in und zwischen Unternehmen, ebenso wie in der Volkswirtschaft als Ganzes“. Zur Lösung dieses Organisationsproblems wurden zahlreiche theoretische Modelle entwickelt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die *Neue Institutionenökonomik*, die in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung erfahren hat:

„Die Neue Institutionenökonomik beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Institutionen (wie z.B. Verträge, Organisationsstrukturen, Sprache und Geld) auf menschliches Verhalten sowie Möglichkeiten des effizienten Designs bzw. der evolutionären Entwicklung und mit der rationalen Gestaltung von Institutionen.“
(PICOT et al. 1998, S. 35)

Zu den theoretischen Ansätzen der Neuen Institutionenökonomik zählen neben der *Transaktionskostentheorie* noch die *Property-Rights-Theorie*, die *Principal-Agent-Theorie* sowie die *Vertragstheorie*. Alle diese Theorien stellen die Informations- und Kommunikationsprozesse zur Koordination der wirtschaftlichen Tätigkeit in den Mittelpunkt ihrer Betrachtung.

Die Transaktionskostentheorie untersucht wirtschaftliche Vorgänge auf Basis einzelner Transaktionen. Darunter wird die Übertragung von Verfügungsrechten¹ verstanden. Transaktionskosten entstehen nach der Transaktionskostentheorie bei der Anbahnung, Vereinbarung, Abwicklung, Kontrolle und Anpassung eines Leistungsaustausches.

¹ Verfügungsrechte sind nach PICOT et al. (1998) die Nutzungsrechte, das Recht das Gut zu verändern, das Recht (bzw. die Verpflichtung) sich Gewinne bzw. Verluste aus der Nutzung des Gutes anzueignen und das Recht das Gut zu veräußern.

Ein Unternehmen ist dann effizient, wenn es die Koordinationsprobleme, die sich aus der arbeitsteiligen Leistungserstellung ergeben, besser (d.h. mit niedrigeren Transaktionskosten) lösen kann als bei der Abwicklung durch externe Partner. Auf dieser Grundlage versucht die Transaktionskostentheorie eine Hilfestellung bei der Auswahl verschiedener möglicher Kooperationsformen zu geben.

Die beiden Extrema der möglichen Kooperationsformen sind dabei *Markt* und *Hierarchie*. Die Kooperationsform „Markt“ bezeichnet dabei eine nur kurzfristig angelegte Zusammenarbeit. Die Auswahl des Kooperationspartners erfolgt ausschließlich nach den Regeln des Wettbewerbs. Demgegenüber wird unter der Kooperationsform „Hierarchie“ die Zusammenarbeit von Partnern aufgrund von unbefristeten Verträgen (z.B. Arbeitsverträge) verstanden. Neben diesen Extrema sind auch beliebig abgestufte Zwischenformen möglich. Ein Beispiel für solche Zwischenformen sind langfristige Kooperationen.

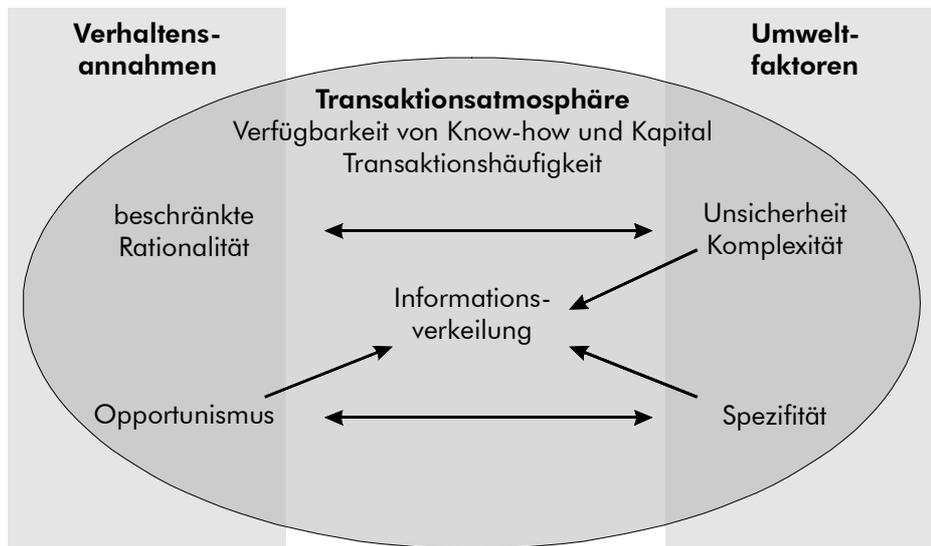


Bild 2-16: Einflussgrößen auf die Transaktionskosten (in Anlehnung an PICOT et al. 1998, S. 42)

Im Rahmen der Transaktionskostentheorie werden hauptsächlich die im Folgenden beschriebenen Einflussgrößen betrachtet, die auch Umweltfaktoren und Annahmen über das Verhalten der Akteure berücksichtigen (Bild 2-16). Dabei sind nach PICOT et al. (1998, S. 44) die Faktoren *Transaktionshäufigkeit*, *Transaktionsatmosphäre* sowie *Verfügbarkeit von Know-how und Kapital* von untergeordneter Bedeutung.

♦ *Spezifität*

Die Spezifität wird übereinstimmend als die Haupteinflussgröße auf die Transaktionskosten bezeichnet. Nach PICOT et al. (1998, S. 43) ist „der Spezifitätsgrad einer Transaktion (...) um so höher, je größer der Wertverlust ist, der entsteht, wenn die zur Aufgabenerfüllung nötigen Ressourcen nicht in der angestrebten Verwendung eingesetzt, sondern ihrer nächstbesten

Verwendung zugeführt werden“. Die Spezifität kann sich dabei z.B. auf das erforderliche Know-how oder auch auf besondere Geheimhaltungsbedürfnisse beziehen.

- ◆ *Opportunismus*
Opportunismus bedeutet, dass die Akteure sich nicht ausschließlich verständigungsorientiert verhalten. Vielmehr versuchen sie häufig ihre eigenen Interessen (gegebenenfalls auch zum Nachteil anderer) zu verwirklichen.
- ◆ *Unsicherheit*
Der Faktor Unsicherheit umfasst die Anzahl und das Ausmaß nicht vorhersehbarer Aufgabenänderungen (z.B. Termine, Kosten, etc.).
- ◆ *beschränkte Rationalität*
Mit der Annahme der beschränkten Rationalität wird dem Unvermögen des Menschen Rechnung getragen, aufgrund eingeschränkter Informationsverarbeitungskapazitäten und des Auftretens kommunikativer Probleme alle Einflüsse auf eine Entscheidung zu berücksichtigen und somit stets rational zu handeln.
- ◆ *Informationsverkeilung*
Der Begriff Informationsverkeilung bezeichnet in erster Linie Situationen asymmetrischer Informationsverteilung, bei denen die Gefahr besteht, dass ein Transaktionspartner seinen Informationsvorsprung opportunistisch ausnützt. Solche Situationen stehen bei der Principal-Agent-Theorie im Mittelpunkt der Betrachtung.
- ◆ *Transaktionshäufigkeit*
Je häufiger eine Transaktion durchgeführt wird, desto eher sind hierarchische Strukturen oder langfristige Kooperationen vorteilhafter. Selten auftretende Transaktionen lassen sich effizienter über Marktmechanismen abwickeln.
- ◆ *Transaktionsatmosphäre*
Die Transaktionsatmosphäre umfasst die sozialen, rechtlichen und technologischen Rahmenbedingungen einer Transaktion. Beispielsweise verringert gegenseitiges Vertrauen die Wahrscheinlichkeit opportunistischen Verhaltens der Transaktionspartner und macht somit Schutzklauseln in Verträgen überflüssig.
- ◆ *Verfügbarkeit von Know-how und Kapital*
Wenn zur Erstellung einer Leistung nicht das notwendige Know-how bzw. Kapital vorhanden ist, muss das Unternehmen eine langfristige Kooperationsbeziehung mit einem Partner aufbauen, der die fehlenden Ressourcen zur Verfügung stellen kann.

Die ungleiche Verteilung von Informationen und Wissen zwischen den Transaktionspartnern ist eine Quelle von besonderen Transaktionsproblemen. Diese Situation schafft Spielräume, die von den Partner opportunistisch ausgenutzt werden können. Damit steigen auch die Transaktionskosten, wenn die Transaktion nur mit den Mitteln des marktlichen Preismechanismus koordiniert wird. Zur Begrenzung der Transaktionskosten müssen daher stärkere Bindungen zwischen den Partnern etabliert werden, die die Möglichkeit opportunistischen Verhaltens einschränken. Beispiele hierfür sind langfristige Kooperationsverträge oder die Bildung von hierarchischen Unternehmensstrukturen mit ihren Anreiz-, Kontroll- und Sanktionssystemen. Nach der Transaktionskostentheorie sind hierarchische Koordinationsformen umso effizienter, je größer die Spezifität der durchzuführenden Transaktion ist (Bild 2-17).

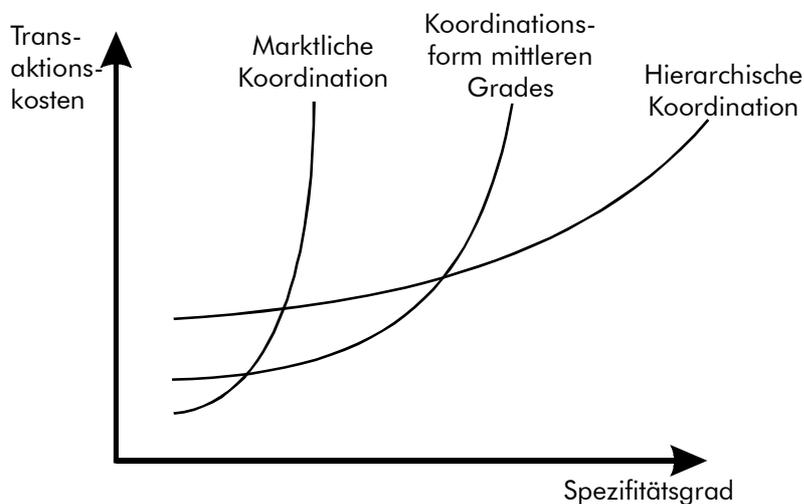


Bild 2-17: Koordinationsformen und Spezifität (PICOT et al. 1998, S. 45)

2.5.3.2 Spieltheorie

Die Spieltheorie gehört zum Gebiet der Entscheidungstheorie und wurde bereits in den vierziger Jahren entwickelt. Sie kann insbesondere dann angewendet werden, wenn das Ergebnis einer Entscheidungssituation vom Verhalten aller an der Kooperation beteiligten Partner bestimmt wird (LORSCHIEDER 1997, S. 11).

Ein aus der Spieltheorie bekanntes Beispiel ist das Gefangenendilemma. Es beschreibt die Situation zweier Verdächtiger, die getrennt voneinander vernommen werden. Sie haben jeweils die Wahl, die Tat zuzugeben und damit gleichzeitig ihren Komplizen zu belasten oder zu leugnen. Je nachdem wie sie sich entscheiden erwartet sie eine unterschiedlich hohe Strafe. Leugnen beide die Tat, so haben sie nur eine geringe Strafe zu erwarten, da keinem von ihnen die Tat eindeutig nachzuweisen ist. Geben beide die Tat zu, so werden beide bestraft. Da sie sich aber kooperativ gezeigt haben, wird die Strafe etwas gemindert. Wenn jedoch nur einer

die Tat zugibt, der andere aber leugnet, dann bekommt der kooperative Gefangene nur eine geringe Strafe (Kronzeugenregelung), der andere hingegen die Höchststrafe (Bild 2-18).

		Dieb 1	
		gestehen	nicht gestehen
Dieb 2	gestehen	7 / 7	10 / 1
	nicht gestehen	1 / 10	3 / 3

Die Zahlen in den Zellen sind in der Reihenfolge (oben links, oben rechts, unten links, unten rechts) angeordnet. Gestrichelte Linien verlaufen diagonal durch die Zellen. Pfeile weisen auf die Werte 10 und 3 hin, beschriftet mit 'Strafe für Dieb 1 in Jahren' und 'Strafe für Dieb 2 in Jahren'.

Bild 2-18: Auszahlungsmatrix für das Gefangenendilemma (in Anlehnung an PICOT et al. 1998, S. 37)

Das Dilemma besteht nun darin, dass die beiden Gefangenen nicht wissen können, wie sich ihr Komplize verhält. Daher erscheint für sie die Strategie „zugeben“ am günstigsten, da hierbei die zu erwartende Strafe unabhängig von der Entscheidung des Komplizen relativ gering bleibt. Das Optimum (beide gestehen nicht) wird so nicht erreicht.

Ein Weg zur Überwindung dieses Dilemmas ist die Herausbildung von Institutionen, beispielsweise Vertrauen oder gesellschaftliche Normen. Im Beispiel der Diebe wäre dies z.B. die „Ganovenehre“ (PICOT et al. 1998, S. 36f). Eine zweite Möglichkeit bietet sich, wenn ein solches Dilemma mehrfach hintereinander auftritt. In diesem Fall können die Kooperationspartner Strategien entwickeln, wie sie das für sie insgesamt günstigste Ergebnis erzielen können. In Simulationen hat sich die Strategie „Tit-for-tat“ als die erfolgreichste erwiesen. Diese Strategie beginnt im ersten Schritt immer kooperativ und kopiert in den folgenden Spielen jeweils das Verhalten des Partners in der vorangegangenen Runde (LORSCHIEDER 1997, S. 19f).

Solche Dilemma sind auch bei Kooperationen zwischen Unternehmen häufig anzutreffen. Beispielsweise wird eine gemeinsame Aufgabe sicherlich am besten gelöst, wenn die Partner uneingeschränkt ihre Informationen und ihr Wissen austauschen. Andererseits begeben sie sich dadurch in die Gefahr, dass sie von ihrem Partner ausgenutzt werden.

3 Der Weg zur verteilten Produktentwicklung

Die verteilte Entwicklung von Produkten hat eine lange Tradition. Die heute praktizierten Vorgehensweisen und Abläufe sind das Resultat einer evolutionären Entwicklung, die seit Beginn der Industrialisierung stark beschleunigt abläuft. In diesem Kapitel sollen die wesentlichen Meilensteine auf dem Weg zur heutigen Situation dargestellt werden.

3.1 Arbeitsteilung und Spezialisierung

Arbeitsteilung und Spezialisierung waren schon immer notwendig, um komplexe Aufgaben lösen zu können. So entstand schon früh eine Trennung in verschiedene Berufsgruppen, die jeweils bestimmte Produkte herstellten, die die Mitglieder der anderen Berufsgruppen benötigten, aber nicht selbst herstellen konnten. Im 12. Jahrhundert begann der Aufstieg der Handwerkszünfte, die streng darauf achteten, dass kein Zunftfremder in ihrem Fach arbeiten konnte. Mit dem Aufkommen neuer Produkte und Technologien im 14. und 15. Jahrhundert verstärkte sich die Spezialisierung der einzelnen Berufsgruppen. Dies wird besonders am Beispiel der Metallbearbeitung deutlich. Wenn es zunächst nur Eisen-, Kupfer-, Gold- und Silberschmiede gab, entwickelten sich neue Berufe wie Schlosser, Klingenschmiede, Nagelschmiede oder Kompassmacher (DETTELBACHER 1998a). Die Erzeugnisse dieser Zeit waren meist nicht so komplex, dass sie durch die Zusammenarbeit mehrerer Handwerker unterschiedlicher Zünfte hergestellt werden mussten. Stattdessen bildeten sich neue, spezialisierte Zünfte zur Herstellung neuer Produkte, wie z.B. Uhrmacher.

Später kamen durch das Verlagswesen erste kapitalistische Strukturen und erste Tendenzen zur Arbeitsteilung auf. Die Handwerker lieferten ihre Erzeugnisse nicht mehr direkt an die Käufer der Waren. Stattdessen arbeiteten sie für Verleger, die den Vertrieb der Waren übernahmen und die Handwerker dafür mit den benötigten Rohstoffen versorgten (MERWALD 1998). Ebenso wuchs im 15. Jahrhundert die Bedeutung des internationalen Handels. Die damals führenden Handelshäuser der Welser und Fugger unterhielten ein Europa umspannendes Handelsnetz, das sie später weiter nach Amerika und in den Orient ausdehnten (ROEDIG 1998).

Nach dem 30jährigen Krieg entstanden erste Unternehmen und Industriebetriebe (DETTELBACHER 1998b). Am Beispiel der Automobilindustrie beschreiben WOMACK et al. (1991) die Fertigung von Automobilen im 19. Jahrhundert. Demnach wurden die Automobile einzeln in Handarbeit gefertigt, wobei sich bereits damals eine Lieferantenstruktur abzeichnete. Beispielsweise wurde die Karosserie meist von speziellen Werkstätten bezogen.

Bereits im 18. Jahrhundert wies Adam Smith darauf hin, dass in Arbeitsteilung und Spezialisierung ein enormes Produktivitätspotenzial liegt (PICOT 1999). Er verglich damals

die Produktion von Stecknadeln in einem Handwerksbetrieb mit den neugegründeten Manufakturen. Weite Verbreitung fand diese Erkenntnis später durch das Werk von Taylor:

„Die Zeit der großen persönlichen oder individuellen Taten, vollbracht von einem einzelnen ohne die Hilfe anderer, geht schnell ihrem Ende zu. Es naht die Zeit, in der alle großen Dinge durch jenes Zusammenarbeiten zustande kommen, bei dem jeder die Arbeit tut, die für ihn am besten paßt, jeder seine Individualität wahrt und sein spezielles Gebiet voll beherrscht, wo trotzdem niemand etwas von seiner Originalität und seinem persönlichen Arbeitsinteresse (Initiative) verliert und doch unter dem dauernden kontrollierenden Einfluß vieler anderer steht, mit denen er harmonisch zusammenarbeitet.“ (TAYLOR 1919, S. 152)

Er führte auch mit der Trennung von Ausführung und Leitung die heute übliche Arbeitsvorbereitung ein. Dazu entwickelte er vier Prinzipien der *wissenschaftlichen Betriebsführung*:

„Erstens: Die Leiter entwickeln ein System, eine Wissenschaft für jedes einzelne Arbeitselement, die an die Stelle der alten Faustregel-Methode tritt.

Zweitens: Auf Grund eines wissenschaftlichen Studiums wählen sie die passendsten Leute aus, schulen sie, lehren sie und bilden sie weiter, anstatt, wie früher, den Arbeitern selbst die Wahl ihrer Tätigkeit und ihre Weiterbildung zu überlassen.

Drittens: Sie arbeiten in herzlichem Einvernehmen mit den Arbeitern; so können sie sicher sein, daß alle Arbeit nach den Grundsätzen der Wissenschaft, die sie aufgebaut haben, geschieht.

Viertens: Arbeit und Verantwortung verteilen sich fast gleichmäßig auf Leitung und Arbeiter. Die Leitung nimmt alle Arbeit, für die sie sich besser eignet als der Arbeiter, auf ihre Schulter, während bisher fast die ganze Verantwortung auf die Arbeiter gewälzt wurde.“ (TAYLOR 1919, S. 38/39)

Dieses System wurde von Henry Ford übernommen, der es weiter perfektionierte. Zusammen mit der Austauschbarkeit der Teile, die durch neue Fertigungsverfahren erreicht wurde, ermöglichte er die Massenproduktion. Gleichzeitig verfeinerte Alfred Sloan bei General Motors das Management großer Unternehmen, indem er die Arbeitsteilung auch in der Unternehmensführung etablierte. Danach wurde das Unternehmen in Profit Center gegliedert, die von der Zentrale aus nur über die Zahlen über Umsatz und Marktanteile geführt wurden. Damit entstanden neue Abteilungen wie Marketing und Finanzmanagement (WOMACK et al 1991, S. 44ff). Dieses Organisationsprinzip bestimmt bis heute die Organisation vieler Unternehmen, auch wenn es durch die Adaption neuer Praktiken, vor allem aus Japan, modifiziert wurde.

3.2 Heutige Organisationsformen

Bei der arbeitsteiligen Bearbeitung von Aufgaben stellt sich das Problem der Abstimmung zwischen den Beteiligten. Zur Lösung dieses Problems müssen daher Koordinations- und Motivationsmechanismen eingeführt werden. Dazu dient vor allem die Organisationsstruktur eines Unternehmens.

Nach PICOT (1999) können prinzipiell drei verschiedene Organisationsformen unterschieden werden (Bild 3-1). Beim *Einliniensystem* ist jeder ausführende Mitarbeiter genau einem Weisungsbefugten unterstellt. Dieses System bietet den Vorteil klarer Zuständigkeiten und Verantwortungen, hat aber den Nachteil langer Kommunikationswege zwischen den Mitarbeitern. Zudem sind die Vorgesetzten, aufgrund der Komplexität der zu bearbeitenden Aufgaben, fachlich oft überfordert fundierte Entscheidungen zu treffen. Um dieses Defizit zu beseitigen wurde das *Stabliniensystem* entwickelt. Bei diesem System stehen den Vorgesetzten der Linienorganisation Stabsstellen beratend zur Seite. Dabei haben die Stabsstellen selbst aber keine Weisungsbefugnis und können daher ihr Expertenwissen nur über die Linienverantwortlichen einbringen. Eine andere Möglichkeit der Organisation stellt das *Mehrliniensystem* dar. Dabei ist jeder Mitarbeiter mehreren Vorgesetzten unterstellt, die jeweils für ihr Spezialgebiet die Weisungsfunktion übernehmen. Der Nachteil dieses Systems liegt jedoch gerade in dieser Mehrfachunterstellung, da es zu Autoritäts- und Kompetenzkonflikten zwischen den verschiedenen Anordnungsstellen kommen kann. Die am häufigsten angewendete Form der Mehrlinienorganisation ist die *Matrixorganisation*, bei der die Untergliederung in zwei Dimensionen erfolgt (Bild 3-2).

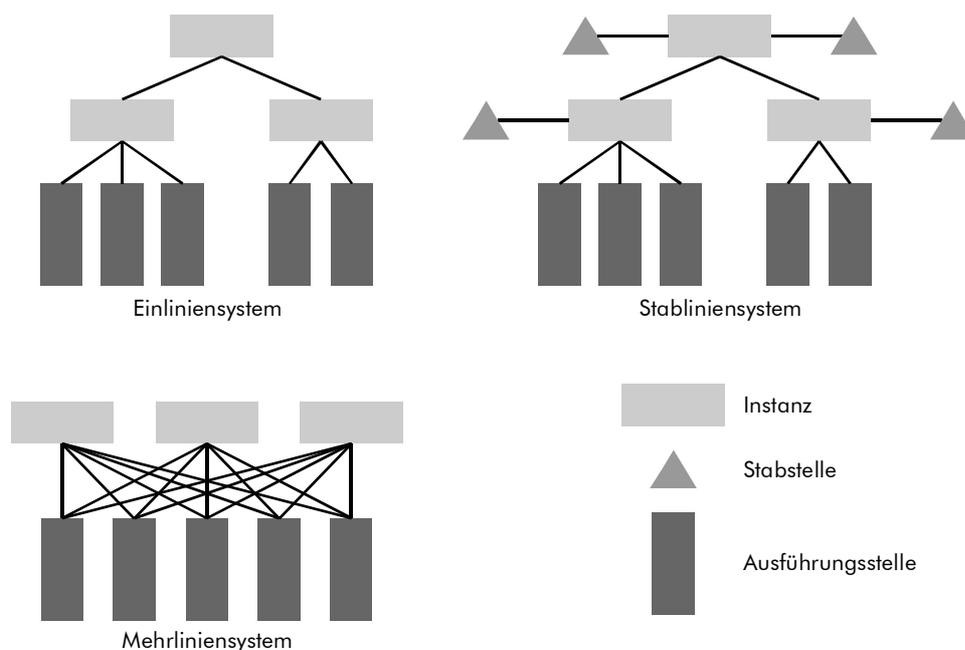


Bild 3-1: Verschiedene Organisationsformen (in Anlehnung an PICOT 1999)

Die Gliederung kann bei allen drei Organisationsformen nach verschiedenen Kriterien, z.B. nach Verrichtungsorientierung (Entwicklung, Einkauf, etc.) oder Objektorientierung (Motoren, Karosserie, etc.), erfolgen.

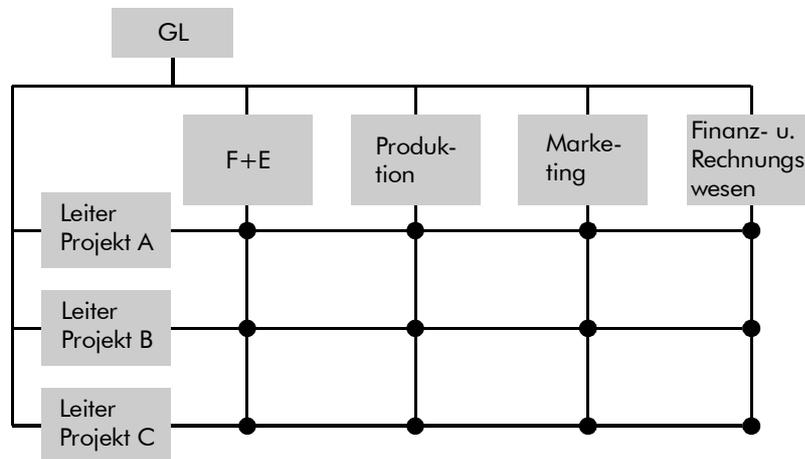


Bild 3-2: Beispiel für eine Matrixorganisation (ULRICH & FLURI 1992, S. 185)

Heute gebräuchliche Organisationsformen sind nach PICOT (1999) die *Funktionsbereichsorganisation*, die *Prozessorganisation*, die *Projektorganisation* sowie die *Geschäftsbereichsorganisation*.

Bei der *Funktionsbereichsorganisation* wird das Unternehmen nach dem Verrichtungsprinzip unterteilt. Beispiele für solche Funktionsbereiche sind Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion und Absatz. Diese Aufteilung führt nach PICOT (1999) zu großen Produktivitätsvorteilen, da eine hohe Arbeitsteilung und Spezialisierung der ausführenden Stellen ermöglicht wird. Allerdings besteht, insbesondere bei großen Unternehmen, die Gefahr, dass eine solche Organisation starr und unflexibel wird und deshalb nicht mehr schnell genug auf Veränderungen des Marktes reagieren kann.

Die *Prozessorganisation* gliedert das Unternehmen nach Prozessketten, die sich an der Wertschöpfungskette orientieren. Beispiele für Wertschöpfungsprozesse sind die Auftragsabwicklung oder der After-Sales-Prozess. Die Gliederungskriterien *Prozesse* und *Funktionen* stellen jeweils ein Ende eines Spektrums dar. Bild 3-3 zeigt verschiedene Möglichkeiten der Organisation zwischen diesen beiden Extrema.

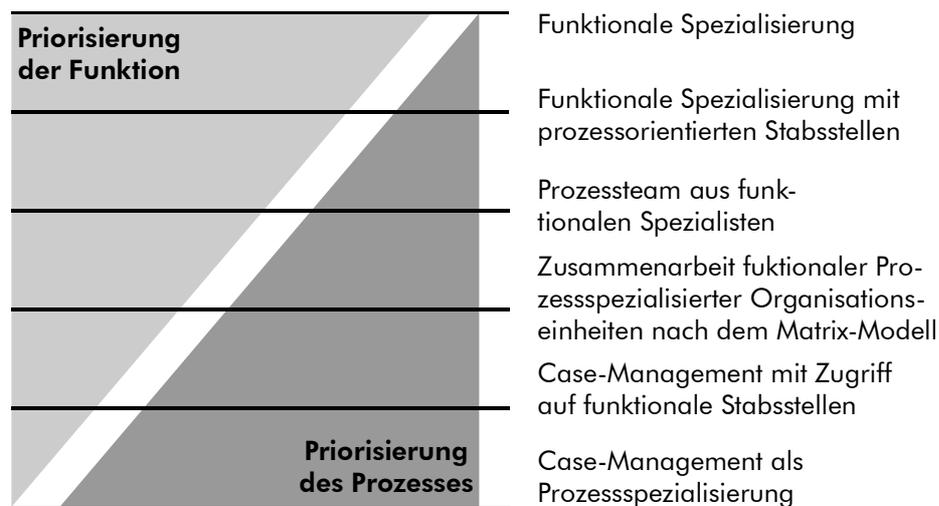


Bild 3-3: Priorisierung von Funktion und Prozess (PICOT & FRANCK 1996)

Je nach Verteilung der Kompetenzen kann eine *Projektorganisation* nach allen oben dargestellten Organisationsprinzipien aufgebaut sein. Beispielsweise kann die Projektleitung in eine Stabsstelle integriert sein, oder das Unternehmen kann in einer reinen Projektorganisation nur nach Projekten organisiert sein. Die häufigste Form der Projektorganisation ist jedoch eine Matrixprojektorganisation, bei denen die Projektleiter den Funktionsbereichsleitern gleichberechtigt gegenüberstehen.

Bei der *Geschäftsbereichsorganisation* oder auch *Spartenorganisation* wird das Unternehmen nach dem Objektprinzip gegliedert. Objekte können dabei z.B. Produkte, Regionen oder Kundenzielgruppen sein. Bei dieser Organisationsform werden übergeordnete strategische Entscheidungen zentral von der Unternehmensleitung mit ihr angegliederten Zentralbereichen getroffen. Die operativen, fachbezogenen Kompetenzen liegen hingegen in den Geschäftsbereichen. Häufige Erscheinungsformen dieser Organisationsform sind Konzerne oder Holdings.

3.3 Lean Thinking und Outsourcing

In den letzten Jahren hat das Konzept des *Lean Thinking* großen Einfluss auf die Gestaltung der Organisation von Unternehmen genommen. Mit ihrem Buch „Die zweite Revolution in der Automobilindustrie“ haben WOMACK et al. (1991) den Anstoß zur Verbreitung der Philosophie der *Lean Production* in Europa und Amerika gegeben. Vorreiter dieses Ansatzes war der japanische Autohersteller Toyota (WOMACK et al. 1991). Das System der Lean Production zielt auf die Vermeidung von *muda*² in allen Unternehmensbereichen ab. Zunächst

² japanisch: Verschwendung

stand die Gestaltung der Produktionssysteme im Mittelpunkt der Betrachtung. Beispiele für die Maßnahmen der Lean Production sind die Abschaffung von Puffern, Just-in-Time-Lieferung von Material sowie eine Verlagerung von Verantwortung auf die einzelnen Mitarbeiter.

Später wurde die Philosophie der Lean Production wieder aufgegriffen und zum *Lean Management* bzw. *Lean Thinking* weiterentwickelt (WOMACK & JONES 1998, MERTENS et al. 2000). Nach BÖSENBERG & METZEN (1993, S. 68) beruht die Organisation nach Lean-Management-Prinzipien auf zehn Grundsätzen:

1. *Gruppen- bzw. Teamarbeit*
2. *Eigenverantwortung*
3. *Feedback*
4. *Kundenorientierung*
5. *Priorität der Wertschöpfung*
6. *Standardisierung*
7. *Ständige Verbesserung*
8. *Sofortige Fehlerabstellung an der Wurzel*
9. *Vorausdenken, Vorausplanen*
10. *Vorgehen in kleinen, beherrschten Schritten*

Im Bestreben die Unternehmen „schlanker“ zu machen werden häufig neben der Philosophie des Lean Thinking auch Strategien wie *Outsourcing* und *Konzentration auf Kernkompetenzen* verfolgt. Dabei beschränkt sich ein Unternehmen darauf nur die Tätigkeiten durchzuführen, die den Kern der Geschäftstätigkeit bilden, und somit den Vorsprung vor den Wettbewerbern ausmachen. Alle anderen Leistungen, die zur Erstellung des Gesamtprodukts erforderlich sind, werden von externen Partnern zugekauft. Zunächst wurde unter Outsourcing nur das Auslagern von Produktionsleistungen an externe Partner verstanden (KÖPF 1999, S. 52), inzwischen hat das Outsourcing aber auch die Entwicklungsbereiche erfasst. Vorreiter dieser Entwicklung ist die Automobilindustrie, in der die Fertigungstiefe der Hersteller immer weiter zurückgeht und der Einkauf kompletter Systeme bei Zulieferern zunimmt (WILDEMAN 1998, EVERSHEIM et al. 1995).

Um die Abstimmungs- und Logistikprobleme, die diese Verteilung mit sich bringt, in den Griff zu bekommen, fordern die Hersteller dabei immer häufiger die Errichtung von Fertigungsstätten der Zulieferer in der Nähe der eigenen Werke. Beim Montagewerk des *Smart* in Hambach wurde dieses Prinzip noch eine Stufe weiter getrieben, in dem die Zulieferer direkt auf der Fläche des Werkes angesiedelt wurden. Die Zulieferer übernehmen hierbei neben der Sicherstellung der Produktqualität auch die Verantwortung für die Montage ihrer Baugruppen (BARTH & GROSS 1998, VDI 1997a).

3.4 Neue Organisationsformen

Die oben beschriebenen Organisationsformen werden vielfach den Anforderungen von geänderten Wettbewerbsbedingungen, schnellen Änderungen der Produkte sowie zunehmender Internationalisierung nicht mehr gerecht. Daher bilden sich neue Organisationsformen, die sich nach PICOT (1999) „im wesentlichen durch

- ♦ *konsequente Ausrichtung der Organisationsstruktur auf den Markt und Kunden,*
- ♦ *starke Orientierung am Prinzip der Prozessorientierung sowie*
- ♦ *Bildung kleiner, selbständiger Organisationseinheiten, die als Module, Segmente oder Fraktale bezeichnet werden*

charakterisieren lassen“. In diesem Zusammenhang werden häufig Schlagworte wie *Modularisierung, Segmentierung, Fraktale, Netzwerke, Kompetenznetze* und *virtuelle Fabriken* bzw. *Unternehmen* gebraucht (z.B. WARNECKE 1993, SCHUH et al. 1998, KIESEL & KLINK 1998, EVERSHEIM et al. 1998, WIRTH et al. 2000a).

Die Zerlegung in kleine Einheiten kann dabei auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Zum einen kann eine Modularisierung auf Unternehmensebene, z.B. durch Bildung von Profitcentern, durchgeführt werden. Eine andere Möglichkeit ist die Modularisierung auf Prozessebene. Dabei wird die funktionale Gliederung zugunsten einer Prozessorientierung aufgelöst. Die Leiter der Funktionsbereiche werden durch Geschäftsprozessleiter abgelöst, die für den Ablauf der Kernprozesse eines Unternehmens verantwortlich sind. Schließlich kann die Modularisierung auch auf Arbeitsplatzebene erfolgen. Dabei werden abgeschlossene Aufgabenpakete an Einzelpersonen oder Arbeitsgruppen übertragen. Die Aufgabenpakete beinhalten sowohl Sach- als auch Managementaufgaben, d.h. der Mitarbeiter bzw. die Gruppe ist sowohl für das Ergebnis des Aufgabenpakets als auch für den Weg, der zu diesem Ergebnis führt, selbst verantwortlich.

WIENDAHL & WORBS (2000) schildern die Vision von kleinen, mobilen Fabriken, die je nach Bedarf an verschiedene Orte der Welt transportiert werden können. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen REINHART et al. (2000b) durch die Forderung nach dezentralen Produktionseinheiten, die bei den Abnehmern vor Ort angesiedelt sind.

Allen Ansätzen ist gemeinsam, dass eine Unterteilung in kleine Einheiten zwangsläufig zur Notwendigkeit der Kooperation zwischen diesen Einheiten führt. In neuerer Zeit werden diese Kooperationen immer häufiger auch über Unternehmensgrenzen hinweg durchgeführt. PICOT (1999) unterteilt diese sogenannten *hybriden Organisationsstrukturen*, in Abhängigkeit von charakteristischen Eigenschaften der jeweiligen Unternehmensressourcen, in sechs Modelle (Bild 3-4). Dabei werden Ressourcen als *potent* bezeichnet, wenn eine andere Ressource von dieser abhängig ist. Die *Plastizität* gibt an, wie flexibel eine Ressource einsetzbar ist. Je plastischer sie ist, desto mehr Einsatz- und Verwendungsmöglichkeiten gibt es für sie.

		Ressourcen von Unternehmen A		
		abhängig	potent und von geringer Plastizität	potent und von hoher Plastizität
Ressourcen von Unternehmen B	potent und von hoher Plastizität	Mehrheitsbeteiligung (evtl. Akquisition oder Fusion) Fall 1 z.B. Aufkauf einer Biotechnologiefirma durch einen großen Pharmakonzern	Kapitalbeteiligung von B an A Fall 3 z.B. Beteiligung eines Automobilkonzerns (B) an einem Zulieferer (A)	Joint Venture Fall 5 z.B. Joint Venture zwischen BMW und Rolls Royce zur Entwicklung von Flugzeugtriebwerken
	potent und von geringerer Plastizität	Lizenzvergabe Fall 2 z.B. Vergabe von Franchiselizenzen	Konsortium Fall 4 z.B. Durchführung eines großen Bauvorhabens oder einer größeren Aktienemission	Kapitalbeteiligung von A und B Fall 6 analog zu Fall 3

Bild 3-4: Hybride Organisationsformen (nach PICOT 1999)

Eine Weiterentwicklung dieser Organisationsformen ist die *virtuelle Unternehmung*. Dieser Begriff bezeichnet ein „dynamisches Netzwerk von rechtlich selbständigen Unternehmen oder Teilen von Unternehmen (...), das auf Zeit für eine konkrete Aufgabenstellung, d.h. zur Ausnutzung einer durch die einzelnen Unternehmen allein nicht erreichbaren Marktchance, gebildet wird, um so vor allem die Kernkompetenzen der beteiligten Partner zu bündeln“ (SCHOLZ-REITER 2000).

Einen anderen Ansatz verfolgen KUHN & BECKMANN (1998). Sie schlagen eine *parzipative Fabrik* vor, bei der sich mehrere Unternehmen spezielle Ressourcen teilen. Durch die gemeinsame Nutzung von Fertigungsanlagen können so Skaleneffekte erzielt sowie teure Spezialmaschinen ausgelastet werden. Einen ähnlichen Ansatz zeigen FRIEMUTH & V. WREDE (1998) am Beispiel der Bekleidungsindustrie.

Nach SCHUH et al (1998) führen zwei Trends zur verstärkten Bildung von Unternehmensnetzwerken und damit zu mehr kooperativen und verteilten Prozessabläufen. Auf der einen Seite werden in großen Unternehmen zunehmend die starren Hierarchien zugunsten von projekt- bzw. prozessorientierten Organisationsformen aufgelöst. Dabei werden die Unternehmen segmentiert und beispielsweise in Profit Center gegliedert. Andererseits suchen kleine Unternehmen, die häufig auf einem engen Gebiet spezialisiert sind, nach Partnern um die Vorteile eines großen Unternehmens (z.B. Marktzugang oder Finanzierungsvorteile) mit

der Flexibilität der kleinen Einheiten zu verknüpfen. Beispiele für diesen Trend sind *Joint-Ventures* oder *strategische Allianzen*.

Aufgrund dieser verteilten Strukturen rückt in letzter Zeit das *Supply Chain Management* zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses. Darunter wird nach HAHN (2000) die „Planung, Steuerung und Kontrolle des gesamten Material- und Dienstleistungsflusses, einschließlich der damit verbundenen Informations- und Geldflüsse innerhalb eines Netzwerks von Unternehmungen und deren Bereiche [verstanden], die im Rahmen von aufeinanderfolgenden Stufen der Wertschöpfungskette an der Entwicklung, Erstellung und Verwertung von Sachgütern und/oder Dienstleistungen partnerschaftlich zusammenarbeiten, um Effektivitäts- und Effizienzsteigerungen zu erreichen“.

Als wesentliche Grundlage für den Erfolg einer Kooperation sehen SCHUH et al (2000) das Vertrauen in die Partner sowie die Koordination der gemeinsamen Tätigkeiten. Daher kommt dem Vertrauensmanagement sowie dem Management der Koordination eine besondere Bedeutung bei der Gestaltung und Aufrechterhaltung von Unternehmensnetzwerken zu. Auch SCHIMMELPFENG et al. (2000) betonen die Bedeutung des Beziehungsmanagements in komplexen Netzwerken um der Gefahr vorzubeugen, dass die Kooperationspartner ihre Kenntnisse aus der Kooperation für andere Geschäftsbeziehungen missbrauchen.

Insgesamt gesehen wird die Kooperation zwischen verschiedenen Unternehmen in der Zukunft weiter zunehmen (SCHMOECKEL et al 1995). In der Produktion wird die Zusammenarbeit mit direkten Wettbewerbern bevorzugt, während im Entwicklungsbereich hauptsächlich Kooperationen mit den Kunden eingegangen werden.

3.5 Globalisierung

Ein wesentlicher Grund für die veränderten Wettbewerbsbedingungen, die zu den neuen Organisationsformen führen, ist in der *Globalisierung* zu suchen. Dieser Begriff ist in den letzten Jahren zu einem Modebegriff geworden, der meist als Schlagwort in der Diskussion um Standorte verwendet wird. KÖPF (1998, S. 13) definiert Globalisierung als „die zunehmende weltweite Vernetzung ökonomischer Aktivitäten“. Wesentliche Kennzeichen der Globalisierung sind dabei

- ♦ *die zunehmende Mobilität der Produktionsfaktoren,*
- ♦ *das standortunabhängige Angebot von Dienstleistungen,*
- ♦ *der Anstieg der internationalen Finanzströme,*
- ♦ *die Zunahme von lukrativen und „sicheren“ Standorten sowie*
- ♦ *die Möglichkeit (auch für Kleinstfirmen) über das Internet weit entfernte Märkte kostengünstig zu erreichen.*

ESSER (1999) unterscheidet vier Formen der Globalisierung. Demnach kann die Globalisierung zum einen als ökonomischer Prozess weltweiter Produktions- und

Marktintegration angesehen werden. Dabei übernehmen transnationale Unternehmen die Vorreiterrolle. Zum anderen stellt die Globalisierung eine „Herausforderung für die Möglichkeiten und Grenzen jeder Art politischer Regelung oder Gestaltung“ (ESSER 1999) dar. Eine andere Sichtweise betrachtet die Verringerung kultureller Unterschiede im Zuge der Globalisierung. Schließlich kann die Globalisierung auch als Gefahr (z.B. Verlust der nationalen Eigenständigkeit) und ökologische Herausforderung (z.B. Klimaschutz) gesehen werden.

In jedem Fall führt der Globalisierungsprozess zu einer Internationalisierung der Tätigkeit der Unternehmen. SCHERM & SÜB (2000) identifizieren drei wesentliche Ziele, die mit dieser Internationalisierung der Unternehmen verfolgt werden. Die größte Bedeutung haben demnach *absatzmarktorientierte Ziele*. Dadurch sollen lokale Nachfrageschwankungen ausgeglichen und der Absatz ausgedehnt werden. Gleichzeitig wird das unternehmerische Risiko minimiert. Die zweite Zielkategorie sind die *kosten- und ertragsorientierten Ziele*. Die erhöhte Nachfrage aufgrund des vergrößerten Absatzmarkts führt zu einer Erhöhung der Produktionsmenge und damit zu sinkenden Stückkosten (*Economies of Scale*). Ebenso können Kostenvorteile, z.B. durch geringere Lohnkosten in anderen Ländern, genutzt werden. Schließlich spielen auch *beschaffungsorientierte Ziele* eine Rolle bei der Internationalisierung. Dies beinhaltet die Sicherstellung der Verfügbarkeit von Rohstoffen und Arbeitskräften.

In Abhängigkeit von der Ressourcenbeanspruchung und Kontrollfähigkeit können nach SCHERM & SÜB (2000) verschiedene Formen des Eintritts in internationale Märkte unterschieden werden. Die Bandbreite reicht dabei vom reinen Export von Waren und Dienstleistungen bis hin zu eigenen Tochterunternehmen im Ausland (Bild 3-5).

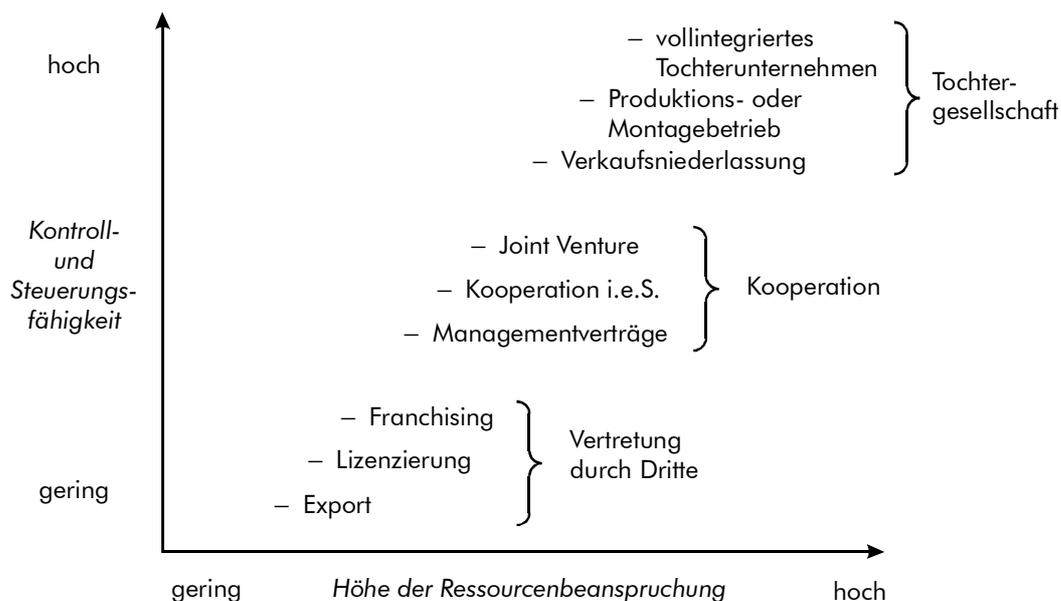


Bild 3-5: Spektrum möglicher Markteintrittsformen (in Anlehnung an SCHERM & SÜB 2000)

Die Erscheinung „Globalisierung“ ist keineswegs neu. Vielmehr war die Weltwirtschaft schon immer eng verflochten. Nach FRIEDMAN (1999, S. 15) lassen sich jedoch einzelne Phasen erkennen, in denen starke Verflechtungen zwischen den Staaten bestanden, und die sich mit Perioden abwechseln, in denen die Staaten weitgehend isoliert von ihren Nachbarn existierten.

Die Liberalisierung der Märkte ist nach KÖPF (1999) eine Voraussetzung für die zunehmende weltweite Wirtschaftstätigkeit. Die Befürworter der Globalisierung sehen in einer weiteren Deregulierung die geeignete Maßnahme zur Sicherung des Standortes Deutschland im globalen Wettbewerb. Kritiker warnen jedoch vor einem Verlust des Einflusses des Staates auf die Wirtschaft sowie den Abbau von Sozialleistungen (ESSER 1999; GIDDENS 1999, S. 41).

In den letzten Jahren haben vor allem die Verfügbarkeit neuer Kommunikationsmedien sowie die Verringerung von Handelshemmnissen einen neuen Schub in der jetzigen Ära der Globalisierung ausgelöst. Durch das rasante Wachstum des Internet (Bild 3-6) sind Informationen schnell und kostengünstig an jedem Ort der Welt verfügbar. Da die Entwicklung eines neuen Produkts als informationsverarbeitender Prozess gesehen werden kann (IRLINGER 1999), wird die standortverteilte Durchführung von Entwicklungsprojekten durch diese Technologie erst möglich.

ESSER (1999) stellt fest, dass sich die Globalisierung im Wesentlichen auf die Triade Europa-Nordamerika-Südostasien beschränkt, also eher als *Triadisierung* bezeichnet werden müsste. Ebenso gehen über die Hälfte der Direktinvestitionen der deutschen Industrie in Länder innerhalb der EU, was eher für eine *Europäisierung* der Wirtschaft spricht (KÖPF 1998).

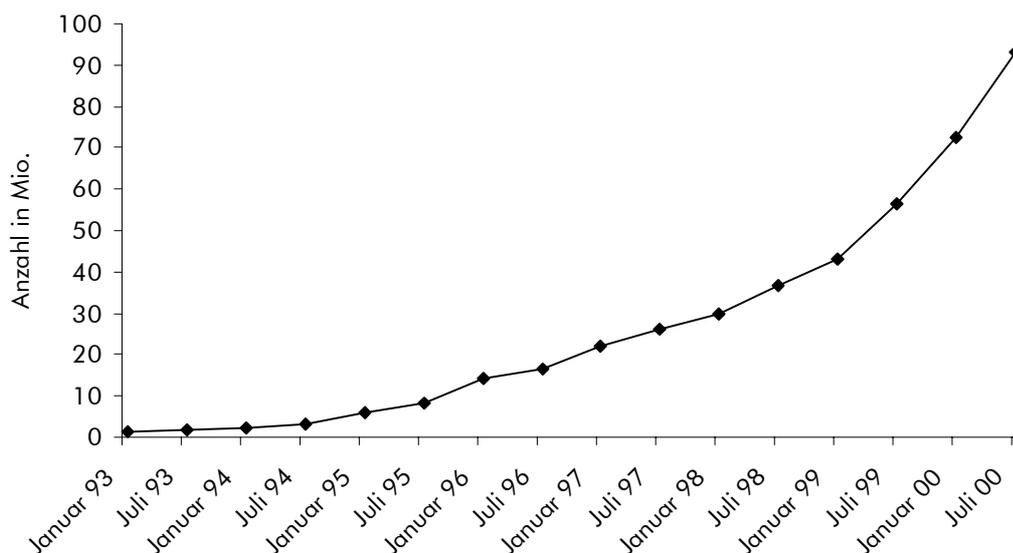


Bild 3-6: Zahl der im Internet registrierten Hosts (ISC 2000)

Ein der Globalisierung gegenläufiger Trend ist die *Regionalisierung*. Drunter wird nach LO & RENTMEISTER (2000) „der Prozeß der räumlichen Konzentration von Unternehmen eines Sektors und damit der Spezialisierung von Regionen“ bezeichnet. Demnach begünstigt die räumliche Nähe Kooperationen zwischen Unternehmen und damit einen wechselseitigen Wissensaustausch und Lernprozesse. Insbesondere für wissensintensive Dienstleister stellt dies einen großen Vorteil dar. In einer Studie im Rahmen des SFB 403³ wurde nachgewiesen, dass die Hälfte der befragten Unternehmen zu über 70% auf Zulieferer aus ihrer Region zurückgriffen (LO & RENTMEISTER 2000). Als Ursache geben die Autoren hauptsächlich die Bedeutung von persönlichen Treffen an, die durch die räumliche Nähe erleichtert werden.

Nach SCHIMMELPFENG et al. (2000) empfiehlt sich die Auswahl von Lieferanten in der Nähe des Herstellers insbesondere bei kapitalintensiven Komponenten und komplexen Systemen. Einfache, leicht austauschbare Komponenten sollten dagegen eher im *Global Sourcing*, d.h. von den weltweiten Beschaffungsmärkten, bezogen werden.

Insgesamt gesehen muss der Begriff der Globalisierung wesentlich differenzierter betrachtet werden, als dies zur Zeit in den Medien geschieht. Die Folgen der Globalisierung wirken sich sicherlich stark auf die Unternehmen aus, das Phänomen an sich ist jedoch weder neu noch für die Unternehmen überraschend, wie die traditionell starke Exportorientierung der deutschen Wirtschaft zeigt.

³ Sonderforschungsbereich 403 „Vernetzung als Wettbewerbsfaktor“

4 Unterstützung verteilter Prozesse

Die oben beschriebenen neuen Ansätze der Unternehmensorganisation verstärken den Zwang zur verteilten, kooperativen Bearbeitung von Aufgaben. Das Hauptproblem bei dieser Art der Arbeit ist die Sicherstellung des Informationsflusses sowie der Kommunikation zwischen allen Beteiligten. In Bild 4-1 wird die wachsende Bedeutung dieser Problematik in netzwerkartigen Strukturen deutlich. Die gestiegene Leistungsfähigkeit der Datenverarbeitungssysteme bietet hier neue Lösungsansätze. Daher konzentrieren sich die Bemühungen zur Optimierung verteilt ablaufender Prozesse hauptsächlich auf den Bereich der informationstechnischen Unterstützung. Zusätzlich wird aber auch an Methoden gearbeitet, die die Abläufe in verteilten Umgebungen verbessern sollen.

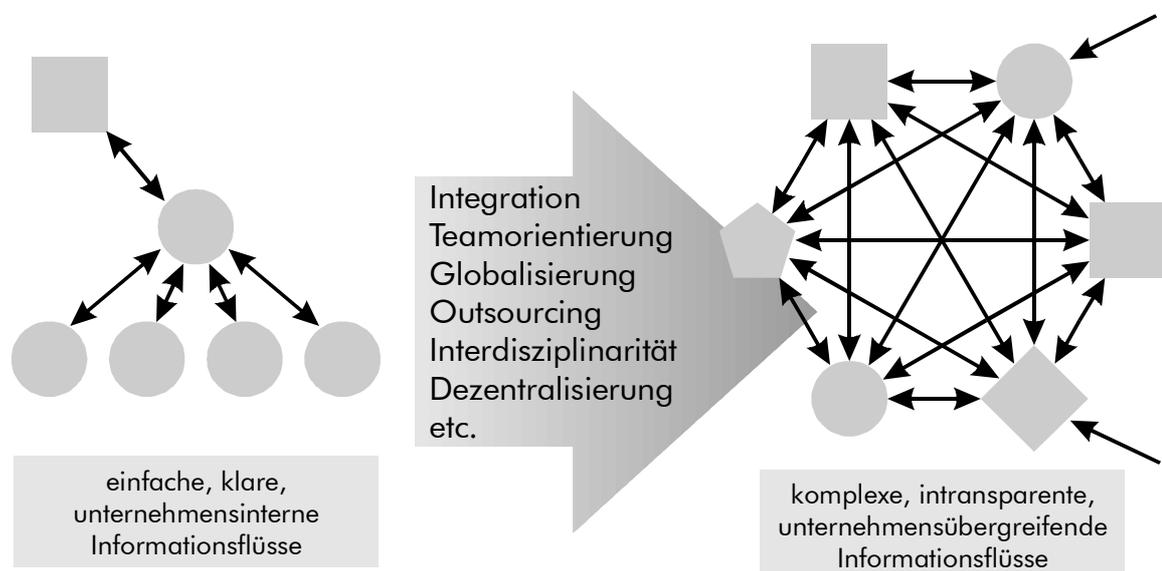


Bild 4-1: Vermehrter Informationsfluss in dezentralen Strukturen (KLEEDÖRFER 1998)

4.1 Informationstechnische Unterstützung

Wenn mehrere Partner zusammen an einem Projekt arbeiten, kommt der Bereitstellung der benötigten Informationen sowie der Abstimmung der Tätigkeiten eine große Bedeutung zu. Hier können moderne Informations- und Kommunikationssysteme helfen verteilte Projekte zum Erfolg zu führen.

Kommunikationssysteme dienen dazu, die Kommunikation zweier oder mehrerer Partner untereinander zu unterstützen. Die Aufgabe von Informationssystemen ist hingegen die Bereitstellung der für einen Arbeitsschritt benötigten Informationen, zur richtigen Zeit am

richtigen Ort. In den letzten Jahren sind neue Systeme entstanden, die die bisher bekannten Kommunikationsarten ergänzen. Trotzdem wurden die traditionellen Wege der Kommunikation nicht ersetzt. Insbesondere persönlichen Treffen, auch als *face-to-face* Kontakte bezeichnet, können nicht durch technische Medien substituiert werden (SCHUH et al. 2000).

Die verschiedenen Kommunikationsarten können danach klassifiziert werden, inwieweit die Kommunikationspartner sich am selben Ort befinden und ob sie gleichzeitig anwesend sein müssen um miteinander in Kontakt treten zu können (Bild 4-2). Aus diesen Möglichkeiten gilt es für eine bestimmte Situation das effektivste Medium sowie die günstigste Kooperationsform auszuwählen (REICHWALD et al. 1998).

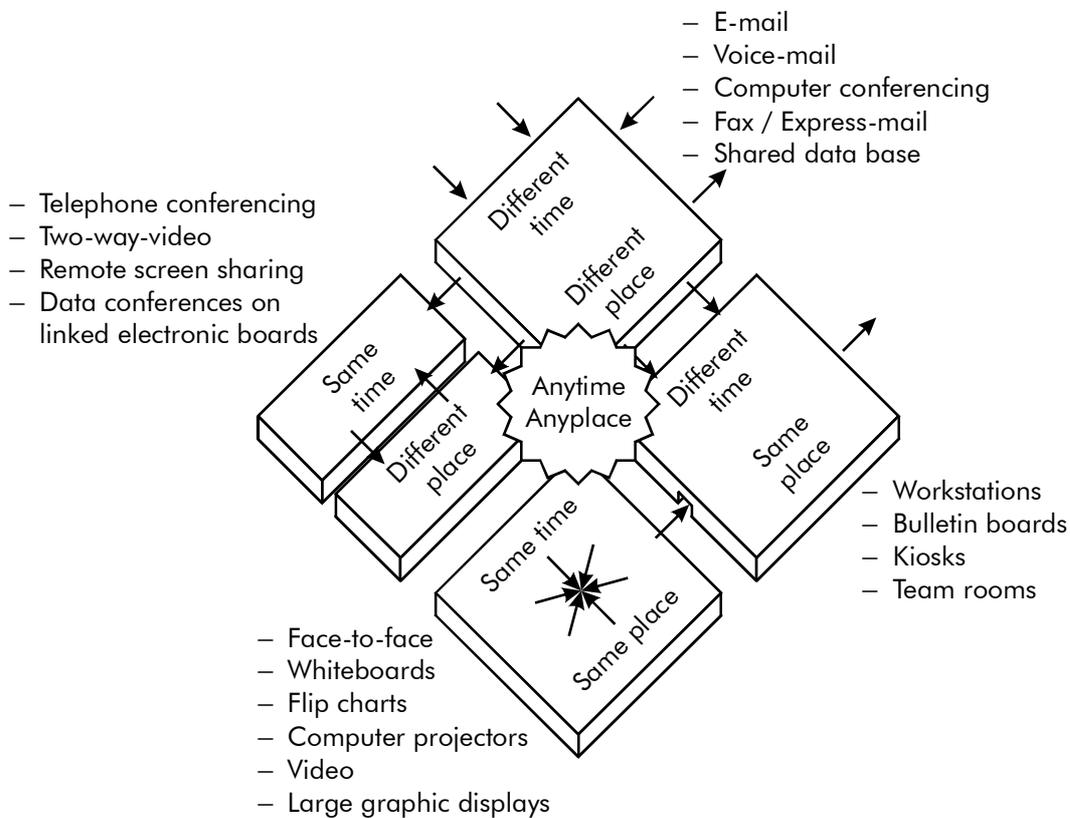


Bild 4-2: Anytime/Anyplace-Matrix (nach REICHWALD et al. 1998, S. 5)

Insbesondere im Bereich der computerunterstützten Kooperation sind in den letzten Jahren zahlreiche Systeme entwickelt worden. Diese Systeme werden meist mit den Begriffen *CSCW*⁴ bzw. *Groupware* bezeichnet. Darüber hinaus gewinnt die Disziplin des *Wissensmanagements* in verteilten Umgebungen zunehmend an Bedeutung.

⁴ Computer Supported Cooperative Work

4.1.1 Informationssysteme und Wissensmanagement

GESSNER et al. (1998) beschreiben den Einsatz verteilter Prozesse bei der Designfindung eines Automobils. Demnach ist eine global verteilte Designentwicklung nicht möglich, da ein Design jeweils von einem einzelnen Designer erstellt wird. Allerdings sehen die Autoren ein Potential in den unterstützenden Bereichen des Designprozesses, wie z.B. der fertigungstechnischen Beurteilung der Entwürfe. Zur Durchführung eines solchen verteilten Prozesses betonen die Autoren die Notwendigkeit des Einsatzes digitaler Werkzeuge, die auf eine gemeinsame Datenbasis zugreifen.

Zahlreiche Autoren arbeiten am *virtuellen Produkt* bzw. der *virtuellen Produktentstehung*. (z.B. BULLINGER et al. 1999; GOMES DE SA et al. 1999; KRAUSE & JANSEN 1998; VITAL et al. 1998) Dadurch sollen alle Eigenschaften eines Produkts bereits an digitalen Modellen durch Simulation abgesichert werden. In verteilten Umgebungen ergeben sich durch diese Technologien große Potenziale, da die Daten schnell und kostengünstig an verschiedene Standorte verteilt werden können. Alle Partner eines Projekts können damit auf die gleiche Referenz zugreifen. Das Leitprojekt *Integrierte Virtuelle Produktentstehung* (iViP) strebt eine vollständige Integration aller Informationsflüsse und Daten über den gesamten Produktentstehungsprozess an (FZK 2000).

Nach ABRAMOVICI (1998) werden die für die Entwicklung neuer Produkte benötigten Informationen meist in unterschiedlichen Systemen verwaltet. Jedes dieser Systeme beschränkt sich auf bestimmte Informationen bzw. Bereiche des Unternehmens. Ein PDM-System wird z.B. überwiegend in den Entwicklungsabteilungen eingesetzt und verwaltet ausschließlich Produktdaten. Ein Ansatz zur bereichsübergreifenden Erschließung dieser Informationen sieht ABRAMOVICI (1998) in sogenannten *Engineering Information Repositories* (EIR). Diese Systeme sammeln Metadaten aus den anderen verfügbaren Datenquellen und bieten so eine Recherchemöglichkeit in allen Systemen. Kernbestandteile eines EIR-Systems sind die zentrale Meta-Datenbank, Datenextraktions- und -transformationsfunktionen sowie anwendungsorientierte Such- und Recherchefunktionen. Im Gegensatz zu den EIR-Systemen dienen *Informations-Broker* dazu, unternehmensexterne Informationsquellen zu erschließen. Der prinzipielle Aufbau ähnelt dabei den EIR-Systemen. SCHOLZ-REITER & BASTIAN (1998) versuchen die Lücke zwischen der Produktionsstruktur- und Geschäftsprozessmodellierung durch die Einführung eines Metamodells zu schließen. Durch das vorgestellte System wird die Koordination dieser Bereiche unterstützt.

Um die Anforderungen an ein Produkt allen Beteiligten eines Projekts nutzbar zu machen stellen BIRKHOFFER et al. (2000) ein Anforderungsmanagement-System vor, dass auf dem Internetstandard XML⁵ basiert. Dadurch ist das System weltweit und plattformunabhängig

⁵ Extensible Markup Language

nutzbar. WANG & JIN (1999) stellen einen Ansatz vor, mit dem Abhängigkeiten im Entwicklungsprozess erfasst werden können. Dazu stellen sie ein mathematisches Modell auf, mit dem physikalische, geometrische sowie funktionelle Abhängigkeiten ebenso erfasst werden, wie die Abhängigkeiten einzelner Entwicklungsschritte oder Personen voneinander.

Mehrere Autoren beschreiben Systeme, bei denen die Sichten verschiedener Disziplinen in einem integrierten Produktmodell zusammengefasst werden. Je nach Anwendungsfall erhält der Benutzer beispielsweise ein mechanisches Simulationsmodell, 3D-Geometriedaten oder auch einen elektrischen oder hydraulischen Schaltplan des Produkts (z.B. REINHART et al. 1999, SCHÖTTNER 2000). Damit können die beteiligten Partner auf stets aktuelle und konsistente Daten zurückgreifen. BRANDNER (1999) stellt ein Konzept vor, bei dem sowohl die Produkt- als auch die Prozessdaten eines kooperativ durchgeführten Projekts in einem zentralen System verwaltet werden. Die Daten werden dabei in einem standardisierten Format (z.B. STEP) gespeichert, somit können die einzelnen Partner weiterhin mit ihren üblichen Entwicklungswerkzeugen arbeiten.

Der Datenaustausch zwischen verschiedenen CAD- und PDM-Systemen steht im Zentrum der Bemühungen des *ProSTEP e.V.* (ProSTEP 2000). STARK et al. (1999) sehen das Produktdatenmanagement als Grundlage der verteilten Entwicklung an. Demnach werden beim Automobilhersteller *Ford* alle Daten im PDM-System *Metaphase* hinterlegt. Außerdem werden alle Daten nur im Format des CAD-Systems *I-DEAS* gespeichert, um Inkompatibilitäten zwischen verschiedenen CAD-Systemen zu vermeiden.

RÜCHARDT (2000) beschreibt das System *XBrioso*, das die Produktdaten in einem neutralen Datenformat über das Internet zugänglich macht. Dadurch wird die Integration von Daten aus unterschiedlichen CAD-Systemen ermöglicht. Allerdings werden mit dem System keine exakten Geometriedaten und Produktstrukturen übertragen. Vielmehr stehen den Anwendern nur tesselierte, d.h. durch Dreiecke angenäherte, Geometrien zur Verfügung.

ZWICKER (1999) stellt ein Produktinformationssystem vor, das die unternehmensübergreifende Produktentwicklung zwischen Hersteller und Zulieferer unterstützen soll. Ziel ist die Bereitstellung benötigter Informationen, wie z.B. von Teilekatalogen, für alle Beteiligten. Im Gegensatz zu den meisten anderen Konzepten für ein solches System werden die Daten jedoch nicht zentral verwaltet. Vielmehr ist jeder Projektpartner dezentral für seinen Teilbereich des gesamten Datenbestandes verantwortlich. Ein Identifikationssystem ermöglicht, basierend auf den Anforderungen der Entwickler, eine lösungsneutrale Beschreibung einer Problemstellung und hilft so geeignete Partner zu finden. Der zweite Bestandteil des Konzepts von ZWICKER (1999) beinhaltet synchrone Kommunikationsinstrumente, mit denen die zuvor ausgewählten Partner in Kontakt treten können. Schließlich werden die Daten des Anbieters unter Nutzung von Standardaustauschformaten (z.B. STEP) in das System des Kunden übernommen. Die GEN-Initiative versucht einen globalen Marktplatz für Engineering-Dienstleistungen zu etablieren. Dazu werden internetfähige

Produktkataloge entwickelt, die sich in PDM-Systeme integrieren lassen (GAUSEMEIER et al. 1999).

Eine Verkürzung der Produktentwicklungszeit erwarten MEERKAMM & WARTZACK (1998) durch die Integration von Wissen in den Konstruktionsprozess. Dafür stellen sie ein Konstruktions-Assistenzsystem vor, das den Konstrukteur bei der Berücksichtigung von Anforderungen aus allen Phasen des Produktentstehungs- (z.B. Fertigungsgerechtigkeit) bzw. Produktlebenszyklus (z.B. Beanspruchungsgerechtigkeit) unterstützt. Indirekt unterstützt dieses System somit die abteilungsübergreifende Kooperation der Konstruktion mit anderen Bereichen des Unternehmens. IRLINGER (1999) versucht das Erfahrungswissen der Konstrukteure entwicklungsbegleitend zu dokumentieren. Damit stehen in einer verteilten Umgebung den Partnern Informationen über z.B. die Gründe für bestimmte Designentscheidungen zur Verfügung.

Andere Autoren nutzen sogenannte *semantische Netze* zur Abbildung von Wechselwirkungen und logischen Abhängigkeiten (z.B. MARX & KOPSCH 1998; ABMANN 2000). Die Bestrebung gehen hin zu einem Arbeitsplatz für den Konstrukteur, der alle benötigten Anwendungen und Funktionen integriert (z.B. AMBROSY 1997, ABMANN 2000). Durch die Verbindung dieses Ansatzes mit Webtechnologien wie z.B. *VRML*⁶ wird dieser Arbeitsplatz standortunabhängig nutzbar (ALLEN et al. 1999).

HEYNEN et al. (2000) betonen die Notwendigkeit des Austauschs von Konstruktionswissen in globalen Entwicklungsprojekten. Da die zu vermittelnde Menge an Wissen stetig zunimmt, muss das Wissen formalisiert und in rechnerinterpretierbare Form gebracht werden. Besonderen Wert legen die Autoren auf die Dokumentation aller Varianten und Versionen eines Produktmodells, um die Nachvollziehbarkeit der Entwicklungsschritte zu gewährleisten.

4.1.2 Kommunikationssysteme und CSCW

Aufgrund unterschiedlicher Aufbau- und Ablauforganisationen bei Herstellern und Zulieferern kommt es nach EVERSHEIM et al. (1995) zu einem „Pyramideneffekt“ beim Informationsaustausch zwischen den Partnern. Die Informationen werden nicht auf Bearbeiterebene direkt ausgetauscht, sondern über die jeweiligen Vorgesetzten weitergegeben. Dadurch treten Informationsverluste sowie Missverständnisse auf. Gleichzeitig steigt der Kommunikationsaufwand für die Mitarbeiter.

Die neuen Kommunikationsmedien tragen nach WILDEMANN (2000b) wesentlich zu einer Verminderung der Transaktionskosten bei. Informationen können, ohne nennenswerte Kosten zu erzeugen, an jedem Ort verfügbar gemacht werden. Allerdings ist der Nachweis der

⁶ *Virtual Reality Modeling Language*, ein Datenformat zum Transport und zur Visualisierung von 3D-Elementen

Wirtschaftlichkeit der neuen Kommunikationsformen nach wie vor schwierig, da zahlreiche Effekte berücksichtigt werden müssen, die nicht direkt messbar sind. Verschiedene Autoren stellen Ansätze vor um die Wirtschaftlichkeit der Telekommunikation dennoch nachzuweisen (z.B. NÖLLER 1998, DEPOLT & UEHLENBROCK 1998). Allen Arbeiten gemeinsam ist die Erweiterung der Bewertung auf nicht monetäre Auswirkungen des Einsatzes von Telekooperationswerkzeugen. Die Autoren kommen übereinstimmend zu dem Schluss, dass der Einsatz von Telekooperation in den meisten Fällen sowohl positive Auswirkungen auf die Kosten der Produktentwicklung als auch auf die Faktoren Zeit und Qualität haben.

Eine Möglichkeit zur Auswahl des richtigen Kommunikationsmediums schlagen REICHWALD et al. (1997) vor. Hierbei wurde das Rechnerwerkzeug TOpAS (**T**ool zur **O**ptimierung von **A**bstimmungsprozessen im **S**chnittstellenmanagement) entwickelt, das den Anwender bei der Auswahl eines Abstimmungsverfahrens für eine konkrete Abstimmungssituation unterstützen soll. Unter Abstimmungsverfahren verstehen die Autoren dabei sowohl einzelne Kommunikationsmedien (z.B. Telefon oder Fax), als auch die Anwendung von Methoden (z.B. Meilenstein-Trendanalyse). Dieses System führt den Anwender durch mehrere Abfragedialoge zu einer Liste von für die spezielle Situation geeigneten Abstimmungsverfahren. Die auf diese Weise vorausgewählten Verfahren können dann durch eine Nutzwertanalyse ausführlich bewertet werden um das am Besten geeignete Verfahren zu identifizieren. Durch das Werkzeug TOpAS wird eine sehr spezifische Auswahl eines Abstimmungsverfahrens ermöglicht. Darin liegt aber zugleich auch der Nachteil des Systems, da der Anwender zunächst seine Situation in einem mehrstufigen Prozess dem System erläutern muss. In vielen Fällen ist der Aufwand für diese genaue Problemspezifikation zu groß, da das Abstimmungsproblem mit einem spontan gewählten Verfahren evtl. in der selben Zeit schon gelöst sein kann.

Einen Überblick über die verfügbaren kommerziellen Lösungen für das Dokumenten-, und Produktdatenmanagement sowie Workflow- und Groupware-Systeme liefert DOBLIES (1998). Diese Systeme weisen jedoch zahlreiche Defizite auf, insbesondere im Bereich der unternehmensübergreifenden Integration. Daher stellt DOBLIES (1998) ein Konzept für ein globales Produktdatenmanagement auf Basis des WWW⁷ vor. Kernelemente des Systems sind eine Kommunikationsplattform, die Verwaltung der Daten sowie eine sichere Anbindung externer Partner durch verschlüsselte Übertragung über das öffentliche Internet. Andere Autoren beschäftigen sich mit der verteilten Modellierung des Produkts in CAD-Systemen (z.B. LEE et al. 1999) sowie dem Einsatz von Kommunikations- und Kooperationssystemen in verteilten Prozessen (z.B. REICHWALD et al. 1998, STORATH et al. 1997, HOFFMANN & BEITZ 1998).

⁷ World Wide Web

DANGELMEIER & SCHÄFERMEIER (2000) haben ein System entwickelt, das kooperative Entwicklungsprozesse unterstützen soll. Kern des Systems ist ein Workflow-System, das die unternehmensübergreifenden Abläufe unterstützt und für die Bereitstellung der benötigten Daten sorgt.

Zur Unterstützung der Abläufe in verteilten Teams stellen NATANSKY & HUTH (2000) das System *Enterprise Office Suite* vor. Dieses System besteht aus den Komponenten Organisationsmodellierung, Prozessmodellierung und Anwendungsumgebung und „(...) unterstützt die aus einem papierbasierten Büro-Umfeld gewohnten Tätigkeiten, optimiert für eine Arbeitsumgebung, die weitgehend auf papierbasiertes Informationsmanagement verzichtet und teambasiert ausgerichtet ist“ (NATANSKY & HUTH 2000).

Das System *PEDWorks*⁸ (KIM et al. 1999) unterstützt die verteilte Spezifikation und Kontrolle der zur Erstellung des Produkts nötigen Entwicklungsprozesse. Der aktuelle Status aller Teilprozesse ist für alle Projektpartner abrufbar. Eine zentrale Datenbank stellt dabei allen Beteiligten die notwendigen Daten zur Verfügung. Ergänzt wird das System durch die Möglichkeit CAD-Konferenzen durchzuführen. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen JIN et al. (1999) mit dem System *ActivePROCESS*. Im Gegensatz zum System *PEDWorks* kommen hier Agenten zum Einsatz, die die Entwicklungstätigkeiten koordinieren sollen. Agenten können nach TÖNSHOFF et al. (2000) „als Software-Artefakte verstanden werden, die die Fähigkeit besitzen, ihr Umfeld wahrzunehmen, es zu verändern und mit anderen Agenten Informationen auszutauschen“. Weitergehend werden intelligente Agenten dadurch gekennzeichnet, dass sie zielgerichtet aus eigenem Antrieb handeln, auf Ereignisse reagieren sowie mit anderen Agenten kooperieren (TÖNSHOFF et al. 2000). Weitere agentenbasierte Systeme finden sich z.B. bei WECK & KURTH (2000), BIRMINGHAM & D'AMBROSIO (1999) und DANESH & JIM (1999).

Um die Auftragsplanung, -steuerung und -überwachung zwischen verteilten Produktionsstandorten zu ermöglichen, schlagen TÖNSHOFF & TEUNIS (2000) die Einführung eines *Mediators* vor. Darunter verstehen die Autoren ein Rechnersystem, das keine Entscheidungskompetenz besitzt sondern lediglich zwischen den Standorten vermittelt und die jeweils benötigten Informationen an die richtigen Stellen weiterleitet. Dabei greift das System auf Daten aus den *PPS-Systemen*⁹ der einzelnen Standorte sowie auf Daten des Vertriebs zurück.

⁸ **Process-centric Engineering Design Workspace**

⁹ **Produktionsplanungs- und Steuerungssystem**

4.1.3 Unterstützung der Organisation

In dezentralen Strukturen sind die Wirkungen von Optimierungsmaßnahmen meist nicht direkt zu erkennen. Daher haben REINHART & LULAY (1998) ein Simulationssystem entwickelt, mit dem die Auswirkungen von Entscheidungen an lokalen Produktionsstandorten auf das gesamte Unternehmen untersucht werden können.

Zur Auswahl von Kooperationspartnern für ein vorgegebenes Projekt wurden ebenfalls verschiedene Werkzeuge entwickelt. WIRTH (2000) stellt den Ansatz des SFB 457¹⁰ dar. Demnach werden die Kompetenzen der möglichen Partner in einer zentralen Wissensbasis gespeichert. Aus dieser Wissensbasis werden dann softwaregestützt mögliche Netzwerke vorgeschlagen. Darüber hinaus werden die in Kooperationen gesammelten Erfahrungen auch in die Wissensbasis zurückgeführt, um weitere Auswahlprozesse in der Zukunft zu optimieren.

PETERMANN et al. (1998) schlagen die Anwendung genetischer Algorithmen vor, um aus einem Pool von potenziellen Kooperationspartnern die für ein bestimmtes Projekt optimale Kombination auszuwählen. Anhand einer vorgegebenen Kompetenzliste werden sowohl die Unternehmen des Netzwerks als auch das durchzuführende Projekt bewertet. Mittels einer vorgegebenen Zielfunktion wird daran anschließend durch einen genetischen Algorithmus die optimale Kombination von Partnern für dieses Projekt ermittelt.

4.1.4 Fazit

Die überwiegende Anzahl der vorgestellten Methoden und Werkzeuge befindet sich noch in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung bzw. Forschung. Daher wird der produktive Einsatz im industriellen Umfeld noch längere Zeit auf sich warten lassen. Nichts desto trotz sind einige vielversprechende Ansätze erkennbar, die die verteilte Produktentwicklung in der Zukunft stark verbessern können.

4.2 Methodische Unterstützung

Im Bereich der Produktentwicklung lassen sich bisher nur wenige Ansätze zur Unterstützung verteilt durchgeführter Projekte erkennen. Auf dem Gebiet der Produktion werden hingegen schon länger Kooperationen näher untersucht und generelle Empfehlungen zur Gestaltung der

¹⁰ Sonderforschungsbereich 457 „Hierarchielose regionale Produktionsnetze. Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien“

Organisation erarbeitet. Bekannte Beispiele hierfür sind *Virtuelle Unternehmen* oder sogenannte *Kompetenznetzwerke*. Daher sollen in diesem Kapitel sowohl die für den Bereich der Produktentwicklung vorgeschlagenen Methoden dargestellt werden, als auch Methoden, die aus der Gestaltung von Produktionssystemen stammen und deren Erkenntnisse auf die Produktentwicklung übertragbar sind. Die Forschungsansätze konzentrieren sich dabei zum einen allgemein auf die Verbesserung der Kooperation zwischen verschiedenen Partnern, andere Ansätze zielen konkret auf die Schaffung virtueller Unternehmen ab, die aus kleinen, unabhängigen Einheiten bestehen und damit per se auf Zusammenarbeit angewiesen sind.

4.2.1 Verbesserung der Kooperation

Die Gestaltung von Schnittstellen zwischen verschiedenen Produktionsstandorten untersucht BAUMGARTNER (1999). Dabei schlägt er ein Vorgehen in fünf Schritten vor. Nach der Generierung von Schnittstellen durch das Festlegen von Aufgaben werden die Schnittstellen definiert, d.h. die Verantwortlichkeiten festgelegt. Im dritten Schritt werden die Mittel ausgewählt, mit denen die Schnittstellen überwunden werden sollen. Dazu gehören insbesondere die einzusetzenden Medien sowie die Festlegung der Häufigkeit und des Teilnehmerkreises von Abstimmungsgesprächen. Die letzten beiden Schritte beinhalten eine mittel- und langfristige Optimierung der Schnittstellen. Neben der ständigen Suche nach kurzfristig umsetzbaren Verbesserungsmöglichkeiten wird die Schnittstellengestaltung ständig hinterfragt und damit auch ein langfristiges Optimierungspotential erschlossen.

Zur Optimierung der Schnittstellen zwischen Hersteller und Zulieferern schlägt KRÜGER (2000) die Durchführung von Lieferantenworkshops vor. Bei diesen Workshops stehen nicht inhaltliche Fragen im Vordergrund, vielmehr sollen die Teilnehmer Verbesserungsvorschläge für die unternehmensübergreifenden Prozessabläufe erarbeiten.

Andere Autoren versuchen die Abstimmung der Zusammenarbeit zwischen den Partnern durch generelle Vorgehensmodelle methodisch zu unterstützen (EVERSHEIM et al. 1995, LINDEMANN et al. 1997b). In neueren Arbeiten wird der Fokus zunehmend mehr auf flexible Ansätze zur Prozessgestaltung gelegt (LINDEMANN 2000, REINHART & GRUNWALD 2000).

PUHL et al. (1998) betonen die Notwendigkeit eines systematischen Komplexitätsmanagements zur optimierten Gestaltung von Geschäftsprozessen. Dabei wird die Komplexität durch die Faktoren Vernetzung, Toleranz, Dynamik und Mehrdimensionalität beschrieben. TELLKAMP et al. (1998) schlagen die Verlagerung kompletter Baugruppen, eindeutige Dokumentation, verstärkten Einsatz von IT-Werkzeugen sowie prozessorientierte Organisation des Unternehmens zur Verringerung der Komplexität verteilter Arbeit vor.

Nach REDEKER & SAUER (2000) kann durch Schichtarbeit in der Entwicklung die Entwicklungszeit drastisch reduziert werden. Durch dieses Vorgehen kann der Ablauf des

Entwicklungsprozesses beschleunigt werden, da Arbeitsschritte, die nicht mehr sinnvoll parallelisiert werden können, im Schichtbetrieb rund um die Uhr sequentiell bearbeitet werden. Besondere Bedeutung kommt in einem solchen Entwicklungsablauf der nachvollziehbaren Dokumentation aller Entwicklungsschritte sowie der methodischen Unterstützung der Übergabephasen zu. REDEKER & SAUER (2000) schlagen dazu ein Vorgehen vor, bei dem die Partner einer Übergabe gemeinsam das weitere Vorgehen bis zum Beginn der übernächsten Schicht (also der Anfangsschicht des ersten Partners der Übergabe) planen. Gleichzeitig werden die Arbeitsergebnisse der vorangegangenen Schichten geprüft. Ein Entwicklungsergebnis wird erst endgültig, wenn es von allen Beteiligten des Projekts überprüft und akzeptiert wurde. Durch dieses Verfahren soll ein einvernehmliches Vorgehen im Projekt sichergestellt und somit Konflikte vermieden werden.

Abgeleitet aus der mathematischen Spieltheorie und ihrer Anwendung in den Wirtschafts-Politik- und Sozialwissenschaften stellt LORSCHIEDER (1997) fünf Prinzipien zur Gestaltung kooperativer Prozesse vor:

- ♦ *Verstärkung der Interaktion*
Je häufiger und länger die Kooperationspartner miteinander interagieren, desto mehr Vertrauen setzen die Partner in künftige Kooperationen. Beispiele für die Umsetzung dieses Prinzips sind regelmäßig durchgeführte Besprechungen oder der Aufbau stark vernetzter Projektteams.
- ♦ *Einführung eines kooperationsförderlichen Belohnungs- und Kontrollsystems*
Um langfristig stabile Kooperationen zu erreichen, muss Kooperation belohnt werden, während die Verweigerung der Kooperation (*Defektion*) dem verweigernden Partner Nachteile einbringen muss. Diese Empfehlung zielt auf die Gestaltung von Anreiz- und Sanktionsmechanismen ab, wie z.B. Gehaltsfindung, Beförderung oder gegenseitige Anerkennung.
- ♦ *Vermittlung von Kooperationskompetenzen*
Ebenso müssen die Mitarbeiter geschult werden, um Kompetenzen zur Durchführung kooperativer Projekte zu vermitteln. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die kommunikativen, sozialen und emotionalen Kompetenzen.
- ♦ *Verbesserung der Erinnerungsfähigkeit*
Wesentliche Grundlage für eine Kooperation ist die Vertrauensbasis. Diese kann nur durch positive Erfahrungen aus vorangegangenen Kooperationen gestärkt werden.
- ♦ *Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeit*
Schließlich müssen Unternehmen in der Lage sein, die Kooperationsbereitschaft möglicher Partner abzuschätzen. Dazu sind Rückmelde- und Feedbackmechanismen erforderlich, mit denen Abweichungen vom geplanten Kooperationsverlauf erkannt werden können.

RIEDEL (2000) konzentriert sich in seiner Arbeit auf das Management technischer Änderungen in standortverteilten Entwicklungsprozessen. Er sieht die Ansatzpunkte dabei in den Bereichen Organisation, Mensch, neue Technologien sowie Methoden zur Prävention, Planung, Kontrolle und Steuerung von Produktänderungen.

WELP (1996) erweitert die traditionellen Zielgrößen der Produktentwicklung *Zeit*, *Kosten* und *Qualität* um die Dimensionen *Flexibilität*, *Ökologie* und *human factors*. Um verteilte Entwicklungsprozesse hinsichtlich dieser Zielgrößen optimiert durchführen zu können, fordert er eine integrierte Betrachtung der Bereiche Produkt- und Prozessstrukturierung, Mitarbeiterqualifikation, Simultaneous Engineering, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Projektmanagement. Ein *Masterpflichtenheft*, das alle produktrelevanten Informationen enthält, soll nach WELP (1996) die inhaltliche Integration der Partner ermöglichen. Die informationstechnische Integration erfolgt durch ein Engineeringnetz, über das alle Produkt- und Prozessdaten abrufbar sind. Die Wettbewerbsrisiken, die durch diese Verfügbarkeit aller Daten für alle Beteiligten hervorgerufen werden, sollen durch das Eingehen von Partnerschaften oder Allianzen gemindert werden.

TÖNSHOFF & RIETZ (2000) versuchen die Bestimmung eines idealen Dezentalisierungsgrades der Produktion eines Unternehmens. Dazu charakterisieren sie in einem ersten Schritt die aktuelle Situation der Produktion anhand verschiedener Merkmale wie z.B. Losgröße, Automatisierungs- oder Ausbildungsgrad. Die resultierenden Werte werden aufgrund von Expertenwissen im Hinblick auf ihr Dezentalisierungspotential bewertet. Schließlich werden die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Bewertungen berücksichtigt und ein Konzept für die Dezentalisierung der Produktion erarbeitet.

4.2.2 Netzwerkartige Unternehmensorganisation

EVERSHEIM et al. (1998 und 1999) beschreiben globale virtuelle Unternehmen, deren Kern ein *Virtual Enterprise Broker* bildet. Dieser wählt aus einem Pool von Unternehmen die für ein bestimmtes Projekt benötigten Partner anhand ihrer Kompetenzen aus und stellt die Infrastruktur für die Kooperation während der Laufzeit des Projekts zur Verfügung. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den eingesetzten Informations- und Kommunikationssystemen.

SCHUH et al. (1998) betonen die erhöhte Flexibilität, die das Agieren in Netzwerken ermöglicht. Dabei sind für das Funktionieren des Netzes verschiedene Rollen zu erfüllen. Insbesondere sehen die Autoren einen *Netzwerk-Coach* vor, der das Beziehungsnetzwerk zwischen den Partnern aufbaut und pflegt.

Zur Auswahl von Unternehmen, die in ein bestehendes Unternehmensnetzwerk aufgenommen werden sollen, schlägt ENGELBRECHT (2000) eine Klassifizierung der Kernkompetenzen nach

den Kriterien Einzigartigkeit, Wiederverwendbarkeit und Nutzwert vor. Je höher diese Faktoren bewertet werden, desto eher soll das Unternehmen ins Netzwerk integriert werden. Unternehmen, die hier Defizite aufweisen sollen eher als Zulieferer für das Netzwerk genutzt werden. Auch HÖBIG & KLEIN (2000) haben ein Bewertungsverfahren entwickelt, mit dem die Eignung eines Unternehmens zur Kooperation in einem Netzwerk ermittelt wird. Die Hauptkriterien sind dabei Kundennutzenorientierung, Kommunikationsfähigkeit, Zukunftsfähigkeit, Adaptionfähigkeit, Stabilität und Zuverlässigkeit.

Eine weitgehende Autonomie der Partner ist nach WESTKÄMPER et al. (1998) für eine erfolgreiche Kooperation in netzwerkartigen Strukturen notwendig. Dadurch haben die einzelnen Akteure einen gewissen Handlungsspielraum innerhalb des Rahmens des Gesamtprojekts, mit dem sie auf Störungen reagieren können. Wesentliche Kriterien zur Beschreibung der Autonomie sind dabei die *Aufgabenintegration*, eine *eindeutige Zielvorgabe* sowie die Definition der Schnittstellen als *Kunden-Lieferanten-Beziehung*.

4.2.3 Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die Mehrzahl der vorgestellten Methoden auf die Auswahl von Kooperationspartnern sowie die Organisation der Zusammenarbeit zwischen den Partnern bezieht. Die meisten Ansätze wurden für die Gestaltung von Kooperationen im Bereich der Produktion entwickelt, nur wenige Ansätze gehen direkt auf die Erfordernisse der Produktentwicklung ein. In diesem Bereich ist noch ein großes Defizit zu erkennen.

5 Perspektiven für die Zukunft

Bei der Betrachtung der Evolution der Organisation von den Ursprüngen der Arbeitsteilung bis hin zu neuen Konzepten, wie z.B. der *fraktalen Fabrik* oder der Bildung von *Kompetenznetzwerken*, stellt sich die Frage nach den weiteren Perspektiven für die Produktentwicklung. Aufbauend auf die aktuellen Unterstützungsansätze verteilter Prozesse sowie die globalen Veränderungen der Randbedingungen von Unternehmen sollen in diesem Kapitel daher mögliche Veränderungen der Produktentwicklung aufgezeigt werden. Bevor jedoch diese potentiellen Veränderungen konkret analysiert werden, werden die Grundlagen der Beschäftigung mit Zukunftsfragen dargestellt.

5.1 Auseinandersetzung mit der Zukunft

Sowohl in der Gesellschaft als auch in den Unternehmen spielt die Beschäftigung mit der Zukunft eine große Rolle. In beiden Fällen müssen häufig Entscheidungen getroffen werden, die langfristige Auswirkungen haben. Aktuelle Beispiele hierfür sind der Ausstieg aus der Kernenergie oder die Entscheidung für den Standort des neuen BMW-Werkes. Bei solchen Entscheidungen müssen mögliche zukünftige Veränderungen in den Randbedingungen, die der Entscheidung zugrunde liegen, berücksichtigt werden.

Da das menschliche Handeln immer zukunftsgerichtet ist (GRAF 1999, S. 25), hat die Menschheit schon immer großes Interesse an der Zukunft gehabt. Frühe Ansätze hierfür waren die antiken Orakel, beispielsweise in Delphi. Wissenschaftlichere Versuche der Vorschau finden sich in der Literatur des ausgehenden 19. Jahrhunderts, z.B. im Werk von H. G. Wells. In den vierziger Jahren prägte der Deutsche O. K. Flechtheim in den USA den Begriff *Futurology*, später verwendete er in deutschen Veröffentlichungen den heute noch gebräuchlichen Begriff *Futurologie* (FLECHTHEIM 1980). Nach dem zweiten Weltkrieg wurde in den USA die RAND Corporation gegründet, die sich hauptsächlich mit verteidigungsstrategischen Studien beschäftigte. Später griffen auch universitäre und andere Forschungsgruppen sowie internationale Institutionen (z.B. OECD) und Unternehmen (z.B. Shell) diese Ansätze auf (GAUSEMEIER et al. 1996, S. 91ff; GRAF 1999, S. 29f).

Heute gibt es zahlreiche Forschungsinstitutionen, die sich mit der *Futurologie* oder auch *Zukunftsforschung* befassen. Dieses Gebiet kann in die drei Bereiche Prognostik, Futuristik und Planung unterteilt werden (Bild 5-1), die in den Kapiteln 5.1.1 bis 5.1.3 erläutert werden.



Bild 5-1: Teilgebiete der Futurologie (GAUSEMEIER et al. 1996, S.30)

5.1.1 Prognostik

Die Prognostik beschäftigt sich mit der Frage, wie die Zukunft aussehen wird. Nach GAUSEMEIER et al. (1996, S. 30ff) steht somit die Erarbeitung von *Zukunftsbildern* im Vordergrund. Dabei werden unter Zukunftsbildern mögliche Situationen in der Zukunft verstanden. In Abhängigkeit von der Sicherheit des Eintretens einer solchen Situation lassen sich die Zukunftsbilder in *Prognosen*, *Vorhersagen* und *Projektionen* unterteilen:

- „Eine **Prognose** ist ein Zukunftsbild, dessen Eintreten aufgrund wissenschaftlicher Erfahrungen mit einer so hohen Wahrscheinlichkeit vorausgesagt (oder verworfen) werden kann, daß mögliche alternative Zukunftsbilder vernachlässigbar sind.
- Bei einer **Vorhersage** ist eine solche Festlegung nicht möglich. Daher werden hier mehrere Möglichkeiten in Betracht gezogen. Diesen alternativen Zukunftsbildern werden zumindest subjektive Wahrscheinlichkeiten zugeordnet.

- Eine **Projektion** ist die *allgemeinste Form von Zukunftsbildern*. Ihnen brauchen auch keine Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden (...). Werden lediglich Daten aus der Vergangenheit extrapoliert, so spricht man von einer *geradlinigen Projektion*. In vielen Fällen werden aber auch *Intuition, Scharfsinn und Spekulation angewandt, um eine Projektion zu beschreiben*. In diesem Fall können wir von einer *gewichteten Projektion* sprechen. Dabei ist aber *keinesfalls eine Aussage über die Gültigkeit der Projektion notwendig!*“

(GAUSEMEIER et al. 1996, S. 34)

Entsprechend dieser Definition schließt der Begriff der „Projektion“ die Untergruppen „Vorhersagen“ und „Prognosen“ mit ein.

Da die Erstellung von Zukunftsbildern stets ausgehend von der gegenwärtigen Situation vorgenommen wird, ist die Sicherheit des Eintretens eines Zukunftsbildes eng mit dem zeitlichen Horizont, der der Erstellung dieser Zukunftsbilder zugrunde gelegt wird, verknüpft. Während für kurze Zeiträume noch relativ genaue Aussagen gemacht werden können, wächst die Unsicherheit der Aussagen mit zunehmendem Abstand zur Gegenwart. Für die nähere Zukunft können noch relativ sichere Prognosen abgegeben werden (z.B. Konjunkturprognosen), für längerfristige Betrachtungen können nur noch Vorhersagen, meistens sogar nur Projektionen zugrunde gelegt werden.

5.1.2 Futuristik

Im Gegensatz zur Prognostik beschäftigt sich die Futuristik nicht mit der *möglichen* Zukunft sondern vielmehr mit der *wünschenswerten* Zukunft. Die Aufgabe der Futuristik ist also die Definition von Zielbildern, die erreicht werden sollen. KIRSCH (1990) unterscheidet vier Formen wünschenswerter Zukunftsbilder (Bild 5-2).

Technologisch erreichbare Zukünfte stellen solche dar, die nach momentanem Wissensstand auch in der Praxis realisierbar sind. Es sind sowohl die nötigen Ressourcen zu ihrer Realisierung vorhanden, als auch ein konkretes Vorgehen, mit dem sie erreicht werden können. Ähnlich konkret sind die *argumentativ erreichbaren Zukünfte*, die zwar theoretisch erreichbar, allerdings (aus momentaner Sicht) praktisch nicht realisierbar sind. Der Weg, auf dem diese Zukünfte erreicht werden können, kann über Wenn-dann-Beziehungen beschrieben werden.

Im Zusammenhang mit Führungsaufgaben wird häufig von *Visionen* gesprochen. Darunter versteht man Zukunftsbilder, deren Verwirklichung vorstellbar ist, auch wenn der Weg zu ihrer Realisierung (noch) nicht bekannt ist. Der Lübecker Unternehmer Christian Dräger definiert Visionen wie folgt:

„Visionen zu haben heißt, sich etwas vorzustellen, was im Moment der Vorstellung weit außerhalb der Möglichkeiten zu sein scheint. Aus diesem Grund wird es auch von anderen nicht verfolgt. Aber man muß so fest daran glauben, daß man zielstrebig dafür zu arbeiten für sinnvoll hält.“

(DRÄGER, zitiert nach GAUSEMEIER et al. 1996, S. 36)

Im Gegensatz dazu sind *Utopien* zwar wünschenswerte Zukunftsbilder, sie sind aber (aus heutiger Sicht) niemals vollständig erreichbar.

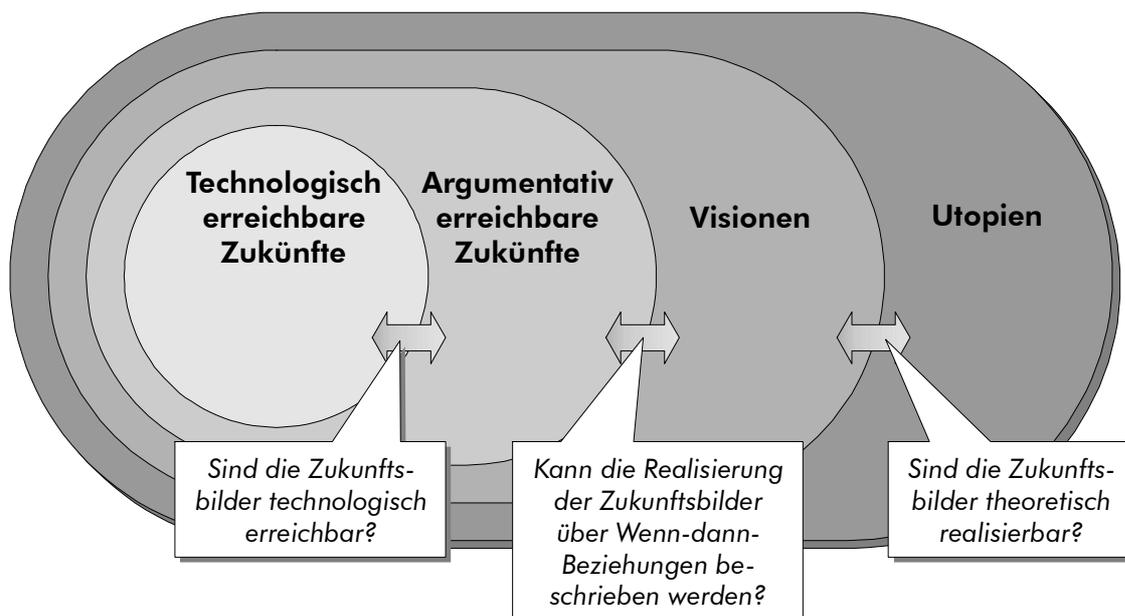


Bild 5-2: Formen wünschenswerter Zukünfte (GAUSEMEIER et al. 1996, S. 36)

Die Bewertung, zu welcher Kategorie ein Zukunftsbild gehört, kann sich auf Grund der vorhandenen Erfahrungen sowie der persönlichen Einstellung unterscheiden. Beispielsweise kann das Fliegen aus Sicht der Menschen der Antike höchstens als Utopie bezeichnet werden. Leonardo da Vinci hatte schon Visionen vom Luftverkehr. Für die Zeitgenossen Otto Lilienthals war es höchstens argumentativ erreichbar, dass das Flugzeug einmal ein alltägliches Beförderungsinstrument sein würde. Mit dem Beginn des Motorflugs hat sich diese Einschätzung geändert, es wurde zu einer technologisch erreichbaren Zukunft.

5.1.3 Planung

Die Brockhaus-Enzyklopädie definiert *Planung* als „die gedankliche Vorwegnahme der Mittel und Schritte sowie deren Abfolge, die zur Erreichung eines Zieles notwendig erscheinen“

(BROCKHAUS 1992). Konkreter auf den Bereich der Unternehmen bezogen ist die Definition von ULRICH & FLURI (1992, S. 108):

„Aufgabe der Planung ist es (...), die generellen unternehmenspolitischen Zielsetzungen unter Berücksichtigung interner und externer Gegebenheiten und Entwicklungstrends zu konkretisieren, Teilziele für die Subsysteme festzulegen sowie die zur Zielerreichung notwendigen und geeigneten Maßnahmen und Mittel zu bestimmen.“

Dabei erfüllt die Planung nach MAG (1999) mehrere Funktionen, die in Bild 5-3 zusammengefasst sind.

Strukturierungsfunktion	Aufgabenanalyse und -ordnung sowie Abstimmung von Zielen, Mitteln und Maßnahmen
Optimierungsfunktion	Bestrebung, mit Planung nicht irgendeine Verhaltensweise zu finden, sondern nach Möglichkeit die beste (=optimale) Alternative
Kreativitätsfunktion	Planung soll nicht nur gegebene Ziele mit gegebenen Mitteln anstreben, sondern auch nach neuen Zielen, Mitteln, Maßnahmen und Wegen suchen
Sicherungsfunktion	Chancen und Risiken sollen rechtzeitig erkannt werden (=Schärfung des Risikobewußtseins), um sie dann leichter ausschalten, abdecken oder ausgleichen zu können
Flexibilitätsfunktion	Schaffung eines Anpassungsvorrates (an Zeit, Kapital, Sachgütern), um sich an Änderungen der Umwelt (Märkte, Technik) besser anpassen zu können

Bild 5-3: Funktionen der Planung (nach MAG 1999)

Entsprechend dem Planungshorizont, also dem Zeitraum, auf den sich die Planung bezieht, wird in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Planung unterschieden. Diese Gliederung ist allerdings meist nicht nur zeitlich zu sehen, da sich mit dem betrachteten Zeitraum auch die Inhalte der Planung verändern. Deshalb werden für diese drei Planungsarten in den Unternehmen oft auch die Begriffe *operative*, *taktische* und *strategische Planung* benutzt. Die operative Planung bezieht sich dabei auf konkrete Projekte, die taktische Planung beschäftigt sich demgegenüber mit mittelfristigen Aspekten, wie z.B. der Produktprogrammplanung. Auf strategischer Ebene wird schließlich die generellen Unternehmensausrichtung geplant.

Als besondere Merkmale der strategischen Planung nennt MANN (zitiert nach GAUSEMEIER et al. 1996) neben der zeitlichen Fristigkeit noch die Mehrdimensionalität der Planung, die Einbeziehung der Unternehmensumwelt in die Betrachtung, die Unabhängigkeit von den

Zwängen des Tagesgeschäfts sowie die Ausrichtung auf ein komplexes Zielsystem, das nicht auf kurzfristige Gewinnmaximierung ausgelegt ist.

Analog zu diesen unterschiedlichen Aufgabenstellungen werden unterschiedliche Informationen benötigt (Bild 5-4). Das operative Management kann mit Trendmeldungen und Konjunkturprognosen arbeiten, die sich zwar nur auf einen kurzen Zeitraum beziehen, dafür aber relativ zuverlässige, konkrete Aussagen liefern. Demgegenüber benötigt das strategische bzw. normative Management langfristige Informationen. Die Planungsentscheidungen auf diesen Managementebenen fallen somit eher auf Grundlage von Statistiken und Szenarien.

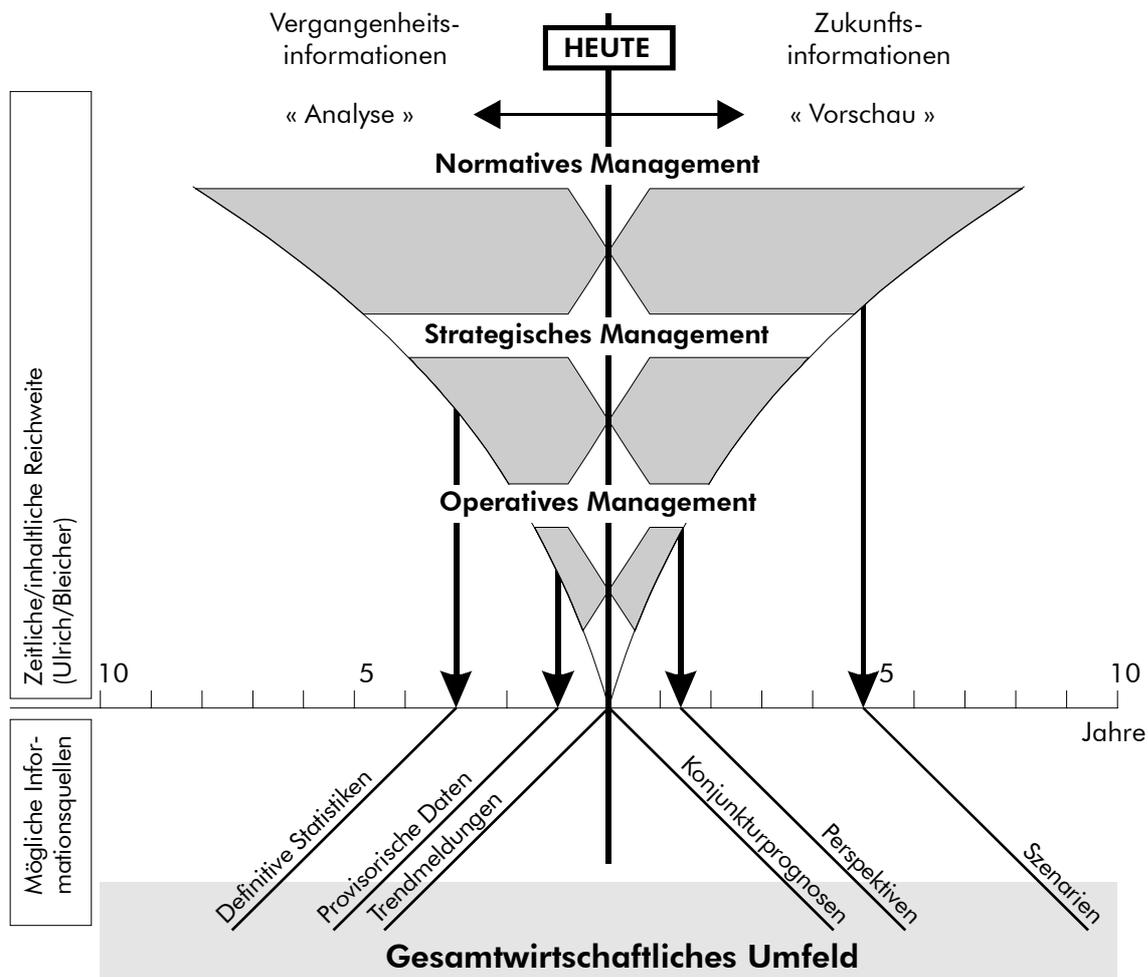


Bild 5-4: Informationssystematik in zeitlicher Perspektive (nach GRAF 1999, S. 35)

5.1.4 Szenario-Technik

Der Begriff *Szenario* wird in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften seit den 50er Jahren benutzt. Er wurde von Herman Kahn bei der RAND Corporation, einem vom amerikanischen

Verteidigungsministerium gegründeten Institut für Zukunftsforschung, geprägt (GAUSEMEIER et al. 1996, S. 91). Gemeinsam mit Anthony J. Wiener entwickelte er diese ersten Ansätze zum „*scenario writing*“ weiter, der ersten Methodik zur Erstellung von Szenarien. Dabei wurden hypothetische Folgen von Ereignissen beschrieben, durch die zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten absehbar wurden. 1967 wurde eine Studie (KAHN & WIENER 1968) veröffentlicht, die als Geburtsstunde der Szenario-Technik gilt.

Die Beschäftigung mit zukünftigen Entwicklungen wurde nicht nur in den USA betrieben. Zeitgleich wurde auch in Frankreich an Ansätzen für die Entwicklung von Szenarien gearbeitet. Die dort entwickelte Methodik wurde überwiegend in der Regionalplanung angewandt. Die Tradition der Szenario-Technik hat sich in Frankreich bis heute gehalten, weshalb dieses Werkzeug dort heute auch häufiger eingesetzt wird als in Deutschland.

In der Industrie wird die Szenario-Technik besonders in Unternehmen angewandt, die einen langfristigen Planungshorizont haben und in einem instabilen Umfeld operieren. Beispiele hierfür sind die Mineralölindustrie, der Fahrzeugbau und die chemische Industrie.

5.1.4.1 Szenarien

Nach GAUSEMEIER et al. (1996) sind Szenarien allgemeinverständliche Beschreibungen möglicher Situationen in der Zukunft, die auf einem komplexen Netz von Einflussfaktoren beruhen. In manchen Szenarien ist auch eine Beschreibung des Wegs vom heutigen Zustand zum beschriebenen Zielzustand enthalten. Bei GRAF (1999, S. 164) werden folgende Vorteile von Szenarien genannt:

- ◆ *„Szenarien strukturieren Ereignisse und Muster im Umfeld der Unternehmung/ Institution;*
- ◆ *unvermeidbare Unsicherheiten werden klar identifiziert;*
- ◆ *Szenarien ermöglichen einen Prozess dialektischer Konversation, in welchem unterschiedliche Sichtweisen einander gegenüber gestellt werden;*
- ◆ *die innerhalb einer Unternehmung verfügbaren Ressourcen und das Wissen werden auf diese Weise einbezogen;*
- ◆ *die erforderlichen Informationen über die Außenbeziehungen und die Umfeldentwicklungen werden sichtbar und*
- ◆ *die notwendigen Informationen werden in eine transparente und umsetzbare Form gebracht.“*

Der Erstellung von Szenarien liegen zwei Prinzipien zu Grunde (Bild 5-5):

1. *Prinzip der multiplen Zukunft*

Da die Zukunft in den seltensten Fällen exakt prognostizierbar ist, müssen bei der Betrachtung der Entwicklung einzelner Einflussfaktoren stets mehrere mögliche Entwicklungsrichtungen berücksichtigt werden. Vor allem durch die immer raschere Änderung der Randbedingungen in unserer Gesellschaft

werden exakte Vorhersagen über zukünftige Entwicklungen immer schwieriger.

2. Prinzip des vernetzten Denkens

Bei der Entwicklung von Zukunftsbildern kann immer seltener davon ausgegangen werden, dass sich die Entwicklung einzelner Faktoren unabhängig von der Entwicklung der anderen Einflussfaktoren vorhersagen lässt. Die Aufgabe besteht somit darin, die Vernetzungen zwischen Unternehmen und Umwelt zu erfassen, die wichtigen Einflussfaktoren zu identifizieren und aus ihnen komplexe Zukunftsbilder abzuleiten. Die Herausforderung bei der Erstellung dieser Zukunftsbilder ist dabei die Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen betrachteten Einflussfaktoren, so dass am Ende konsistente, d.h. widerspruchsfreie Zukunftsbilder gezeichnet werden können.

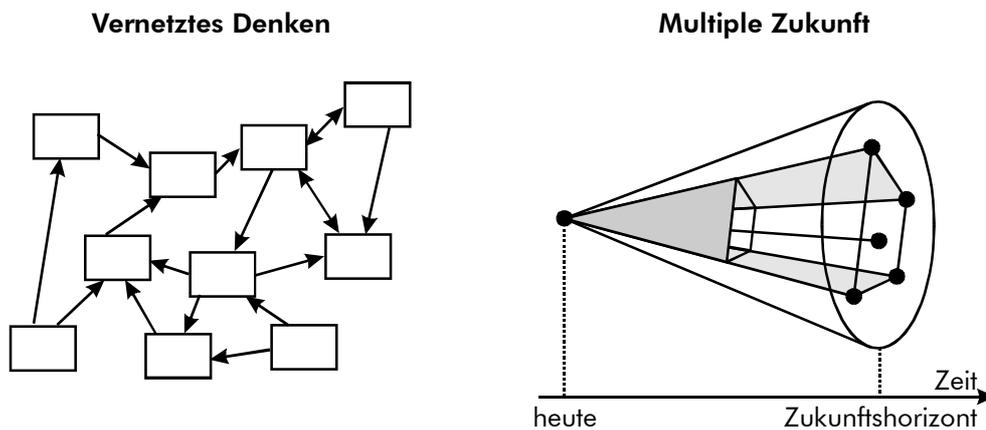


Bild 5-5: Prinzipien der Szenariotechnik (in Anlehnung an GAUSEMEIER et al. 1998)

Szenarien werden eingesetzt um unternehmerische Entscheidungen zu unterstützen. Diese Entscheidungen können sich auf das Unternehmen selbst beziehen, oder auch auf ein einzelnes Produkt bzw. eine Technologie. Dieses Bezugsobjekt wird durch den Begriff *Gestaltungsfeld* beschrieben. Das *Szenariofeld* hingegen umfasst den Bereich, dessen Zukunft durch die Szenarien beschrieben werden soll. Da meistens auch das Umfeld des Gestaltungsfeldes betrachtet werden muss, um Aussagen über die möglichen zukünftigen Entwicklung des Gestaltungsfeldes machen zu können, unterscheidet sich das Szenariofeld normalerweise vom Gestaltungsfeld.

Je nach dem, welche Faktoren in das Szenariofeld einbezogen werden, wird zwischen Umfeld-, Gestaltungsfeld- und Systemszenarien unterschieden. In einem Umfeldszenario wird nur das Umfeld des Gestaltungsfeldes untersucht. Demgegenüber wird bei einem Gestaltungsfeldszenario lediglich das Bezugsobjekt selbst betrachtet. Bei Systemszenarien werden beide

Bereiche, das Gestaltungsfeld selbst sowie das dazugehörige Umfeld in die Untersuchung mit einbezogen.

5.1.4.2 Erstellung von Szenarien

Zur Durchführung eines Szenario-Projekts schlagen GAUSEMEIER et al. (1996) ein Vorgehen in fünf Phasen vor:

1. *Szenario-Vorbereitung*

Bevor mit der Erstellung von Szenarien begonnen werden kann, müssen zunächst die Rahmenbedingungen des Projekts geklärt werden. Wie bei anderen Projekten auch müssen Ziele und Organisation festgelegt und die betrachteten Projektinhalte (Gestaltungs- und Szenariofeld) definiert werden. Ebenso muss die Ausgangssituation beschrieben werden.

2. *Szenariofeld-Analyse*

In diesem Schritt wird das Szenariofeld weiter analysiert, um mögliche Einflussfaktoren zu identifizieren. Aus diesen gesammelten Einflussfaktoren müssen anschließend die wesentlichen Schlüsselfaktoren ausgewählt und zusammengestellt werden.

3. *Szenario-Prognostik*

Ausgehend von einer Beschreibung der gegenwärtigen Situation werden jeweils mehrere Zukunftsprojektionen für die einzelnen Schlüsselfaktoren erarbeitet. Dabei werden die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren nicht explizit berücksichtigt, allerdings sollten die angenommenen Entwicklungen schlüssig begründet werden.

4. *Szenario-Bildung*

Nachdem Projektionen für die Entwicklung der Einflussfaktoren vorliegen, müssen diese unter Berücksichtigung ihrer Wechselwirkungen zu konsistenten Projektionsbündeln zusammengefasst werden. Aus diesen Projektionsbündeln entstehen schließlich die Szenarien, die anschließend „in Prosa“ beschrieben werden.

5. *Szenario-Transfer*

In dieser abschließenden Phase des Szenario-Projekts müssen auf Grundlage der erstellten Szenarien in die Praxis umsetzbare Leitbilder, Ziele und Strategien formuliert werden. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass auch mögliche alternative Entwicklungen berücksichtigt werden, um eine zukunftsrobuste Planung zu ermöglichen.

Das Durchlaufen dieser fünf Phasen führt zu einer gründlichen Analyse der möglichen Entwicklungen des betrachteten Szenariofelds in der Zukunft und zeigt Handlungsalternativen auf. Auf Basis der erarbeiteten Szenarien kann die Unternehmensstrategie überprüft und gegebenenfalls an die erwarteten zukünftigen Entwicklungen angepasst werden.

5.2 Perspektiven der verteilten Produktentwicklung

In Anlehnung an das Vorgehen der Szenariotechnik soll in diesem Kapitel ein mögliches Szenario für die Produktentwicklung der Zukunft erarbeitet werden. Dieses Szenario geht jeweils von einem sogenannten *überraschungsfreien Entwurf* (vgl. KAHN & WIENER 1968) aus, d.h. unvorhersehbare oder sehr unwahrscheinliche Ereignisse werden nicht berücksichtigt. Da der betrachtete Zeitraum relativ kurz ist, können weitgehend gesicherte Projektionen der zukünftigen Entwicklung ermittelt werden. Auf die Beschreibung zahlreicher denkbarer Zukünfte (entsprechend Schritt 3 im Vorgehen zur Erstellung von Szenarien) wird daher im Rahmen dieser Arbeit verzichtet.

Bei der Betrachtung zukünftiger Entwicklungen im Hinblick auf die verteilte Produktentwicklung ist es sinnvoll die Tendenzen auf zwei Ebenen zu untersuchen (Bild 5-6). Zum einen verändern sich die Randbedingungen für die Unternehmen bzw. die Entwicklungsabteilungen. Auf der anderen Seite werden aber auch neue Methoden, Technologien und Werkzeuge zur Verfügung stehen, mit denen die Produktentwicklung auf die veränderten Randbedingungen reagieren kann. Diese Methoden und Werkzeuge stellen die Grundlage für Strategien dar, mit denen die Produktentwicklung der Zukunft gestaltet werden kann. Im Sinne der Szenariotechnik stellt somit die Produktentwicklung an sich das Gestaltungsfeld dar, das Szenariofeld schließt zusätzlich zu diesem Gestaltungsfeld die Randbedingungen für Unternehmen und Entwicklungsabteilungen mit ein.



Bild 5-6: Ebenen der Betrachtung

Eine vollständige Diskussion aller möglichen Veränderungen in den nächsten Jahren würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Deshalb sollen nur die wesentlichsten Aspekte untersucht werden. Daran anschließend werden Strategien vorgestellt, mit denen die Produktentwicklung auf die veränderten Randbedingungen reagieren kann. Zusammenfassend

wird schließlich ein mögliches Szenario für die verteilte Produktentwicklung in der näheren Zukunft abgeleitet.

5.2.1 Projektionen der Schlüsselfaktoren

Die Randbedingungen, unter denen Produkte entwickelt werden, werden sich in den nächsten Jahren stark ändern. Dieses Kapitel versucht die zukünftige Entwicklung der wesentlichen Schlüsselfaktoren darzustellen. Wie bereits oben erläutert wird dabei auf eine Darstellung verschiedener alternativer Entwicklungsmöglichkeiten verzichtet, da sich für den gewählten Zeithorizont relativ zuverlässige Aussagen treffen lassen. Die Projektionen stützen sich auf aktuelle Literaturquellen, aus denen die Trends der zukünftigen Entwicklung abgeleitet werden.

Die Schlüsselfaktoren für das Szenario „Verteilte Produktentwicklung“ lassen sich in vier Bereiche untergliedern. Zunächst werden sich die *gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen* verändern. Diese Faktoren liegen weitgehend außerhalb des Einflussbereichs der Produktentwicklung. Daneben spielen aber auch Veränderungen in den *wirtschaftlichen Rahmenbedingungen* eine große Rolle. Diese Veränderungen werden zumindest teilweise auch von den Unternehmen selbst verursacht. Der dritte Bereich umfasst schließlich die *technologische Entwicklung*, die von den Unternehmen vorangetrieben wird. Hierdurch verändern die Unternehmen selbst die Bedingungen unter denen sie zukünftig agieren werden. Gleichzeitig schaffen sie sich auch die Mittel, mit deren Hilfe sie auf die Veränderungen reagieren können (vgl. Kap. 5.2.1.5). Neben diesen Veränderungen der Unternehmen und ihrer Randbedingungen werden sich zusätzlich die *Produkte* verändern, die die Unternehmen herstellen werden. Diese neuen Produkte erfordern ebenso neue Vorgehensweisen zu ihrer Entwicklung und beeinflussen dadurch die Produktentwicklung der Zukunft. Die vier dargestellten Bereiche sind selbstverständlich nicht völlig unabhängig voneinander, vielmehr stehen sie in engen Wechselbeziehungen zueinander.

5.2.1.1 Gesellschaftliche und politische Veränderungen

Der erste Bereich, der betrachtet werden soll, sind die Veränderungen im politischen und gesellschaftlichen Umfeld der Unternehmen. Hier lassen sich in den letzten Jahren drastische Veränderungen feststellen, die starke Auswirkungen auf die Unternehmen haben.

Viele aktuelle Probleme der Weltbevölkerung lassen sich nur noch durch weltweite Kooperationen lösen. Beispiele hierfür sind der Klimaschutz, die Ressourcenverknappung oder auch politische Konflikte, die weltweite Auswirkungen haben können. Aufgrund des jüngsten Nahost-Konflikts ist beispielsweise der Ölpreis auf den höchsten Stand in den letzten 10 Jahren gestiegen. Auch der Kurs des Euro ist von den Konflikten betroffen (BLÄSKE &

KUHR 2000). Durch die intensiven politischen und wirtschaftlichen Verknüpfungen bleiben also Konflikte und Krisen nicht mehr lokal begrenzt sondern breiten sich schnell auf andere Gebiete aus. Daher ist die Lösung der Probleme ebenso im Interesse der Weltgemeinschaft und muss durch koordiniertes Vorgehen angegangen werden.

Neben den Auswirkungen von Konflikten ist aber auch eine Tendenz zur Annäherung der verschiedenen politischen und wirtschaftlichen Systeme festzustellen (HÖHMANN 1982). Die Wiedervereinigung Deutschlands sowie die Diskussion um die Osterweiterung der Europäischen Union sind aktuelle Ereignisse, die diesen Trend belegen. Zusammen mit der Liberalisierung der Märkte ergibt sich hier ein großes Potenzial für zukünftige Kooperationen.

Ein weiterer Faktor, der die Produktentwicklung in der Zukunft beeinflusst, ist die Situation auf dem Arbeitsmarkt. BUTTLER (1983) beschreibt die demographische Entwicklung in Deutschland. Danach wird die Zahl der Erwerbsfähigen in den nächsten Jahren weiter abnehmen. Das Bevölkerungswachstum in Europa geht ständig zurück (VDI NACHRICHTEN 2001). Im Jahr 2030 wird Deutschland nach Aussage des Sachverständigenrats die älteste Gesellschaft der Welt sein (WIESHEU 2000). Verbunden mit den gesunkenen Studentenzahlen in den Ingenieurwissenschaften in den letzten Jahren (PFEIFFER 2000) ergibt sich mittelfristig ein Mangel an qualifizierten Ingenieuren. So prognostiziert der Präsident des *Bundesverbandes der deutschen Industrie* (BDI), Hans-Olaf Henkel, dass mittelfristig bis zu 300.000 Fachkräfte fehlen könnten (HAGELÜKEN 2000). Eine ähnliche Entwicklung ist in den USA zu beobachten, die bereits heute einen Mangel an qualifizierten Managern erleben (BRÜGGEMANN 2001). Dieser Mangel kann entweder durch eine aktive Einwanderungspolitik (z.B. *Green Card* für Computer-Spezialisten, SÜDDEUTSCHE ZEITUNG ONLINE 2000c) oder durch verstärkte Kooperation mit ausländischen Unternehmen kompensiert werden.

Schließlich wird sich auch das Bildungsprofil der Arbeitnehmer verändern. Mit der Amerikanisierung unserer Gesellschaft geht die wachsende Verbreitung der englischen Sprache einher. Reisen in andere Länder sowie die verstärkt durchgeführten Studienaufenthalte und Praktika von Studenten in fremden Ländern stärken das Verständnis der Studenten für fremde Kulturen und befähigen sie somit zu internationaler Zusammenarbeit. Dieser Trend wird durch neue Ansätze in der Lehre verstärkt, die internationale Zusammenarbeit in die Ausbildung integrieren (z.B. GIERHARDT et al. 2000). Der Umgang mit modernen Informations- und Kommunikationsmedien wird ebenfalls immer selbstverständlicher. Die zukünftigen Ingenieure werden also viele Voraussetzungen mitbringen, die für ein effektives und effizientes Arbeiten in verteilten, insbesondere auch länderübergreifenden, Kooperationen notwendig sind.

5.2.1.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Mit der Veränderung der politischen und gesellschaftlichen Situation geht auch ein Wandel der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einher. Am Beispiel der Asienkrise im Dezember 1997 zeigt FRIEDMAN (1999, S. 9ff) welche Ausmaße die globale Vernetzung der Wirtschaftssysteme bereits angenommen hat:

Der Kurssturz der thailändischen Währung führte damals nicht nur dazu, dass über Nacht fast alle thailändischen Banken zusammenbrachen, sondern auch dass mit etwas Zeitverzögerung sich anschließend eine Welle von Folgeaktionen um die Welt aus breitete: Zunächst fielen aufgrund der weggefallenen Abnehmer in Asien die Rohstoffpreise dramatisch, daraufhin brach auch die russische Wirtschaft zusammen, die maßgeblich von den Einnahmen aus den Rohstofflieferungen aufrecht erhalten wurde. Durch die Rubelabwertung im August 1998 verloren viele Großinvestoren, die in Russland investiert hatten, große Mengen Kapital. Um wieder flüssige Mittel zur Verfügung zu haben verkauften sie Anleihen in anderen Gebieten der Erde, unter anderem in Brasilien. Auf diese Weise kreisen die Folgen lokaler Wirtschaftskrisen um die Welt.

Die Veränderungen des wirtschaftlichen Geschehens sind also gegenüber den abgeschotteten lokalen Märkten der Vergangenheit wesentlich dynamischer geworden. Es reicht nicht mehr aus die lokalen Gegebenheiten zu kennen und für das Unternehmen zu nutzen. Darüber hinaus muss stets die weltweite Entwicklung im Auge behalten werden.

Neben den Absatzmärkten werden auch die Beschaffungs- und Arbeitsmärkte weiter internationalisiert. HORN (1983) betont die Notwendigkeit einer internationalen Arbeitsteilung, ohne die nach seiner Meinung ein weiteres wirtschaftliches Wachstum nicht möglich ist. Die Lohnkostendifferenz zwischen einzelnen Ländern wird auch weiterhin dazu beitragen, dass Unternehmen Teile ihrer Wertschöpfungskette in das Ausland verlagern. Mit der zunehmenden Annäherung der Wirtschaftssysteme werden allerdings langfristig auch die Differenzen in den Kosten zurückgehen. Vereinzelt ist schon heute eine Rückverlagerung von Produktions- und Entwicklungsaktivitäten aus Drittländern zurück nach Deutschland zu beobachten (JASPERT 2000).

Nach FRIEDMAN (1999, S. 129ff) haben die Regierungen den Einfluss auf die Wirtschaft weitgehend verloren: „In den meisten Ländern verlagert sich die Macht vom Staat und seinen Bürokraten zum privaten Sektor und zu den Unternehmen“ (FRIEDMAN 1999, S. 332). Die Wirtschaft wird von den globalen Finanzmärkten und Investoren bestimmt. Die lokalen Regierungen können nur versuchen günstige Rahmenbedingungen zu schaffen, so dass die Investoren Kapital in ihre Region fließen lassen. Allerdings birgt diese Entwicklung die Gefahr, einseitig vom Gewinnstreben abhängig zu werden. Die Sicherung des sozialen Friedens und der Absicherung des Einzelnen im Falle von Arbeitslosigkeit oder Krankheit

oder auch Fragen des Klimaschutzes sind beispielsweise Aufgaben, die die Investoren nicht interessiert. Aus diesem Grund entwickeln sich auch Gegenbewegungen zu diesem Trend (z.B. SPUR 2000b), die bisher allerdings (noch?) nicht in großem Umfang in Erscheinung getreten ist. Mögliche Gegenreaktionen wären beispielsweise eine erneute Abschottung der lokalen Märkte durch die Wiedereinführung von Handelsbeschränkungen bis hin zu Revolutionen, falls die Zahl derjenigen, die von der aktuellen Entwicklung benachteiligt werden, eine kritische Masse erreicht.

Die beschriebene Dynamik wirkt sich nicht nur auf die Wechselbeziehungen zwischen einzelnen Staaten aus, sie führt auch zu einer hohen Dynamik bei der Entwicklung neuer, innovativer Produkte. Viele Autoren betonen den Zwang zur Reduktion der Entwicklungszeiten und die zunehmende Individualisierung der Produkte. Gleichzeitig verkürzen sich auch die Produktlebenszyklen (z.B. WILDEMAN 2000a, GAUSEMEIER et al. 2000b, REINHART 1999, SPUR 2000a). Dies führt zu einer Intensivierung kooperativer Entwicklungsprojekte, wie eine Studie des Fraunhofer-Institutes für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) belegt. Danach kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die projektgebundene Zusammenarbeit sowie Kooperationen auf vertraglicher Basis in Zukunft stark zunehmen werden (HÄGELE & SCHÖN 1998). Dabei wird die Bildung internationaler Kooperationen durch die Entwicklungen im Bereich Informationstechnologie beschleunigt.

Nach LAUBACHER et al. (1997) werden in Zukunft hauptsächlich zwei entgegengesetzte Entwicklungsrichtungen in der Unternehmensentwicklung abzeichnen. Auf der einen Seite stehen *virtuelle Unternehmen (Small Companies/Large Networks)*, die sich aus kleinen, spezialisierten Einheiten bzw. Einzelpersonen zusammen setzen. Am anderen Ende der Skala finden sich *virtuelle Staaten (Virtual Countries)*, also Unternehmen, die so groß sind, dass sie nicht nur große Macht besitzen sondern auch teilweise hoheitliche Aufgaben übernehmen. Beispiele für beide Szenarien lassen sich schon heute finden: Die Entwicklung des Betriebssystems *Linux* ist von unabhängigen Individuen, die an verschiedenen Orten der Welt lokalisiert sind und über das Internet zusammenarbeiten, vorangetrieben worden (MALONE & LAUBACHER 1999). Auf der anderen Seite sind die großen Fusionen der letzten Jahre zu nennen (z.B. *DaimlerChrysler, Novartis, etc.*).

MERTENS & FAISST (1998) unterstützen die These der Dualität zwischen Virtuellen Unternehmen und Virtuellen Staaten als vorherrschende Organisationsformen von Unternehmen in der Zukunft und weisen darauf hin, dass diese Entwicklung insbesondere die in Deutschland stark vertretenen Unternehmen mittlere Größe bedroht. In Bild 5-7 sind die charakteristischen Merkmale von virtuellen Unternehmen und virtuellen Staaten einander gegenübergestellt. Beiden Szenarien ist gemeinsam, dass sie eine verteilte Durchführung von Projekten bedingen. Virtuelle Unternehmen müssen per Definition über Unternehmensgrenzen hinweg kooperieren um zu gemeinsamen Lösungen zu kommen. Virtuelle Staaten auf der anderen Seite haben, bedingt durch ihre Größe, zwangsläufig verteilte Ressourcen, die koordiniert zusammenarbeiten müssen um wirtschaftlich erfolgreich zu sein.

Die flexible und kurzfristige Form der Zusammenarbeit in virtuellen Unternehmen bietet den Arbeitnehmern nur ein sehr eingeschränktes soziales Umfeld. Es gibt beispielsweise keine langfristige Zusammenarbeit mit Kollegen, die Alterssicherung kann nicht über die Unternehmen erfolgen und die Sicherheit des Arbeitsplatzes ist ebenfalls nicht gewährleistet. Aus diesem Grund postulieren LAUBACHER & MALONE (1997b) die Bildung von Organisationen, ähnlich der Gilden des Mittelalters, die diese Lücken füllen.

	Small Companies Large Networks	Virtual Countries
Ziel	Flexibilität, Geschwindigkeit	Ausreifung/Qualität, Wissen als Vermögen bewahren
Dauer	Temporär	Lang, auf Dauer
Marktform	Atomistische Konkurrenz	Oligopol
Führung	Hierarchiefrei, Broker	Hierarchisch, kurzfristige Wahlen
Kosten	Externe Kommunikation, der Partner untereinander, Jobsuche in kürzeren Intervallen	Bürokratie
Finanzierung	Retail capital market	Mitarbeiter-Beteiligung
Kompetenzen	Kern	Universal

Bild 5-7: Vergleich Virtuelle Unternehmen - Virtuelle Staaten (MERTENS & FAISST 1998)

5.2.1.3 Technologische Entwicklung

Im Vergleich zu den relativ langsamen Veränderungen gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen ist die technologische Entwicklung der Bereich, der sich voraussichtlich am dynamischsten entwickeln wird. Sie schafft die Grundlagen für viele weitere Entwicklungen in den anderen Bereichen. Beispielsweise verändern neue Medien wie das Internet die gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Systeme (s. z.B. FRIEDMAN 1999).

Rechenleistung

Beispiel für die Dynamik ist die Informationstechnik, die immer größeren Einfluss auf alle Bereiche des Lebens erhält. Die Zahl der Transistoren pro Chip sowie die Rechenleistung der

Mikroprozessoren verdoppelt sich nach *Moore's Gesetz* etwa alle 18-24 Monate, bei gleichzeitig sinkenden Preisen (MOORE 1997).

Nach Einschätzung vieler Experten wird die Siliziumtechnik bald an ihre Grenzen stoßen. Dann wird eine weitere Miniaturisierung der Schaltkreise, die auf den heutigen Technologien basieren, nicht mehr möglich sein. Aufgrund neuester Erkenntnisse wird angenommen, dass die Silizium-Technologie noch bis ins Jahr 2005 und darüber hinaus verwendet werden wird (ZDNET 2000b). Parallel dazu wird an alternativen Verfahren, wie z.B. der Datenspeicherung auf organischen Materialien (EDLBAUER 2000) oder mit einzelnen Molekülen (ZDNET 2000a), gearbeitet.

Vorerst wird die Leistungssteigerung im selben Tempo wie bisher voranschreiten. Intel erwartet beispielsweise in 5 bis 10 Jahren einen Prozessor mit einer Taktfrequenz von 10 GHz herstellen zu können (INTEL 2000). IBM hofft sogar die Rechenleistung schneller steigern zu können als nach *Moore's Gesetz* vorhergesagt wird (ZDNET 2000c). CANTON (1999, S. 35) erwartet, dass um das Jahr 2025 Computer leistungsfähiger als das menschliche Gehirn sein werden.

Informations- und Kommunikationssysteme

Die Qualität der Kommunikation zwischen den Partnern einer verteilten Zusammenarbeit ist ein wesentlicher Erfolgs- bzw. Misserfolgswert der Kooperation (KREIS & KUHLENKÖTTER 1998). Daher spielen auch die zukünftigen Entwicklungen in diesem Sektor eine große Rolle im Hinblick auf die Durchführung verteilter Entwicklungsprojekte. Die Nutzung der Internettechnologien in den Unternehmen hat beispielsweise zwischen 1992 und 1997 um 52 Prozent zugenommen (LAY & WENGEL 1999).

Die Bandbreite, die für Datenübertragungen zur Verfügung steht, konnte in der Vergangenheit stark gesteigert werden. Für *Local Area Networks* (LANs) hat sich die Ethernet-Technologie durchgesetzt. Die Datenrate dieser Netze wurden in den letzten Jahren von 10 MBit/s über 100MBit/s bis auf 1GBit/s gesteigert. Ebenso stieg die Kapazität der Weitverkehrsnetze (*Wide Area Networks*, WAN). Auch der mobile Zugang zu den Netzwerken wird derzeit revolutioniert. Wählleitungen auf Basis der Telefonnetze bieten Geschwindigkeiten von 56kBit/s (analoge Anschlüsse) bis zu 128kBit/s (ISDN mit Kanalbündelung). Die nächste Generation sind Anschlüsse, die auf der *Digital-Subscriber-Line*-Technologie (DSL) beruhen. Diese Technologie verwendet die üblichen Telefonkabel und erreicht damit Datenraten bis zu 768 kBit/s (DEUTSCHE TELEKOM 2000). Parallel dazu werden andere Medien, wie z.B. die Leitungen des Kabelfernsehens, Stromleitungen und Satellitenverbindungen, als neue, schnellere Übertragungswege entwickelt. Auch der Zugang über die Mobilfunknetze wird stark beschleunigt. Die mögliche Datenrate wird von 9,6 kBit/s bei GSM-Netzen in den nächsten Jahren schrittweise bis auf 2 MBit/s im UMTS-Netz steigen (JOBMANN 2000b, MICHEEL 1999).

Als Übertragungsprotokoll haben sich in letzter Zeit die Internet-Protokolle TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) durchgesetzt. Durch ihre universelle Anwendbarkeit dienen sie als Integrationsplattform für die unterschiedlichsten Anwendungen. Die Internettechnologien ermöglichen einen preiswerten und einfachen Zugang zu Informationen von nahezu jedem beliebigen Ort auf der Welt. Nach HOHWIELER (2000) eröffnen sich durch die Internet-Technologien „ungeahnte Möglichkeiten der flexiblen Einbindung von Partnern und der Dezentralisierung von Arbeitsaufgaben bis hin zur Telearbeit und Schaffung virtueller Unternehmen“. Bisher leiden Übertragungen im Internet noch an mangelnder Sicherheit sowie nicht ausreichend verfügbarer Bandbreite. Daher werden in der Industrie noch überwiegend gemietete Standleitungen und ISDN-Verbindungen zum Datenaustausch genutzt. Neuere Initiativen wie die Branchennetzwerke der Automobilindustrie ANX (*American Network Exchange*) bzw. ENX (*European Network Exchange*), die mittelfristig zum GNX (*Global Network Exchange*) zusammenwachsen werden, bieten hier Lösungsansätze (HÜNGSBERG 1998, ZIOLKOWSKI 2000). Auch die nächste Generation des Internetprotokolls IPv6 (RFC 1883) wird beispielsweise über definierte *Qualities of Service* (QoS, vgl. MICHEEL 1999) für bestimmte Anwendungen eine definierte Übertragungsbandbreite garantieren. Darüber hinaus wird das IPv6 auch die Authentisierung von Nutzern und die Verschlüsselung der übertragenen Daten ermöglichen.

Durch die allgemeine Verfügbarkeit des Internets wird der Zugriff auf benötigte Informationen einfacher werden. Allerdings wird sich das Problem verstärken, aus dem unüberschaubaren Angebot die relevanten Informationen auszuwählen. Hier werden sich *Informationsbroker* etablieren, die zwischen Nachfragern und Anbietern von Informationen vermitteln (ABRAMOVICI 1998).

Datenaustausch

Neben der Leistungsfähigkeit der Netzwerke spielt die Austauschbarkeit der Daten eine große Rolle in verteilten Umgebungen. Da die beteiligten Partnern meist unterschiedliche Systeme verwenden, müssen die Daten möglichst verlustfrei konvertiert werden können. Einen Baustein dazu können neutrale Austauschformate wie z.B. STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*) liefern (ANDERL & TRIPPER 2000). Ein anderer, viel diskutierter Ansatz ist die Verwendung von offenen Standards, wie z.B. XML (*Extensible Markup Language*, W3C 2000), zur strukturierten Speicherung von Daten. Aufgrund der Standardisierung können die Daten in jedem beliebigen Anwendungsprogramm weiterverarbeitet werden, das ebenfalls den XML-Standard unterstützt (GALLIST 2000)).

Auch die durchgängige Verwendbarkeit der Produktdaten in allen Unternehmensbereichen ist Gegenstand aktueller Forschungsbemühungen (z.B. KRAUSE et al. 1999). Dabei gewinnt das Datenmanagement mittels EDM/PDM-Systemen (*Engineering- bzw. Product-Data-*

Management-Systeme) als durchgängige Arbeitsplattform an Bedeutung (z.B. ABRAMOVICI et al. 1998, KARCHER et al. 1999, SCHÖTTNER 2000).

Insbesondere in verteilten Umgebungen stellen sich hohe Anforderungen an die Systeme (BALDINI & JELMINI 1999). Neben dem Problem der verteilten Datenhaltung gilt es hier zusätzliche Informationen zu erfassen und den Partnern zur Verfügung zu stellen. Hierzu existieren Ansätze, solche Informationen entwicklungsbegleitend zu erfassen und für die weitere Nutzung bereit zu stellen (IRLINGER 1999, LINDEMANN et al. 1998).

DMU und Virtual Reality

Der starke Anstieg der verfügbaren Rechenleistung lässt zunehmend komplexere Simulations- und Visualisierungssysteme realisierbar werden. Dadurch kann der Rechneinsatz in neue Bereiche ausgeweitet werden. Ein Trend in diese Richtung ist die Entwicklung von *digitalen Prototypen* oder *Digital Mock Ups* (DMUs). Hinter diesen Begriffen verbirgt sich die Strategie, die Fertigung realer Prototypen zur Absicherung von Produkteigenschaften durch digitale Modelle und entsprechende Simulationsverfahren zu ersetzen (BULLINGER et al. 1999, GOMES DE SÁ et al. 1999). KRAUSE & JANSEN (1998) beschreiben die Vision des *virtuellen Produkts* als eine „rechnerbasierte realistische Darstellung eines Produktes mit allen geforderten Funktionen im Produktlebenszyklus“. Dieses virtuelle Produkt soll die über alle Phasen durchgängige Referenz des Entwicklungsprozesses sein. Aufgrund der leichten Transferierbarkeit von digitalen Daten kann in einer verteilten Umgebung an jedem Standort der gleiche digitale Prototyp verwendet werden. Der aufwändige Transport bzw. die mehrfache Erstellung realer Prototypen entfällt.

Virtual Reality (VR) stellt in diesem Zusammenhang eine neue Art der Mensch-Maschine-Schnittstelle dar, die dem Benutzer eine möglichst natürliche Interaktion mit dem rechnerinternen Modell ermöglichen soll (LINDEMANN et al. 1997a, WEBER 1998). Die VR-Technologie stellt dabei sehr große Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Rechners, da die VR-Umgebung in Echtzeit auf Benutzeraktionen reagieren muss.

5.2.1.4 Veränderung der Produkte

Neben den äußeren Randbedingungen beeinflusst auch die Art der hergestellten Produkte die Unternehmen. Bei Projekten in der Luft- und Raumfahrtindustrie ist das ökonomische und technologische Risiko beispielsweise so groß, dass dies nicht mehr durch ein einzelnes Unternehmen getragen werden kann. Deshalb haben sich hier, insbesondere in Europa, schon sehr früh unternehmensübergreifende Kooperationen gebildet (SCHUNK 1982). Dieser Trend hält bis heute an und dehnt sich zunehmend auf andere Industriezweige aus (GRUPP 1995, S. 201).

Neben der Risikostreuung spielt auch das zur Entwicklung innovativer Produkte notwendige Know-how eine große Rolle. Mit dem Fortschreiten der technischen Entwicklung werden immer spezialisiertere Experten zur Entwicklung neuer, innovativer Lösungen benötigt. Unter anderem deshalb verfolgen viele Hersteller Strategien die unter Schlagwörtern wie *Outsourcing* oder *Konzentration auf Kernkompetenzen* bekannt geworden sind. Eine Umfrage unter englischen Unternehmen hat entsprechend ergeben, dass der Zugang zu neuen Technologien der häufigste Grund für unternehmensübergreifende Zusammenarbeit ist (BALBONTIN & YAZDANI 1999).

Ebenso sind moderne Produkte meist nicht mehr Lösungen, die zu ihrer Entwicklung das Wissen lediglich einer Disziplin erfordern, sondern überwiegend komplexe mechatronische Systeme (z.B. RAI & JACKSON 1999, VDA 2000). Es müssen also die Sichtweisen unterschiedlicher Disziplinen in das Produkt integriert werden. Dies führt zu interdisziplinären Kooperationen, meist über Unternehmensgrenzen hinweg. Vorreiter für diese Entwicklung ist die Automobilindustrie. DEMANT (1994) geht davon aus, dass der Beitrag, den die Zulieferer zum Produkt Auto beisteuern, auf bis zu 70% steigen wird. Die Hersteller werden zukünftig bevorzugt nur mit wenigen Systemlieferanten zusammenarbeiten, die einbaufertige Module liefern können. Die Systemlieferanten werden daher ein eigenes Netzwerk von Unterteilern aufbauen, die einzelne Komponenten, die für das Gesamtmodul erforderlich sind aber nicht zum Kerngeschäft des Systemlieferanten gehören, entwickeln und produzieren.

Darüber hinaus werden von den Kunden zunehmend individualisierte Produkte gefordert, die nur mit Kenntnissen über die lokalen Märkte realisiert werden können. Heute kann diese Entwicklung schon an der zunehmenden Zahl von Varianten bei Konsumgütern abgelesen werden (REINHART 2000, S. 19).

5.2.1.5 Zusammenfassung und Bewertung der Schlüsselfaktoren

In Bild 5-8 sind die vorgestellten Projektionen der Schlüsselfaktoren nochmals in einer Übersicht zusammengestellt:

Gesellschaftliche/ politische Veränderungen	<ul style="list-style-type: none"> • sinkende Bevölkerungszahl in Deutschland • Internationalisierung der Ausbildung • Annäherung der politischen und wirtschaftlichen Systeme • globale Vernetzung <ul style="list-style-type: none"> – Ausweitung lokaler Krisen – Bewältigung globaler Probleme – Verflechtung der Finanzmärkte
Wirtschaftliche Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • gestiegene Dynamik der Entwicklung • globale Arbeits-, Beschaffungs- und Absatzmärkte • Verlust von Macht vom Staat an die Wirtschaft • Bildung von Virtuellen Unternehmen oder Virtuellen Staaten
Technologische Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • steigende Rechenleistung • verbesserte Informations- und Kommunikationssysteme • verbesserter Datenaustausch • Verfügbarkeit von digitalen Prototypen
Veränderungen der Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Verkürzung der Produktlebenszyklen, individualisierte Produkte • hohes Risiko bei der Entwicklung neuer Produkte • interdisziplinäre Produkte (z.B. Mechatronik) • steigender Know-how-Bedarf zur Entwicklung neuer Produkte

Bild 5-8: Veränderungen der Schlüsselfaktoren

Die wirtschaftlichen und gesellschaftlich/politischen Veränderungen tragen ebenfalls zu einer verstärkten internationalen Zusammenarbeit bei. Insbesondere die globale Vernetzung und die globalen Märkte verschärfen den Drang zur Nutzung weltweit verteilter Ressourcen. Andere Entwicklungen tragen zu einer Verringerung der zu erwartenden Probleme in der verteilten Produktentwicklung bei. Die Internationalisierung der Ausbildung und die Annäherung der politischen und wirtschaftlichen Systeme sind Beispiele hierfür.

Bei der Betrachtung der Szenarien für mögliche zukünftige Unternehmen fällt auf, dass virtuelle Staaten einige verteilungsbedingte Probleme einfacher lösen können als virtuelle Unternehmen, da der Einfluss auf interne Partner stärker ist und somit beispielsweise einheitliche DV-Systeme leichter durchgesetzt werden können.

Anhand einer Gegenüberstellung der dargestellten Trends mit charakteristischen Merkmalen verteilter Entwicklungsprozesse (vgl. Kap. 6.1) lassen sich einige Aussagen treffen. In Bild 5-9 ist deutlich zu erkennen, dass die Veränderungen der Produkte maßgeblich zur Verschärfung der Verteilungsproblematik beitragen. Die Interdisziplinarität der Problemstellungen sowie das hohe Risiko bei der Entwicklung neuer Produkte zwingen die Unternehmen verstärkt zur Kooperation. Andere Bereiche, wie z.B. die Verbesserungen im Bereich der Rechnertechnik, verringern die Probleme der verteilten Arbeit. Insbesondere die

Informations- und Kommunikationssysteme sowie die Verbesserung der Austauschbarkeit von Daten machen eine gemeinsame Entwicklung von Produkten erst sinnvoll möglich.

		Anzahl der Partner	Ort	Zeit	Sprache	Organisation	Größe der Organisationen	Intensität der Zusammenarbeit	Verteilung von Komponenten	Verteilung von Aufgaben	Anzahl der Schnittstellen	Datenzugriff	Kompetenz	Kapazität	Werkzeugkompatibilität	Methodenkompatibilität	
Gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Entwicklung	sinkende Bevölkerungszahl in Deutschland		↑		↑												
	Internationalisierung der Ausbildung				↓											↓	
	Annäherung der politischen und wirtschaftlichen Systeme		↓														
	globale Vernetzung	↑	↑	↑	↑	↑					↑	↑				↑	
	gestiegene Dynamik der Entwicklung			↑										↑	↑		
	globale Märkte	↑	↑	↑	↑						↑	↑					
	Machtverlust des Staates																
	Virtuelle Unternehmen	↑	↑			↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑			↓	↑	↑
	Virtuelle Staaten		↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓			↓	↓	↓
veränderte Technologien	steigende Rechenleistung																
	verbesserte Informations- und Kommunikationssysteme											↓					
	verbesserter Datenaustausch											↓			↓		
	Verfügbarkeit von digitalen Prototypen		↓						↓								
veränderte Produkte	Verkürzung der Produktlebenszyklen			↑					↑	↑				↑			
	individualisierte Produkte		↑					↑	↑								
	hohes Risiko bei der Entwicklung neuer Produkte	↑	↑			↑		↑	↑	↑							
	interdisziplinäre Produkte (z.B. Mechatronik)	↑	↑		↑	↑		↑	↑	↑	↑		↑		↑	↑	
	steigender Know-how-Bedarf	↑	↑			↑		↑		↑	↑		↑				

↑ : Verstärkung
↓ : Verringerung
der Problemstellungen des Merkmals

Bild 5-9: Auswirkungen der Trends auf charakteristische Merkmale verteilter Entwicklungsprozesse

5.2.2 Strategien für die Produktentwicklung

Die Felder, auf denen die Produktentwicklung auf veränderte Randbedingungen reagieren kann, lassen sich erkennen indem die Elemente eines Prozessmodells näher betrachtet werden (Bild 5-10). Als Ansatzpunkte für Veränderungen ergeben sich die *Ressourcen*, die den einzelnen Aktivitäten des Prozesses zugeordnet werden (Personen, Methoden/Werkzeuge), die *Strukturierung und Abgrenzung der Aktivitäten* selbst, sowie die *Gestaltung der Schnittstellen* zwischen einzelnen Aktivitäten und die Optimierung der nötigen Informationsflüsse.

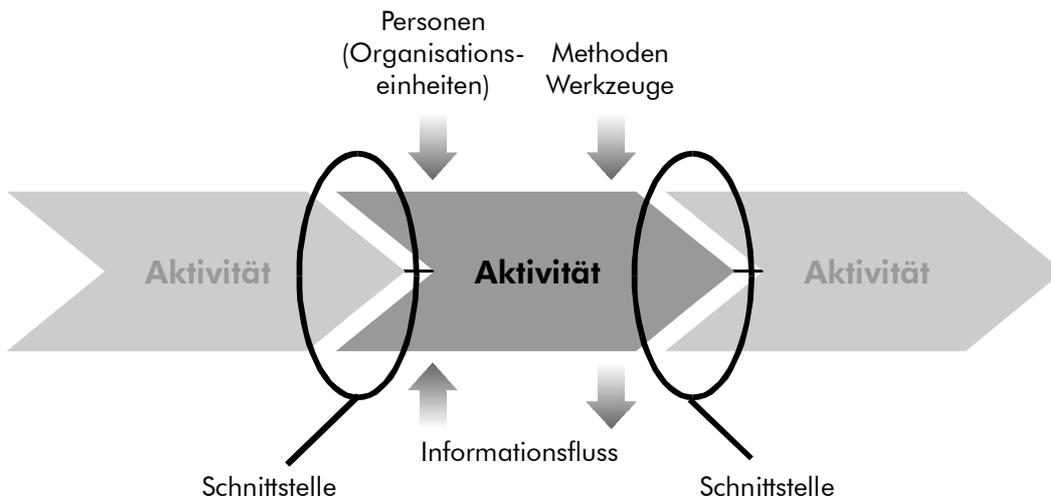


Bild 5-10: Typische Gestaltungsmöglichkeiten für Prozesse

Zunächst werden in diesem Kapitel Tendenzen in den genannten Bereichen aufgezeigt, daran anschließend werden mögliche Strategien dargestellt, mit denen die Produktentwicklung an die veränderten Randbedingungen angepasst werden kann.

5.2.2.1 Ressourcen

Die Ressourcen, die einem Unternehmen zur Verfügung stehen um Produktentwicklungsprojekte abzuarbeiten, lassen sich in die Personen, die die Entwicklung durchführen sowie die dafür eingesetzten Methoden und Werkzeuge unterteilen. In beiden Bereichen werden sich in den nächsten Jahren Änderungen ergeben, die die Möglichkeiten der Unternehmen, auf veränderte Randbedingungen zu reagieren, verändern.

Personen

Die meisten der aktuell diskutierten Ansätze zur Organisationsgestaltung stellen den Menschen in den Mittelpunkt (z.B. *Total Quality Management [TQM]*, *Gruppenarbeit*, etc.). In der Diskussion um *organisationales Lernen* und *Wissensmanagement* wird klar

herausgestellt, dass die Mitarbeiter in der kommenden Informations- und Wissensgesellschaft das wichtigste Kapital eines Unternehmens sind (SENGE 1997). Damit diese Konzepte aber funktionieren müssen die Mitarbeiter in der Lage sein effektiv und effizient miteinander zu arbeiten. Daher wird die Bedeutung der sogenannten *Soft Skills*, also der sozialen Fähigkeiten, eines Mitarbeiters weiter zunehmen.

Um den Erwerb von *Soft Skills* zu fördern muss auch die Ausbildung der zukünftigen Mitarbeiter angepasst werden. Entsprechende Ansätze hierzu sind bereits vorhanden (BOHL 1997, STROBEL 2001, FUCHS & PULM 2001). Auch die Internationalisierung der Ausbildung wird immer stärker gefordert werden. Eine Verstärkung des Austauschs von Studenten und Lehrkräften sowie das Angebot von interdisziplinären, standort- und länderübergreifenden Kursen, Praktika und Studienarbeiten ist dafür nötig und wird sich auch in den nächsten Jahren entwickeln.

Parallel zu dem Trend zu kooperativen Arbeitsstrukturen ist die steigende Geschwindigkeit zu beobachten, mit der das Wissen der Menschheit wächst. Dies legt den Schluss nahe, dass eine Ausbildung zukünftig nicht mehr alles Wissen vermitteln kann, das später im Berufsleben benötigt wird. Vielmehr werden sich die Ausbildungsinhalte zur Vermittlung von Schlüsselqualifikationen hin verändern. MERTENS (zitiert nach ZEDLER 1983) betont beispielsweise die wachsende Bedeutung von Basisqualifikationen gegenüber fachspezifischem Wissen.

Methoden und Werkzeuge

Die meisten Anstrengungen Entwicklungsprozesse zu unterstützen zielen derzeit auf die Bereitstellung von informationstechnischen Hilfsmitteln ab. Dabei lassen sich zwei Stoßrichtungen identifizieren (vgl. Kap. 5.2.1.3). Zum einen betrifft dies die Entwicklung digitaler Prototypen sowie die durchgängige Verwendung der Daten über den gesamten Produktlebenslauf hinweg. Der zweite Forschungsschwerpunkt befasst sich mit der Entwicklung von sogenannten *CSCW¹¹-Systemen*. Darunter sind Werkzeuge zu verstehen, die die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Partnern unterstützen. Beispiele für diese Werkzeuge sind *Telekooperationssysteme*, *Video- und Datenkonferenzsysteme* oder verteilte *Workflow-Systeme*. Aufgrund dieser Tätigkeiten werden voraussichtlich in wenigen Jahren entsprechende Werkzeuge zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus werden Methoden und Werkzeuge zum Informations- und Wissensmanagement weiter entwickelt werden. Aktuelle Forschungsarbeiten (z.B. IRLINGER 1999, SCHOEN 2000) zeigen, wie verteiltes Wissen wiederverwendet werden kann. Andere Arbeiten versuchen Abstimmungsprozesse zwischen kooperierenden Partnern zu verbessern

¹¹ *Computer Supported Cooperative Work*

(z.B. REDEKER & SAUER 2000). Das Management der Schnittstellen gewinnt in verteilten Umgebungen stark an Bedeutung.

Ebenso sind grundlegende Arbeiten durchgeführt worden, die Möglichkeiten aufzeigen wie Methoden an veränderte Randbedingungen angepasst werden können (ZANKER 1999). Auf Basis dieser Arbeiten ist zu erwarten, dass zukünftig mehr Methoden an spezielle Anforderungen, wie z.B. die verteilte Durchführung von Methoden, angepasst werden und den Entwicklungsprozess unterstützen werden.

Neue Arbeitsformen werden verstärkt realisierbar sein. Telearbeit, die durch die neuen Kommunikationsmedien möglich wird, kann einen Beitrag zu größerer Flexibilität der Arbeitszeiten beitragen (BEHNKE 2000). Dies erleichtert sowohl die Integration von Familie und Beruf als auch die Zusammenarbeit über Zeitzonen hinweg, da es möglich wird die Überschneidungsbereiche der Arbeitszeiten an verschiedenen Standorten zu vergrößern.

5.2.2.2 Strukturierung der Aktivitäten, Optimierung der Schnittstellen und Informationsflüsse

Neben den Ressourcen ist die Gestaltung der Schnittstellen zwischen einzelnen Arbeitsschritten sowie die Optimierung der nötigen Informationsflüsse der zweite Bereich, der beeinflusst werden kann um veränderten Randbedingungen gerecht zu werden.

Ein wesentlicher Trend in diese Richtung ist der Übergang von funktionsorientierten Organisationsstrukturen hin zu einer Neuorientierung entlang der im Unternehmen ablaufenden Geschäftsprozesse. Das bekannteste dieser Konzepte ist das *Business Process Reengineering (BPR)*, das von HAMMER & CHAMPY (1993) entwickelt wurde und inzwischen auch unter anderen Bezeichnungen seine Verbreitung gefunden hat (HUNGENBERG & WULF 1998).

Zur Strukturierung der Tätigkeiten werden Methoden zur Verfügung stehen, die eine Bewertung hinsichtlich der Eignung bestimmter Tätigkeiten zur verteilten Bearbeitung ermöglichen. Die technologische Entwicklung (vgl. Kap. 5.2.1.3) stellt nicht nur neue Anforderungen an die Produktentwicklung, sie schafft gleichzeitig auch neue Werkzeuge, mit denen die Entwicklungsabläufe unterstützt werden können. Beispielsweise werden Werkzeuge zur Verfügung stehen, die die verteilte Datenhaltung und die Kommunikation zwischen verschiedenen Standorten sicherstellen (z.B. HOFFMANN & BEITZ 1998, MUTH & WEBER 1998, VITAL et al. 1998). Die Abstimmungsmechanismen unter den Partnern werden verfeinert werden, um die Effizienz von Abstimmungsprozessen zu erhöhen (REDEKER & SAUER 2000). BAUMGARTNER (1999) beschreibt eine Methodik um die Schnittstellen zwischen den Partnern in einem Projekt zu optimieren.

Im Bereich der Produktionsforschung werden schon seit längerem verschiedene Konzepte zur Bildung von Netzwerken vorgeschlagen (z.B. BECKMANN 1999, WARNECKE 1993, REINHART

et al. 2000a, WIRTH et al. 2000b). Diese Konzepte werden nun auch auf andere Bereiche, wie z.B. die Produktentwicklung, oder ganze Unternehmen übertragen (z.B. WIENDAHL et al. 1999, WILDEMANN 2000a, MALONE & LAUBACHER 1999, BALBONTIN & YAZDANI 1999). Parallel werden immer häufiger Versuche unternommen, Entwicklungsaufgaben verteilt durchzuführen um die Entwicklungszeit zu verkürzen (z. B. DANZL et al. 2000). Nachdem sowohl bei den Herstellern als auch bei den Zulieferern weltweit verteilte Ressourcen vorhanden sind, wird die Nutzung dieser Ressourcen in verteilten Projekten weiter zunehmen. In der Softwareindustrie werden solche Szenarien beispielsweise bereits seit längerem eingesetzt (CARMEL 1999). Die Erfahrungen aus diesen Bereichen zusammen mit den aktuellen Forschungsarbeiten werden in Zukunft die Realisierung verteilter Entwicklungsvorhaben vereinfachen.

5.2.2.3 Mögliche Strategien für die Produktentwicklung der Zukunft

In der Fähigkeit der Mitarbeiter auf die Tendenzen zu reagieren liegt das größte Potential um mit veränderten Randbedingungen zurechtzukommen. Der ständigen Aus- und Weiterbildung der Personen, die in den Entwicklungsabteilungen arbeiten, kommt daher besonders hohe Bedeutung zu. Die kooperative Zusammenarbeit erfordert insbesondere sehr gute soziale Kompetenzen, weshalb diesem Bereich besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte.

Auf dem Gebiet der Informationstechnik müssen die Werkzeuge, die derzeit entwickelt werden, hinsichtlich ihrer Funktionalität im industriellen Einsatz bewertet werden. Daran anschließend gilt es, gezielt die noch vorhandenen Defizite zu beheben. Die meisten der in der Entwicklung befindlichen Werkzeuge sind an Hochschulinstituten entstanden. Daher sind sie zumeist nicht für den kommerziellen Einsatz geeignet. Die an den Hochschulen entwickelten Konzepte müssen folglich geprüft und die Ansätze in kommerzielle Systeme übernommen werden.

Die Planung und Überwachung von Schnittstellen zwischen verteilt bearbeiteten Aufgaben wird maßgeblicher Bestandteil des Projekt- und Prozessmanagements. Eine prozessorientierte Organisation fokussiert den Blick auf die Abfolge von Aktivitäten, und macht somit die Gestaltung der Schnittstellen zugänglich. Daher ist die Prozessorientierung im Hinblick auf verteilte Entwicklungsabläufe besonders günstig. Die neuen Werkzeuge und Methoden müssen dabei effizient in die Abläufe integriert werden. Dies setzt wiederum eine gründliche Evaluation dieser Methoden und Werkzeuge voraus, um sie entsprechend ihrer Stärken einzusetzen. Neben speziellen Methoden und Werkzeugen erfordert die Durchführung verteilter Entwicklungsprozesse auch viel Erfahrung. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, durch gezielte Pilotprojekte diese Erfahrungsgrundlage in einem Unternehmen zu schaffen.

5.2.3 Verteilte Produktentwicklung in zehn Jahren

Die im folgenden dargestellte Vision geht davon aus, dass sich die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Trends weitgehend unverändert in den nächsten Jahren fortsetzen werden. Die Kernpunkte dieser Entwicklung sind demnach:

- ◆ komplexe, mechatronische Produkte, die an individuelle Anforderungen angepasst werden
- ◆ der Arbeitsalltag ist von Team- und Gruppenarbeit gekennzeichnet, daher nimmt die Bedeutung der „soft skills“ weiter zu
- ◆ die Mitarbeiter werden ständig neues Wissen erwerben müssen
- ◆ Methoden und Werkzeuge des Informations- und Wissensmanagements gewinnen zunehmend an Bedeutung
- ◆ die durchgängige Nutzung erzeugter Daten in allen Unternehmensbereichen wird weitere Fortschritte machen; trotzdem werden noch zahlreiche Datenaustauschprobleme bestehen bleiben
- ◆ Datenabgleich verschiedener Standorte und die verteilte Datenhaltung stellen kein großes Problem mehr dar
- ◆ neue Kommunikationssysteme werden die Reichhaltigkeit (media-richness) der Medien steigern und somit eine neue Qualität der Kommunikation ermöglichen (z.B. VR-Konferenzen)
- ◆ der Methodeneinsatz nimmt aufgrund neuer Methoden zur flexiblen Anpassung an spezifische Randbedingungen zu
- ◆ die Arbeitsleistung wird zunehmend in zeitlich und örtlich flexiblen Arbeitsformen erbracht (z.B. Telearbeit)
- ◆ alle Arbeitsschritte werden soweit wie möglich parallelisiert; zur Beschleunigung der Abarbeitung nicht parallelisierbarer Aufgaben wird Schichtarbeit oder Entwicklung unter Nutzung unterschiedlicher Zeitzonen durchgeführt
- ◆ die Abläufe sind prozessorientiert organisiert
- ◆ weitere Liberalisierung und Globalisierung der politischen und wirtschaftlichen Randbedingungen
- ◆ globale Märkte
- ◆ Ausbildung berücksichtigt zunehmend die Anforderungen, die internationale Kooperationen an die Arbeitnehmer stellen
- ◆ Produktlebenszyklen werden weiter verkürzt, die Produkte leichter kopierbar
- ◆ die Dualität zwischen Virtuellen Unternehmen und Virtuellen Staaten wird Realität
- ◆ Virtual Reality wird anwendungsreif; digitale Prototypen werden überall verfügbar
- ◆ der Einsatz der Datenverarbeitung in der Entwicklung steigt weiter
- ◆ ein globales Hochgeschwindigkeitsnetz ist einsatzbereit
- ◆ die Sicherheitsfrage bei Datenübertragungen über öffentliche Netze ist gelöst

- ♦ neue Agenturen entstehen, die bei der Recherche in den verfügbaren Datenquellen helfen
- ♦ große Unternehmen werden weiterhin ihre Zulieferer zwingen, in der Entwicklung die gleichen Werkzeuge einzusetzen, die sie auch nutzen
- ♦ universelle Austauschformate werden noch länger auf sich warten lassen; Konverter für einzelne Anwendungen (z.B. VR) werden verfügbar

Diese Prognosen erscheinen aus heutiger Sicht plausibel und werden durch die Ansichten zahlreicher Autoren gestützt. Trotzdem stehen dieser Entwicklung einige Hindernisse im Weg. Besondere Probleme werden in der Neugestaltung der Abläufe und der Strukturierung der Tätigkeiten liegen. Beispielsweise ist die zeitbestimmende Komponente in der Karosserieentwicklung eines Automobilherstellers die Seitenwand. Demzufolge müsste diese Komponente also in einem 24h-Szenario entwickelt werden, um die maximale Zeitverkürzung zu erreichen. Gleichzeitig ist die Seitenwand aber auch eine der Komponenten, die die größte Anzahl von Schnittstellen zur restlichen Karosserie hat. Dies zieht große Abstimmungsprobleme im Falle einer verteilten Bearbeitung nach sich.

Ebenso ist die zunehmende Handlungsunfähigkeit der lokalen Regierungen kritisch zu sehen, da wichtige Aufgaben des Sozialstaats nicht mehr erfüllt werden können. Das Streben der Kapitalgeber ist einseitig auf die Gewinnmaximierung angelegt, die Sicherung des sozialen Friedens in lokalen Regionen ist für global agierende Anleger relativ uninteressant. Dies lässt sich derzeit an den Investitionen westlicher Unternehmen in China ablesen, die ungeachtet der ungelösten Menschenrechtsfrage stetig anwachsen.

Trotz allem wird sich der Trend zur verteilten Bearbeitung von Problemstellungen weiter durchsetzen. Ähnlich der Darstellung in Bild 5-11 wird nach der Überwindung der Abteilungsgrenzen in einem Unternehmen (z.B. durch Ansätze wie *Simultaneous Engineering*) die Herausforderung in der Zukunft darin bestehen, die Schranken zwischen verschiedenen Unternehmen bzw. Standorten eines Unternehmens zu beseitigen.

Heute sind die Unternehmen verschiedener Branchen schon unterschiedlich weit diesem Trend gefolgt. In der Automobilindustrie wird die gemeinsame Entwicklung von Fahrzeugen zusammen mit externen Partnern (Ingenieurdienstleister, Zulieferer etc.) beispielsweise schon seit mehreren Jahren durchgeführt. Ebenso arbeitet die europäische Luft- und Raumfahrtindustrie schon seit den sechziger Jahren unternehmens- und standortübergreifend (MADAUSS 2000, S. 502). Andere Branchen sind noch relativ weit von solchen Projekten entfernt.

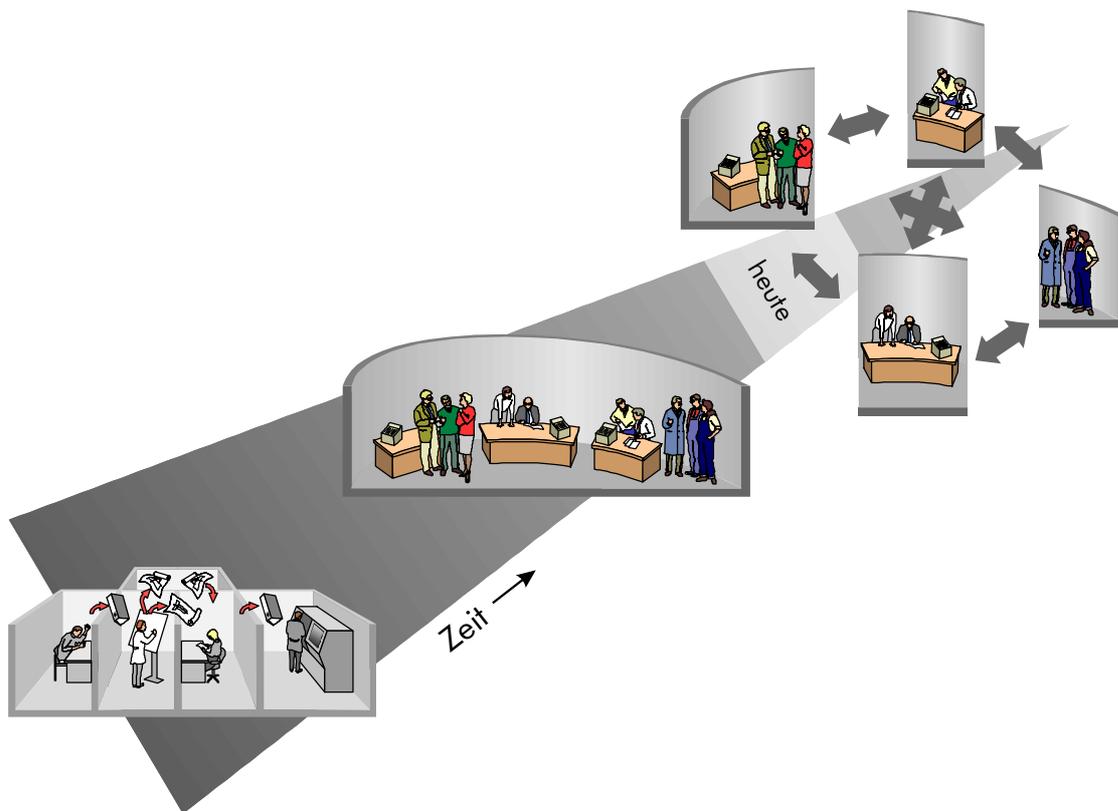


Bild 5-11: Besser gemeinsam - verteilt

6 Modell zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse

Die Ergebnisse, die in diesem Kapitel dargestellt werden, beruhen auf zahlreichen Projekten, die in Kooperation mit mehreren Industrie- und Beratungsunternehmen durchgeführt wurden. Im Rahmen dieser Projekte sind verschiedene Ansätze und Methoden entstanden, mit denen verteilte Entwicklungsprozesse optimiert werden können. Das *Merkmalsystem* stellt eine Methodik bereit, mit der die Prozesse ganzheitlich analysiert und gestaltet werden können. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt dabei auf den Schnittstellen zwischen den verteilt bearbeiteten Aktivitäten. Da die Zusammenarbeit in *verteilten Teams* sowie die *Kommunikation* zwischen den Bearbeitern für verteilte Entwicklungsprozesse besonders kritisch sind, wurden diese Bereiche detaillierter untersucht. In Anlehnung an ein allgemeines Prozessmodell (vgl. Bild 5-10) lassen sich die entwickelten Bausteine zu einem Modell zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse kombinieren (Bild 6-1). Die Anwendung dieses Modells zur Planung und Durchführung verteilter Projekte wird in Kapitel 6.4 beschrieben.

Wie bereits in Kapitel 4.1 dargestellt wurde, ist die Entwicklung von Werkzeugen für verteilte Entwicklungsprozesse Gegenstand eines eigenen Forschungsgebiets (CSCW). Zur Anpassung von Methoden an spezielle Randbedingungen werden ebenfalls umfangreiche Forschungen durchgeführt (z.B. ZANKER 2000, VIERTLBÖCK 2000). Die Anpassung der im Entwicklungsprozess eingesetzten Methoden und Werkzeuge ist daher nicht Bestandteil dieser Arbeit.

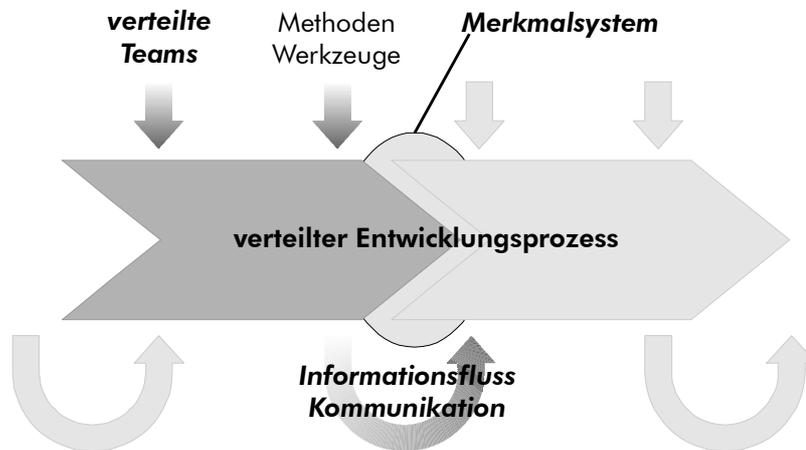


Bild 6-1: Modell zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse

6.1 Merkmalsystem „Verteilte Produktentwicklung“

Basierend auf theoretischen Überlegungen sowie auf Erfahrungen, die bei der Begleitung von Produktentwicklungsprozessen in der Industrie gewonnen wurden, konnte ein *Merkmalsystem*

(MMS) entwickelt werden, mit dessen Hilfe verteilte Entwicklungsprozesse charakterisiert werden können (GIERHARDT et al. 1999, ANDERL et al. 1999a, ANDERL et al. 1999b). Dieses Merkmalsystem setzt sich aus vier Bausteinen zusammen (Bild 6-2).

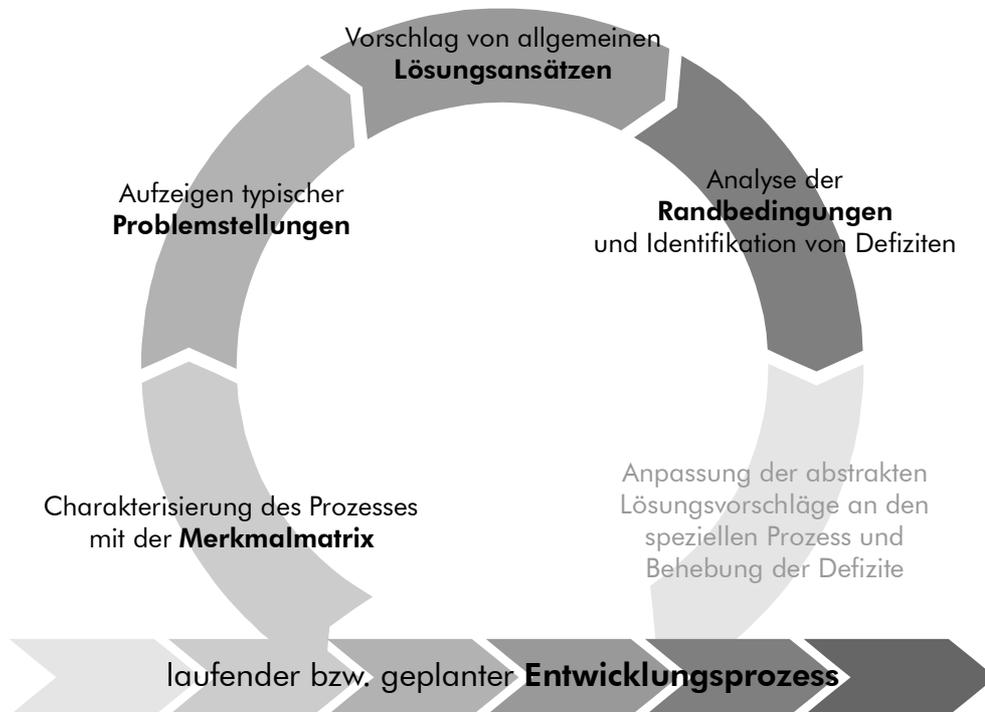


Bild 6-2: Aufbau des Merkmalsystems „Verteilte Produktentwicklung“

Mit der *Merkmalmatrix* wird ein charakteristisches Profil der Verteilung in dem betrachteten Entwicklungsprozess generiert. Aus dem Verteilungsprofil können typische *Probleme* abgeleitet werden, die im Ablauf des Prozesses auftreten können. Diesen Problemen können wiederum *Lösungsansätze* zugeordnet werden, mit denen die Probleme entweder vermieden oder zumindest gemildert werden können. Zusätzlich werden durch eine Betrachtung der *Randbedingungen* des Prozesses auch äußere Einflüsse auf den Entwicklungsprozess berücksichtigt. In Form von Checklisten kann die verfügbare technische Infrastruktur und die Qualifikation der Mitarbeiter im Projekt untersucht werden. Auf diese Weise werden eventuell vorhandene Defizite aufgezeigt, die dann gezielt behoben werden können.

Die vom Merkmalsystem vorgeschlagenen Lösungsansätze sind dabei relativ allgemein gehalten, um auf ein möglichst breitgefächertes Spektrum von Entwicklungsprozessen angewendet werden zu können. Daher müssen diese Lösungsvorschläge konkretisiert und auf den spezifischen Prozess angepasst werden. Dieser Schritt wird nicht von der Methodik *Merkmalsystem* unterstützt, vielmehr muss diese Anpassung durch den Anwender des Merkmalsystems aufgrund seiner Erfahrung und der Kenntnis des speziellen Prozesses

durchgeführt werden. Im Folgenden werden die einzelnen Bausteine des Merkmalsystems näher erläutert.

6.1.1 Merkmale verteilter Entwicklungsprozesse

In der Merkmalmatrix werden die charakteristischen Eigenschaften eines verteilten Entwicklungsprozesses betrachtet. Hierzu wurden fünfzehn Merkmale erarbeitet, mit deren Hilfe sich der Verteilungszustand eines Prozesses beschreiben lässt (Bild 6-3). Dabei werden jedem dieser Merkmale charakteristische Ausprägungen zugeordnet. Durch die Kombination der jeweiligen Ausprägungen der Merkmale, ähnlich wie in einem morphologischen Kasten, ergibt sich so das Verteilungsprofil des Entwicklungsprozesses.

Merkmal	Ausprägung		
Anzahl der Partner	2	>2	unüberschaubar
Ort	anderer Raum	anderer Standort	anderes Land
Zeit	parallel	sequentiell	Mischform
Sprache	gleich		unterschiedlich
Organisation	gleiche Organisations-einheit	gleiches Unternehmen	anderes Unternehmen
Größe der Organisation	Großunternehmen	mittleres Unternehmen	Kleinunternehmen
Intensität der Zusammenarbeit	integriert		lose verknüpft
Verteilung der Komponenten	ja		nein
Verteilung der Aufgaben	ja		nein
Anzahl der Schnittstellen	hoch	mittel	gering
Datenzugriff	möglich		nicht möglich
Kompetenz	hoch	mittel	gering
Kapazität	ausreichend		nicht ausreichend
Werkzeugkompatibilität	ja		nein
Methodenkompatibilität	ja		nein

Bild 6-3: Merkmalmatrix: Merkmale verteilter Entwicklungsprozesse und ihre Ausprägungen

Nachfolgend werden die einzelnen Merkmale näher erläutert:

1. *Anzahl der Partner*

Grundlegend für die Betrachtung verteilter Entwicklungsprozesse ist prinzipiell die Betrachtung der Anzahl der beteiligten Partner in einem solchen Prozess. Dabei reicht das Spektrum von der Zusammenarbeit von nur zwei Partnern bis hin zu einer unüberschaubar großen Anzahl von Partnern. Wenn man z.B. die direkte Kooperation eines Unternehmens mit einem Zulieferer betrachtet, arbeiten nur zwei Partner zusammen. Wenn man jedoch die gesamte Vernetzung eines großen Konzerns mit seinen Zulieferern untersucht, findet man eine unüberschaubare große Zahl von Partnern, die an der Erstellung eines Produkts zusammenarbeiten.

2. *Ort*

Mit zunehmender räumlicher Distanz wird die Kommunikation zwischen zwei Partnern immer komplizierter, der Aufwand für den Austausch von Informationen steigt stark an, und die sozialen Kontakte gehen stark zurück (vgl. ALLEN 1984). Zusätzlich erschwert wird die Situation, wenn daneben auch noch Ländergrenzen überschritten werden müssen. Hier können z.B. Zollbestimmungen den Transport von Prototypen behindern.

3. *Zeit*

Bei der Zusammenarbeit von Partnern sind prinzipiell zwei Vorgehensweisen möglich. Die Prozessbeteiligten können entweder parallel an ihren jeweiligen Aufgaben arbeiten, oder sie können sequentiell arbeiten, d.h. die Arbeit des einen baut auf der Arbeit des anderen auf. In der Praxis sind dazu häufig Mischformen zu beobachten, bei denen Teile der Arbeit parallel erledigt werden und regelmäßig Arbeitsergebnisse ausgetauscht werden, mit denen der andere Partner dann weiterarbeiten kann.

4. *Sprache*

Für die Verständigung über die Projektinhalte ist es nötig eine einheitliche Projektsprache zu definieren. Für die Bearbeiter ist dabei von Bedeutung, ob sie in ihrer Muttersprache sprechen können, oder eine später erlernte und daher nicht perfekt beherrschte Sprache zur Kommunikation nutzen müssen. Neben der Sprache selbst ist dabei auch die verwendete Fachterminologie zu berücksichtigen. Beispielsweise hat der Begriff „Funktion“ für einen Informatiker eine völlig andere Bedeutung wie für einen Maschinenbauingenieur.

5. *Organisation*

Neben der räumlichen Distanz, die mit dem Merkmal *Ort* betrachtet wird, spielen auch unsichtbare Grenzen innerhalb und außerhalb des Unternehmens

eine große Rolle in der Zusammenarbeit. Abteilungsdenken und Vorbehalte gegen externe Partner können den Austausch von Informationen und damit die Zusammenarbeit stark erschweren.

6. *Größe der Organisation*

Die Größe der beteiligten Unternehmen hat maßgeblichen Einfluss auf die Flexibilität, mit der die Partner auf veränderte Bedingungen in der Kooperation reagieren können.

7. *Intensität der Zusammenarbeit*

Die „Intensität der Zusammenarbeit“ beschreibt, ob die Partner nur definierte Ergebnisse miteinander austauschen, oder ob sie die Ergebnisse in einem integrierten Vorgehen, beispielsweise in Form von Teamsitzungen, erarbeiten.

8. *Verteilung von Komponenten und*

9. *Verteilung von Aufgaben*

Die Form der Arbeitsteilung zwischen den Partnern wird mit diesen beiden Merkmalen charakterisiert. Eine Möglichkeit ist die getrennte Bearbeitung einzelner Komponenten des zu entwickelnden Produkts. In diesem Fall werden die Arbeitspakete entsprechend der Produktstruktur aufgeteilt. Eine andere Möglichkeit ist die Zuordnung der Arbeitspakete entsprechend der durchzuführenden Tätigkeit. Beispielsweise könnte ein Partner die CAD-Modellierung eines Bauteils übernehmen, ein anderer Partner könnte dieses Modell für eine Auslegungsrechnung mit einem FEM-System nutzen.

Neben diesen beiden Möglichkeiten kann auch gar keine spezifische Arbeitsteilung vorgesehen werden, oder sowohl nach Aufgabeninhalten als auch nach Komponenten verteilt werden.

10. *Anzahl der Schnittstellen*

Sowohl organisatorische als auch technische Schnittstellen erhöhen den zur Abstimmung nötigen Kommunikationsaufwand und vergrößern die Gefahr von fehlenden Informationen und Missverständnissen. Daher steigt mit der Anzahl dieser Schnittstellen auch die Schwierigkeit die zu bearbeitenden Aufgaben zufriedenstellend zu lösen.

11. *Datenzugriff*

Dieses Merkmal charakterisiert, ob alle beteiligten Partner Zugriff auf alle für sie relevanten Daten haben. Dabei sind sowohl die organisatorischen Schranken als auch die technischen Möglichkeiten zu untersuchen. Auf technischer Seite kann beispielsweise eine Firewall den Zugriff auf einen Server verhindern, auf organisatorischer Seite sind Fragen der Geheimhaltung und der Zugriffsbeschränkungen zu berücksichtigen.

12. *Kompetenz*

Wesentliche Probleme können auch entstehen, wenn ein Partner nicht über die Kompetenz verfügt, die zur Bearbeitung der Aufgabe nötig ist. Dabei ist sowohl auf die Fachkompetenz zu achten, als auch die soziale Kompetenz der beteiligten Personen zu berücksichtigen. Die Fachkompetenz bezieht sich dabei nicht nur auf die Kompetenz die zur Lösung der jeweiligen Aufgabe nötig ist, sondern auch auf die zum Verständnis der Arbeitsergebnisse der Partner nötige Kompetenz. Für eine erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit ist ein Grundverständnis für die jeweils andere Disziplin erforderlich, z.B. muss die verwendete Terminologie für alle Beteiligten verständlich sein und richtig interpretiert werden.

13. *Kapazität*

Je größer der Zeitdruck bei der Bearbeitung einer Aufgabe ist, desto weniger Zeit bleibt für die Abstimmung der Zusammenarbeit. Deshalb hat die verfügbare Kapazität für die Bearbeitung der Aufgabe einen großen Einfluss auf die Qualität der Zusammenarbeit.

14. *Werkzeugkompatibilität*

Mit dem Merkmal „Werkzeugkompatibilität“ wird erfasst, in wie weit die Partner Daten miteinander austauschen können. Im Gegensatz zum Merkmal „Datenzugriff“ sind hier aber nicht die Zugriffsmöglichkeiten an sich gemeint sondern vielmehr die Verwendbarkeit der ausgetauschten Daten mit den jeweils eingesetzten Werkzeugen. Im Vordergrund stehen also die technischen Schnittstellen (Import-/Exportmöglichkeiten, etc.).

15. *Methodenkompatibilität*

Im Gegensatz zur Werkzeugkompatibilität, die auf die technische Weiterverwendbarkeit von Ergebnissen Bezug nimmt, zielt die Methodenkompatibilität auf die inhaltliche Weiterverwendbarkeit von Arbeitsergebnissen ab. Die Frage hierbei ist, ob die Ergebnisse, die ein Partner durch die Anwendung seiner üblichen Methoden in der Produktentwicklung erzielt hat, der andere bzw. die anderen Partner im weiteren Verlauf der Entwicklung bei der Anwendung ihrer Methoden nutzen können.

Durch die Wahl einer speziellen Ausprägung jedes Merkmals wird die Verteilungssituation im betrachteten Projekt beschrieben. Im nächsten Schritt werden aus diesem charakteristischen Profil typische Probleme, die in einem auf diese Weise verteilten Projekt auftreten können, abgeleitet.

6.1.2 Typische Probleme in verteilten Entwicklungsprozessen

Auf Basis von Analysen realer Entwicklungsprojekte sowie durch theoretische Überlegungen und Literaturrecherchen wurde eine umfangreiche Liste von Problemen erarbeitet, die typisch für bestimmte Ausprägungen einzelner Merkmale des Merkmalsystems sind. Da ein und das selbe Problem seine Ursache in mehreren Merkmalen haben kann und je nach Ausprägung unterschiedlich ins Gewicht fällt, wurde die Zuordnung von Problemen zu den Ausprägungen der Merkmale mit einer Gewichtung versehen. Diese Gewichtung basiert auf den Erfahrungen, die in ersten untersuchten Entwicklungsprojekten gesammelt wurden und wurde an weiteren Entwicklungsprojekten überprüft. Ein Ausschnitt aus der Zuordnungsmatrix ist in Bild 6-4 dargestellt.

Problemstellung:	Merkmale																	
	M01			M02			M03			M04		M05			M06			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2		
Kooperation:																		
Zielfindung	1	4	8									2	5					
Konsensfindung	1	4	8									2	5					
gegenseitiges Verstehen: Verständnis der Ergebnisse, Verständnis der Vorgehensweisen	1	3	6															
Organisation der Zusammenarbeit und Abläufe																		
Abstimmen der Tätigkeiten, Synchronisation der Prozesse	1	4	8				6	6										
Verteilte und sich überlappende Verantwortlichkeiten																		
Arbeiten mit gemeinsamen Modellen	1	2	4															
Koordination der Partner	1	3	6															
Verschiedenheit der Organisations- bzw. Unternehmenskultur	1	2	4								2	5						
Verschiedenheit von Werkzeugen und Methoden	1	2	4								1	3	5					
Abhängigkeiten														1	3	5		
Infrastruktur														1	2	5		
Breite und Tiefe des internen Know-hows														1	2	5		
Verlust von Know How												5						
Anpassung der Organisationsstrukturen														4	2	1		
Hierarchieebenen														4	2	1		
Fähigkeit zum Wandel														5	3	2		
Unterschiedliche Gewichtung der Aufgaben											1	3	5			1		
Gewichtung der Zusammenarbeit														4	2	1		
Blick für das Gesamtsystem (throw-it-over-the-wall-Mentalität)																1		
Kennen der Wirkbeziehungen																1		
Verfügbarkeit von Mitarbeitern				1	3	5						1	3	5				
Informationsfluß:																		
Umgang mit unscharfem Informationsgehalt							6	6								3		
Zuteilung der Informationen	2	3	4	1	3	5										2		
Daten- und Dok. austausch	3	5	7	1	3	5	4	1	4							5		
Geheimhaltung	3	4	5													5		
Datenhaltung	1	2														5		

Bild 6-4: Ausschnitt aus der Zuordnungsmatrix Probleme ↔ Merkmalsausprägungen

Nach der Ermittlung des Verteilungsprofils mit Hilfe der im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Merkmale und ihrer Ausprägungen, werden nun die zugehörigen Probleme gesammelt und mit den zugeordneten Gewichtungen notiert (vgl. Bsp. für drei Merkmale und drei Problemstellungen in Bild 6-5). Falls ein Problem bei mehreren Merkmalen genannt wird, werden die zugehörigen Gewichtungen addiert. Das Ergebnis dieses Arbeitsschritts ist eine gewichtete Liste von Problemen, die in dem untersuchten Projekt auftreten könnten. Die

Gewichtung gibt einen Anhaltspunkt, welche der Probleme mit besonders großer Wahrscheinlichkeit auftreten werden, und wie schwerwiegend dieses Problem für das Projekt sein kann. Ebenso ist eine Addition der Gewichtungen für jedes Merkmal möglich. Dadurch können die Merkmale identifiziert werden, die die meisten Probleme verursachen. Eventuell können dann auch Maßnahmen ergriffen werden, um die Ausprägungen dieser Merkmale gezielt zu verändern.

	Zahl der Partner			Ort			Zeit			Summe der Gewichtungen für die Problemstellung
	2	>2	viele	Raum	Standort	Land	parallel	sequen-tiell	Misch-form	
Umgang mit unscharfem Informationsgehalt						6			6	6
Zuteilung der Informationen	2	3	4	1	3	5				8
Daten- und Dokumenten-austausch	3	5	7	1	3	5	4	4	4	14
Summe der Gewichtungen für die Merkmale	8			10			10			

Bild 6-5: Vorgehen zur Ermittlung der Gewichtungen

Da das Merkmalsystem allgemein auf jedes Entwicklungsprojekt anwendbar sein soll, bewegen sich die gesammelten Probleme auf einem relativ hohen Abstraktionsniveau. Es werden also nicht spezielle Probleme aufgelistet, sondern vielmehr die Problemfelder aufgezeigt, die für das untersuchte Projekt relevant sind. Ebenso kann die Gewichtung der Probleme im speziellen Fall von der mit dem Merkmalsystem gewonnenen Gewichtung abweichen. Ein Beispiel hierfür ist das Problem der Geheimhaltung, das von vielen Merkmalen beeinflusst wird und damit im Merkmalsystem oft als schwerwichtiges Problem erkannt wird. Im speziellen Fall eines Projektes, an dem nur Mitarbeiter eines Unternehmens beteiligt sind, kann dieses Problem jedoch z.B. überhaupt keine Bedeutung haben.

6.1.3 Lösungsansätze zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse

Der dritte Bestandteil des Merkmalsystems „Verteilte Produktentwicklung“ ist die Lösungsmatrix (Bild 6-6). Diese Matrix beinhaltet Lösungsansätze, mit denen die Probleme, die bei der Anwendung der Merkmalmatrix ermittelt wurden, vermieden oder zumindest in ihrer Auswirkung auf das Entwicklungsprojekt eingeschränkt werden können. Da auch bei der Erstellung der Lösungsmatrix auf möglichst allgemeine Verwendbarkeit der enthaltenen

Lösungsvorschläge geachtet wurde, liefert die Anwendung dieses Werkzeugs keine konkreten, direkt umsetzbaren Lösungen für spezielle Probleme. Sie zeigen lediglich Wege zu einer verbesserten Situation im Projekt auf, die spezifisch auf die Bedürfnisse eines speziellen Falles angepasst werden müssen.

Problemstellungen		Beispiele/ Erläuterungen	Lösungsansätze
Informationsfluss			
Produktdokumentation	aktuelle und transparente Darstellung und Archivierung von Merkmalen, die ein Produkt beschreiben	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einigung auf die das Produkt beschreibenden Merkmale: <ol style="list-style-type: none"> a. Einführen eines Produktmodells [Ande-96]: b. Abbildung von Produktinformationen aus den Phasen des Produktlebenszyklusses c. Abbildung von verschiedenen physikalischen Produkteigenschaften Berücksichtigung der Sichtweisen der Anwendungsgebiete 2. Einführung eines aktuellen und transparenten Änderungsmanagements (siehe auch Problemstellung Informationsfluß/Daten- und Dokumentenaustausch) 3. Dokumentation verworfener Produktvarianten zur Vermeidung von „doppelter“ Arbeit (auch der Gründe, warum Produktvariante verworfen wurde) 4. Dokumentation der Produkthistorie 	
Prozessdokumentation	aktuelle und transparente Darstellung und Archivierung von Merkmalen, die ein Prozess beschreiben	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modellierung der Abläufe von Prozessen (basierend auf einer Prozessanalyse oder als Szenario): u.U. Unterstützung durch DV-Werkzeuge wie ARIS, Bonapart, Mo2Go 2. Protokollwesen: Protokolle in Datenbanken ablegen und mit einer Schnittstelle (z.B. 	

Bild 6-6: Ausschnitt aus der Lösungsmatrix

6.1.4 Randbedingungen von Entwicklungsprozessen

Neben den oben beschriebenen charakteristischen Merkmalen verteilter Entwicklungsprozesse lassen sich auch Randbedingungen ermitteln, die wesentlichen Einfluss auf diese Prozesse haben. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die persönlichen Eigenschaften der beteiligten Projektbearbeiter sowie die technischen Hilfsmittel die für die Unterstützung der Entwicklung zur Verfügung stehen.

Diese Randbedingungen können mit Hilfe von Checklisten untersucht werden. Bei der Analyse bereits laufender Entwicklungsprojekte lassen sich mit deren Hilfe mögliche Lücken und Problemquellen gezielt erkennen. Bei der Planung neuer Projekte können sie wichtige Hinweise für die Bereitstellung von Werkzeugen bzw. für die Auswahl und Schulung von

Projektarbeitern liefern. In Bild 6-7 ist beispielhaft ein Ausschnitt aus der Checkliste für den Faktor Mensch dargestellt.

Faktor Mensch (Sozialkompetenz)			
Beschreibung		Bewertung	
Teamfähigkeit			
	Fähigkeit zur Kanalisierung unterschiedlicher Interessen	ausreichend	nicht ausreichend
	Fähigkeit zur Bündelung heterogenen Wissens zum Zwecke der Problemlösung	ausreichend	nicht ausreichend
	Integration in eine Gruppe	ausreichend	nicht ausreichend
	Fähigkeit zum Knüpfen sozialer Kontakte	ausreichend	nicht ausreichend
	Kooperationsfähigkeit	ausreichend	nicht ausreichend
	Identifikation mit der Gruppe	ausreichend	nicht ausreichend
	Bereitschaft zur gemeinsamen Zielerreichung		

Bild 6-7: Ausschnitt aus der Checkliste „Faktor Mensch“

6.1.5 Werkzeug „MMS“

Um die Anwendung des oben beschriebenen Merkmalsystems möglichst einfach zu halten, wurde das Werkzeug „MMS“ entwickelt, das den Benutzer unterstützt. Basierend auf Internettechnologien wie HTML und JAVA lässt sich das Werkzeug von jedem Arbeitsplatz aus benutzen, der über einen Webbrowser verfügt. Der Anwender des Systems wird Schritt für Schritt durch die Erstellung des Verteilungsprofils geführt, aus dem dann automatisch die gewichtete Problemliste generiert wird. Diese Liste wird dem Benutzer, zusammen mit den zugeordneten Lösungsvorschlägen, angezeigt und kann zur weiteren Bearbeitung ausgedruckt werden. Auf gleiche Weise lassen sich auch die Checklisten für die Faktoren Mensch und Technik bearbeiten. Bild 6-8 zeigt beispielhaft die Eingabemaske für das Merkmal „Ort“.

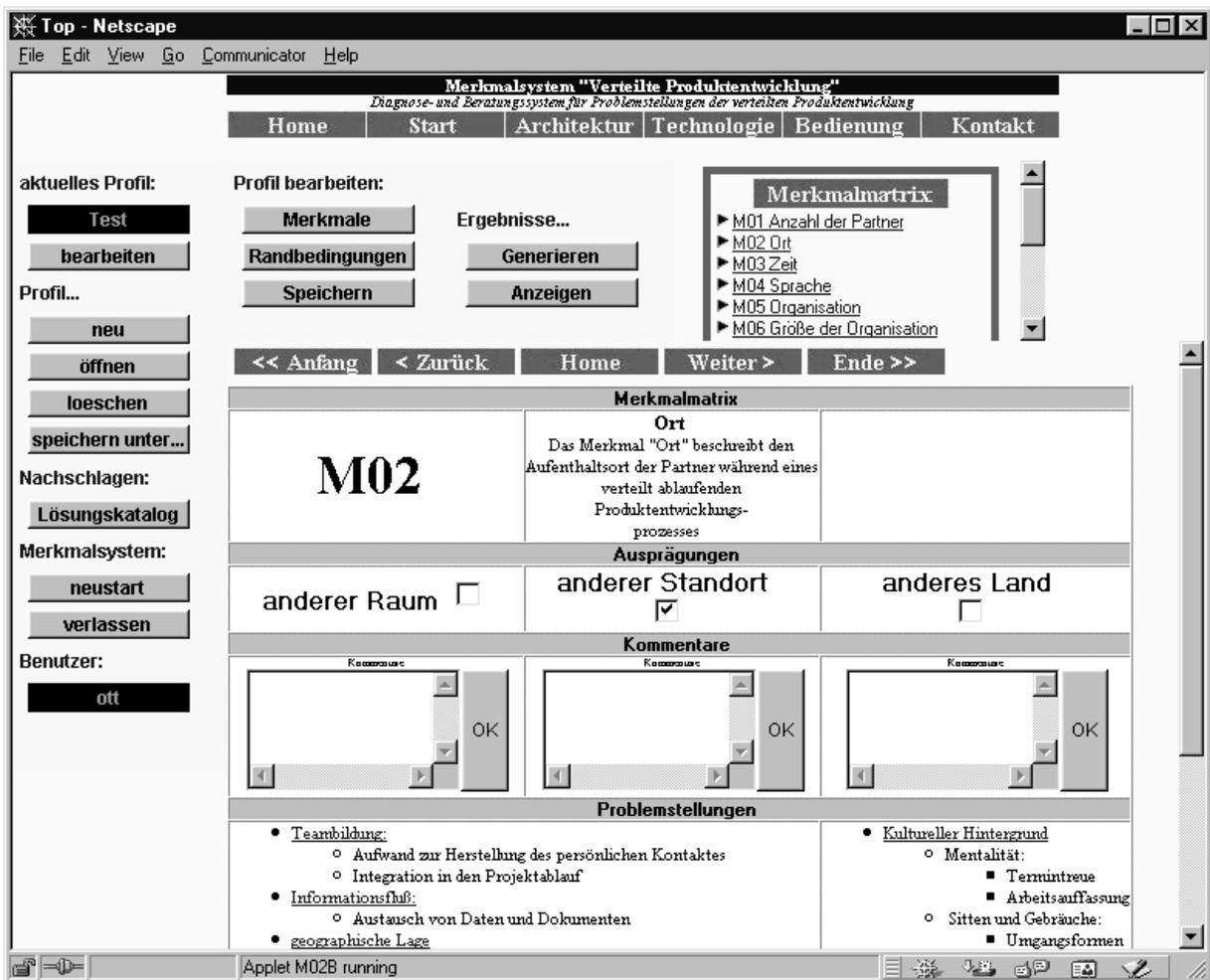


Bild 6-8: Eingabemaske des Werkzeugs „MMS“

Um die Erkenntnisse, die im Laufe der Zeit mit der Durchführung verteilter Projekte gewonnen werden, zu speichern und nutzbar zu machen, wird das Werkzeug zu einem Erfahrungsspeicher weiterentwickelt (ANDERL & OTT 2000). Dazu wird die derzeit starre Zuordnung von Merkmalsausprägungen zu typischen Problemen (vgl. Bild 6-4 und Bild 6-5) durch ein neuronales Netz ersetzt, das mit den Ergebnissen von Prozessanalysen trainiert wird und um neue Erfahrungen erweitert werden kann.

6.1.6 Einsatz des Merkmalsystems

Für die Nutzung des Merkmalsystems „Verteilte Produktentwicklung“ sind zwei Anwendungsfälle möglich. Zum einen kann das Merkmalsystem zur Analyse und Verbesserung eines bereits laufenden Projektes eingesetzt werden. Zum anderen kann es jedoch auch zur Vorbereitung neuer Projekte genutzt werden, um von Beginn des Projektes an

möglichst günstige Voraussetzungen für eine reibungslose Durchführung zu schaffen und auf mögliche Probleme vorbereitet zu sein.

6.1.6.1 Verbesserung bereits laufender Projekte mit Hilfe des Merkmalsystems

Um ein objektives Bild der Situation im Projekt zu erhalten, sollte die Anwendung des Merkmalsystems von einem nicht zum Projektteam gehörenden Mitarbeiter durchgeführt werden. Darüber hinaus sollte auch darauf geachtet werden, dass alle Partner (auch externe Partner) im verteilten Projekt mit in die Analyse des Prozesses und die anschließende Definition von Verbesserungsmaßnahmen einbezogen werden.

Bei der Analyse eines bestehenden Projekts wird zunächst eine Prozessanalyse durchgeführt. Dabei hat es sich bewährt, mit semi-strukturierten Interviews mit den wichtigsten Projektmitarbeitern zu beginnen, die dann bei Bedarf weitere Ansprechpartner nennen können. Eine Frageliste (vgl. Kap. 10.1) stellt dabei sicher, dass keine wesentlichen Punkte ausgelassen werden. Gleichzeitig ermöglicht diese Interviewform auch „zwischen den Zeilen zu lesen“, und so Probleme aufzudecken die nicht direkt artikuliert werden. Durch dieses Vorgehen wird schnell der generelle Ablauf im Projekt sowie die Vernetzungsstruktur des Projekts klar. Parallel zur Durchführung der für die Prozessanalyse nötigen Interviews können die Randbedingungen des Projekts mit Hilfe der Checklisten erfasst werden.

Falls die Strukturen im Projekt sehr komplex sind oder es erkennbar wird, dass die Beteiligten unterschiedliche Sichtweisen auf die Verteilungssituation haben, ist es sinnvoll einen Workshop durchzuführen in dem das erarbeitete Prozessmodell visualisiert und mit allen Beteiligten diskutiert wird. Allein dieser Schritt kann schon zu großen Verbesserungen im Projekt führen, da anschließend alle Beteiligten die Sichtweisen ihrer Partner kennen und Unklarheiten ausgeräumt werden können.

Auf das abgestimmte Prozessmodell kann im nächsten Schritt das Merkmalsystem angewendet werden. Die Ergebnisse daraus müssen auf ihre Anwendbarkeit in der speziellen Situation des Projekts hin überprüft werden. Darüber hinaus ist zur Umsetzung meist eine Konkretisierung der Lösungsvorschläge nötig. Da eine effektive Umsetzung der Lösungsvorschläge nur mit Unterstützung der Betroffenen möglich ist, sollten die Maßnahmen zur Umsetzung anschließend in einem weiteren Workshop mit allen Betroffenen diskutiert und gemeinsam beschlossen werden.

Da sich die Zusammenarbeit innerhalb des Projekts normalerweise während der Projektlaufzeit ändert, ist es sinnvoll den Erfolg der durchgeführten Maßnahmen in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren und gegebenenfalls das Merkmalsystem erneut anzuwenden.

6.1.6.2 Einsatz des Merkmalsystems bei der Planung zukünftiger Projekte

Während bei der Verbesserung bereits laufender Projekte das Verteilungsprofil des Projekts bereits fest steht und analysiert werden muss, kann bei der Vorbereitung eines Projekts die Art der Zusammenarbeit noch beeinflusst werden. Mit Hilfe des Merkmalsystems können verschiedene Verteilungsszenarien schnell charakterisiert und bewertet werden. Durch den Vergleich der möglichen Probleme, die in den verschiedenen Szenarien auftreten könnten, kann eine Auswahl des günstigsten Szenarios erfolgen. Zusätzlich können Präventivmaßnahmen ergriffen werden, mit denen die Auswirkungen der verbleibenden Probleme eingedämmt werden können.

6.2 Teamentwicklung in verteilten Teams

Ein Großteil der Probleme, die bei der verteilten Bearbeitung von Projekten auftreten, liegen im mangelnden Teamgeist begründet. Durch die eingeschränkten Möglichkeiten der direkten Kontaktaufnahme ist die Entwicklung des Teams stark behindert. Daher muss die Teamentwicklung in verteilten Teams besonders beachtet werden.

In den untersuchten Entwicklungsprojekten konnten keine grundlegend neuen Eigenschaften verteilter Teams gegenüber konventionellen, an einem Ort zusammenarbeitenden Teams beobachtet werden. Die Teammitglieder nehmen die selben Rollen ein, die auch in „normalen“ Teams vorhanden sind. Auch die auftretenden Probleme sind prinzipiell die selben (s. z.B. FRANKENBERGER 1997), allerdings nehmen die Auswirkungen dieser Probleme zu. Gleichzeitig wird die Lösung der Probleme durch die Verteilung stark verkompliziert.

Bei der Bildung eines Teams werden verschiedene Phasen durchlaufen (vgl. Kap. 2.3). In diesen Phasen werden hauptsächlich die sozialen Strukturen innerhalb des Teams festgelegt. Dazu ist die Kommunikation zwischen den Teammitgliedern unverzichtbar. In verteilten Teams werden diese Teambildungsprozesse stark behindert, da die Kommunikationsmöglichkeiten nur eingeschränkt vorhanden sind. Die überwiegend eingesetzten Kommunikationsmedien können nicht das gesamte Spektrum der menschlichen Ausdrucksmöglichkeiten vermitteln. Dies kann nur in face-to-face Meetings erreicht werden, die in verteilten Projekten aufgrund der Entfernung zwischen den Partnern nur selten möglich sind.

Um trotzdem ein effizientes Team zu formen, müssen spezielle Maßnahmen getroffen werden, die diesen Nachteil ausgleichen. Besondere Bedeutung kommt dabei einem Kick-Off-Meeting zu, in dem durch das persönliche Kennenlernen eine Vertrauensbasis geschaffen werden kann die das gemeinsame Arbeiten überhaupt erst ermöglicht. Der Schwerpunkt dieses Kick-Off-Meetings sollte dementsprechend auch auf der Bildung und Stärkung der

sozialen Beziehung zwischen den Teammitgliedern liegen. Neben fachlichen Diskussionen und erster gemeinsamer Arbeit sollte daher genügend Zeit für informelle Gespräche und gemeinsame Unternehmungen eingeplant werden.

Im Verlauf des Projekts können immer wieder Missverständnisse zwischen den Teammitgliedern entstehen, die durch die eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten nicht sofort geklärt werden können. Diese Missverständnisse können sich anhäufen und damit die Vertrauensbasis des Teams schwächen. Einen ähnlichen Effekt haben Entscheidungen, die nicht für alle Teammitglieder nachvollziehbar sind. Deshalb muss die Stimmung in einem verteilten Team ständig überwacht werden, damit rechtzeitig entsprechende Maßnahmen ergriffen werden können (vgl. auch CARMEL 1999).

Die kulturellen Unterschiede zwischen den Teammitgliedern haben ebenfalls einen großen Einfluss auf die Teambildung. Dies wirkt sich allerdings hauptsächlich dann aus, wenn diese Unterschiede sehr groß sind und damit das gegenseitige Verstehen und die Zusammenarbeit behindern. Die Kooperation zwischen Amerikanern und Deutschen ist beispielsweise durch kulturelle Unterschiede nicht besonders erschwert, wohingegen die Zusammenarbeit mit Teammitgliedern aus dem asiatischen Raum durch die vollständig anderen sozialen Verhaltensregeln sehr kompliziert werden kann.

Weiter kann beobachtet werden, dass die Teambildung in verteilten Teams in mehreren Schritten abläuft. Analog zu den Phasen, die ein konventionelles Team durchläuft (vgl. Kap. 2.3) muss sich auch ein verteiltes Team entwickeln. Allerdings werden die Teamphasen mehrfach durchlaufen. Zunächst bilden sich, aufgrund der Möglichkeit zum einfachen Aufbau informeller Kontakte, aus den einzelnen Individuen lokale Teams. Die Entwicklung der Beziehungen zwischen den einzelnen Standorten dauert im Vergleich dazu länger, da die Teammitglieder weniger Gelegenheit dazu haben sich näher kennen zu lernen. Daher erfolgt die Bildung des Gesamtteams erst später in einem zweiten Schritt (Bild 6-9). Dabei werden erneut Rollen zwischen den einzelnen Teammitgliedern verteilt, die sich durchaus von den Rollen, die sie in den lokalen Teams übernehmen, unterscheiden können.

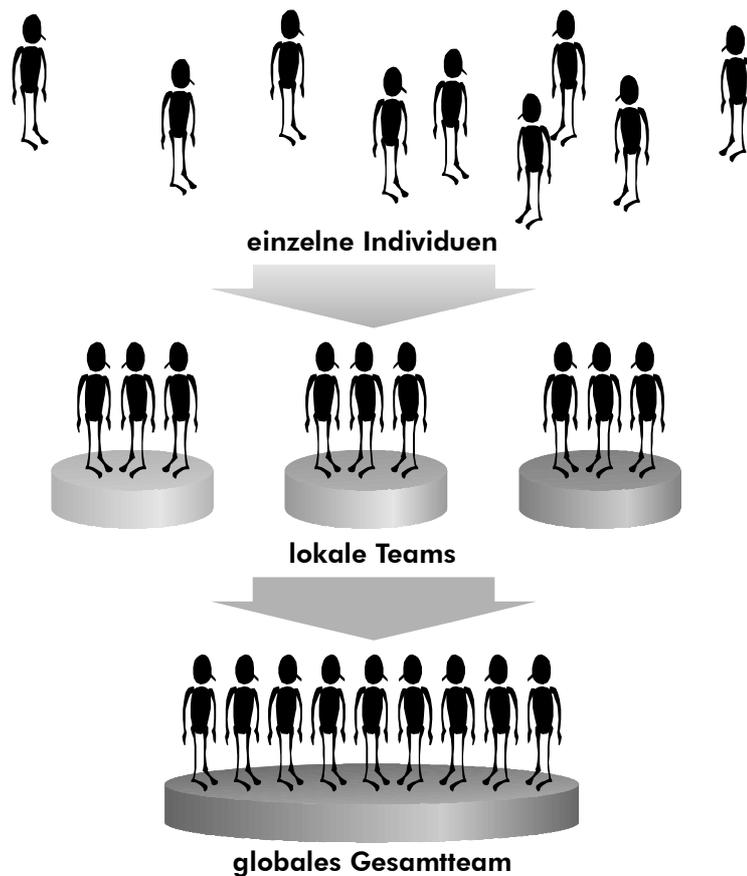


Bild 6-9: *Bildung des Gesamtteams*

6.3 Kommunikation und Informationslogistik

Um die Probleme der Teamentwicklung in den Griff zu bekommen sowie einen reibungslosen Transfer der Entwicklungsergebnisse von einem Partner zum anderen sicherzustellen kommt der Kommunikation und Informationslogistik in verteilten Umgebungen besondere Bedeutung zu.

Wie bereits im Kapitel 2.5 dargestellt wurde, ist die Verfügbarkeit der richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort von entscheidender Bedeutung für den Erfolg eines verteilt bearbeiteten Projekts. Dabei gilt es, zunächst die relevanten Informationen zu identifizieren und anschließend das jeweils passende Medium aus der Vielfalt der verfügbaren Möglichkeiten auszuwählen. Insbesondere hat die Entwicklung von internetbasierten Werkzeugen, die in den letzten Jahren eingesetzt hat, zahlreiche Werkzeuge hervorgebracht, die sich in verteilten Umgebungen nutzbringend einsetzen lassen.

Neben den traditionellen Medien wie Telefon, Fax und Post ist auch die Nutzung von multimedialen Diensten, wie z.B. Videokonferenzen oder Applicationsharing¹², möglich. Der Austausch größerer Datenmengen ist schnell und einfach durchführbar. Allerdings sind viele der Werkzeuge noch in einem frühen Entwicklungsstadium, und mangelnde Stabilität sowie Schnittstellenprobleme behindern die Nutzung im produktiven Einsatz. Trotzdem lassen sich schon heute die Potenziale dieser Werkzeuge erkennen.

Bei der angebotenen Vielzahl von möglichen Kommunikationsmedien und -hilfsmitteln stellt sich zunehmend das Problem der Auswahl eines in einer bestimmten Situation besonders geeigneten Kommunikationsweges. Um diese Auswahl zu unterstützen, wurde das *House of Communication* (HoC) entwickelt. Dieses Verfahren, das sich an die Methodik des QFD (z.B. REINHART et al. 1996, S. 53ff) anlehnt, versucht die Auswahl von Kommunikationsmedien und -hilfsmitteln zu erleichtern, indem sie hinsichtlich bestimmter Eigenschaften klassifiziert werden und gleichzeitig die Wichtigkeit dieser Eigenschaften für die Übermittlung von bestimmten Informationstypen bestimmt wird. Durch einen Vergleich der benötigten Eigenschaften mit den Stärken und Schwächen der einzelnen Werkzeuge und Medien können besonders geeignete Kommunikationsformen ermittelt werden. Da es meist einfacher ist, die notwendigen Eigenschaften für eine bestimmte Kommunikationssituation zu bestimmen als direkt das ideale Kommunikationsmedium zu benennen, wird durch dieses Vorgehen eine systematische Auswahl von Medien und Werkzeugen ermöglicht.

Anhand von Bild 6-10 kann das Vorgehen des HoC erläutert werden. Im ersten Schritt werden die zu übermittelnden Informationen daraufhin untersucht, welche Eigenschaften ein Kommunikationsmedium haben muss, das diese Informationen effizient übermitteln kann (Bewertungsmatrix 1). Anschließend werden die Kommunikationsmedien und -werkzeuge hinsichtlich ihrer Eigenschaften analysiert (Bewertungsmatrix 2). Durch einen Vergleich der sich daraus ergebenden Profile der Medien und Werkzeuge mit den Anforderungsprofilen der zu übermittelnden Informationen können die idealen Hilfsmittel ermittelt werden. Da selten ein Medium alleine das Anforderungsprofil voll erfüllt, können gezielt Kombinationen der Hilfsmittel ausgewählt werden, die sich gegenseitig ergänzen. Dazu kann in der Korrelationsmatrix festgehalten werden, welche Kommunikationsmedien und -werkzeuge besonders gut oder schlecht miteinander kombinierbar sind.

¹² gemeinsame Nutzung von Anwendungen und Bearbeitung von Dokumenten

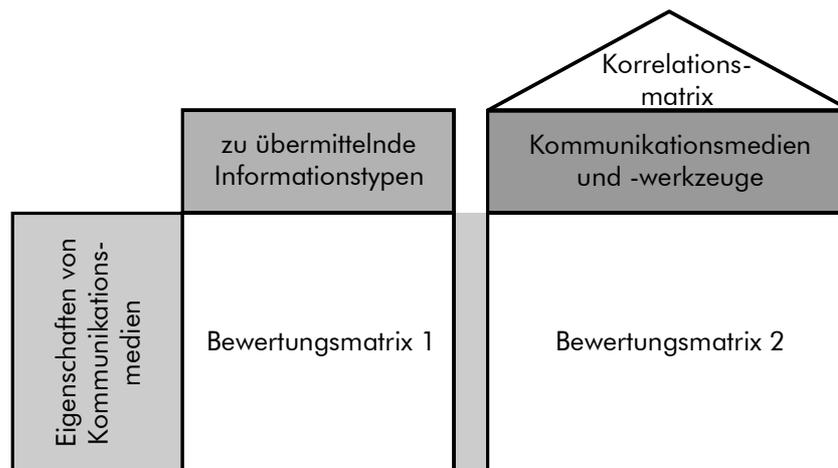


Bild 6-10: House of Communication

Die Eigenschaften der Kommunikationsmedien entsprechen somit den Kundenforderungen im QFD, die erste Bewertungsmatrix enthält die Gewichtung der Eigenschaften aus Sicht des „Kunden“. Die zweite Bewertungsmatrix stellt schließlich die Verknüpfung zwischen den von den „Kunden“ gewünschten Eigenschaften mit den verfügbaren „Produktfunktionen“ dar.

Ein Beispiel für ein ausgefülltes HoC ist in Bild 6-11 dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass es ausreicht in einem Protokoll nachzusehen um beispielsweise einen Ansprechpartner zu finden. Wenn es jedoch um eine Diskussion über eine technische Aufgabenstellung geht, erfüllt keines der Medien alle Anforderungen. Hier kann z.B. ein Face-to-face-Meeting mit einem Protokoll verbunden werden. Ebenso zeigt das HoC, dass ein Telefonat gut durch begleitende Email- oder Faxnachrichten zum Austausch von Dokumenten unterstützt werden kann. Eine Kombination eines Briefes mit einem Telefonat ist allerdings aufgrund der langen Transportzeit des Briefes weniger sinnvoll.

Das dargestellte Beispiel zeigt das dem HoC zugrundeliegende Prinzip. Die typischen Kommunikationssituationen sowie die verfügbaren Kommunikationsmedien und -hilfsmittel sind jedoch unternehmensabhängig, daher kann das HoC nicht allgemeingültig ausgefüllt werden. Ebenso kann die Liste der Kommunikationseigenschaften um weitere Merkmale erweitert werden.

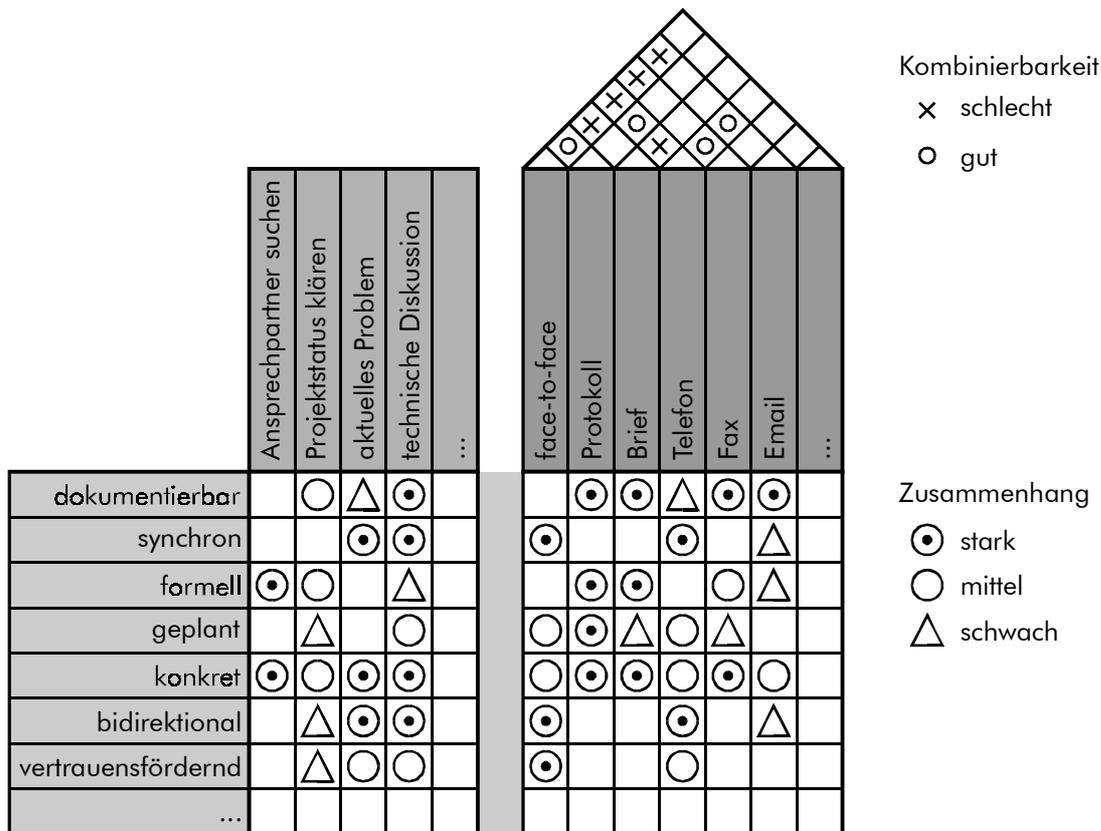


Bild 6-11: Beispiel für ein House of Communication

6.4 Vorgehen zur Planung und Durchführung von verteilten Entwicklungsprojekten

Die Vorbereitung und Durchführung verteilter Entwicklungsprojekte erfordert eine systematische Vorgehensweise, die den Erfordernissen der Verteilung gerecht wird und die oben dargestellten Erkenntnisse und Methoden berücksichtigt. In diesem Kapitel soll daher beschrieben werden, wie ein verteiltes Entwicklungsprojekt geplant, durchgeführt und gesteuert werden kann. Dabei wird hier ein generelles Vorgehen beschrieben, das für den Einsatz in einem speziellen Unternehmen adaptiert werden muss (s. z.B. VIERTLBÖCK 2000, STETTER 2000).

6.4.1 Planung verteilter Entwicklungsprojekte

Entsprechend den unterschiedlichen Planungsebenen des Managements (z.B. SPECHT 1997, S. 99) – strategisch, taktisch und operativ – kann auch die Planung eines verteilten Entwick-

lungsprojekts in drei Ebenen unterteilt werden. Auf der *strategischen Ebene* stehen prinzipielle Entscheidungen im Vordergrund, durch die Vorgaben für die Verteilungssituation im Projekt gegeben werden. Bei der Betrachtung der *taktischen Ebene* geht es um die Strukturierung des Projekts, während auf der *operativen Ebene* der detaillierte Prozessablauf geplant wird. Dabei ist eine scharfe Trennung in die drei Ebenen nicht immer möglich, vielmehr überlappen sich die Planungsebenen teilweise.

6.4.1.1 Strategische Ebene

Die Verteilung von Aufgaben innerhalb eines Entwicklungsprojekts erfolgt nicht immer nur aufgrund der Anforderungen, die ein spezielles Projekt an das Unternehmen stellt. Vielmehr werden häufig Entscheidungen hinsichtlich der Einbindung von Zulieferern etc. auf Basis von unternehmenspolitischen Erwägungen getroffen. Diese Vorgaben werden auf der strategischen Ebene der Planung festgelegt.

Auf dieser strategischen Betrachtungsebene werden Rahmenbedingungen festgelegt, die eine bestimmte Form der Verteilung erzwingen können (Bild 6-12). Beispielsweise führt Outsourcing dazu, dass verstärkt Systemlieferanten in die Entwicklungsprozesse integriert werden müssen. Die Überlegungen auf dieser Ebene berücksichtigen nicht unbedingt die konkreten Erfordernisse eines Projekts, sondern können auch mittel- bis langfristige Unternehmensziele zum Inhalt haben.

Durch diese Vorgaben wird der Entscheidungsspielraum auf den nachfolgenden Ebenen eingeschränkt. Das Ziel der taktischen und operativen Planung ist somit, die Auswirkungen von (aus Sicht der verteilten Bearbeitung) negativen Vorgaben zu verringern und den Entwicklungsablauf innerhalb der gesetzten Grenzen zu optimieren.

Ziel der Verteilung	mögliche Auswirkung
Zeitersparnis	Für die Parallelisierung der Arbeit ist die Bildung möglichst gut abgegrenzter Arbeitspakete nötig. Falls die Arbeit rund um die Uhr erfolgen soll, sollten möglichst gleich große Arbeitspakete mit klaren Schnittstellen definiert werden.
externes Know-how integrieren	Wenn das Know-how intern nicht in der nötigen Zeit verfügbar ist, ist eine Verteilung der Aufgabenumfänge, die nicht selbst bearbeitet werden können, an kompetente Entwicklungspartner erforderlich. Evtl. ist die Einbeziehung von Partnern aus dem Forschungsbereich (Hochschule etc.) sinnvoll.
Know-how aufbauen	Zum Aufbau von eigenem Know-how ist eine enge Zusammenarbeit mit Know-how-Lieferanten anzustreben.
Local Content	Zur Erfüllung von Forderungen der Abnehmerländer werden Produktions- bzw. FuE-Kapazitäten in das jeweilige Land verlagert. Diese Ressourcen müssen dann möglichst effizient genutzt werden
Outsourcing	Die Qualifizierung der Zulieferer zu Systemlieferanten macht eine Einbindung in den Entwicklungsablauf erforderlich.
Konzentration auf Kernkompetenzen	Die Reduzierung der Entwicklungstätigkeit auf die Kernkompetenzen eines Unternehmens erhöht die Notwendigkeit der Einbindung von Systemlieferanten.
Kosteneinsparung	Die gezielte Verlagerung von Arbeitspaketen in Niedriglohnländer erfordert eine effiziente Einbindung in die Entwicklungsabläufe.
Kapazitätsausgleich	Durch Fusionen, Firmenkäufe oder andere Gründe vorhandene, weltweit verteilte Kapazitäten müssen möglichst gleichmäßig ausgelastet werden.
Kundennähe	Wenn die Verteilung erfolgt, um näher am Absatzmarkt zu operieren, müssen besonders die kundenrelevanten Arbeitsumfänge am dem Kunden nächstgelegenen Standort durchgeführt werden.
gezielte Nutzung von Mentalitätsunterschieden	Durch die interkulturelle Zusammensetzung eines Teams können unterschiedliche Ausbildungswege und Wertesysteme zur Stärkung der Innovationsfähigkeit genutzt werden.
Splittung von Know-how	Zur Wahrung der Geheimhaltung kann es sinnvoll sein wichtige Details von verschiedenen Partnern bearbeiten zu lassen. Dadurch hat keiner der Partner die vollständigen Informationen

Bild 6-12: Gründe für verteiltes Arbeiten und mögliche Auswirkungen auf die Verteilungssituation (Beispiele)

6.4.1.2 Taktische Ebene

Auf taktischer Ebene haben sich insbesondere vier Parameter herauskristallisiert, die maßgeblichen Einfluss auf die Verteilung von Aufgaben in einem Entwicklungsprojekt haben. Ein Parameter sind die *wechselseitigen Abhängigkeiten*, die zwischen einzelnen Komponenten oder Aufgaben bestehen. Daneben spielen auch die *Anzahl der Partner*, die *Dauer der Kooperation* und der *Innovationsgrad* eine wesentliche Rolle.

Wechselseitige Abhängigkeiten

Taktische Entscheidungen zur Verteilung haben die Strukturierung des Projekts zum Inhalt. Hierbei müssen möglichst eindeutige Schnittstellen zwischen den verteilt zu bearbeitenden Komponenten bzw. Aufgaben¹³ definiert werden. Anhand einer Untersuchung der gegenseitigen Einflussnahme mit Hilfe einer Einflussmatrix (Bild 6-13) können kritische Komponenten identifiziert werden.

<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">wird beeinflusst von</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">hat Einfluss auf</div>	K1	K2	K3	K4	K5	Einflussnahme
K1	X	1	1	0	3	5
K2	1	X	0	1	2	4
K3	3	2	X	2	2	9
K4	1	2	0	X	2	5
K5	3	2	3	3	X	11
Beinflussbarkeit	8	7	4	6	9	

Bild 6-13: *Beeinflussungsmatrix*

¹³ Die folgenden Betrachtungen beziehen sich sowohl auf Komponenten als auch auf Aufgaben. Zur Verbesserung der Lesbarkeit wird im Folgenden jedoch nur der Begriff „Komponente“ stellvertretend für beide Begriffe verwendet.

Durch eine grafische Aufbereitung der Zahlenwerte in einem Portfolio (Bild 6-14) lassen sich die Komponenten, analog der Einteilung bei einer Einflussfaktoren-Matrix (AMBROSY 1997, S. 52, ULRICH & EPPINGER 1995, S. 262), in

- ♦ **aktiv**: beeinflussen andere Komponenten stark, werden aber selbst kaum beeinflusst
- ♦ **reaktiv**: werden selbst stark beeinflusst, beeinflussen andere wenig
- ♦ **kritisch**: beeinflussen andere stark und werden selbst stark beeinflusst
- ♦ **puffernd**: werden wenig beeinflusst und beeinflussen auch andere wenig

klassifizieren.

Die kritischen Komponenten nehmen somit eine zentrale Stellung im Entwicklungsprojekt ein. Wenn diese Komponenten (z.B. K5 in Bild 6-14) verteilt bearbeitet werden, steigt der Abstimmungsaufwand, der zur Sicherstellung von kurzen Änderungszyklen nötig ist, extrem an. Sie sind deshalb besser zentral zu entwickeln. Die verteilte Entwicklung von puffernden Komponenten ist demgegenüber unkritisch, da diese Teile weitgehend unabhängig von den restlichen Komponenten bearbeitet werden können.

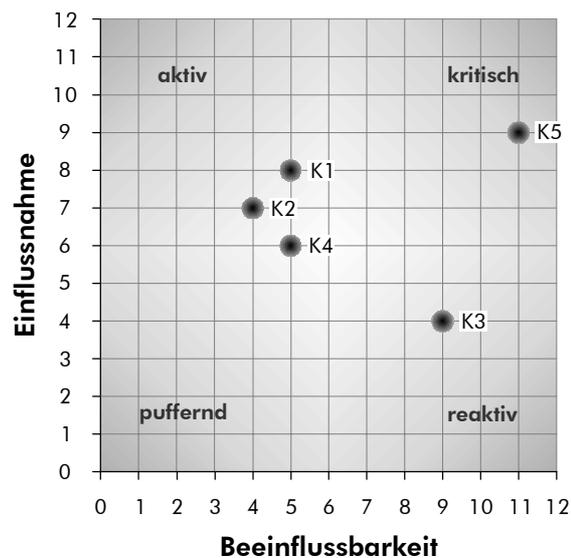


Bild 6-14: Beeinflussungs-Portfolio, K1-K5: Komponenten aus Bild 6-13

Anzahl der Partner

In engem Zusammenhang mit den wechselseitigen Abhängigkeiten steht auch die Anzahl der Partner, die an einem Projekt beteiligt werden. In der Informatik sind solche Effekte bei Multiprozessorsystemen untersucht und im sogenannten *Amdahls Gesetz* mathematisch beschrieben worden (SCHWABE 1998). Demnach wird die Leistung eines Multiprozessorsystems im wesentlichen durch den Anteil nicht parallelisierbarer Programmabschnitte sowie den zur Koordination der einzelnen Prozessoren erforderlichen Kommunikationsaufwand

begrenzt. Wenn der Koordinationsaufwand zu groß wird, kann die Leistung eines Multiprozessorsystems sogar unter die Leistung eines Einzelprozessorsystems absinken (Bild 6-15).

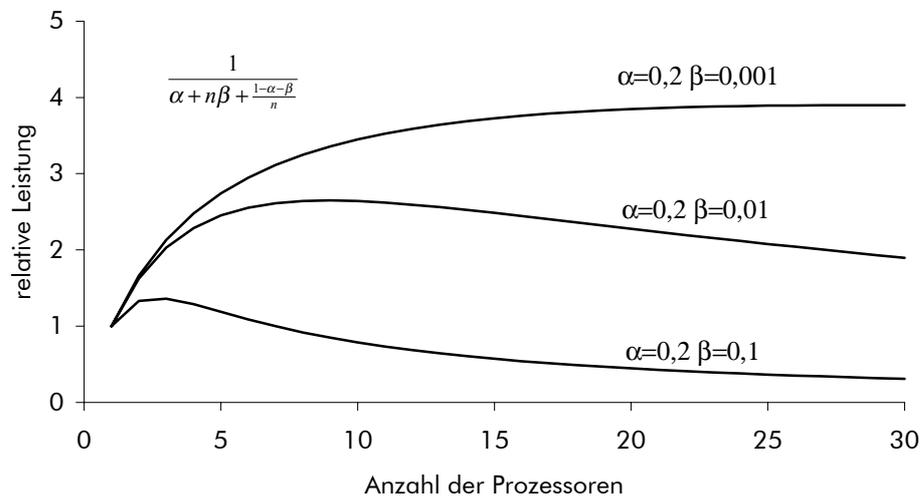


Bild 6-15: Leistungssteigerung bei Multiprozessorsystemen in Abhängigkeit vom Kommunikationsaufwand
 α : Anteil nicht parallelisierbarer Programmschritte, β : Anteil der zur Koordination der Prozessoren benötigten Rechenzeit

Diese Betrachtung kann natürlich nicht direkt auf ein menschliches Team übertragen werden, da die gruppendynamischen Prozesse (z.B. Leistungssteigerung durch Synergieeffekte), die in einem Team ablaufen, nicht berücksichtigt werden. Trotzdem erkennt man, dass eine starke Erhöhung der Zahl der beteiligten Partner nicht unbedingt zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit führt. Ähnliche Überlegungen führten zu einer Empfehlung zur Gestaltung der Größe von Projektteams (ca. 3-7 Mitglieder). Analog sollte auch die Anzahl von Entwicklungspartnern diese Größenordnung nicht überschreiten.

Dauer der Kooperation

In einem verteilten Entwicklungsprojekt treten häufig Abstimmungsschwierigkeiten zwischen den Partnern auf. Mit zunehmender Projektdauer können nicht ausgeräumte Missverständnisse zu einem starken Anstieg solcher Probleme führen. Aus diesem Blickwinkel betrachtet ist eine möglichst kurze Dauer der Verteilung anzustreben.

Andererseits ist es bei einer langfristig angelegten Zusammenarbeit möglich, gegenseitiges Vertrauen aufzubauen und ein effizientes Schnittstellenmanagement zu etablieren. In manchen Fällen, wie z.B. in der Automobilzulieferindustrie, können auch die Organisationsstrukturen der Unternehmen angepasst werden um Schnittstellenprobleme zu vermeiden.

Insgesamt gesehen kann also empfohlen werden entweder nur eine kurze Zusammenarbeit anzustreben (z.B. Entwicklungsauftrag an ein Ingenieurbüro), oder auf langfristige Partnerschaften zu setzen. In diesem Fall müssen dann effektive und effiziente Maßnahmen getroffen werden, um die Abstimmung zu erleichtern und die gegenseitige Vertrauensbildung zu fördern.

Innovationsgrad

Ebenso wie der Einfluss der Dauer einer Kooperationsbeziehung muss auch der Einfluss des Innovationsgrads auf die Verteilung aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. So kann es einerseits sinnvoll sein, neue Partner an dem Projekt zu beteiligen um von deren Know-how zu profitieren. Auch eine Einbindung von Partnern aus anderen Kulturkreisen kann kreativitätsfördernd sein.

Dem steht allerdings das mit der Anzahl der Partner steigende Geheimhaltungsproblem entgegen. Zusätzlich kann es zu einem Know-how-Abfluss zu den Entwicklungspartnern kommen.

Ähnlich wie beim Einfluss der Kooperationsdauer kann auch in diesem Fall keine allgemein gültige Aussage getroffen werden, inwiefern eine Verteilung aus Innovationssicht als günstig einzustufen ist. Als generelle Empfehlung kann lediglich der Hinweis gegeben werden, auf ein hohes Nutzenpotenzial der verteilten Bearbeitung zu achten und bei der Gestaltung der Zusammenarbeit die möglichen negativen Effekte zu berücksichtigen (z.B. durch entsprechende Vertragsgestaltung etc.).

6.4.1.3 Operative Ebene

Auf der operativen Ebene steht die konkrete Planung des Entwicklungsablaufs im Mittelpunkt. Zentrale Planungseinheiten sind damit einzelne Arbeitspakete oder Aktivitäten. Hierfür kann ein grobes Soll-Prozessmodell entwickelt werden, das mit Hilfe des Merkmalsystems (vgl. Kap. 6.1) analysiert werden kann. Durch den Vergleich verschiedener Verteilungsszenarien können die spezifischen Vor- und Nachteile einer Variante schnell ermittelt werden. Damit kann die jeweils günstigste Alternative einfach gefunden werden. Die Probleme und Lösungsvorschläge, die das Merkmalsystem für das schließlich gewählte Szenario ausgibt, können bei der Detailgestaltung des Ablaufs und bei der Bereitstellung der nötigen Ressourcen berücksichtigt werden.

6.4.2 Durchführung verteilter Entwicklungsprojekte

Bei der Begleitung und Durchführung verschiedener verteilter Entwicklungsprojekte hat sich gezeigt, dass der Projektleiter in einem stark verteilten Projekt oft mit der Koordination der Zusammenarbeit und der Berücksichtigung aller verteilungsbedingter Problemstellungen überfordert ist. Vielmehr hat sich die Anwesenheit eines „*Distribution Coaches*“ als hilfreich erwiesen, der als Assistent der Projektleitung speziell für die Verteilungsprobleme zuständig ist.

Schwerpunkte seiner Arbeit sind die Förderung der Teamentwicklung und der Support hinsichtlich der eingesetzten Informations- und Kommunikationswerkzeuge sowie Entwicklungsmethoden. Der Distribution Coach kann sich auf die Problemstellungen des verteilten Arbeitens spezialisieren und mehrere Projekte begleiten. Damit wird die Erfahrung aus der Durchführung verteilter Projekte konzentriert und kann anderen Projekten gezielt zur Verfügung gestellt werden.

Ein wesentliches Hilfsmittel für den Distribution Coach ist das weiter oben beschriebene Merkmalsystem (vgl. Kap. 6.1). Damit kann der spezifische Verteilungszustand eines Projekts charakterisiert, verteilungstypische Probleme frühzeitig identifiziert und wirkungsvolle Lösungskonzepte erarbeitet werden (GIERHARDT et al. 2000). Weiterhin unterstützt der Distribution Coach die Projektleitung bei der Umsetzung der Lösungsvorschläge im Projekt.

Für den Ablauf des Projekts ist eine genaue Projekt- und Prozessplanung erforderlich, die ständig aktualisiert und auf ihre Einhaltung hin kontrolliert wird. Damit haben alle Beteiligten stets einen aktuellen Überblick über den Fortschritt im Projekt. Gleichzeitig hat sich ein abgestimmtes, strukturiertes und methodisches Vorgehen (z.B. VDI-RICHTLINIE 2221, EHRENSPIEL 1995, PAHL & BEITZ 1997) als hilfreich erwiesen. Dadurch werden die Projektmitarbeiter in die Lage versetzt die Arbeitsergebnisse ihrer Partner zu verstehen und mit ihnen weiter zu arbeiten. Dabei müssen die Methoden an die Erfordernisse der verteilten Bearbeitung angepasst werden. Einen Ansatz hierfür liefert ZANKER (2000). Demnach lassen sich Methoden in Elementarmethoden zerlegen. Diese Elementarmethoden werden anschließend entsprechend den Anforderungen der verteilten Bearbeitung neu kombiniert.

Beispielsweise könnten die Methoden *Brainstorming* und *Galeriemethode* zu einer „verteilter Ideenfindungsmethode“ kombiniert werden. Dabei werden zunächst an den verschiedenen Standorten in lokalen Teamsitzungen Ideen erarbeitet (Brainstorming), die anschließend dokumentiert und mit den Partnern ausgetauscht werden. Im zweiten Schritt können alle Mitglieder des verteilten Teams die Vorschläge der Partner kommentieren und weitere Ideen ergänzen (Galeriemethode). Auf diese Weise können alle Beteiligten in den kreativen Ideenfindungsprozess einbezogen werden.

Wenn gleichberechtigte Teams partnerschaftlich zusammenarbeiten sollen, muss dieser Gleichberechtigung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Insbesondere die zentralen

Rollen wie Projektleitung und Distribution Coach müssen darauf achten nicht ihr lokales Team zu bevorzugen. Zum Beispiel müssen alle Beteiligten über die gleichen Informationen verfügen. Dies kann dadurch erleichtert werden, dass die zentralen Rollen an einem „neutralen“ Ort angesiedelt sind, der nicht gleichzeitig Standort eines Teils des Teams ist. Damit wird allerdings der direkte Kontakt zu den Teammitgliedern erschwert, was insbesondere die Aufgabe des Distribution Coachs behindert. Alternativ können auch mehrere Distribution Coachs eingesetzt werden, die jeweils ein lokales Team betreuen. Dadurch werden alle Teil-Teams gleich intensiv betreut. Die Coaches bilden in diesem Fall ein Coaching-Team, dessen Aufgabe es ist die Gesamtentwicklung des eigentlichen Teams zu fördern.

6.4.3 Steuerung verteilter Entwicklungsprojekte

Von zentraler Bedeutung für die Durchführung eines verteilten Entwicklungsprojekts ist die Steuerung der verteilten Ressourcen. Die Projektleitung steht dabei jeweils vor der Frage, in wie weit sie in die laufenden Prozesse eingreifen oder zugunsten der Teamentwicklung auf intervenierende Maßnahmen verzichten sollte. Es gilt hier die richtige Balance zwischen dem *guiding*, also dem Aufzeigen von günstigen Handlungsmöglichkeiten, und dem *leading*, dem Vorschreiben der Handlungen zu finden.

In diesem Prozess kann der Projektleiter durch die Beobachtungen der Coaches auf ein aktuelles Stimmungsbild im Team zurückgreifen. So lassen sich leichter kritische Phasen im Projekt erkennen, die ein steuerndes Eingreifen durch die Projektleitung erfordern. In anderen Fällen, in denen der Projektfortschritt durch ablaufende Teamprozesse (vgl. Kap. 2.3) gestört wird, kann er sich entscheiden den Teamprozessen Raum zu lassen oder unterstützende Maßnahmen zur Teambildung einleiten.

7 Einsatz des Modells in Praxisprojekten

Im folgenden wird die Anwendung des dargestellten Modells am Beispiel von durchgeführten Praxisprojekten dargestellt. Dabei wurde zum einen der Einsatz des Merkmalsystems bei der Verbesserung laufender Entwicklungsprozesse erprobt. Zum anderen wurde ein Projekt unter dem Titel „24h-Entwicklung“ durchgeführt, bei dem drei Teams die „Entwicklung rund um die Uhr“ erprobten. In diesem Projekt wurde die Vorbereitung eines verteilten Projekts erprobt und darüber hinaus die Nutzung von Informations- und Kommunikationswerkzeugen (IuK-Werkzeuge) beobachtet. Weitere Studien zum Einsatz von IuK-Werkzeugen lieferten weitere Erkenntnisse. Schließlich wurde in dem Projekt „24h-Entwicklung“ die Teamentwicklung beobachtet.

7.1 Merkmalsystem

Wie bereits weiter oben erwähnt, basiert das Merkmalsystem „Verteilte Produktentwicklung“ im Wesentlichen auf theoretischen Überlegungen und Erfahrungen aus der Begleitung von Industrieprojekten. Um die Anwendbarkeit des Merkmalsystems überprüfen zu können, wurden in der Folge mehrere Projekte hinsichtlich ihrer verteilungsbedingten Probleme untersucht. Der Einsatz des Merkmalsystems wird im folgenden anhand eines Beispiels beschrieben.

Um das Merkmalsystem in dem Beispiel-Projekt einsetzen zu können, wurde zunächst der Ablauf der Zusammenarbeit zwischen den Partnern mittels einer Prozessanalyse analysiert und ein Prozessmodell erarbeitet. Das Vorgehen erfolgt dabei wie in typischen Projekten zur Geschäftsprozessoptimierung (z.B. AWISZUS et al. 1995). Auf das so entwickelte Prozessmodell wurde dann das Merkmalsystem angewendet. Die Problemstellungen, die sich dabei ergaben, wurden mit den Problemen verglichen, die während der Begleitung des Projektes wahrgenommen wurden.

In dem betrachteten Projekt arbeiteten zwei unterschiedliche Standorte eines Unternehmens mit einem Zulieferer zusammen, der an einem dritten Standort ansässig war. Diese drei Standorte lagen in zwei unterschiedlichen Ländern Europas, die aber alle zur Europäischen Union zählen. Die Muttersprache der beteiligten Partner war unterschiedlich. Als hauptsächliche Kommunikations- und Dokumentationsprache wurde Englisch verwendet. Bei den beteiligten Unternehmen handelte es sich um Großunternehmen. Die Zusammenarbeit wurde eher lose verknüpft abgewickelt, in dem die Partner für unterschiedliche Komponenten des Produkts zuständig waren, die zu vereinbarten Terminen zusammengeführt werden sollten. Zwischen diesen Terminen arbeiteten die Partner weitgehend unabhängig

voneinander, aufbauend auf die beim letzten Termin ausgetauschten Zwischenergebnisse. Es wurde also größtenteils parallel, teilweise aber auch sequentiell gearbeitet.

Der Zulieferer sollte eine Art „Basisfunktionalität“ des Produkts bereitstellen, die von dem Auftraggeber erweitert und für seine speziellen Anwendungen angepasst werden sollte. Dabei führten die Partner jeweils die vollständige Entwicklung einer Komponente aus, die durchgeführten Tätigkeiten waren somit weitgehend identisch. Da es sich um ein sehr komplexes Produkt handelte, waren die technischen Abhängigkeiten zwischen den Komponenten sehr komplex, gekennzeichnet durch eine große Anzahl von technischen Schnittstellen. Der Informationsfluss wurde dagegen nur über einzelne Kontaktpersonen abgewickelt, die jeweils eine Art „Brückenkopffunktion“ zwischen den Partnern übernahmen.

Nicht alle Beteiligten konnten, bedingt durch die organisatorischen Grenzen, auf alle benötigten Daten zugreifen. Fachlich betrachtet waren alle Partner in der Lage die Aufgabe auszuführen, es herrschte jedoch großer Zeitdruck, da nicht die nötigen Kapazitäten zur Verfügung standen. Die Partner setzten (aus historischen Gründen) verschiedene DV-Systeme ein und wandten unterschiedliche Vorgehensmodelle an. Dadurch war es nicht möglich, direkt Arbeitsergebnisse der anderen Partner weiter zu verwenden. In Bild 7-1 ist das Verteilungsprofil dieses Prozesses zusammengefasst.

Merkmal	beobachteter Projektzustand	zugeordnete Ausprägung
Anzahl der Partner	2 Standorte + Zulieferer	>2
Ort	unterschiedl. Orte in Europa	anderes Land
Zeit	parallele Bearbeitung, auf Zwischen- ergebnisse angewiesen	Mischform
Sprache	unterschiedliche Muttersprache	unterschiedlich
Organisation	Kooperation mit Zulieferer	anderes Unternehmen
Größe des Unternehmens	Großunternehmen	Großunternehmen
Intensität der Zusammenarbeit	unabhängige Bearbeitung, Abstimmung zu Meilensteinen	lose Verknüpfung
Verteilung von Komponenten	unterschiedliche Komponenten	ja
Verteilung von Aufgaben	gleicher Aufgabeninhalt	nein
Anzahl der Schnittstellen	komplexe technische Abhängigkeiten, wenige Kontaktpersonen	technisch: hoch (org.: zu niedrig)
Datenzugriff	organisatorische Hindernisse	nicht auf alle Daten möglich
Kompetenz	Experten	hoch
Kapazität	hoher Zeitdruck	nicht ausreichend
Werkzeugkompatibilität	unterschiedliche DV-Systeme	nein
Methodenkompatibilität	unterschiedliche Vorgehensmodelle	nein

Bild 7-1: Verteilungsprofil des Beispielprojekts

Wenn man die Probleme, die sich aus dem Merkmalsystem ergeben, denen gegenüberstellt, die im Laufe der Prozessanalyse ermittelt wurden, erkennt man eine weitgehende Deckungsgleichheit zwischen den ermittelten Problemen (vgl. Bild 7-2).

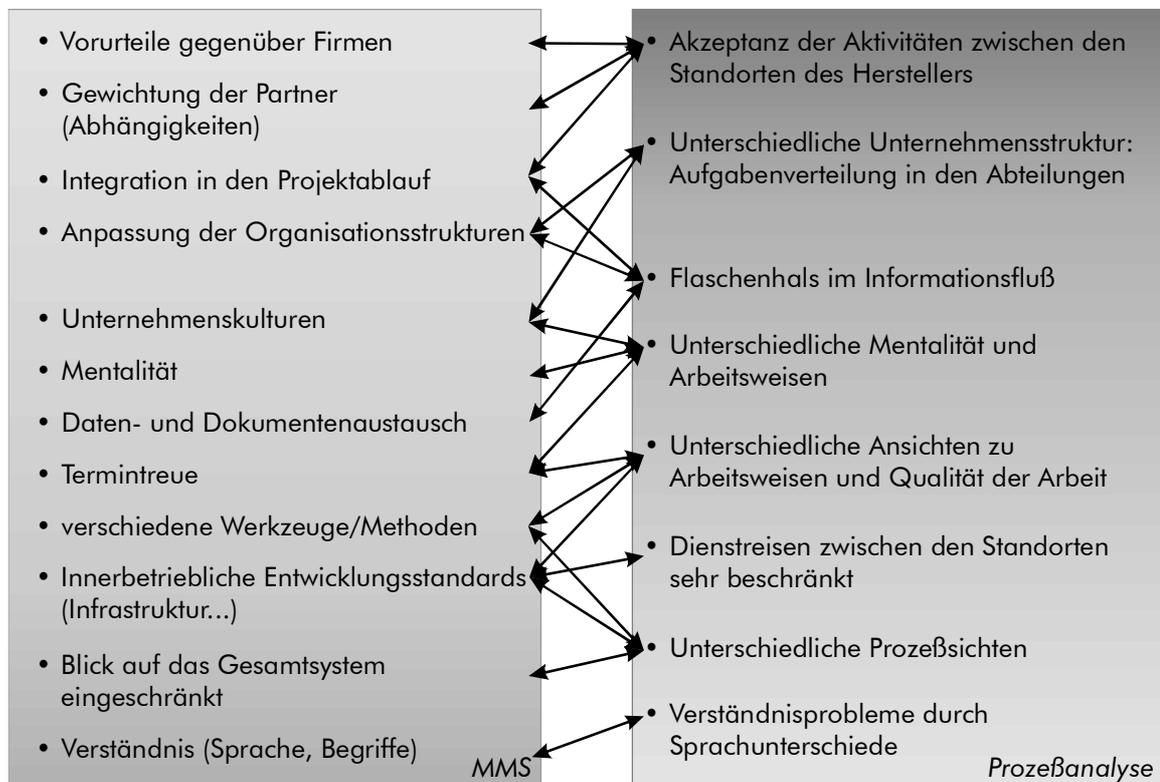


Bild 7-2: Gegenüberstellung der Probleme aus der Anwendung des Merkmalsystems mit den Ergebnissen der Prozessanalyse (Auswahl)

Aus diesen Problemen ließen sich mit Hilfe des Merkmalsystems verschiedene Lösungsvorschläge ableiten, die auf ihre Anwendbarkeit in diesem speziellen Fall geprüft wurden. Eine Auswahl der Lösungsvorschläge ist in Bild 7-3 dargestellt. Zur Umsetzung dieser Lösungsvorschläge wurden mehrere Workshops durchgeführt, die hauptsächlich der Abstimmung der Schnittstellen und des gemeinsamen Vorgehens dienen. Gleichzeitig wurde durch diese Workshops der persönliche Kontakt unter den Projektbeteiligten aller Standorte verstärkt, was insgesamt zu einer reibungsloseren Kommunikation führte. Da sich die Workshops teilweise über mehrere Tage erstreckten gab es auch genügend Möglichkeiten für die Beteiligten, sich im privateren Rahmen kennen zu lernen. Damit wurde das Verständnis für die Kultur sowie für die Arbeitsbedingungen an den anderen Standorten gestärkt.

Zur Verbesserung der datentechnischen Integration der Standorte konnten mit Hilfe der Checkliste „Faktor Technik“ Defizite aufgezeigt und Verbesserungsvorschläge erarbeitet werden. Beispielsweise wurden die Zugriffsmöglichkeiten auf die Dokumente verbessert.

Insgesamt gesehen konnten zahlreiche Verbesserungsvorschläge erarbeitet und umgesetzt werden, die zu besseren Ergebnissen und höherer Zufriedenheit und Motivation bei den Projektbearbeitern führten.

- ♦ *Vorurteile gegenüber Firmen*
 - teambildende Maßnahmen durchführen
- ♦ *Gewichtung der Partner (Abhängigkeiten)*
 - gemeinsame Zielfindung
 - Motivation schaffen
 - bewusst machen gemeinsamer Ziele
- ♦ *Integration in den Projektablauf*
 - Kontaktpflege
 - Sicherstellung eines aktiven Informationsflusses
 - regelmäßiger persönlicher Kontakt
 - Veranstaltung von Events
- ♦ *Anpassung der Organisationsstrukturen*
 - kein allgemeiner Lösungsansatz
- ♦ *Unternehmenskulturen*
 - Anpassung an den Schnittstellen
 - gegenseitiges Kennen lernen forcieren
 - Verständnis für die Unterschiede schaffen
 - Veranstaltung von Events
- ♦ *Mentalität*
 - Kulturschulungen durchführen
 - Einbindung einer Person aus dem fremden Kulturkreis in die Abläufe, u.U. vor Ort
 - Erwerb von Kenntnissen über die fremde Kultur durch Auslandsaufenthalte
 - Veranstaltung von Events
- ♦ *Daten- und Dokumentenaustausch*
 - Schaffen der DV-technischen Infrastruktur
 - transparentes Änderungs- und Informationsmanagement
- ♦ *Terminreue*
 - gemeinsame Termin- und Zieldefinition
 - Verbesserung der Projektplanung
 - Druck ausüben (z.B. Verträge)
- ♦ *verschiedenen Werkzeuge/Methoden*
 - Definition von Schnittstellen
 - Festlegung gemeinsamer Methoden und Werkzeuge
 - Kennen lernen der Methoden der Partner
- ♦ *innerbetriebliche Entwicklungsstandards (Infrastruktur, ...)*
 - notwendige Infrastruktur gemeinsam festlegen
 - nötige Infrastruktur bereitstellen
- ♦ *Blick auf das Gesamtsystem eingeschränkt*
 - Bewusstsein für das Gesamtsystem schaffen
 - Gruppenarbeit mit Gruppenmitgliedern, die verschiedene Aufgaben übernehmen können (z.B. Job-Rotation)
 - Informationsverteilung forcieren
- ♦ *Verständnis (Sprache, Begriffe, ...)*
 - Sprachschulung der Mitarbeiter
 - gemeinsame Terminologie festlegen (z.B. Referenzwörterbuch)
 - Erwerb von Sprachkenntnissen durch Auslandsaufenthalte

Bild 7-3: Auswahl von Lösungsvorschlägen aus dem MMS zu den Problemen aus Bild 7-2

Im Hinblick auf das vorgestellte Modell zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse konnte die Bedeutung der Teamentwicklung für die verteilte Zusammenarbeit bestätigt werden. Durch das persönliche Zusammentreffen aller Beteiligten in den Workshops konnte eine Vertrauensbasis zwischen den Partnern hergestellt werden, die die weitere Zusammenarbeit stark erleichterte. Ebenso wurde die Notwendigkeit der Anpassung der Vorgehensweisen und Methoden an die besonderen Anforderungen der Verteilungssituation deutlich. Schließlich konnte die Notwendigkeit der Optimierung des Einsatzes von Informations- und Kommunikationsmedien nachgewiesen werden. Durch die Abstimmung dieser Faktoren zwischen den Beteiligten wurde die Qualität der Zusammenarbeit deutlich gesteigert.

7.2 Planung eines verteilten Projekts

Im zweiten Beispiel wurde ein Entwicklungsprojekt unter dem Titel „24h-Entwicklung“ durchgeführt, bei dem ein Konzept für einen Einzylinder-Prüfstandsmotor von drei Teams an drei verschiedenen Standorten (einer in den USA, zwei in Deutschland) gemeinsam entwickelt wurde (GIERHARDT et al. 2000). Jedes Team setzte sich aus drei Mitgliedern zusammen. Die Laufzeit des Projektes betrug drei Monate. Schwerpunktmäßig wurde an drei Aufgaben gearbeitet:

1. *variabler Hub*

Der Versuchsmotor soll dazu verwendet werden, die thermodynamischen Verhältnisse im Brennraum zu untersuchen und die optimale Gestaltung der Brennkammer zu finden. Der Hub des Kolbens hat dabei maßgeblichen Einfluss auf die Gemischbildung und damit auf den Verbrennungsverlauf. Bei den bestehenden Motoren kann der Hub nur durch das Wechseln der Pleuellstange geändert werden, was eine vollständige Demontage und anschließende Montage des Motors erfordert. Während dieser Zeit ist der Prüfstand belegt und kann nicht für andere Aufgaben genutzt werden. Zudem verursacht die Konstruktion und Fertigung einer neuen Pleuellstange erhebliche Kosten und erfordert großen Zeitaufwand. Deshalb sollte nach einer Lösung gesucht werden, mit der der Hub auf einfachere Weise verstellt werden kann.

2. *Massenausgleich von Massenkräften bis zur 2. Ordnung*

Um die empfindlichen Messgeräte nicht zu stören, muss der Motor sehr ruhig laufen. Die Massenkräfte, die den Motor zum Schwingen anregen, müssen deshalb so weit wie möglich ausgeglichen werden.

3. einfache Montage/Demontage

Zum Test verschiedener Brennkammergeometrien müssen häufig Teile des Motors (z.B. Kolben oder Zylinderkopf) ausgewechselt werden. Um die entstehenden Stillstandszeiten möglichst gering zu halten, wurde großer Wert auf die montage- und demontagefreundliche Gestaltung des Motors gelegt. Zudem sollte der Motor einfach in die bestehenden Prüfstände integrierbar sein.

Die Teams arbeiteten in einem Schichtsystem, um eine über drei Zeitzonen verteilte Entwicklung zu simulieren (Bild 7-4). Die Arbeitszeit der Teams betrug jeweils fünf Stunden, wobei die erste und letzte halbe Stunde dazu genutzt wurde das weitere Vorgehen mit dem nachfolgenden Team zu besprechen. Da es aufgrund des fehlenden Partners im asiatischen Raum sowie der zeitlichen Restriktionen der Teammitglieder nicht möglich war „echte“ 8-Stunden Schichten zu realisieren, musste das erste Team die Arbeitsergebnisse des dritten Teams noch am Abend übernehmen. Danach ruhte das Projekt bis zum nächsten Morgen.

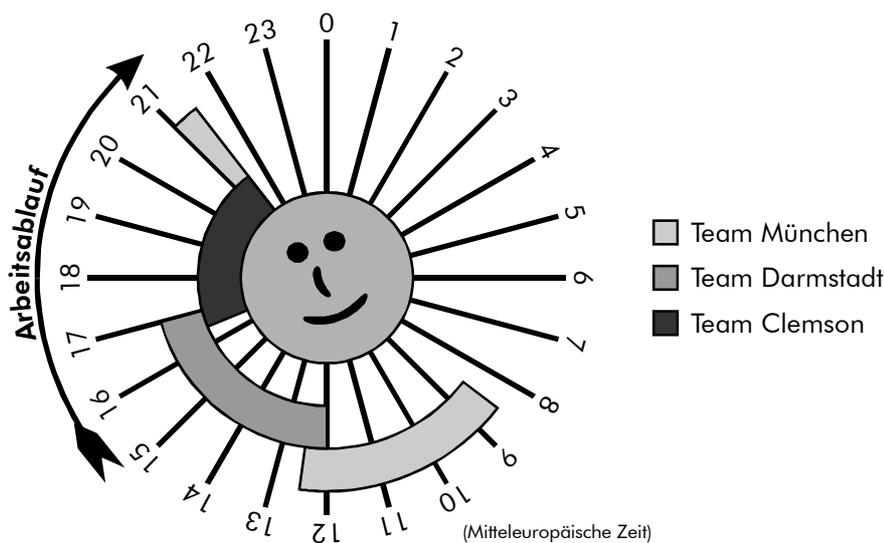


Bild 7-4: Arbeitszeiten der Teams

Die strategischen Entscheidungen wurden durch den Projektauftrag bereits vorweg genommen. Ziel des Projektes war die Machbarkeit einer Entwicklung rund um die Uhr nachzuweisen. Daher war sowohl festgelegt, dass das Projekt verteilt bearbeitet werden soll, als auch die prinzipielle Art in der die Verteilung erfolgen sollte. Ebenso waren die wesentlichen Entscheidungen der taktischen Ebene bereits gefällt. Der Kern der Projektvorbereitung bezog sich damit auf die Planung der operativen Durchführung des Projekts.

Es wurden zunächst drei verschiedene Szenarien entworfen, nach denen die Zusammenarbeit erfolgen könnte (Bild 7-5). Im ersten Szenario arbeitet jedes Team an allen drei

Aufgabenschwerpunkten. Das jeweils nachfolgende Team arbeitet direkt mit den Ergebnissen des vorhergehenden Teams weiter. Im zweiten Szenario hingegen arbeitet jeweils ein Teammitglied an jedem Standort an einem Aufgabenschwerpunkt. Das letzte Szenario ähnelt der klassischen Vorgehensweise des *Simultaneous* bzw. *Concurrent Engineering* (vgl. Kap. 2.4). Jeder Standort bearbeitet eine Aufgabe alleine und muss lediglich die Schnittstellen mit den anderen Teams abgleichen.

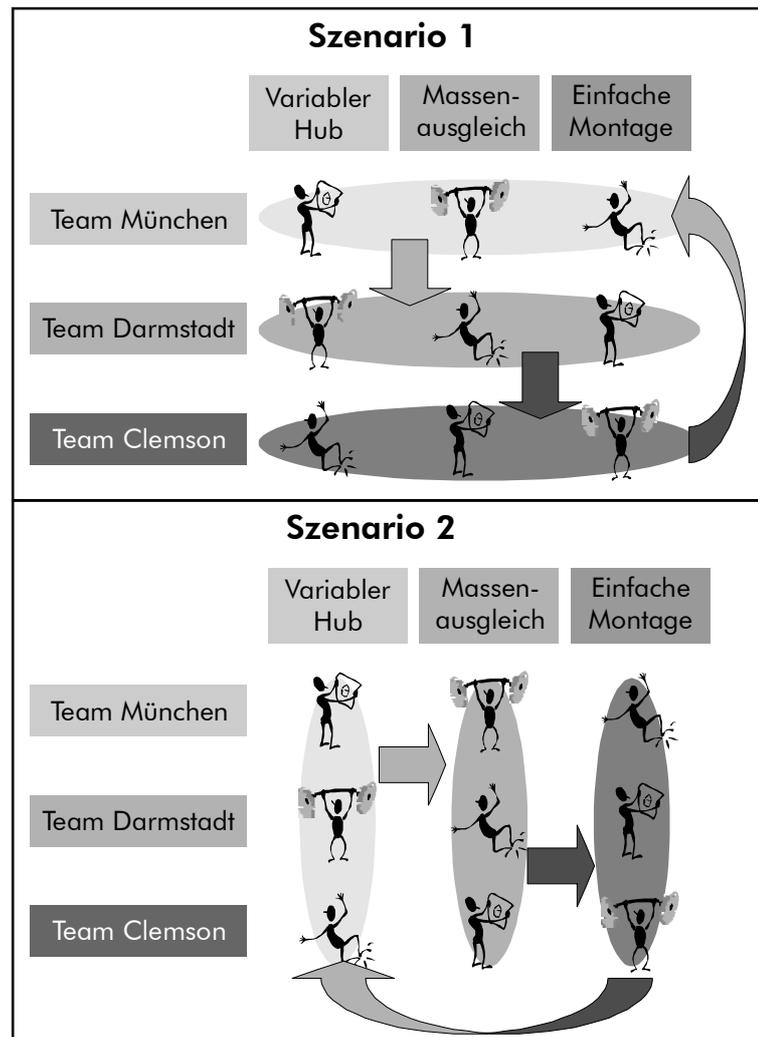


Bild 7-5: Szenarien zur Bearbeitung des Beispielpjekts

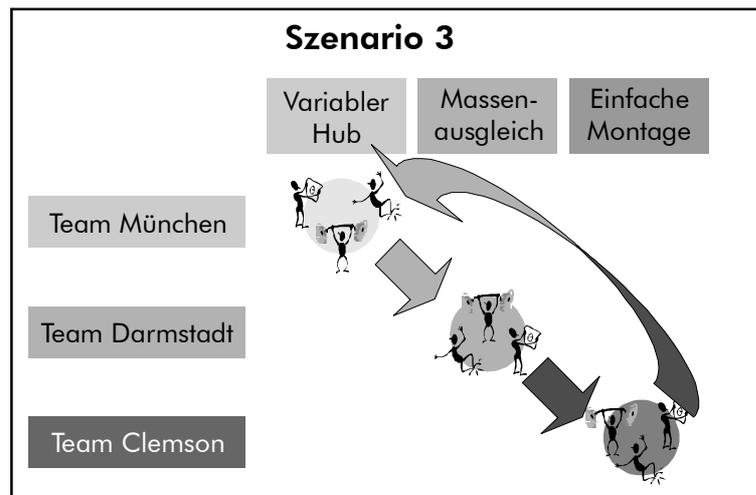


Bild 7-5: Szenarien zur Bearbeitung des Beispielprojekts (Forts.)

Diese Szenarien wurden mit Hilfe des Merkmalsystems „Verteilte Produktentwicklung“ untersucht (Bild 7-6 zeigt beispielhaft die Charakterisierung des ersten Szenarios). Die Betrachtung der Randbedingungen lieferte weitere wichtige Anhaltspunkte, nach denen die Werkzeuge ausgewählt wurden, die zur Bearbeitung des Projekts benötigt wurden. Mit Hilfe der Problemlisten, die sich aus den Verteilungsprofilen der einzelnen Szenarien ergaben, konnten viele Probleme vermieden werden. Gleichzeitig konnten Maßnahmen vorbereitet werden, mit denen die Auswirkungen der Probleme, die nicht vermeidbar waren, begrenzt werden konnten.

Merkmal	Szenario 1	zugeordnete Ausprägung
Anzahl der Partner	3 Standorte	>2
Ort	Deutschland - USA	anderes Land
Zeit	parallele bzw. sequentielle Bearbeitung	Mischform
Sprache	unterschiedliche Muttersprache	unterschiedlich
Organisation	Kooperation von Universitäten	gleiches Unternehmen
Größe des Unternehmens	Hochschulinstiute	mittleres Unternehmen
Intensität der Zusammenarbeit	Abstimmung zweimal täglich	integriert
Verteilung von Komponenten	gleiche Komponenten	nein
Verteilung von Aufgaben	gleicher Aufgabeninhalt	nein
Anzahl der Schnittstellen	komplexe technische Abhängigkeiten	hoch
Datenzugriff	über Internet vernetzt	auf alle Daten möglich
Kompetenz	Studenten ohne Erfahrung	gering
Kapazität	kein Zeitdruck	ausreichend
Methodenkompatibilität	gemeinsames Vorgehensmodell	ja
Werkzeugkompatibilität	abgestimmte DV-Systeme	ja

Bild 7-6: Anwendung der Merkmalmatrix auf Szenario 1

Während der gesamten Projektlaufzeit traten keine Probleme auf, die nicht bereits bei der Anwendung des Merkmalsystems erkannt wurden. Die größten Probleme lagen im Bereich der Teambildung (vgl. Kap. 7.4). Das Projektziel wurde gegenüber der Planung weit übertroffen, da es möglich war die Entwürfe soweit zu detaillieren, dass ein Prototyp gefertigt werden konnte.

Das Vorgehensmodell zur Vorbereitung neuer, verteilter Projekte konnte in diesem Projekt bestätigt werden. Insbesondere wurde das Merkmalsystem erfolgreich zur operativen Gestaltung des Entwicklungsprozesses eingesetzt.

7.3 Nutzung von IuK-Werkzeugen in verteilten Umgebungen

Am Beispiel des oben erläuterten Projekts „24h-Entwicklung“ (vgl. Kap. 7.2) können mögliche Einsatzgebiete einzelner Werkzeuge dargestellt werden. In einem zweiten Beispiel wurde die Nutzung von Telekooperationswerkzeugen in der verteilten Produktentwicklung untersucht.

7.3.1 Projekt „24-Entwicklung“

Den Teams wurden verschiedene Werkzeuge zur Verfügung gestellt, mit denen sie die Kommunikation und den Informationsaustausch durchführen konnten. Die Werkzeuge können in folgende fünf Klassen eingeteilt werden:

1. *Dokumentenmanagement*

In verteilten Projekten kommt der gemeinsamen Dokumentenverwaltung eine zentrale Bedeutung zu. Es muss sichergestellt werden, dass alle Projektmitarbeiter auf alle für sie relevanten Daten zugreifen können. Um dieses Ziel zu erreichen wurde das System *Knowledge Interchange Center (KIC)* eingesetzt, das eine Weiterentwicklung des Systems *Hyperwave* durch die Firma BMW darstellt. Es handelt sich dabei um ein internetbasiertes Dokumentenmanagementsystem, das sich insbesondere durch eine einfache Bedienung auszeichnet. Die Oberfläche ist der des PC nachempfunden, wodurch die Anwender schnell mit dem System vertraut sind. Zusätzlich sind Versionierungs- und Suchmechanismen vorhanden, mit deren Hilfe die Nachvollziehbarkeit von Änderungen ermöglicht wird. Durch die Nutzung der Internettechnologien kann auf den Dokumentenserver von nahezu jedem Ort der Welt zugegriffen werden.

2. *Kalender*

Ebenfalls auf einem webbasierten Server wurde ein gemeinsamer Kalender für alle Projektmitarbeiter geführt. Dadurch konnten gemeinsame Termine (z.B. Design Gateways) verwaltet werden.

3. *Kommunikationshilfsmittel*

Neben den konventionellen Medien wie Telefon und Fax standen den Teammitgliedern auch neue Medien wie Telefon- und Videokonferenzen, Email sowie Groupwaresysteme zur Verfügung.

4. *„Kaffeecke“*

Den Projektmitarbeitern wurde darüber hinaus in einem besonderen Bereich des Dokumentenmanagementsystems eine Möglichkeit bereitgestellt im informellen Rahmen miteinander zu kommunizieren. Jedes Teammitglied konnte persönliche Dokumente bereitstellen. Damit konnten die Mitglieder Informationen über die anderen Projektmitarbeiter erhalten und sich so gegenseitig besser kennen lernen.

5. *Informationsforum*

In diesem Teil des Dokumentenmanagementsystems wurden allgemeine Informationen bereitgestellt, die die Projektbearbeiter bei ihrer Tätigkeit

unterstützen sollten. Ein Beispiel hierfür ist ein Englischwörterbuch, das wichtige Fachbegriffe enthielt.

7.3.1.1 Erfahrungen

Trotz der vielen unterschiedlichen Hilfsmittel, die dem Team zur Verfügung gestellt wurden, hat sich gezeigt, dass die Vertrauensbasis, die für eine Zusammenarbeit auf große Distanz nötig ist (CARMEL 1999, KOSTNER 1996) nur durch das persönliche Zusammentreffen der einzelnen Personen geschaffen werden kann. Dazu wurde zu Beginn des Projekts ein Kick-Off-Meeting durchgeführt, bei dem sich alle Beteiligten erstmals begegneten.

Insgesamt gesehen konnten die Teammitglieder, nach einer kurzen Eingewöhnungsphase, die notwendigen Abstimmungen untereinander gut durchführen. Besonders schwierig war es dabei sich an den Zeitverzug bei der Übermittlung von Audio- und Videodaten zu gewöhnen. Trotzdem kamen in den Videokonferenzen lebhafte Diskussionen zustande. Es erfordert jedoch große Gesprächsdisziplin, um zu vermeiden dem Gesprächspartner ins Wort zu fallen. Dadurch wird die Nutzung dieser Systeme sehr anstrengend. Zudem war die zur Verfügung stehende Bandbreite im Internet zeitweise zu gering um Videoverbindungen in ausreichender Qualität zu ermöglichen.

Mit die wichtigste Funktionalität, die durch die Systeme bereitgestellt wurde, war die gemeinsame Betrachtung und Bearbeitung von Dokumenten. Insbesondere bei der Diskussion komplexer Sachverhalte, wie z.B. konstruktiver Details oder Berechnungen, war diese Möglichkeit besonders wertvoll.

Bei wichtigen Entscheidungen, die alle Teammitglieder betrafen, war es notwendig mit allen Beteiligten gemeinsam zu diskutieren. Wenn sich z.B. drei Partner (A, B und C) abstimmen wollen und jeweils immer nur zwei Partner gleichzeitig diskutieren (A mit B, B mit C und schließlich C mit A) entstehen oft Missverständnisse und Meinungsverschiedenheiten, die den Abstimmungsprozess entweder stark verzögern (da weitere Abstimmungsrunden nötig sind), oder ein Partner fühlt sich übergangen, was schnell zu starken Motivationsdefiziten führt.

Die „Kaffeecke“ wurde von den Teammitgliedern nicht genutzt. Lediglich am Beginn des Projekts erstellte jedes Teammitglied eine Seite, in der die wichtigsten persönlichen Daten zusammengefasst wurden. Im weiteren Verlauf des Projekts wurde dieser Bereich nicht mehr verwendet.

7.3.1.2 Schlussfolgerungen

Trotz aller Möglichkeiten, die die eingesetzten Kommunikationssysteme bieten, gibt es für den direkten persönlichen Kontakt keinen Ersatz. Ohne die im Kick-Off-Meeting geschaffene positive Arbeitsatmosphäre hätten kleinere Missverständnisse, wie sie bei Diskussionen über

große Entfernungen zwischen Partnern mit unterschiedlichen Muttersprachen unvermeidlich sind, schnell den Projektfortschritt zum Stillstand gebracht.

Neben solchen Maßnahmen zur Teambildung müssen für nachfolgende Projekte vor allem auf technischer Seite Maßnahmen ergriffen werden. Die Bandbreite für die Videoübertragung muss z.B. durch die Verwendung von eigenen Leitungen (z.B. ISDN) erhöht werden. Gleichzeitig ist eine Multipoint-Verbindung notwendig, d.h. es muss die Möglichkeit bestehen, mit allen Standorten gleichzeitig verbunden zu sein.

Zentrale Systeme, wie z.B. der Dateiserver, müssen besonders ausfallsicher sein, da bei Ausfall dieses Systems im schlimmsten Fall das gesamte Projekt gestoppt wird. Dies wird insbesondere in solchen Projekten wichtig, bei denen die Partner auf die neuesten Ergebnisse der Anderen angewiesen sind (z.B. 24h-Szenario). Für solche Fälle sollten Backup-Lösungen bereitstehen (z.B. zweiter Server oder Transport der Daten über Direktverbindungen etc.).

Da reale Entwicklungsprojekte normalerweise immer geheimhaltungskritisch sind, muss zusätzlich auf die Sicherheit geachtet werden. Dafür müssen die Daten verschlüsselt zwischen den Partner übertragen werden, oder es müssen sichere Punkt-zu-Punkt-Verbindungen genutzt werden.

Um den Teammitgliedern die Möglichkeit zu geben, sich vollständig auf ihre Entwicklungsaufgabe zu konzentrieren, ist ein professioneller Support notwendig, der für den Betrieb und die Wartung der eingesetzten Kommunikationstechnologien zuständig ist. Insbesondere muss bei Störungen schnell reagiert werden, da sonst das Projekt stark behindert werden kann.

In Bezug auf das Modell zur Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse hat sich die Notwendigkeit einer systematischen Auswahl der richtigen Informations- und Kommunikationssysteme bestätigt. Die mangelnde Akzeptanz der „Kaffeecke“ zeigt deutlich, dass ein rein dokumentenbasiertes System nicht zur Schaffung persönlicher Kontakte dienen kann. Ebenso können durch den Einsatz der Checkliste „Technik“ die Anforderungen an die IuK-Systeme bereits vor Projektbeginn erkannt und so beispielsweise von vornherein Multipoint-Kommunikationssysteme bereitgestellt werden.

7.3.2 Telekooperation in der Produktentwicklung

In weiteren Studien wurde die Nutzung von Telekooperationsmedien bei der standortverteilten Produktentwicklung näher untersucht. Die beteiligten Partner waren dabei zum einen Mitarbeiter der selben Firma an verschiedenen Standorten, zum anderen wurde die Zusammenarbeit zwischen einem Hersteller und seinen Systemlieferanten betrachtet. Die Studien wurden am Standort der Zentrale des Herstellers durchgeführt.

Dabei konnte mit steigendem Einsatz von Telekooperation eine deutliche Verringerung der Besuche der Entwicklungspartner in der Zentrale beobachtet werden. Demgegenüber nimmt die Zahl der Dienstreisen der Mitarbeiter der Zentrale zu den Partnern nur geringfügig ab. Dies lässt sich besonders bei Regelterminen beobachten. Bei den ungeplanten Zwischenterminen, die als kurzfristige Reaktionen auf aktuelle Probleme durchgeführt werden, werden lediglich die Dienstreisen der Mitarbeiter der Zentrale durch Telekooperation substituiert, die Besuche der Partner in der Zentrale gehen nur leicht zurück.

Die Stärken der Telekooperation wurden vor allem in der Flexibilität gesehen, mit der auf aktuelle Probleme reagiert werden kann, sowie in dem reduzierten Zeitaufwand für Vor- und Nachbereitung der Sitzungen. Als größte Schwäche der Telekooperation wurde der Erhalt zusätzlicher Informationen genannt. Dies lässt sich auf die starke Ziel- und Ergebnisorientierung einer Telekooperationssitzung zurückführen. Dagegen können bei einer Dienstreise zum Partner viele zusätzliche Informationen aus der Gesprächsatmosphäre und dem persönlichen Eindruck von der Arbeitsumgebung vor Ort gewonnen werden. Zusätzlich ergeben sich auf Dienstreisen, z.B. bei einem gemeinsamen Mittagessen, häufig auch Gelegenheiten zu informellen Kontakten, bei denen weitere Hintergrundinformationen übermittelt werden können. Auch in diesem Fall zeigt sich wieder die Notwendigkeit der systematischen Auswahl des geeigneten Kommunikationsmittels.

7.4 Teamentwicklung

Während der Durchführung des „24h-Projekts“ wurde die Teamentwicklung begleitend protokolliert. Daraus konnte abgeleitet werden, dass die auftretenden Probleme im wesentlichen denen entsprechen, die auch in konventionellen Teams vorkommen. Durch die Präsenz der Coaches konnte sehr schnell und flexibel auf auftretende Störungen reagiert werden. Die Abstimmung zwischen den verschiedenen Standorten erfolgte hauptsächlich durch regelmäßige Telefonkonferenzen der Coaches untereinander sowie durch die Anwesenheit während der Übergabezeiträume.

Im Laufe des Projekts ergab sich eine größere Teamkrise nach etwa einem Drittel des Projektzeitraums, die im Kern durch intransparente Entscheidungen und nachfolgende Missverständnisse zwischen den Standorten entstanden war. Dies führte zu einem starken Einbruch der Performance, so dass ein weiteres Arbeiten zunächst nicht mehr produktiv erfolgen konnte (Bild 7-7). Durch eine spontan durchgeführte außerordentliche Videokonferenz mit allen Beteiligten konnte die Situation geklärt und die Leistungsfähigkeit des Teams wiederhergestellt werden. Diese Videokonferenz diente ausschließlich der Diskussion aktuell vorhandener Probleme zwischen den Teammitgliedern an den verschiedenen Standorten. Es wurden keine Probleme der technischen Aufgabenstellung besprochen.

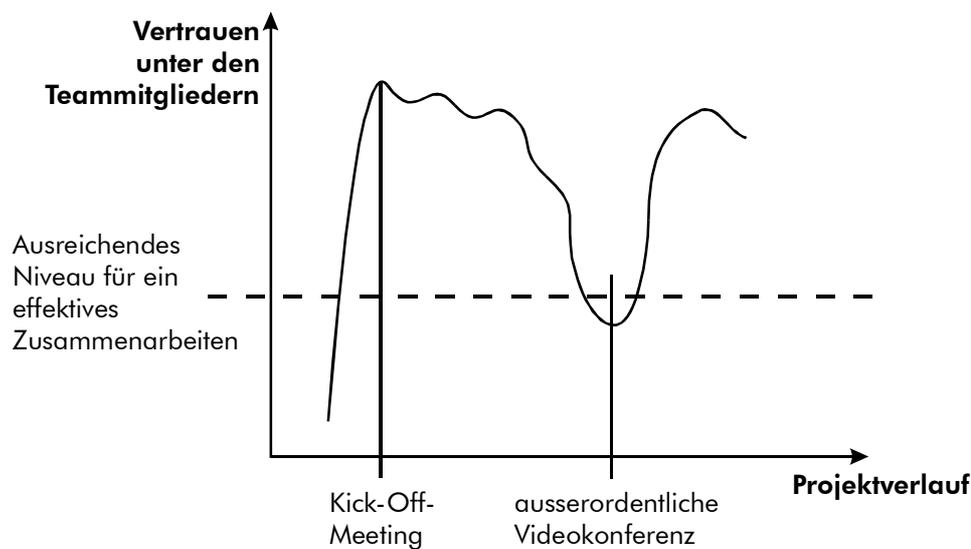


Bild 7-7: Entwicklung der Vertrauensbasis während des Projekts

Die kulturellen Unterschiede zwischen den Teams hatten keine großen Auswirkungen auf das Projekt. Alle Teammitglieder kamen aus einem ähnlichen Umfeld (Studenten), und die kulturellen Unterschiede zwischen Amerikanern und Deutschen sind, insbesondere in der jungen Generation, nicht übermäßig groß. Die kulturellen Unterschiede wurden daher durch die individuellen Unterschiede zwischen den einzelnen Personen überdeckt.

Während des Projekts konnte der Wechsel zwischen den unterschiedlichen Stadien der Teamentwicklung (vgl. Kap. 2.3) gut beobachtet werden. Wie bereits in Kap. 6.26.2 dargestellt lief die Entwicklung dabei in verschiedenen Phasen ab. Zunächst bildeten sich aus den einzelnen Studenten lokale Teams, die erst in einem zweiten Schritt zu einem globalen Gesamtteam zusammenwuchsen.

Der Projektverlauf hat die Bedeutung der Teamprozesse für den Erfolg der Produktentwicklung nachdrücklich unter Beweis gestellt. Eine Missachtung dieser Faktoren hätte schnell zu einer vorzeitigen Beendigung des Projekts geführt. Durch die Anwesenheit der Coaches konnte die aufkommende Teamkrise rechtzeitig erkannt werden. Die in der Folge eingeleitet Gegenmaßnahmen haben schnell wieder das alte Leistungsniveau hergestellt. Ebenso hat die richtige Auswahl der Medien zur Überwindung der Teamkrise beigetragen. In diesem Fall wurde das „reichhaltigste“ in der gegebenen Situation zur Verfügung stehende Medium gewählt, um eine möglichst offene Diskussion zu ermöglichen. Es hat sich gezeigt, dass zur Diskussion persönlicher Meinungsverschiedenheiten und zur Klärung von Missverständnissen sowohl alle Beteiligten zusammenkommen müssen, als auch mindestens der visuelle Kontakt, besser noch die persönliche Anwesenheit, erforderlich ist.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Zum Abschluss der Arbeit sollen in diesem Kapitel noch einmal die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst werden. Daran anschließend wird ein Ausblick auf weitere mögliche Forschungsthemen gegeben.

8.1 Zusammenfassung

Im Zentrum dieser Arbeit steht die verteilte Entwicklung von Produkten. Dazu wurden zunächst die Grundlagen der integrierten Produktentwicklung dargestellt, auf die die verteilte Produktentwicklung aufbaut. *Information, Kommunikation und Kooperation* sind dabei von zentraler Bedeutung, da ohne diese Bereiche keine gemeinsame verteilte Bearbeitung einer Aufgabe denkbar ist. Ebenso ist das Themenfeld „*Arbeit in Teams*“ sehr wichtig, da durch die räumliche Distanz und die eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten die Bildung eines Teams sehr schwierig wird. Der Aufbau von Vertrauensbeziehungen, die Grundlage für ein funktionierendes Team sind, wird stark behindert. Da auch die verteilte Produktentwicklung meist in Projekten organisiert wird, ist die Beschäftigung mit den Begriffen *Projekt* und *Prozess* ebenso von Bedeutung für diese Arbeit. Der Verwandtschaft der verteilten Produktentwicklung mit dem Konzept des *Simultaneous* bzw. *Concurrent Engineering*, das ebenfalls die kooperative Bearbeitung von Aufgaben beinhaltet, wurde durch die Vorstellung dieser Ansätze Rechnung getragen. Das *Systems Engineering* stellt schließlich eine Philosophie sowie allgemeine Werkzeuge zur Verfügung, die generell zur Lösung von Problemen eingesetzt werden können. Gemeinsam bilden die vorgestellten Ansätze die Grundlage für die integrierte Produktentwicklung, die diese Ansätze aufgreift, integriert und für den Bereich der Produktentwicklung konkretisiert.

Die verteilte Entwicklung von Produkten ist keine Erscheinung, die aus dem Nichts entstanden ist. Daher wurden im Kapitel 1 wesentliche Entwicklungsschritte auf dem Weg zur heutigen Situation dargestellt. Ausgehend vom Konzept der Arbeitsteilung und Spezialisierung haben sich die heute üblichen Organisationsformen herausgebildet. Die Spezialisierung führt dabei zwangsläufig zur kooperativen Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben. In den letzten Jahren hat sich die Situation durch neue Einflüsse wie *Outsourcing* und *Globalisierung* weiter verschärft. Um mit den veränderten Randbedingungen zurechtzukommen, wurden verschiedene Konzepte für neue Organisationsformen entwickelt, die derzeit diskutiert werden.

Nach der Situationsanalyse wurden verschiedene aktuelle Ansätze vorgestellt, die die verteilte Bearbeitung von Prozessen ermöglichen bzw. verbessern sollen. Die Mehrzahl der vorgestellten Ansätze stammen aus dem Bereich der Informations- und Kommunikations-

technik. Methodische Ansätze zur Verbesserung verteilt ablaufender Prozesse werden in der Literatur kaum diskutiert. Lediglich im Bereich der Organisation von Produktionsbetrieben werden mehrere Vorschläge diskutiert, mit denen kleine, autonome Einheiten koordiniert werden können.

Als Ansatzpunkt für eine methodische Unterstützung der verteilten Produktentwicklung wurde eine Methodik zur Charakterisierung solcher Prozesse vorgestellt. Durch die Analyse charakteristischer Merkmale eines verteilten Prozesses werden typische Probleme erkannt, die in dem Prozess auftreten können. Ebenso ermöglicht die Betrachtung von Randbedingungen verteilter Prozesse das Aufzeigen von Defiziten, um sie so gezielt zu beseitigen. Aufbauend auf die identifizierten Probleme werden schließlich allgemeine Lösungsansätze aufgezeigt, mit denen die Probleme gemildert oder ganz beseitigt werden können. Zusammen mit den Bereichen *Kommunikation und Informationslogistik* sowie der *Teamentwicklung* in verteilten Umgebungen wurde ein Modell entwickelt, das die ganzheitliche Optimierung verteilter Entwicklungsprozesse ermöglicht. Die Anwendung dieses Modells wurde in ein Vorgehen zur Planung und Durchführung verteilter Produktentwicklungsprojekte eingebunden.

Zum Abschluss der Arbeit wurde der Einsatz des vorgestellten Modells in Praxisprojekten dargestellt. Anhand mehrerer Beispiele konnte die Wirksamkeit der Maßnahmen gezeigt werden. Es konnte sowohl die Analyse und Optimierung eines laufenden Projekts, als auch die Vorbereitung und Durchführung eines „24h-Projektes“ unterstützt werden.

8.2 Ausblick

Das Idealziel einer Verkürzung der Entwicklungszeit um zwei Drittel, wie sie *VW* anstrebt (DONAUKURIER 1997) wird sich sicher auch langfristig nicht erreichen lassen, da der Abstimmungsaufwand mit zunehmender Zahl sowie Entfernung der Partner stark ansteigt. Trotzdem besteht in der verteilten Entwicklung ein großes Potential um auf die geänderten Marktanforderungen zu reagieren.

Allerdings sind dazu weitere Arbeiten, insbesondere im Bereich der methodischen Unterstützung der verteilten Produktentwicklung, notwendig. Nach den intensiven Bemühungen der letzten Jahre, Rechnerwerkzeuge zu entwickeln, die verteilt einsetzbar sind und die Kooperation auf Distanz ermöglichen, muss nun wieder der Mensch in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken. Es gilt systematische Ansätze und Vorgehensmodelle zu entwickeln, die auf den vorhandenen technischen Möglichkeiten aufbauen und diese zu sinnvollen Gesamtprozessen verbinden. Die Werkzeuge können dabei die verteilt ablaufenden Prozesse wirkungsvoll unterstützen.

Für eine systematische Betrachtung von verteilten Entwicklungsprozessen bietet es sich an ein übergeordnetes Modell solcher Prozesse zu entwickeln. Erste Ansätze hierzu werden bei

GIERHARDT et al. (2000) beschrieben. Dabei stehen die methodische Produktentwicklung sowie die Teambildung im Zentrum, das durch vier Bausteine umrahmt wird (Bild 8-1). Diesen Rahmen bildet das *Distribution Coaching*, die *Informationslogistik* sowie das *Projekt- und Prozessmanagement*. Abgerundet wird das Bild durch das Element des *Lessons Learned*, mit dem ein ständiger Rückfluss von Erfahrungen aus verteilten Projekten in die Methodik gewährleistet wird.

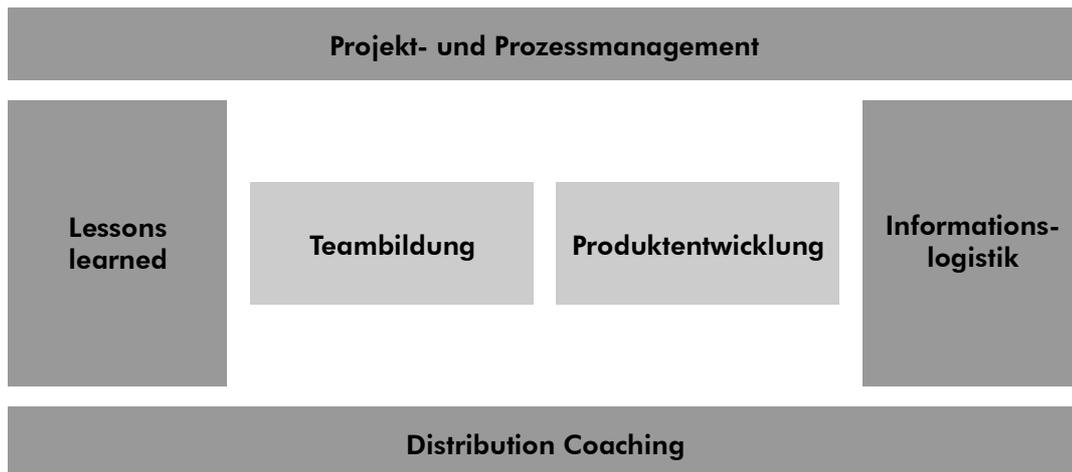


Bild 8-1: Übergeordnete Verteilungsmethodik (in Anlehnung an GIERHARDT et al. 2000)

Das Vorgehen des House of Communication kann in vielfältiger Weise angewendet und erweitert werden. Ein möglicher Ansatz findet sich in LINDEMANN et al. (2000). Dort wird versucht, allgemein die Bedeutung verschiedener Kommunikationsmedien in verschiedenen Projektphasen zu erfassen. Darüber hinaus kann untersucht werden, welche Eigenschaften ein Kommunikationsmedium sowie eine Kommunikationsaufgabe vollständig charakterisieren. Damit kann der vorgestellte Ansatz verfeinert werden.

9 Literaturverzeichnis

ABRAMOVICI, M.:

Unternehmensübergreifende Informationsressourcen.
In: ZWF, 93 (1998) 10, S. 458-460.

ABRAMOVICI, M.; GERHARD, D.; LANGENBERG, L.:

Unterstützung verteilter Entwicklungsprozesse durch EDM/PDM.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. (=VDI Berichte 1435) S. 69-86.

AKAO, Y.:

QFD - Quality Function Deployment.
Landsberg: Moderne Industrie 1992.

ALLEN, T. J.:

Managing the Flow of Technology.
Cambridge (MA): MIT Press 1984.

ALLEN, R. H.; NIDAMARTHI, S.; REGALLA, S. P.; SRIRAM, R.; D.:

Enhancing Collaboration using an Internet Integrated Workbench.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999, DETC99/DAC-8573.

AMBROSY, S.:

Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1997. (= Konstruktionstechnik München. 26. Zugl. München: TU, Diss. 1996)

ANDERL, R.; LINDEMANN, U.; THOMSON, B.; GAUL, H.-D.; GIERHARDT, H.; OTT, T. (1999A):

Investigation of Distributed Product Design and Development Processes.
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg.): Proceedings of the 12th International Conference on Engineering Design. Volume 3.
München, TU: Eigenverlag 1999, S. 1675-1678.

ANDERL, R.; OTT, T.; LINDEMANN, U.; GAUL, H.-D.; GIERHARDT, H. (1999B):

Planning and Improvement of Distributed Product Development Processes by Using a Taxonomy System.
In: Geril, P. (Ed.) (Hrsg.): Concurrent Engineering: From Product Design to Product Marketing. 6th European Concurrent Engineering Conference, Erlangen, 21.-23.04.1999.
Ghent: SCS Publication 1999, S. 69-75.

ANDERL, R.; OTT, T.:

Modelling and Simulation of Distributed Product Development Processes with Neural Networks.
In: Möller, D. (Hrsg.): Simulation in Industry. 12th European Simulation Symposium, Hamburg, 28.-30. September 2000.
Ghent: SCS Publication 2000, S. 333-337.

ANDERL, R.; TRIPPNER, D.:

STEP - STandard for the Exchange of Product Model Data.
Stuttgart: B. G. Teubner 2000.

ABMANN, G.:

Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.
München: Utz 2000. Produktentwicklung München. 38.
Zugl. München: TU, Diss. 2000)

AWISZUS, B.; BRÜNING, J.; GOEBEL, D.; HANEWINCKEL, F.:

Analyse und Optimierung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse.
In: VDI-Z, 137 (1995) 5, S. 40-43.

BALBONTIN, A.; YAZDANI, B.:

Global New Product Development Strategies and I.T. Applications.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and
Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999. DETC99/EIM-9007.

BALDINI, G.; JELMINI, T.:

Simultanentwicklung einer Werkzeugmaschine an verschiedenen Entwicklungsstandorten.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '99. Beschleunigung der Produktentwicklung
durch EDM/PDM- und Feature-Technologie.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. VDI Berichte 1497, S. 243-258.

BARTH, H.; GROSS, W.:

Fabrik mit Modellcharakter. Neue Zielhierarchie bei der Fabrikplanung.
In: ZWF, 93 (1998) 1-2, S. 15-17.

BAUMGARTNER, P.:

Stufenmethode zur Schnittstellengestaltung in der internationalen Produktion.
Karlsruhe: Universität Karlsruhe (TH) 1999. (= Forschungsberichte aus dem Institut für
Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe)

BECKMANN, H.:

Prinzipien zur Gestaltung verteilter Fabrikstrukturen.
In: ZWF, 94 (1999) 1-2, S. 42-47.

BEHNKE, A.:

Familienbetrieb der besonderen Art.
In: VDI nachrichten, Nr. 47 vom 24.11.2000.

BIRKHOFER, H.; SCHULZ, J.; NÖTZKE, D.:

Anforderungen nutzen.
In: ZWF, 95 (2000) 10, S. 471-474.

BIRMINGHAM, W. O.; D'AMBROSIO, J. G.:

Agency in Concurrent Engineering.

In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.

New York: ASME 1999. DETC99/DTM-8749.

BLÄSING, J. P. (HRSG.):

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis. Grundlagen und Anwendung der FMEA in der Konstruktion und Prozeßvorbereitung.

München: gfmt-Verlags KG 1987.

BOHL, E.:

Die TU München will ihren Ingenieuren auch soziale Kompetenz vermitteln.

In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 11.10.1997.

BORN, M.; EISELIN, S.:

Teams - Chancen und Gefahren.

Bern: Hans Huber 1996.

BRANDNER, S.:

Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken.

München: Utz 2000. Forschungsberichte iw. 136.

Zugl. München: TU, Diss. 2000.

BROCKHAUS (HRSG.):

Brockhaus-Enzyklopädie in 24 Bänden. Band 17: Pes - Rac.

Mannheim: Brockhaus 1992.

BRÜGGEMANN, G.:

Manager sind Mangelware.

In: VDI nachrichten, Nr. 1 vom 05.01.2001.

BULLINGER, H.-J.; BRÖCKER, A.; WAGNER, F.:

Die verteilte Produktentwicklung im Zusammenhang von DMU, VR und EDMS.

In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '99. Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie.

Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. VDI Berichte 1497, S. 3-24.

BULLINGER, H.-J.; WARSCHAT, J. (HRSG.):

Concurrent Simultaneous Engineering Systems.

London: Springer 1996.

BUTTNER, G.:

Bevölkerung und Arbeitsmarkt.

In: Verband der Automobilindustrie VDA (Hrsg.): Die Zukunftschancen unserer Gesellschaft.

Köln: Deutscher Instituts Verlag 1983, S. 105-113.

CANTON, J.:

Technofutures. How Leading-Edge Technology Will Transform Business in the 21st Century.

Carlsbad, CA: Hay House 1999.

CARMEL, E.:

Global Software Teams. Collaborating Across Borders and Time Zones.
Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall 1999.

DANESH, M. R.; JIN, Y.:

ADN: An Agent-Based Decision Network for Concurrent Design and Manufacturing.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999. DETC99/DFM-8915.

DANGELMAIER, W.; SCHÄFERMEIER, U.:

Unterstützung kooperativer Produktentwicklungsprozesse durch eine Kooperationsplattform.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 45-49.

DANZL, M.; HOFMANN, J.; RITTHALER, K.:

Zeitzonenversetzte Konstruktion.
In: VDI (Hrsg.): Entwicklungen im Karosseriebau.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000. VDI Berichte 1543, S. 301-320.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L.:

Working Knowledge. How Organizations Manage What They Know.
Boston: Harvard Business School Press 1998.

DEMANT, H. H.:

Fair und effektiv.
In: Automobil-Entwicklung, 1994, S. 44-48.

DEPOLT, J.; UEHLENBRUCK, G.:

Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung von Telekooperation in der Automobilhersteller/Zulieferer-Beziehung.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. VDI Berichte 1435, S. 339-360.

DETTELBACHER, W. (1998A):

Handwerker und Zünfte - Meister, Lehrlinge und Gesellen.
In: Pleticha, H. (Hrsg.): Deutsche Geschichte. Band 3. 1378-1618. Reform und Reformation.
Gütersloh: Bertelsmann Lexikon 1998, S. 95-103.

DETTELBACHER, W. (1998B):

Handel und Gewerbe im 18. Jahrhundert.
In: Pleticha, H. (Hrsg.): Deutsche Geschichte. Band 3. 1378-1618. Reform und Reformation.
Gütersloh: Bertelsmann Lexikon 1998, S. 284-290.

DEUTSCHE TELEKOM (HRSG.):

T-DSL.
<http://www.telekom.de/dtag/ip12/cda/t2/0,4260,10569,00.html> (18.12.2000)

DIN 69 901:

Projektmanagement - Begriffe.
Berlin: Beuth 1987.

DIN ISO 9000:

Qualitätsmanagement und Qualitätssicherungsnormen. Leitfaden zur Auswahl und Anwendung.
Berlin: Beuth 1990.

DOBLIES, M.:

Globales Produktdatenmanagement zur Verbesserung der Produktentwicklung.
Berlin: Fraunhofer-IPK 1998. Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin.
Zugl. Berlin: TU, Diss. 1998.

DÖLLNER, G.:

Konzipierung und Anwendung von Maßnahmen zur Verkürzung der Produktentwicklungszeit am Beispiel der Aggregateentwicklung.
Braunschweig: Technische Universität 1997. Institut für Konstruktionslehre, Bericht Nr. 54.
Zugl. Braunschweig: TU, Diss. 1997.

DONAUKURIER 1997:

Auto-Entwicklung rund um die Uhr. Volkswagen denkt an einen weltweiten Verbund.
In: Donaukurier vom 07.07.1997.

EDELBAUER, F.:

Speichern auf DNS-Molekülen. Großer Schritt in Richtung Bio-Computer.
<http://www.zdnet.de/news/artikel/2000/01/14008-wc.html> (14.01.2000)

EHRENSPIEL, K.:

Integrierte Produktentwicklung.
München: Hanser 1997.

EHRENSPIEL, K.; LINDEMANN, U.; KIEWERT, A.:

Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren.
Berlin: Springer 1998.

ENDRES, E.:

Lieferbeziehungen als Kooperationschance.
In: Endres, E.; Wehner, T. (Hrsg.): Zwischenbetriebliche Kooperation.
Weinheim: Psychologie Verlags Union 1996. Arbeits- und Organisationspsychologie in Forschung und Praxis. 8, S. 2-30.

ENGELBRECHT, A.:

Marktkompatibilität durch Kooperation - Ein sicherer Weg in eine unsichere Zukunft.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 59-63.

ESSER, J.:

Der kooperative Nationalstaat im Zeitalter der "Globalisierung".
In: Döring, D. (Hrsg.): Sozialstaat in der Globalisierung.
Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1999, S. 117-144.

- EVERSHEIM, W. (1995A):
Simultaneous Engineering. Erfahrungen aus der Industrie für die Industrie.
Berlin: Springer 1995.
- EVERSHEIM, W. (HRSG., 1995B):
Prozeßorientierte Unternehmensorganisation.
Berlin: Springer 1995.
- EVERSHEIM, W.; LAUFENBERG, L.; HEYN, M.; KÜMPER, R.; LINNHOFF, M.; SCHARES, L.; HEYN, W.; BOHR, R.
P.; EHRING, R.; VORWEG, M.:
Entwicklung von Fahrzeugsystemen im Verbund.
In: VDI-Z, 137 (1995) 5, S. 32-35.
- EVERSHEIM, W.; SCHUTH, S.; BREMER, C. F.; MOLINA, A.:
Globale virtuelle Unternehmen.
In: ZWF, 93 (1998) 3, S. 62-64.
- EVERSHEIM, W.; BAUERNHANSL, T.; SCHUTH, S.:
Kompetenzbasierte Konfiguration Globaler Virtueller Unternehmen.
In: ZWF, 94 (1999) 1-2, S. 25-28.
- FLECHTHEIM, O. K.:
Warum Futurologie?
In: Flechtheim, O. K. (Hrsg.): Futurum.
München: Minerva Publikation 1980. Beiträge des Instituts für Zukunftsforschung. 6, S. 1-20.
- FRANKENBERGER, E.:
Arbeitsteilige Produktentwicklung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1997. Fortschritt-Berichte VDI. Reihe 1 Nr. 291.
Zugl. Darmstadt: TU, Diss. 1997.
- FRIEDMAN, T. L.:
Globalisierung verstehen.
Berlin: Ullstein 1999.
- FRIEMUTH, U.; WREDE, PH. V.:
Produzieren in Netzwerken.
In: ZWF, 93 (1998) 3, S. 92-95.
- FUCHS, D.-K.; PULM, U.:
Tutorensystem Garching.
http://www.tu-muenchen.de/infocenter/presse/tum_mit/tum1_0001/report21.tuml (29.01.2001)
- FZK (HRSG.):
Leitprojekt "integrierte Virtuelle Produktentstehung".
Karlsruhe: FZK 2000.

GALLIST, R.:

Unterstützung des Wandels durch Informationstechnologien.

In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.):... nur der Wandel bleibt. Wege jenseits der Flexibilität. Münchener Kolloquium 2000.

München: Utz 2000, S. 261-275.

GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.:

Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. 2., bearb. Aufl.

München: Hanser 1996.

GAUSEMEIER, J.; RIEPE, B.; SCHLAKE, O.:

Entwicklung langfristig tragfähiger Strategien für die industrielle Leistungserstellung in Allianzen.

In: VDI (Hrsg.): Outsourcing und Local Content - Herausforderung für Konstruktion und Fertigung.

Düsseldorf: VDI 1998. VDI Berichte 1394, S. 1-13.

GAUSEMEIER, J.; LEWANDOWSKI, S.; KESPOHL, H. D.; PUSCH, R.; SEIFFERT, L.:

Gateway Integration of Global Engineering Networking (GEN) and Product Data Management (PDM).

In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg.): Proceedings of the 12th International Conference on Engineering Design. Volume 2.

München, TU: Eigenverlag 1999, S. 703-708.

GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P.:

Kooperatives Produktengineering.

Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2000. HNI-Verlagsschriftenreihe. 79.

GAUSEMEIER, J.; MÖHRINGER, S.; WLEKLINSKI, C.:

Kooperatives Produktengineering. Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens.

In: ZWF, 95 (2000) 10, S. 478-482.

GESSNER, K.; BAYER, J.; KEHLER, T.:

Anforderungen an eine global verteilte Arbeitsumgebung im Rahmen des Designprozesses in der Automobilindustrie.

In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung.

Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. VDI Berichte 1435, S. 183-198.

GIDDENS, A.:

Der dritte Weg. Die Erneuerung der sozialen Demokratie.

Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1999.

GIERHARDT, H.; GAUL, H.-D.; OTT, T.:

Distribution in Product Design and Development Processes.

In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.

New York: ASME 1999. DETC99/DTM-8777.

GIERHARDT, H.; LINDEMANN, U.; ANDERL, R.; FADEL, G.; GREENSTEIN, J.; FUCHS, D.-K.; GAUL, H.-D.; OTT, T.:

24h-Entwicklung. Ein Grundlagenprojekt in der Antriebsentwicklung.

In: VDI (Hrsg.): Entwicklungen im Karosseriebau.

Düsseldorf: VDI-Verlag 2000. VDI Berichte 1543, S. 283-299.

- GOMES DE SA, A.; GAUL, H.-D.; KLIER, R.; LINDEMANN, U.:
Comparison of Virtual Reality with a Conventional Simulation System for Verification of Assembly and Maintenance Processes.
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg.): Proceedings of the 12th International Conference on Engineering Design. Volume 2.
München, TU: Eigenverlag 1999, S. 631-636.
- GRABOWSKI, H.; GEIGER, K. (HRSG.):
Neue Wege zur Produktentwicklung.
Stuttgart: Raabe 1997.
- GRAF, H. G.:
Prognosen und Szenarien in der Wirtschaftspraxis.
Zürich: Verlag Neue Zürcher Zeitung 1999.
- GRAFF, B.:
Der Kot an der Quelle. Wer Microsofts intimste Daten anschauen kann, hat die Firma so gut wie vernichtet.
http://www.sueddeutsche.de/rueckblick/kulturjahr/oktober/001029feu_microsoft.php3 (20.12.2000)
- GREGORY, J. K.:
Das Internet macht Unternehmen verwundbarer.
In: VDI nachrichten, Nr. 45 vom 10.11.2000.
- GRUPP, H.:
Der Delphi-Report. Innovationen für unsere Zukunft.
Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1995.
- HAAK, R. (2000A):
Kollektive Internationalisierungsstrategien der japanischen Industrie.
In: ZWF, 95 (2000) 3, S. 113-116.
- HAAK, R. (2000B):
Kooperationsmanagement der japanischen Industrie in fortschrittlichen Technologiefeldern.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 64-68.
- HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; MASSOW, H. V.:
Systems Engineering. Methodik und Praxis. 10. durchgesehene Auflage.
Zürich: Industrielle Organisation 1999.
- HÄGELE, T.; SCHÖN, W.-U.:
Erfolgsstrategien für Automobilzulieferer.
In: ZWF, 93 (1998) 7-8, S. 312-316.
- HAGELÜKEN, A.:
Werben um die besten Köpfe.
In: Süddeutsche Zeitung vom 04.05.2000, S. 11.
- HAHN, D.:
Problemfelder des Supply Chain Management.
In: ZWF, 95 (2000) 4, S. 174-178.

HAMMER, M.:

Das prozeßzentrierte Unternehmen.
München: Heyne 1999.

HAMMER, M.; CHAMPY, J.:

Reengineering the Corporation. A Manifesto for Business Revolution.
New York: Harper Business 1993.

HAUSER, J.; VOSBERG, P.; LINDEMANN, U.; IRLINGER, R.; PELZL, M.:

Kritische Erfolgsfaktoren für das Management räumlich verteilter Produktentwicklungsprojekte.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. VDI Berichte 1435, S. 319-338.

HEYNEN, C.; KASAN, R.-D.; SANDER, S.:

Überlegungen zum Wissensmanagement in der globalen Produktentwicklung.
In: Meerkamm, H. (Hrsg.): Design for X. Beiträge zum 11. Symposium, Schnaittach, 12./13. Oktober 2000.
Erlangen: Universität 2000.

HÖBIG, M.; KLEIN, M.:

Systematische Bewertung der Kooperationsfähigkeit und Netzwerkeignung.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 41-44.

HOFFMANN, M.; BEITZ, W.:

Kooperative verteilte Produktentwicklung auf der Basis breitbandiger Netze.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. VDI Berichte 1435, S. 259-275.

HÖHMANN, H.-H.:

Konvergenz oder Polarität der Wirtschaftssysteme.
In: Verband der Automobilindustrie VDA (Hrsg.): Die Zukunftschancen unserer Gesellschaft.
Köln: Deutscher Instituts Verlag 1983, S. 227-235.

HOHWIELER, H.:

Teleservice und Produktionsunterstützung mit Internet-Technologien.
In: ZWF, 95 (2000) 3, S. 97-101.

HORN, E.-J.:

Perspektiven der internationalen Arbeitsteilung.
In: Verband der Automobilindustrie VDA (Hrsg.): Die Zukunftschancen unserer Gesellschaft.
Köln: Deutscher Instituts Verlag 1983, S. 209-225.

HUNGENBERG, H.; WULF, T.:

Business Process Engineering.
In: ZWF, 93 (1998) 7-8, S. 304-307.

HÜNGSBERG, W.:

Die Zukunft von EDI in der Automobilindustrie.
In: ZWF, 93 (1998) 9, S. 426-428.

- INTEL (HRSG.):
Intel Develops World's Smallest, Fastest CMOS Transistor.
<http://www.intel.com/pressroom/archive/releases/cn121100.htm> (11.12.2000)
- IRLINGER, R.:
Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1999. Konstruktionstechnik München. 31.
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- ISC (HRSG.):
Internet Domain Survey, July 2000.
<http://www.isc.org/ds/WWW-200007/index.html> (24.01.2001)
- JASPERT, W.:
Alles zurück.
In: Süddeutsche Zeitung vom 05.10.2000.
- JIN, Y.; ZHAO, L.; RAGHUNATH, A.:
ActivePROCESS: A Process-Driven and Agent-Based Approach to Supporting Collaborative Engineering.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999. DETC99/CIE-9099.
- JOBMANN, K. (2000A):
Nachrichtenvermittlungstechnik I. Kapitel 2.1. Offene Kommunikation. Das OSI-Referenz-Modell.
Universität Hannover, Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik.
http://www.ant.uni-hannover.de/Lehre/Kn/Skripte/Nvt1/PDF/n1_02_1.pdf (18.12.2000)
- JOBMANN, K. (2000B):
Datenkommunikationstechnik II. Kapitel 8.1. Datenübertragung über digitale Funknetze.
Universität Hannover, Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik.
http://www.ant.uni-hannover.de/Lehre/Kn/Skripte/Dkt2/PDF/d2_08_1.pdf (18.12.2000)
- KAHN, H.; WIENER, A. J.:
Ihr werdet es erleben. Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahre 2000.
Wien: Fritz Molden 1968.
- KARCHER, A.; FISCHER, F.; VIERTLBÖCK, M.:
EDM/PDM-Systeme als Rückgrat der Integrierten Produktentwicklung - ein modulares Einführungs- und Integrationskonzept.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '99. Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. VDI Berichte 1497, S. 451-470.
- KATZENBACH, J. R.; SMITH, D. K.:
The Wisdom of Teams.
New York: Harper Business 1994.

KIESEL, B.; KLINK, J.:

Die Renaissance der Kooperation.
In: ZWF, 93 (1998) 1-2, S. 18-21.

KIM, H.; LEE, J. Y., HAN, S.-B.:

Process-Centric Distributed Collaborative Design Based on the Web.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999. DETC99/CIE-9081.

KIRSCH, W.:

Unternehmenspolitik und strategische Unternehmensführung.
München: Barbara Kirsch 1990. Münchner Schriften zur angewandten Führungslehre. 60.

KLEEDÖRFER, R.:

Prozeß- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. Konstruktionstechnik München. 28.
Zugl. München: TU, Diss. 1998.

KLENTNER, G.; WARNKE, L.:

Wege zur Full Power Factory. Benchmarkingstudie zur Weltklasseproduktion.
In: ZWF, 95 (2000) 12, S. 580-583.

KÖPF, P.:

Stichwort: Globalisierung.
München: Heyne 1998.

KOSTNER, J.:

Virtual Leadership.
New York: Warner Books 1996.

KRAUSE, F.-L., TANG, T.; AHLE, U.:

Systementwicklungen für die integrierte Virtuelle Produktentstehung.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '99. Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. VDI Berichte 1497, S. 77-101.

KRAUSE, F.-L.; JANSEN, H.:

Von der Geometrieverarbeitung zum virtuellen Produkt.
In: ZWF, 93 (1998) 10, S. 452-457.

KREIS, W.; KUHLENKÖTTER, B.:

Konstruierte Qualität durch eine unternehmensübergreifende Kommunikationsstruktur.
In: ZWF, 93 (1998) 12, S. 620-623.

KRÜGER, J.:

Harmonisierung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse mit Lieferantenworkshops.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 74-78.

KUHN, A.; BECKMANN, H.:

Die partizipative Fabrik.

In: ZWF, 93 (1998) 3, S. 87-91.

LAUBACHER, R. J.; MALONE, T. W.; MIT SCENARIO WORKING GROUP:

Two Scenarios for 21st Century Organizations: Shifting Networks of Small Firms or All-Encompassing "Virtual Countries"?

<http://ccs.mit.edu/21c/21CWP001.html> (31.08.00)

LAY, G.; KINKEL, S.:

Regionale Kooperationen und globale Präsenz der deutschen Investitionsgüterindustrie.

In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 9-13.

LAY, G.; WENGEL, J.:

Techniktrends in der Produktionsmodernisierung. Ergebnisse der Erhebung "Innovationen in der Produktion".

In: ZWF, 94 (1999) 4, S. 205-209.

LEE, J. Y.; KIM, H.; HAN, S.-N.:

Web-Enabled Feature-Based Modeling in a Distributed Design Environment.

In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.

New York: ASME 1999. DETC99/DFM-8941.

LEIMBACH, A.:

Bei Ford verfeinern viele Köche den Brei.

In: VDI nachrichten, Nr. 45 vom 10.11.2000.

LIEBING, S.:

Transfer der Fertigung und Entwicklung in ein anderes kulturelles, sprachliches und wirtschaftliches Umfeld.

In: VDI (Hrsg.): Outsourcing und Local Content - Herausforderung für Konstruktion und Fertigung. Düsseldorf: VDI 1998. VDI Berichte 1394, S. 103-113.

LINDEMANN, U. (HRSG.):

Sonderforschungsbereich 336 - Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und Planung. Arbeits- und Ergebnisbericht 1998 - 1999 - 2000.

München, TU: Eigenverlag 2000.

LINDEMANN, U.; IRLINGER, R.; GAUL, H.-D. (1997A):

Virtual Reality im Praxiseinsatz.

In: ZWF, 92 (1997) 4, S. 172-174.

LINDEMANN, U.; AMFT, M.; ABMANN, G.; BICHLMAIER, C.; VIERTLBÖCK, M. (1997B):

Integrierte Produkterstellung: Entwicklungsmethoden und Rechnerunterstützung. Teilprojekt II.

In: Reinhart, G. (Hrsg.): Sonderforschungsbereich 336 - Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und Planung. Arbeits- und Ergebnisbericht 1995 - 1996 - 1997.

München, TU: Eigenverlag 1997, S. 17-47.

- LINDEMANN, U.; ABMANN, G.; FREYER, B.:
Vernetzte Information zur Handhabung von Entwicklungswissen.
In: ZWF, 93 (1998) 9, S. 386-389.
- LINDEMANN, U.; FUCHS, D.-K.; GAUL, H.-D.:
House of Communication. Ein Kommunikationsmodell im globalen Umfeld.
In: ZWF, 95 (2000) 7-8, S. 366-368.
- LINDEMANN, U.; KLEEDÖRFER, R.:
Erfolgreiche Produkte durch Integrierte Produktentwicklung.
In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung. Münchener Kolloquium '97.
Landsberg: Moderne Industrie 1997, S. 115-136.
- LIPNACK, J.; STAMPS, J.:
Virtuelle Teams. Projekte ohne Grenzen.
Frankfurt: Ueberreuter Wirtschaftsverlag 1998.
- LO, V.; RENTMEISTER, B.:
Wissensintensive Dienstleister: Die Stärke regionaler Cluster.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 37-40.
- LORSCHIEDER, B.:
Kooperative Lernprozesse in Produktionsunternehmen.
Aachen: Verlag der Augustinus Buchhandlung 1997. Aachener Reihe Mensch und Technik. 20.
- MADAUSS, B. J.:
Handbuch Projektmanagement. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2000.
- MAG, W.:
Planung und Kontrolle.
In: Bitz, M.; Dellmann, K.; Domsch, M.; Wagner, W. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre. Band 2. 4., völlig überarbeitete Auflage.
München: Franz Vahlen 1999, S. 1-63.
- MALONE, T. W.; LAUBACHER, R. J.:
Vernetzt, klein und flexibel - die Firma des 21. Jahrhunderts.
In: HARVARD BUSINESS manager, (1999) 2, S. 28-36.
- MARX, P.; KOPSCH, J.:
Aktives semantisches Konstruktionsnetz. Unterstützung der Konstruktionstätigkeiten.
In: Konstruktion, 50 (1998) 4, S. 37-40.
- MEERKAMM, H.; WARTZACK, S.:
Verkürzung der Prozeßkette.
In: ZWF, 93 (1998) 9, S. 395-398.
- MERTENS, P.; HARTMANN, P.; FAISST, W.:
Virtuelle Unternehmen - Virtuelle Staaten: Polarisierung in diesem Jahrhundert?.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 19-23.

MERTENS, P.; FAISST, W.:

Virtuelle Unternehmen - Virtuelle Staaten. Arbeitspapier Nr. 2/1998.
Erlangen: 1998.

MERWALD, G.:

Die spätmittelalterliche Gesellschaft und Wirtschaft im Deutschen Reich.
In: Pleticha, H. (Hrsg.): Deutsche Geschichte. Band 3. 1378-1618. Reform und Reformation.
Gütersloh: Bertelsmann Lexikon 1998, S. 171-179.

MICHEEL, H. J.:

Entwicklungstrends in der Kommunikationstechnik.
http://www.e-i.fh-hamburg.de/mmk_int/index.htm (23.11.1999)

MILLER, L. C. G.:

Business Process Re-engineering: A Management Handbook.
Seattle, WA (USA): Eigenverlag 1994.

MOORE, G.:

An Update on Moore's Law.
<http://www.intel.com/pressroom/archive/speeches/gem93097.htm> (30.09.1997)

MÜLLER, K.:

Management für Ingenieure. Grundlagen, Techniken, Instrumente. 2. Auflage.
Berlin: Springer 1995.

MÜNSTEDT, F.; HÖFER, S.:

Einheitliches Personalmanagementsystem.
In: ZWF, 95 (2000) 11, S. 536-538.

MUTH, M.; WEBER, C.:

Multimedia zur Unterstützung verteilter Konstruktionsprozesse.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle
Produktentwicklung in verteilter Umgebung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. VDI Berichte 1435, S. 361-378.

NATANSKY, L.; HUTH, C.:

Aufbau- und Prozeßorganisation im virtuellen Unternehmen.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 69-73.

NEFF, W.:

Herausforderungen im Maschinen- und Anlagenbau. Ergebnisse einer Fragebogenaktion.
In: ZWF, 95 (2000) 11, S. 564-567.

NÖLLER, C.:

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Telekooperation am Beispiel der Fahrzeugentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. Berichte aus der Produktionstechnik. 98,29

OPEL (HRSG.):

Adam Opel AG - Homepage.
<http://www.opel.de/> (15.08.1999)

PAHL, G.; BEITZ, W.:

Konstruktionslehre.
Berlin: Springer 1997.

PETERMANN, J.; RIEDEL, U.; REINICKE, J.:

Optimale Kooperationen in Unternehmensnetzen.
In: ZWF, 93 (1998) 7-8, S. 334-337.

PFEIFFER, F. (HRSG.):

Institutsbericht. 1982-2000.
<http://www.lbm.mw.tu-muenchen.de/Research/Broschuere2000/bericht/bericht.html> (20.12.2000)

PICOT, A.:

Organisation.
In: Bitz, M.; Dellmann, K.; Domsch, M.; Wagner, W. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre. Band 2. 4., völlig überarbeitete Auflage.
München: Franz Vahlen 1999, S. 107-180.

PICOT, A.; REICHWALD, R.; WIGAND, R. T.:

Die grenzenlose Unternehmung. 3., überarbeitete Auflage.
Wiesbaden: Gabler 1998.

PICOT, A.; FRANCK, E.:

Prozeßorganisation. Eine Bewertung der neuen Ansätze aus Sicht der Organisationslehre.
In: Nippa, M.; Picot, A. (Hrsg.): Prozeßmanagement und Reengineering. Die Praxis im deutschsprachigen Raum.
Frankfurt: Campus 1996, S. 13-38.

PROSTEP (HRSG.):

ProSTEP Symposium 2000. Der globale, virtuelle Produktentstehungsprozess: Standards, Technologien und Anwendungsszenarien.
Darmstadt: 2000.

PUHL, H.; RAUCH, C.; HILLER, M.:

Komplexitätsbewußte Geschäftsprozeßoptimierung.
In: ZWF, 93 (1998) 7-8, S. 349-352.

RAI, S.; JACKSON, W. B.:

Collaborative Design of Modular Electromechanical Systems with Distributed Controls.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999. DETC99/DFM-8775.

REDEKER, G.; SAUER, R.:

Continuous Engineering - Kontinuierliche Produktentwicklung nach dem Schichtprinzip.
In: Industrie Management, 16 (2000) 5, S. 59-63.

- REICHWALD, R.; SCHMALZL, B.; CONRAT, J.-I.; RIEDEL, D.:
Änderungsmanagement: Bewertung und Optimierung von Abstimmungs- und Änderungsprozessen zwischen Konstruktion und Montageplanung.
In: Reinhart, G. (Hrsg.): Sonderforschungsbereich 336 - Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und Planung. Arbeits- und Ergebnisbericht 1995 - 1996 - 1997.
München, TU: Eigenverlag 1997, S. 79-108.
- REICHWALD, R.; MÖSLEIN, K.; SACHENBACHER, H.; ENGLBERGER, H.; OLDENBURG, S.:
Telekooperation. Verteilte Arbeits- und Organisationsformen.
Berlin: Springer 1998.
- REINHART, G.:
Vom Wandel der Zeit. Wandel als Chance für unsere Unternehmen im globalen Wettbewerb.
In: ZWF, 94 (1999) 1-2, S. 14.
- REINHART, G. (HRSG.):
SFB 1821 - Marktnahe Produktion individualisierter Produkte. Forschungsantrag 2001/2 - 2002 - 2003 - 2004/1.
München, TU: Eigenverlag 2000.
- REINHART, G.; LINDEMANN, U.; HEINZL, J.:
Qualitätsmanagement.
Berlin: Springer 1996.
- REINHART, G.; BAUER, L.; MEIER, H.; WAGNER, P.; WEIBENBERGER, M.:
Vernetzte Entwicklung komplexer mechatronischer Produkte. Am Beispiel der Werkzeugmaschine.
In: ZWF, 94 (1999) 4, S. 191-194.
- REINHART, G.; SCHLIFFENBACHER, K.; BRANDNER, S. (2000A):
Virtueller-Markt.de. Eine Handelsplattform für den produktionstechnischen Mittelstand.
In: ZWF, 95 (2000) 4, S. 137-140.
- REINHART, G.; EFFERT, C.; GRUNWALD, S.; PILLER, F.; WAGNER, W. (2000B):
Minifabriken für die marktnahe Produktion.
In: ZWF, 95 (2000) 12, S. 597-599.
- REINHART, G.; GRUNWALD, S.:
Einführung wandlungsfähiger Prozesse im Engineering.
In: ZWF, 95 (2000) 7-8, S. 351-355.
- REINHART, G.; KRESS, M.:
Mass Customization Based on Constraint-Space Product and Process Modeling.
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg.): Proceedings of the 12th International Conference on Engineering Design. Volume 1.
München, TU: Eigenverlag 1999, S. 89-94.
- REINHART, G.; LULAY, W. E.:
Koordination dezentraler Produktionsstrukturen durch begleitende Simulation.
In: ZWF, 93 (1998) 1-2, S. 35-38.

RFC 1883:

Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification.
<http://rfc.net/rfc1883.html> (18.12.2000)

RIEDEL, D.:

Standortverteiltes Änderungsmanagement. Explorative Analyse zur Gestaltung standortübergreifender Produktänderungen.
Wiesbaden: Gabler 2000. Reihe Markt- und Unternehmensentwicklung

ROEDIG, C.:

Handel und Gewerbe im 16. Jahrhundert.
In: Pleticha, H. (Hrsg.): Deutsche Geschichte. Band 3. 1378-1618. Reform und Reformation.
Gütersloh: Bertelsmann Lexikon 1998, S. 306-315.

RÜCHARDT, D.:

Engineering im Zeitalter von E-Business.
In: ZWF, 95 (2000) 11, S. 547-549.

SCHELLE, H.:

Projekte und Projektmanagement.
In: RKW (Hrsg.): Projektmanagement Fachmann. Band 1.
Eschborn: Eigenverlag 1998, S. 25-56.

SCHERM, E.; SÜß, S.:

Virtualisierung von Unternehmen - eine neue Chance im globalen Wettbewerb?.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 14-18.

SCHIMMELPFENG, K.; GRANTHIEN, M.; HÖFT, J.:

Industrielle Logistikkonzepte im Rahmen der Globalisierung und Regionalisierung.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 33-36.

SCHMOECKEL, D.; LIEBLER, B. C.; SCHINDELE, S.:

Kooperationen zwischen Unternehmen der Automobilzulieferindustrie.
In: VDI-Z, 137 (1995) 5, S. 36-38.

SCHOEN, S.:

Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.
München: Utz 2000.
Zugl. München: TU, Diss. 2000.

SCHOLZ-REITER, B.:

Regionalisierung und Globalisierung - ein Gegensatz?.
In: Industrie Management, 16 (2000) 16, S. 3.

SCHOLZ-REITER, B.; BASTIAN, D.:

Integration von verteilten Modellierungswerkzeugen. Grundlage einer neuen Planungsqualität für Produktionssysteme.
In: ZWF, 93 (1998) 1-2, S. 29-31.

SCHÖTTNER, J.:

Produktdatenmanagement.

In: ZWF, 95 (2000) 10, S. 463-466.

SCHUH, G.; MÜLLER, S.; LEVERING, V.:

Agilität durch virtuelle Fabriken.

In: ZWF, 93 (1998) 4, S. 124-126.

SCHUH, G.; LORSCHIEDER, B.; FRANKE, U. J.:

Aufbau der Virtuellen Fabrik Rhein-Ruhr.

In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 53-58.

SCHULZ VON THUN, F.:

Miteinander Reden. Teil 1. Störungen und Klärungen.

Hamburg: Rowohlt 1993.

SCHUNK, G.:

Internationale Zusammenarbeit in hochtechnologischen Bereichen.

Baden-Baden: Nomos-Verlags-Gesellschaft 1982.

Zugl. Aachen: Technische Hochschule, Diss. 1981.

SCHWABE, J.:

Team-Probleme.

In: c't, Jg. 1998, H. 26, S. 80-81.

SENGE, P.:

Die fünfte Disziplin. Kunst und Praxis der lernenden Organisation. 4. Auflage.

Stuttgart: Klett 1997.

SMITH, P. G.; REINERTSEN, D.; G.:

Developing Products in Half the Time. Second Edition.

New York: John Wiley & Sons 1998.

SPÄTH, L.:

Zukunft ohne Risiko? Haben wir Angst vor zuviel Wandel?.

In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.):... nur der Wandel bleibt. Wege jenseits der Flexibilität. Münchener Kolloquium 2000.

München: Utz 2000, S. N21-N29.

SPECHT, G.:

Einführung in die Betriebswirtschaftslehre.

Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1997.

SPUR, G. (2000A):

Die technologische Globalisierung. Eine Herausforderung der Ingenieurwissenschaften.

In: ZWF, 95 (2000) 5, S. 198-200.

SPUR, G.(2000B):

Die zweite industrielle Revolution findet statt.

In: ZWF, 95 (2000) 7-8, S. 326-330.

STARK, R.; WILMERS, CH.; KOCHAR, N.:

Product Information Management (PIM) and Digital Buck - Key Enablers for Accelerated Product Development at Ford.

In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '99. Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie.

Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. VDI Berichte 1497, S. 133-150.

STETTER, R.:

Method Implementation in Integrated Product Development.

München: Dr. Hut 2000. Produktentwicklung.

Zugl. München: TU, Diss. 2000.

STROBEL, K.:

Lead-Seminar 2000.

http://www.tu-muenchen.de/infocenter/presse/tum_mit/tum1_0001/report22.tuml (29.01.2001)

STUFFER, R.:

Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung.

München: Hanser 1994. Konstruktionstechnik München. 14.

Zugl. München: TU, Diss. 1993.

SÜDDEUTSCHE ZEITUNG ONLINE (2000A):

Gefahren der Globalisierung. Fusion mit Chrysler wird für Daimler zum Abenteuer.

<http://www.sueddeutsche.de/cgi-bin/w/w-ttt-d.pl?id=3178&rub=top> (20.12.00)

SÜDDEUTSCHE ZEITUNG ONLINE (2000B):

Ende eines milliardenteuren Abenteuers. Chronik der Rover-Krise.

<http://www.sueddeutsche.de/cgi-bin/w/w-ttt-d.pl?id=918&rub=top> (20.12.00)

SUEDDEUTSCHE ZEITUNG ONLINE (2000C):

Eckdaten der Green-Card-Regelung.

<http://www.sueddeutsche.de/rueckblick/karrierejahr/greencard2.php3> (20.12.2000)

TAYLOR, F. W.:

Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung.

München: Oldenbourg 1919.

TELLKAMP, T.; HELLWIG, H. E.; THEOBALD, M.:

Global Engineering - Steuerung von verteilter Arbeit.

In: VDI-Z, 140 (1998) 9, S. 24-28.

TÖNSHOFF, H. K.; WOELK, P.-O.; HERZOG, O.; TIMM, I. J.:

Architektur eines agentenbasierten Systems. EinKonzept zur Unterstützung der Informationslogistik in Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung.

In: ZWF, 95 (2000) 12, S. 601-604.

TÖNSHOFF, H. K.; RIETZ, W.:

Bestimmung eines geeigneten Dezentralisierungsgrads in KMU. Wie viel Dezentralisierung braucht eine Produktionsstruktur?.

In: ZWF, 95 (2000) 11, S. 527-529.

TÖNSHOFF, H. K.; TEUNIS, G.:

Dezentrales Produktionsmanagement auf Basis eines Mediators.
In: ZWF, 95 (2000) 12, S. 577-579.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.:

Product Design and Development.
New York: McGraw-Hill 1995.

ULRICH, P.; FLURI, E.:

Management. 6., neubearb. und erg. Aufl.
Bern: Haupt 1992.

VDA (HRSG.):

Unternehmerische Chancen und Herausforderungen durch die Mechatronik in der
Automobilzulieferindustrie.
Frankfurt a. M.: Eigenverlag 2000. Materialien zur Automobilindustrie. 23.

VDI NACHRICHTEN:

Zukunftsweisende Aufgabenteilung in der Automobilindustrie.
In: VDI nachrichten, Nr. 36 vom 05.09.1997.

VDI NACHRICHTEN:

Europa geht der Nachwuchs aus.
In: VDI nachrichten, Nr. 2 vom 12.01.2001.

VDI-RICHTLINIE 2221:

Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.

VITAL, E.; VILELA, J. B.; BAAKE, U.; HAUSSMANN, D.:

Introduction of Virtual Product Development in Practice.
In: VDI (Hrsg.): Informationsverarbeitung in der Konstruktion '98. Prozeßketten für die virtuelle
Produktentwicklung in verteilter Umgebung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. VDI Berichte 1435, S. 41-56.

W3C (HRSG.):

Extensible Markup Language (XML).
<http://www.w3.org/XML/> (27.12.2000)

WALLIS, J. J.; NORTH, D. C.:

Measuring the Transaction Sector in the American Economy 1870-1970.
In: Engermann, S. L.; Gallmann, R. E. (Hrsg.): Long-Term Factors in American Economic Growth.
Chicago: University of Chicago Press 1986, S. 95-148.

WANG, K.-L.; JIN, Y.:

Modeling Dependencies in Engineering Design.
In: ASME (Hrsg.): Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences and
Computers in Engineering Conference.
New York: ASME 1999. DETC99/DTM-8778.

WARNECKE, H.-J.:

Fraktale Fabrik.
Berlin: Springer 1993.

WEBER, J.:

Ein Ansatz zur Bewertung von Entwicklungsergebnissen in virtuellen Szenarien.
Karlsruhe: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik 1998. Forschungsberichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe. 76.
Zugl. Karlsruhe: Univ., Diss. 1997.

WECK, M.; KURTH, A.:

Modellierung und Koordination verteilter Produktionssysteme.
In: ZWF, 94 (1999) 10, S. 589-592.

WELP, E. G.:

Planung und Steuerung verteilter Produktentwicklungsprozesse.
In: Konstruktion, 48 (1996), S. 319-328.

WESTKÄMPER, E.; WIENDAHL, H.-H.; BALVE, P.:

Dezentralisierung und Autonomie in der Produktion.
In: ZWF, 93 (1998) 9, S. 407-410.

WIENDAHL, H.-W.; ENGELBRECHT, A.; HÖBIG, M.:

Vom Einzelunternehmen zum Unternehmensverbund.
In: ZWF, 94 (1999) 4, S. 210-215.

WIENDAHL, H.-P.; WORBS, J.:

Mobilität von morgen - die Fabrik am Haken?.
In: ZWF, 95 (2000) 12, S. 584-587.

WIESHEU, O.:

Innovation statt Stagnation - Bayerns Strategie für den Wandel.
In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.):... nur der Wandel bleibt. Wege jenseits der Flexibilität. Münchener Kolloquium 2000.
München: Utz 2000, S. N3-N17.

WILDEMANN, H.:

Interne und externe Kunden-Lieferanten-Beziehungen.
In: ZWF, 93 (1998) 1-2, S. 43-45.

WILDEMANN, H.:

Effektives Variantenmanagement.
In: ZWF, 94 (1999) 4, S. 181-185.

WILDEMANN, H. (2000A):

Vernetzte Produktionsunternehmen.
In: ZWF, 95 (2000) 4, S. 141-145.

WILDEMANN, H. (2000B):

E-Technologien als Enabler der Globalisierung.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 29-32.

WIRTH, S.:

Hierarchielose regionale Produktionsnetze im globalen Wettbewerb.
In: Industrie Management, 16 (2000) 6, S. 50-52.

WIRTH, S.; ENDERLEIN, H.; FÖRSTER, A.; PETERMANN, J. (2000A):

Hierarchielose Kompetenznetze. Zukunftsweisendes Unternehmens- und Fabrikkonzept.
In: ZWF, 95 (2000) 1-2, S. 14-18.

WIRTH, S.; ENDERLEIN, H.; HILDEBRAND, T. (2000B):

Visionen zur wandlungsfähigen Fabrik.
In: ZWF, 95 (2000) 10, S. 456-462.

WOLTER, B.:

Strukturwandel durch Kooperation und Partnerschaften - die Wirtschaftspolitik hilft der Automobil-Zulieferindustrie.
In: VDI (Hrsg.): Outsourcing und Local Content - Herausforderung für Konstruktion und Fertigung. Düsseldorf: VDI 1998. VDI Berichte 1394, S. 15-34.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.:

Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen. Lean Thinking.
München: Heyne 1998.

ZANKER, W.:

Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.
Aachen: Shaker 1999. Konstruktionstechnik München. 36.
Zugl. München: TU, Diss. 1999.

ZDNET (HRSG., 2000A):

Fortschritte bei Nanotechnologie. Speicherplatten aus dem Reagenzglas?.
<http://www.zdnet.de/news/artikel/2000/03/24002-wc.html> (24.03.2000)

ZDNET (HRSG., 2000B):

Lang lebe der Silizium-Chip. Bell-Labs: Performance lässt sich weiter pushen.
<http://www.zdnet.de/news/artikel/2000/04/19010-wc.html> (19.04.2000)

ZDNET (HRSG., 2000C):

IBM bringt Moore's Gesetz durcheinander. Big Blue schafft Durchbruch auf zehn Nanometer.
<http://www.zdnet.de/news/artikel/2000/08/12006-wc.html> (17.12.2000)

ZEDLER, R.:

Berufsqualifizierung für das Jahr 2000.
In: Verband der Automobilindustrie VDA (Hrsg.): Die Zukunftschancen unserer Gesellschaft.
Köln: Deutscher Instituts Verlag 1983, S. 129-140.

ZIOLKOWSKI, S.:

Beschleunigter CAD/CAM-Datenaustausch. Das virtuelle Netzwerk der Automobilindustrie "ENX".
In: ZWF, 95 (2000) 10, S. 475-477.

ZWICKER, E.:

Unterstützung der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung durch den Einsatz moderner
Informationstechnologien.
Düsseldorf: VDI 1999. Fortschritts-Berichte VDI. Reihe 20. Nr. 288.
Zugl. Zürich: ETH, Diss. 1999.

10 Anhang

10.1 Beispiel für einen Interviewleitfaden

1. Kurze Vorstellung unserer Personen

2. Allgemein

- ◆ *Was beinhaltet die Aufgabe?*
- ◆ *Welche Umfänge werden verplant?*
- ◆ *Welche Projekte sind involviert?*
- ◆ *Welche Ressourcen werden betrachtet?*

3. Funktion/Aufgabe des Befragten (Prozess/Organisation/Produkt)

- ◆ *Eigene Funktion/Aufgabe*
- ◆ *Zuständigkeit Ressourcen*
- ◆ *Input für eigene Funktion (was, woher, wer)*
- ◆ *Qualität des Inputs (Vollständigkeit, Nacharbeit notwendig, Struktur)*
- ◆ *Output (was, wohin, an wen)*
- ◆ *verwendete Werkzeuge (welche, wofür, Verantwortliche, Anforderungen einbringen - zur Weiterentwicklung)*
- ◆ *Dokumentation (welche Dokumente, mitnehmen, über das Ergebnis hinausgehende - Dokumentation „Metadokumente“, Erfahrungen, Vorgehensrichtlinien)*
- ◆ *Beteiligte (Interne, Externe)*
- ◆ *Überblick über die vorangehende und nachfolgende Tätigkeiten*
- ◆ *Feedback (von Anderen, an Andere)*
- ◆ *Notwendige Know-how für eigene Tätigkeit*
- ◆ *Dauer*

4. Einordnung Hierarchie/Organisation

- ◆ *Eventuell Verifikation über bestehendes Organigramm*
- ◆ *Abteilung*
- ◆ *Fachlicher Background*
- ◆ *Zugehörigkeit zu Teams (u.a. bezogen auf Projekt)*
- ◆ *Aufgabe, Verantwortlichkeiten innerhalb der Teams*
- ◆ *Beziehungen zu anderen Teams*
- ◆ *Verantwortung für Schnittstellen (Prozess/Organisation/Produkt)*
- ◆ *Übergeordnete Personen*
- ◆ *Untergeordnete Personen*
- ◆ *Verantwortung für Entscheidungen*

5. Begriffe

- ◆ *Definition wichtiger Begriffe*
- ◆ *Anforderungen*
- ◆ *allgemein: Begriffe nachfragen*

6. Allgemein/Verteilung

- ◆ *Schwachstellen*
- ◆ *Probleme*
- ◆ *Änderungswünsche*
- ◆ *Vorschläge*
- ◆ *Positives*

7. Feedback an Interviewte

- ◆ *Workshop, Hauspost, Infobrief*

10.2 Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls 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 SAUERMANN, H. J.:
Eine Produktkostenplanung für Unternehmen des Maschinenbaues.
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 KITSTEINER, 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 Teilverwaltung 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 Zeichnungsarchives.
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 mit QFD – ein Beitrag zur Optimierung markt-orientierter 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 Hilfsmiteleinführung 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 2001. (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.