

# **Aufbau eines freigabe- und kommunikationsbasierten Assistenzsystems im Produktentstehungsprozess**

Von der Fakultät Maschinenbau der  
Universität Dortmund genehmigte Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur

Vorgelegt von  
Carsten Düchting  
aus Krefeld

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Axel Kuhn  
Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst-H. Gerlach  
Tag der mündlichen Prüfung: 13. Mai 2005







## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeiten am Lehrstuhl für Fabrikorganisation an der Universität Dortmund im Zuge eines Stipendiums an der Graduate School of Production Engineering and Logistics.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Axel Kuhn, der mir jederzeit zur Seite stand und meine wissenschaftlichen und industriellen Arbeiten voll unterstützt hat.

Im gleichen Maße möchte ich mich bei Prof. Dr.-Ing. Horst-H. Gerlach bedanken, der die Strapazen der Korrektur meiner Arbeit trotz seines Ruhestandes als selbstverständlich ansah und mich der Vervollständigung der vorliegenden Arbeit entscheidend näher gebracht hat.

Den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Fabrikorganisation möchte ich an dieser Stelle ebenfalls für die Unterstützung und die warme Atmosphäre herzlich danken.

Nicht nur bei meiner Promotion, sondern während meines gesamten Werdeganges, der nicht zuletzt auch als Voraussetzung für diese Arbeit zu sehen ist, möchte ich meinen Eltern herzlich für die Mühen und die Liebe danken, die sie in mich gesteckt haben. Durch die Korrekturlesungen ist den Gutachtern zudem unangenehme Arbeit abgenommen worden.

Meiner Freundin möchte ich danken, dass sie einfach immer da ist und mich mit so viel Glück erfüllt.

Dortmund, 31.05.2005

Carsten Düchting



## **Abstract**

Der Produktentwicklungsprozess ist zu einem der wesentlich Faktoren und Stellschrauben für den wirtschaftlichen Erfolg heutiger Produkte und deren Lebenszyklen geworden. Mittels Integrität und Standardisierung muss ein hoher Prozessüberlappungsgrad realisiert werden, um schneller, mit gesicherter Qualität und zu wirtschaftlichen Kosten ein Produkt auf den Markt bringen zu können. Das Freigabemanagement wird als das maßgebliche Instrumentarium im Zuge des Simultaneous Engineering zur Verkürzung der Produktentstehungszeit durch Prozessparallelisierung genutzt und individuellen Entwicklungsszenarien angepasst. Der präventiven Methodik des Freigabemanagements wird zudem das Änderungsmanagement als reaktive Vorgehensweise adaptiert. Durch zunehmend räumlich verteilte Entwicklungsvorhaben muss mit Prozessparallelisierungsbestrebungen eine Kommunikationsintensivierung einhergehen. Zu diesem Zweck wird ein Assistenzsystem entwickelt, dass es dem Entwickler erlaubt, Kommunikationsinstanz, -art und -intervall für einen individuellen Entwicklungsfall bestimmen zu können. Ein abschließendes Anwendungsbeispiel stellt den Praxisbezug her.

The product development process became a substantial factor and adjustment for the economic success of today's products and their life cycles. By means of integrity and standardization, a high process parallelization degree must be realized, in order to release products faster, with secured quality and economic market prices. The release management is used as the most relevant method in the course of Simultaneous Engineering for the shortening of the product development time by process parallelization. Releases, as a preventive method, and changes with a reactive character have to be adapted to individual development cases. By increasingly distanced development projects, process parallelization requires communication intensification. For this purpose an assistance system is developed that permits the developer to define communication instances, communication kinds and communication intervals for an individual case of development. A case study establishes a practical purchase.





---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichniss</b>	<b>VII</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problemstellung</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Zielsetzung</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Aufbau der Arbeit</b>	<b>5</b>
1.3.1 Der Produktentwicklungsprozess.....	6
1.3.2 Freigabemanagement .....	7
1.3.3 Einführung einer Entwicklungsassistenz .....	8
<b>2 DER PRODUKTENTWICKLUNGSPROZESS</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Trends in der Produktentwicklung</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Abgrenzung von Forschung und Entwicklung</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Beeinflussbarkeit wirtschaftlicher Ergebnisse</b>	<b>14</b>
<b>2.4 Der Produktentwicklungsprozesses in Japan</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Das Entwicklungsgleichgewicht</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Methoden zur Verkürzung der Time-to-Market</b>	<b>22</b>
2.6.1 Simultaneous Engineering .....	23
2.6.2 Prozessüberlappung .....	25
2.6.3 Abhängigkeitsbeziehungen von Prozessen .....	27
<b>2.7 Freigaben</b>	<b>29</b>
2.7.1 Frühe Informationshandhabung.....	31

---

2.7.2	Just-in-Time in Forschung und Entwicklung .....	31
<b>2.8</b>	<b>Informationshandhabung in der Entwicklung</b>	<b>32</b>
2.8.1	Unterscheidung von Informationen .....	32
2.8.2	Workflow-Management-Systeme in der Entwicklung .....	34
2.8.3	Wissensmanagement in der Entwicklung .....	34
2.8.3.1	Wissensmanagement in modernen Zulieferstrukturen .....	36
2.8.3.2	Wissensstruktur .....	37
2.8.3.3	Explizites / implizites Wissen .....	38
<b>2.9</b>	<b>Konstruktion</b>	<b>39</b>
2.9.1	Assistenz in der Konstruktion .....	40
2.9.2	Virtualität im Freigabemanagement .....	41
2.9.3	CAX-Technologien .....	41
2.9.3.1	Informationshandhabung bei CAX-Technologien .....	42
2.9.3.2	Vergleich realer und virtueller Entwicklung .....	44
<b>2.10</b>	<b>Faktor Mensch bei progressiver Parallelisierung</b>	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>FREIGABEMANAGEMENT</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>Bestimmung der Prozessschnittstellen und Abhängigkeiten</b>	<b>48</b>
3.1.1	Komplexität .....	48
3.1.2	Die Design Structure .....	50
3.1.2.1	Autonomer Entwicklungsbereich .....	52
3.1.2.2	Projektspezifische Funktionsgruppe .....	53
<b>3.2</b>	<b>Freigabe-Überlappungsphasen</b>	<b>54</b>
3.2.1	Phase I – abgesicherte Freigaben .....	57
3.2.2	Phase II – Vorabfreigaben .....	57
3.2.3	Phase III – logische Freigaben .....	58
<b>3.3</b>	<b>Voraussetzungen früher Freigabephasen</b>	<b>60</b>
3.3.1	Kapazitätsmanagement .....	61
3.3.2	Wahl der Freigabephase .....	62
3.3.3	Bestimmung des maximalen Zeitgewinns .....	63

---

<b>3.4</b>	<b>Das Freigabemodell</b>	<b>64</b>
3.4.1	Freigabe-Detaillierungsebenen .....	64
3.4.2	Zulieferintegration .....	67
3.4.2.1	Adaption des SCM für die Entwicklungskoordination.....	68
3.4.2.2	Verteilte Produktentwicklung.....	70
3.4.2.3	Zulieferebenen .....	71
3.4.3	Qualitative Freigabedifferenzierung .....	73
3.4.4	Zusammenfassung der Freigabekriterien.....	76
<b>3.5</b>	<b>Quality Gates</b>	<b>78</b>
3.5.1	Integration von Quality Gates.....	79
3.5.2	Reifegrade .....	81
3.5.3	Regelkreise für Vorab- und logische Freigaben .....	82
<b>3.6</b>	<b>Änderungsmanagement</b>	<b>83</b>
3.6.1	Differenzierung von Änderungen .....	84
3.6.2	Das Änderungsmodell.....	85
3.6.3	Doppelfreigabe von Änderungen.....	86
3.6.4	Kombination aus Freigaben und Änderungen .....	87
<b>3.7</b>	<b>Kommunikation in der Entwicklung</b>	<b>89</b>
3.7.1	Auswirkung mangelnder Kommunikation im Entwicklungsprozess .....	91
3.7.2	Kommunikationsstrategien .....	92
3.7.3	Kommunikationsarten.....	94
3.7.4	Charakteristik von Kommunikationsarten .....	96
<b>4</b>	<b>EINFÜHRUNG DER ENTWICKLUNGSASSISTENZ</b>	<b>99</b>
<b>4.1</b>	<b>Aufbau des Assistenzsystems</b>	<b>99</b>
4.1.1	Einsatzbereich eines Assistenzsystems.....	101
4.1.2	Inhalt des Assistenzsystems .....	103
4.1.2.1	Kommunikationsinstanz .....	104
4.1.2.2	Kommunikationsart .....	105
4.1.2.3	Kommunikationsintervall .....	106
4.1.2.4	Wissen.....	106
4.1.3	Freigabe-Assistenzmatrizen.....	107

---

4.1.4	Fallbeispiel einer Assistenzmatrix.....	108
4.1.5	Änderungs-Assistenzmatrizen.....	111
<b>4.2</b>	<b>Entwicklungsassistenz in der Praxis</b>	<b>112</b>
4.2.1	Vorgehen zur Einführung des Assistenzsystems.....	114
4.2.2	Oberfläche des Assistenzsystems.....	115
<b>4.3</b>	<b>Eingliederung des Assistenzsystems in die Organisationsstruktur</b>	<b>118</b>
4.3.1	Das interdisziplinäre Entwicklungsteam.....	119
4.3.2	Interdisziplinäre Entwicklungsteams in der Unternehmensorganisation ...	122
<b>5</b>	<b>ANWENDUNGSBEISPIEL</b>	<b>124</b>
<b>5.1</b>	<b>Entwicklung eines Gewerbekundenbriefkastens</b>	<b>124</b>
5.1.1	Aufbau der Zulieferstruktur.....	125
5.1.2	Bestimmung der Produktebenen.....	127
5.1.3	Bestimmung der Design Structure.....	128
5.1.4	Bestimmung der qualitativen Freigabekriterien.....	129
5.1.5	Bestimmung der Freigabephasen.....	131
5.1.6	Das interdisziplinäre Entwicklungsteam.....	132
5.1.7	Anwendung des Assistenzsystems.....	133
5.1.8	Erfahrung aus dem Projekt.....	135
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>136</b>
<b>6.1</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>138</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>141</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG</b>	<b>1</b>
<b>8.1</b>	<b>Assistenzmatrizen</b>	<b>1</b>
8.1.1	Kommunikationsinstanz.....	1
8.1.2	Kommunikationsart.....	2
8.1.3	Kommunikationsintervall.....	3
<b>8.2</b>	<b>Änderungsmatrizen</b>	<b>4</b>

8.2.1	Kommunikationsinstanz .....	4
8.2.2	Kommunikationsart.....	5
8.2.3	Kommunikationsintervall .....	6

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Pioniervorteile einer schnellen Time-to-Market, i.A. an /RISS02/ .....	1
Abbildung 2:	Kostenbeeinflussung verschiedener Unternehmensbereiche, /VDMA95/	2
Abbildung 3:	Gleichgewicht der Hauptziele.....	5
Abbildung 4:	Struktur der Arbeit .....	6
Abbildung 5:	Auswirkungen der Time-to-Market auf die Gesamrentabilität, /PUHR90/ .....	11
Abbildung 6:	Ingenieur-Tätigkeiten im Entwicklungsprozess, i.A. an /HARM94/ .....	12
Abbildung 7:	Planungsmöglichkeiten in Forschung und Entwicklung, i.A. an /VOIG98/ .....	13
Abbildung 8:	Beeinflussbarkeit wirtschaftlicher Ergebnisse und Änderungskosten, i.A. an /EVER95/, /MÜND00/, /HUMB00/ .....	15
Abbildung 9:	Anzahl der Änderungen im Produktentstehungsprozess, i.A. an /KROT95/ .....	18
Abbildung 10:	Interessenskonflikte in der Entwicklung, i.A. an /NICH91/ .....	21
Abbildung 11:	Das Entwicklungsgleichgewicht, i.A. an /BULL92/ .....	22
Abbildung 12:	Einflussgrößen der Time-to-Market, i.A. an /BULL99/ .....	23
Abbildung 13:	Lösungsansätze zu Realisierung des Simultaneous Engineering, /EVER95/ .....	24
Abbildung 14:	Überlappungsphasen des Simultaneous Engineering.....	26
Abbildung 15:	Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Prozessen, i.A. an /EPPI94/ .....	27
Abbildung 16:	Wissensmanagementsystem .....	35
Abbildung 17:	Wissenstreppe, i.A. an /NORT98/, /HINK03/.....	37
Abbildung 18:	IT-Zusammenhänge in der Entwicklung, i.A. an /DYLA00/.....	43
Abbildung 19:	Traditioneller und CAS unterstützter Stylingprozess, /THOM99/.....	45
Abbildung 20:	Überwindung von Schnittstellen durch Moderation, i.A. an /FRIT97/....	46
Abbildung 21:	Komplexität in der Entwicklung, i.A. an /LAAK96/, /LUHM80/, /BOEL92/ .....	49
Abbildung 22:	Hierarchisches Produktmodell, i.A. an /ZEUG97/.....	50
Abbildung 23:	dreidimensionale Design Structure, i.A. an /EPPI94/, /ZEUG97/ .....	51

---

Abbildung 24: Freigabe-Überlappungsphasen.....	55
Abbildung 25: Progressivität bei Prozessparallelisierungen.....	61
Abbildung 26: zeitliches Optimum bei der Prozessüberlappung.....	63
Abbildung 27: Freigabedetaillierungsebenen .....	65
Abbildung 28: Wandel der OEM-Zulieferer-Beziehung, i.A. an /VDA04/.....	69
Abbildung 29: Detaillierungs- und Zulieferebenenmatrix.....	72
Abbildung 30: qualitative Differenzierung von Freigaben.....	74
Abbildung 31: Freigabemodell .....	77
Abbildung 32: Freigaben-Regelkreis .....	79
Abbildung 33: Regelkreis von Vorab- und logischen Freigaben (Phase II &III).....	82
Abbildung 34: Klassifizierung von Änderungen anhand des Schnittstellenverhaltens, i.A. an /FRIT97/, /MÜND00/.....	84
Abbildung 35: Dreidimensionales Änderungsmodell.....	85
Abbildung 36: Doppelfreigabe bei Änderungen.....	87
Abbildung 37: Produktlebenszyklen und Generationswechsel.....	88
Abbildung 38: Schnittstellenproblematik in der Entwicklung, /WAGN02/ .....	89
Abbildung 39: Ereignisgesteuerter und stetiger Entwicklungsabgleich .....	93
Abbildung 40: Persönliche und technische Kommunikation, i.A. an /ZEUG97/ .....	95
Abbildung 41: Kommunikation in der Entwicklung, i.A. an /BEA95/, /LUCZ99/.....	97
Abbildung 42: Früherer Informationsgewinn durch PDM und CAX, i.A. an /BROU00/ .....	100
Abbildung 43: Zeitlicher Einsatzbereich eines Assistenzsystems .....	102
Abbildung 44: Matrizenstruktur des Assistenzsystems für statisches Freigabewissen ..	108
Abbildung 45: Assistenzmatrix für Kommunikationsinstanzen .....	109
Abbildung 46: Oberfläche des Assistenzsystems .....	116
Abbildung 47: Datenupload im Assistenzsystem .....	118
Abbildung 48: Aufbau eines interdisziplinären Entwicklungsteams.....	120
Abbildung 49: Kommunikationsstrukturen in komplexen PEP- und Anlauf-Netzwerken .....	122
Abbildung 50: Gewerbekundenbriefkasten .....	125
Abbildung 51: Das Entwicklungskonsortium.....	126
Abbildung 52: Design Structure des Gewerbekundenbriefkastens.....	129

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendungsbezogene und -übergreifende Funktionen, i.A. an /ABRA93/ ...	33
Tabelle 2: Bestimmung der Kommunikationskriterien .....	134

## Abkürzungsverzeichniss

B2B	Business to Business
CAD	Computer Aided Design
CAS	Computer Aided Styling
CAX	allgemeine Computer Aided Technologies
DIN	Deutsche Industrienorm
EDM	Engineering Data Management
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
etc.	et cetera
F&E	Forschung und Entwicklung
ff.	folgende Seiten
i.A.	in Anlehnung
IPD	Integrated Product Development
IT	Informationstechnologie
KMU	Kleine mittelständische Unternehmen
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDM	Produktdatenmanagement
PEP	Produktentstehungsprozess
PKI	Prozessketteninstrumentarium
SCM	Supply Chain Management
SOP	Start of Production
tier	Zulieferebene
u.a.	unter anderem
WFMS	Workflow-Management-System
z.B.	zum Beispiel





# 1 Einleitung

Die zunehmende Globalisierung öffnet den Unternehmen immer mehr Möglichkeiten hinsichtlich der Absatz- und Beschaffungsmärkte. Dabei bilden sich so genannte Global Player heraus, welche an verschiedenen Standorten der Welt produzieren und Teile für die Produktion international beschaffen /LOUK02/. Demzufolge können die Produkte stetig mit externen Kompetenzen und Kapazitäten weiterentwickelt und auf dem Weltmarkt abgesetzt werden.

Neben den Chancen birgt die Globalisierung durch eine stetige Verkürzung der Time-to-Market Risiken, da sich die Unternehmen einer verschärften Konkurrenzsituation ausgesetzt sehen /STRA04/. Gelingt es einem Wettbewerber, mit neuen Produktideen als erster reife Produkte am Markt anzubieten, wird zumeist eine temporäre Monopolstellung eingenommen /VOIG98/. Dabei weist diese Position Vorteile auf, die Wettbewerbern den Eintritt in den Markt erschweren oder diesen sogar ganz verhindern /PERI95/ (Abbildung 1).

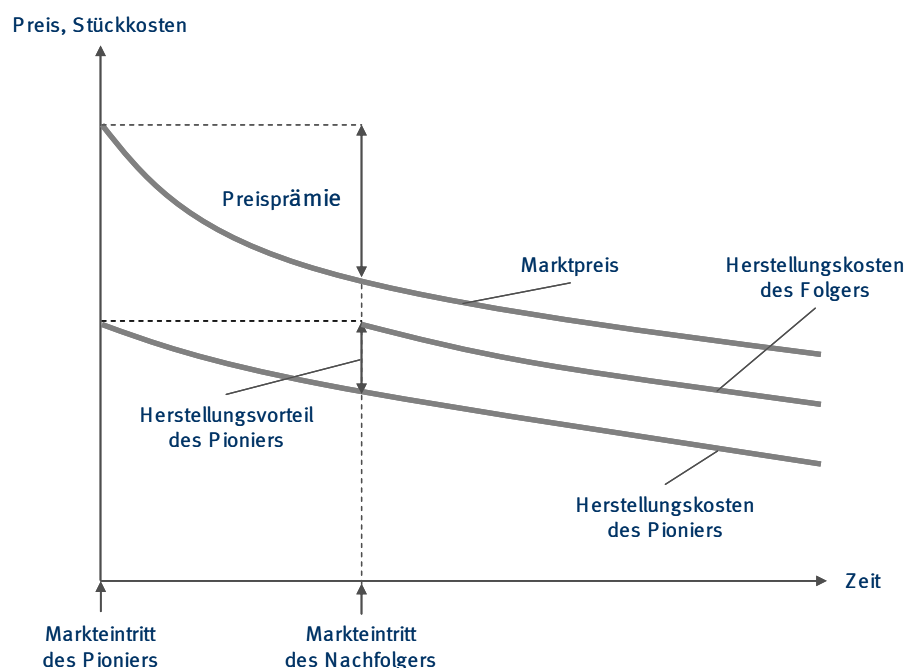


Abbildung 1: Pioniervorteile einer schnellen Time-to-Market, i.A. an /RISS02/

Aufgrund der temporären Monopolstellung kann der Pionier den Markt zunächst alleine bedienen und daher über den Produktlebenszyklus ein größeres Absatzvolumen erzielen

/SCHM88/, /ZEUG97/. Mit einer Verzögerung der Markteinführung um 6 Monate geht eine Reduzierung des Life-Time-Profits von 33% einher /BIHL02/. Produktlebenszyklen werden immer weiter verkürzt, so dass den Unternehmen weniger Zeit zur Amortisation des Aufwands zur Verfügung steht /BAUM01/. Oft wird sogar erst durch eine kurze Entwicklungs- und Anlaufzeit der Return on Investment im Produktlebenszyklus erreicht (Abbildung 1).

Die Betrachtung auf tieferen Detaillierungsebenen verdeutlicht, dass nennenswerte Zeitverkürzungen nicht mehr durch sequentielle Abfolgen realisierbar sind. Heute wird beispielsweise in der Produktion in Dimensionen von Zehntelsekunden kalkuliert und werden möglichst viele Arbeitsschritte simultan vollzogen. Die Stückzahl ist an dieser Stelle ausschlaggebend und rechtfertigt hohe Aufwände trotz geringen Zeitgewinns. Die Produktion selbst ist in der Vergangenheit vielfältigen Rationalisierungsprozessen unterzogen worden und lässt mittlerweile nur noch wenig Spielraum für Optimierungsbestrebungen zu /GRÄS94/. Anders in der Produktentwicklung. Rund 70% der Herstellungsaufwände werden laut /VDMA95/ in der Entwicklung und Konstruktion festgelegt, hingegen nur 9% der Kosten verursacht (Abbildung 2).

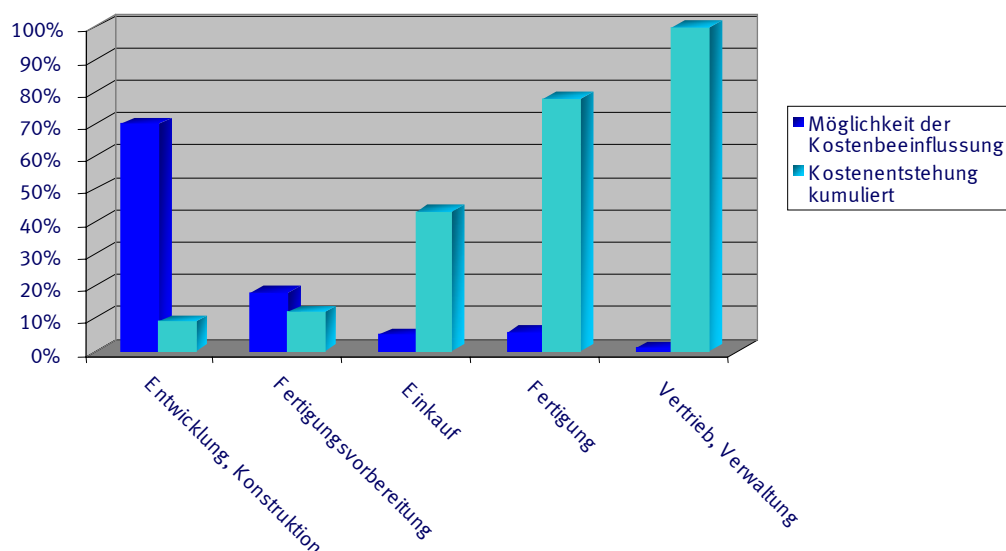


Abbildung 2: Kostenbeeinflussung verschiedener Unternehmensbereiche, /VDMA95/

Zum einen liegt die Forderung in einer Verkürzung der Time-to-Market, die maßgeblich von dem Produktentwicklungsprozess bestimmt wird, zum anderen in einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit über den gesamten Produktlebenszyklus. Hierzu bedarf es neuer

Betrachtungsweisen und Methoden, um die Produktentwicklung den gegebenen Veränderungen anzupassen und der hohen Kostenbeeinflussung gerecht zu werden.

## 1.1 Problemstellung

Die Verkürzung der Time-to-Market ist eine Aufgabe – die Kombination aus einer schnellen Produktentstehung und hoher Produktqualität eine Herausforderung. Drastische Entwicklungszeitverkürzungen haben in der Vergangenheit nicht selten zu einem Anstieg später Produktänderungen bis hin zu Rückrufaktionen geführt, welche stark an den zeitlichen Vorteilen gezehrt haben. Das Bestreben nach einer Reduzierung der Time-to-Market stand mit der Produktqualität im Konflikt. Eine Erhöhung der materiellen und personellen Kapazität durch ein Aufstocken des Entwicklungsetats ist bei der heute üblichen Modelloffensive und Variantenvielfalt selten möglich /LIND00/. Demzufolge muss nach alternativen Wegen gesucht werden, um die drei Faktoren Zeit, Qualität und Kosten im Einklang zu halten.

Die Entwicklungszeit lässt sich insbesondere durch eine Parallelisierung von Prozessen verkürzen. Demzufolge resultiert mangelnde Qualität oft aus unzureichender Integration und Kommunikation, was durch den Trend der steigenden Technologisierung von Produkten und der zunehmenden Verlagerung von Entwicklungstätigkeiten auf Zulieferer weiter verstärkt wird. Mit oft nicht explizit definierten Schnittstellen kann dem Anspruch einer interdisziplinären Denkweise und Berücksichtigung nachgelagerter Prozesse nicht entsprochen werden. Um relevantes Wissen an entsprechenden Stellen verfügbar zu machen, erfordert es neue Methoden, die zur Überwindung von Schnittstellen beitragen. Diese Methoden können auf der prozessorientierten Logistik aufbauen.

Durch die Parallelisierung von Prozessen entstehen neue Schnittstellen. Als Methode zur Prozessparallelisierung ist das Simultaneous Engineering bekannt. Dieses beschreibt nur sehr grobe und theoretische Überlappungsfälle, deren praxisorientierte Umsetzung bisher nicht ganzheitlich beschrieben ist. Auf individuelle Entwicklungsprozesse kann mit dieser Methode nicht adäquat eingegangen werden.

Als Trennglied zwischen zwei Prozessen sind Freigaben definiert, die Entwicklungsergebnisse bestätigen. Im Kontext von Teilfreigaben sind abgesicherte Prozessüberlappungen möglich, so dass Freigaben ein Sinnbild des Einklangs von Zeit und Qualität darstellen. In der Wissenschaft sind Freigaben nur oberflächlich erschlossen und nicht detailliert differenziert. Wird dennoch die Prozessparallelisierung forciert, sind oft Än-

derungen die Folge einer unzureichenden Entwicklungsqualität. Ein dementsprechendes Änderungsmanagement stellt eine reaktive Maßnahme bezogen auf Unregelmäßigkeiten und Probleme dar. Freigaben sind hingegen präventive Maßnahmen, die eine bessere Planbarkeit zulassen.

Schließlich machen Blind- und Fehlprozesse in der Entwicklung einen großen Anteil aus /WILD92/. Dieser resultiert zum einen aus der Unkenntnis der Belange anderer Abteilungen und der unzureichenden Definition von Schnittstellen, zum anderen aus der Schwierigkeit des Austauschs und des Beschaffens relevanter Daten. Hier bedarf es einer Unterstützung des Entwicklungspersonals, welche keine zusätzlichen personellen Kapazitäten beansprucht.

Ohne ein Umdenken hinsichtlich Integrität und ganzheitlicher Denkweise sowie Qualitäts- und Zeitbewusstsein ist die Kombination aus marktreifen Produkten und einer kurzen Time-to-Market kaum realisierbar.

## 1.2 Zielsetzung

Besonderheit der vorliegenden Arbeit ist der explizite Zusammenhang der Hauptziele. Als maßgeblicher Bestandteil der Time-to-Market stellt die Beschleunigung der Produktentwicklung eines der Hauptziele der vorliegenden Arbeit dar. Zu diesem Zweck soll die Parallelisierung von Prozessen vorangetrieben werden.

Durch die Bedeutung der Produktentwicklung hinsichtlich des Erfolgs eines Produkts über den gesamten Lebenszyklus müssen alle Bestrebungen einer Zeitverkürzung mit einer Qualitätssicherung einhergehen. Der Forderung nach mehr Integration und Kommunikation bei Prozessüberlappungen sollen eine Restrukturierung des Freigabemanagements und die Definition verschiedener Freigabephasen nachkommen. Mit dem Ziel einer maximalen Parallelisierung von Prozessen sind im Kontext von Freigaben Phasen zu entwickeln, die außerhalb freigegebener Informationen und Dokumente eine sichere Vorgehensweise ermöglichen. Um der Verschiedenheit freizugebender Prozesse gerecht zu werden, bedarf es einer Differenzierung von Freigaben. Mit der Berücksichtigung der Qualität und der Handhabung durch Freigaben müssen für Änderungen ähnliche Unterscheidungen getroffen werden.

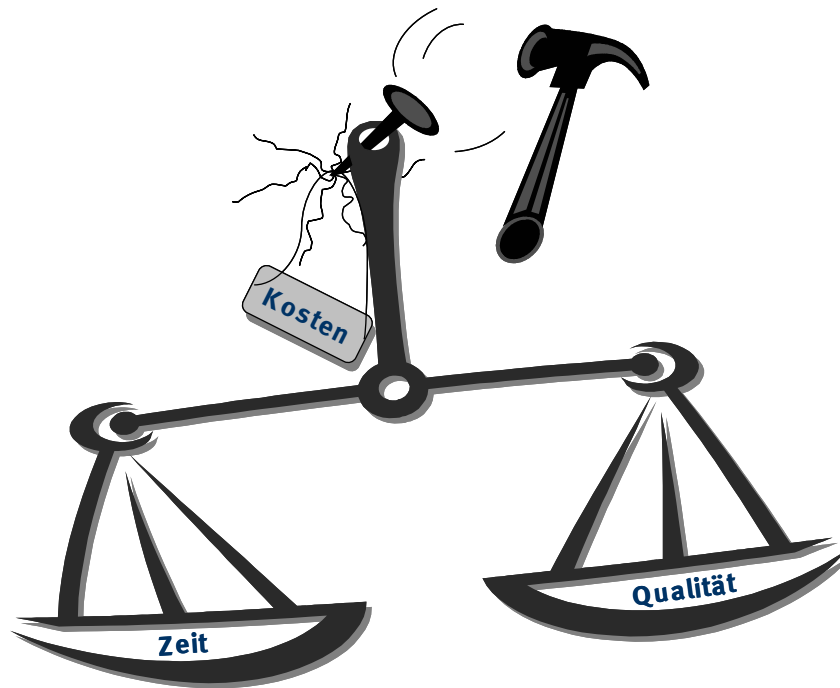


Abbildung 3: Gleichgewicht der Hauptziele

Essentielle Freigaben und Änderungen sind von höheren Instanzen zu steuern. Auf unteren Ebenen soll horizontal mittels direkter Kommunikation freigegeben und geändert werden können, was eine Assistenz notwendig macht. Die Einführung eines Assistenzsystems soll alle Hauptziele der Restrukturierung des Produktentwicklungsprozesses vereinen. In diesem Zuge ist eine Kommunikationsunterstützung in Form von Workflows zu entwickeln und eine Entscheidungsunterstützung durch eine Wissensdatenbank zu implementieren. Das zu erarbeitende Assistenzsystem muss daher hybriden Charakter haben.

Mit dem Assistenzsystem muss ein Abbau der Hierarchie einer Entwicklungsorganisation ermöglicht werden, um neben einer Verkürzung der Time-to-Market und einer hohen Produktqualität das dritte Hauptziel Kosten zu erreichen.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Die Struktur der vorliegenden Arbeit ist mit der Detaillierung des Produktentwicklungsprozesses, der Ausarbeitung des Freigabemanagements und schließlich der Einführung eines Assistenzsystems dreigeteilt. Ein anschließendes Praxisbeispiel dient der Veranschaulichung der erarbeiteten Ergebnisse. Die Struktur soll im Hinblick auf die Zielführung kurz erläutert werden (Abbildung 4).

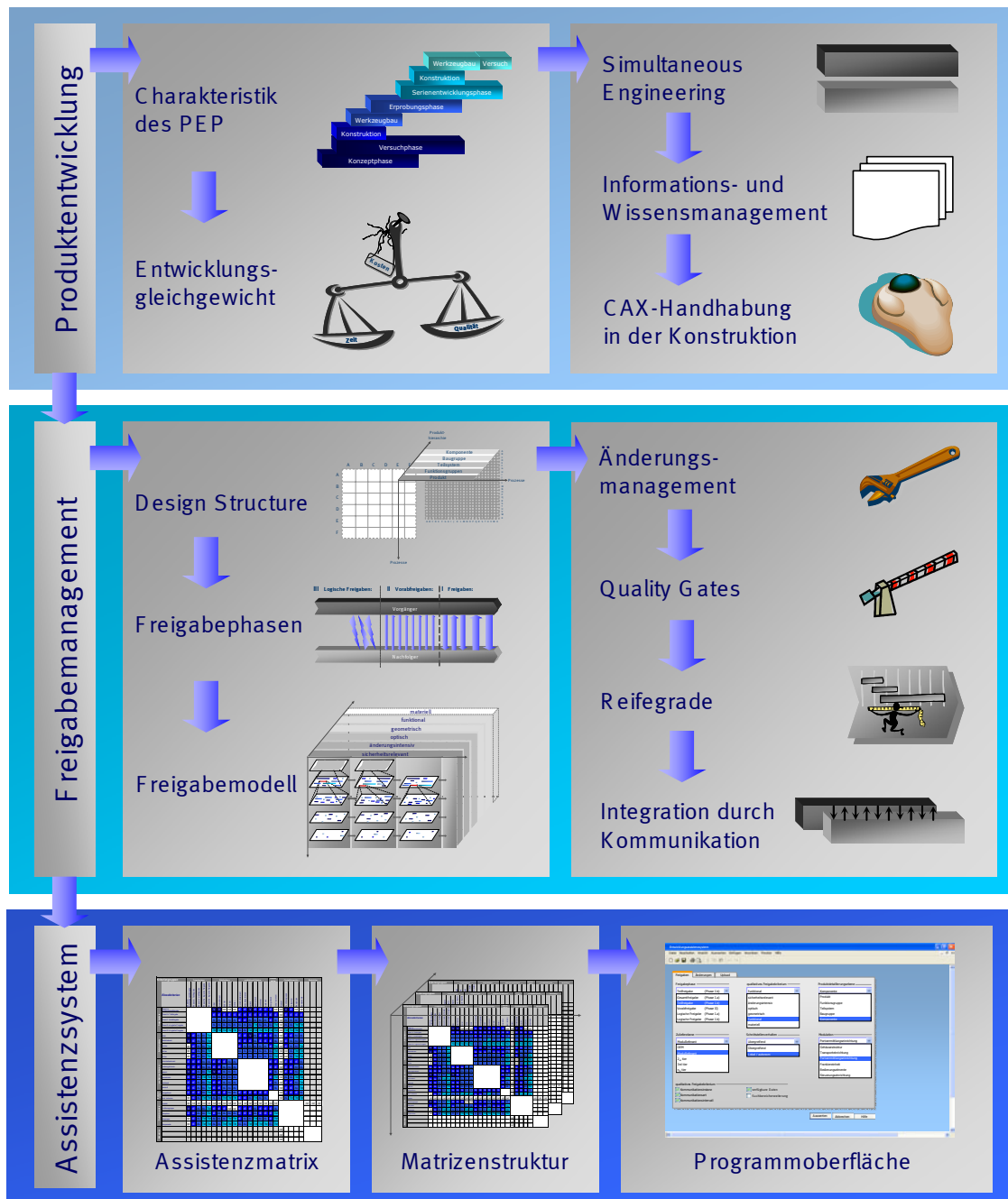


Abbildung 4: Struktur der Arbeit

### 1.3.1 Der Produktentwicklungsprozess

Zu Beginn müssen die Trends hinsichtlich der Globalisierung erläutert und Alleinstellungsmerkmale des Entwicklungsprozess herausgestrichen werden. Zur expliziten Charakterisierung wird ein Entwicklungsgleichgewicht zwischen den Faktoren Zeit, Qualität und Kosten definiert. Als Methode mit dem größten Zeitverkürzungspotenzial ist das Simultaneous Engineering in Verbindungen mit bekannten Freigabephasen und Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Prozessen prädestiniert. Neben Freigaben, als Auslöser

nachfolgender Prozesse, wird auch die Handhabung früher Informationen betrachtet, um progressive Parallelisierungsbestrebungen zu ermöglichen.

Zur Implementierung einer Wissensdatenbank in einem Assistenzsystem bedarf es der Festlegung adäquaten Wissens. Abgesehen von unterschiedlichen Erscheinungsformen muss insbesondere Wissen, gewonnen aus digitalen Daten im Zuge moderner CAX-Strukturen, in der Konstruktion erläutert werden.

Der Faktor Mensch darf bei dem Bestreben einer kurzen Produktentwicklungszeit nicht vernachlässigt werden, da dieser zur Umsetzung einer horizontalen und direkten Kommunikation beiträgt und den Projekterfolg maßgeblich mitbestimmt. Grundsätze der Zusammenarbeit in einem Entwicklungsvorhaben sind zu erörtern.

### **1.3.2 Freigabemanagement**

Die Strukturierung des Freigabemanagements bedarf zunächst einer Beherrschung der Produktstruktur und der Schnittstellen. Mit der Erweiterung der so genannten Design Structure Matrix nach Eppinger /EPPI94/ um eine dritte Achse, auf der die Ebenen eines hierarchischen Produktmodells dargestellt sind, können Schnittstellen in tieferen Detaillierungsebenen dargestellt und autonome Entwicklungsbereiche beziehungsweise unabhängige Prozesse definiert werden.

Daran anschließend wird das Freigabemanagement durch die detaillierte Differenzierung von Freigaben neu beschrieben. Mittels Freigaben an sich, Vorab- und logischen Freigaben werden drei Hauptphasen bestimmt. Zur genauen Prozessbeschreibung sollen diese Phasen noch weiter unterteilt und gemäß deren Beitrag zur Prozessüberlappung untersucht werden.

Die Umsetzung der beschriebenen Freigabephase erfordert eine individuelle Anpassung an die jeweilige Entwicklungssituation. Zunächst ist eine quantitative Differenzierung einzuführen, da sich die einzelnen Freigabephase durch deren Umfang unterscheiden, welcher von Hauptprozessfreigaben hin zu logischen Freigaben fällt. Als zweite Kriteriengruppe ist die Struktur des Entwicklungskonsortiums zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck wird das Supply Chain Management bezüglich der Anforderungen des Entwicklungsprozesses adaptiert und Ebenen vom OEM und Modullieferanten bis hin zum  $n^{\text{th}}$  tier berücksichtigt. Letztes Kriterium ist eine qualitative Differenzierung, um den unterschiedlichen Prozesscharakteristiken zu entsprechen. Im Zuge des

Freigabemodells müssen die drei Freigabekriterien in Bezug zueinander gestellt werden, was dem späteren Assistenzsystem als Basisstruktur dient.

Quality Gates und Reifegradmessungen sollen anschließend untersucht werden, um mittels Freigaben, Vorab- und logische Freigaben über das weitere Vorgehen in einem Projekt entscheiden zu können. Quality Gates entscheiden via Ampelsystem über Prozessabbruch, weitere Iterationsschleifen oder Freigaben. Als zeitlicher Vorlauf von Quality Gates sind Reifegradmessungen zu betrachten. Nach Feststellung und Bewertung der Reife und erfolgreichem Durchlaufen des Quality Gates soll mit der Freigabe die Nachbereitungen übernommen und der Prozess bestätigt werden.

Die Definition einer doppelten Freigabe von Änderungen hinsichtlich Validierung des Änderungsantrages und Verifizierung der Umsetzung machen eine explizite Betrachtung des Änderungsmanagements unumgänglich. Auch hier soll anhand mehrerer Kriterien ein dem Freigabemanagement ähnliches Modell aufgebaut und die Verquickung von Freigaben und Änderungen unterstrichen werden.

Eine der Hauptvoraussetzungen und gleichauf Ziel des Freigabemanagements ist die angemessene Kommunikation. Nicht zuletzt baut das angefügte Assistenzsystem explizit auf kommunikations- und entscheidungsunterstützenden Maßnahmen auf. Verschiedene Kommunikationsstrategien und -arten müssen hinsichtlich des Freigabemanagements aufgeführt und gegeneinander abgewogen werden.

### **1.3.3 Einführung einer Entwicklungsassistenz**

Das Assistenzsystem soll aus den vorgestellten Modellen für Freigaben und Änderungen entwickelt werden. Kommunikationsmatrizen bilden die Struktur des Assistenzsystems und ermöglichen die Unterstützung hinsichtlich Kommunikationspartner, Kommunikationsart und Kommunikationsintervall. Des Weiteren ist statisches und dynamisches Wissen in Form einer Datenbank verfügbar zu machen und die Möglichkeit des kontinuierlichen Einpflegens zu gewährleisten.

Schließlich soll ein Vorgehensmodell zur Einführung eines Entwicklungsassistenzsystems angeführt werden, um die notwendigen dynamischen Projektdaten zu ermitteln und der Praxisorientierung Rechnung zu tragen.

Durch den Umbau der Organisationsstruktur soll bei klassischen Entwicklungsvorhaben eine Enthierarchisierung erreicht werden. Dieses gelingt durch die Einbettung eines interdisziplinären Entwicklungsteams mit den expliziten Teilbereichen Freigabe- und



---

Änderungsmanagement sowie der Implementierung des Assistenzsystems in die Projektorganisation. Mit der Benennung von vier Instanzen wird insbesondere die horizontale Kommunikation forciert.

In dem angefügten Anwendungsbeispiel sollen die erarbeiteten Ergebnisse an einem industriellen Entwicklungsvorhaben verdeutlicht werden.

## 2 Der Produktentwicklungsprozess

### 2.1 Trends in der Produktentwicklung

*„Die Zeiten, als dem begnadeten Konstrukteur plötzlich die zündende Idee kam, er sie spätabends im Wirtshaus auf dem Bierdeckel skizzierte und daraus ein Welterfolg wurde, scheinen endgültig vorbei zu sein. Man mag dies bedauern, aber spätestens vor dem Hintergrund der immer teurer werdenden Produkteinführungskosten verbunden mit den Risiken millionenschwerer Produkthaftungsklagen wird klar, dass nicht mehr nur das Ergebnis zählt, sondern vor allem auch, wie man dorthin gelangt ist. Oder, anders ausgedrückt, der Produktentstehungsprozess als solcher wird zunehmend zum Unterscheidungsmerkmal und damit zum Wettbewerbsvorteil.“ /STAH04/*

Obiger Kommentar unterstreicht die heutige Bedeutung des Produktentstehungsprozesses. Dieser umfasst alle der Produktion vorgelagerten Aktivitäten, beginnend von der Produktidee über die Konstruktion bis hin zum Start of Production (SOP), der dem Produktionsanlauf direkt vorangestellt ist /RISS02/. Maßgeblicher Bestandteil des Produktentstehungsprozesses ist die Produktentwicklung, die sich auf die eigentlichen Entwicklungstätigkeiten beschränkt und eher technisch orientiert ist. Einmal vollzogen, kann dieser Vorgang nur noch sehr eingeschränkt oder kostenintensiv geändert werden – das Produkt wird weitgehend irreversible definiert /SCHU94/, /MIER95/, /RADT95/. Die Entwicklung trägt daher maßgeblich zum Erfolg eines Produkts über den kompletten Produktlebenszyklus bei. Schon mit kleinem finanziellen Aufwand in der Entwicklung können große Potenziale erschlossen und genereller Einfluss auf den gesamten Produktlebenszyklus ausgeübt werden. Aus diesem Grund ist eine präventive Berücksichtigung der Qualität in der Entwicklung essentiell.

Puhr-Westerheide /PUHR90/ zeigt zudem, dass durch die Verkürzung der Entwicklungszeit die Gesamtrentabilität steigt (Abbildung 5). Bei gleich bleibendem Produktlebenszyklus kann durch eine kürzere Entwicklungszeit die Gewinnschwelle deutlich nach vorne verschoben und so über der Zeit eine Verdoppelung der Gesamtrentabilität erzielt werden. Ist ein Produkt allerdings durch übertriebene Zeitverkürzungsbestrebungen verfrüht und unausgereift auf dem Markt, können Imageschäden ein nicht kalku-

lieberbares Risiko darstellen /LIND04/ und schließlich durch mangelnden Absatz und späte Änderungen die Gewinnzone drastisch mindern oder vollständig verfehlen.

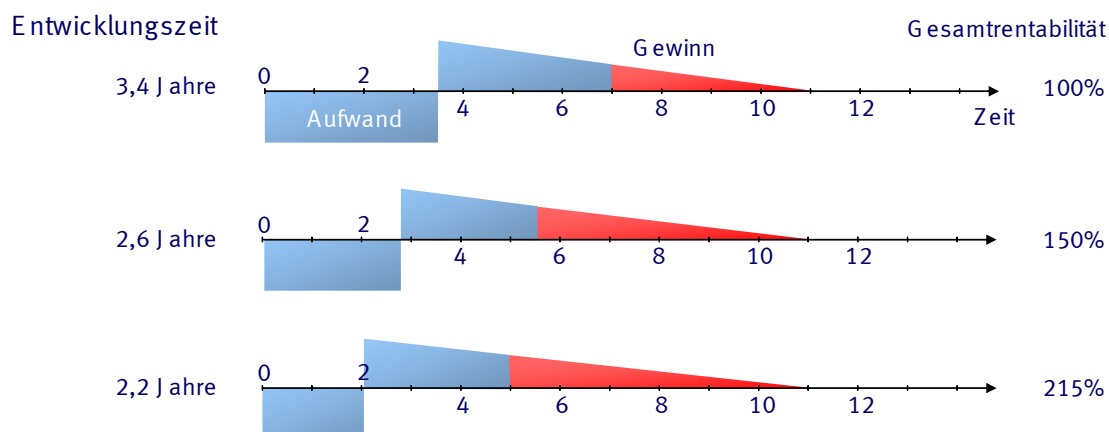


Abbildung 5: Auswirkungen der Time-to-Market auf die Gesamtrentabilität, /PUHR90/

In einem traditionellen Hochlohnland wie Deutschland muss ein Qualitäts- und Innovationsvorsprung erhalten, wenn nicht sogar ausgebaut werden, um global bestehen zu können /KLOC96/. Schwarz /SCHW03/ spricht in diesem Zusammenhang von der Notwendigkeit einer Verdoppelung des F&E-Etats, was vielen Firmen in der heutigen wirtschaftlichen Lage kaum möglich ist.

*„Der gestiegene Preisdruck führt zu geringen Renditen, die zur Zukunftssicherung über Forschung und Entwicklung kaum ausreichen.“ /LAY04/*

Insbesondere für KMU sind die zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen für ein Entwicklungsvorhaben begrenzt /LIND04/.

Um dieser Problematik zu begegnen, bedarf es Alternativen zu einer Erhöhung der Entwicklungsausgaben. Gentner /GENT94/ sieht hier die Notwendigkeit einer effektiveren Nutzung der F&E-Ressourcen. In Abbildung 6 wird ersichtlich, dass Ingenieur-tätigkeiten im Entwicklungsprozess reichlich Rationalisierungspotenzial erkennen lassen. Gelingt es die Kernkompetenzen der Entwickler besser auszunutzen, können bei unverändertem Entwicklungsbudget Kapazitäten anderweitig genutzt werden.

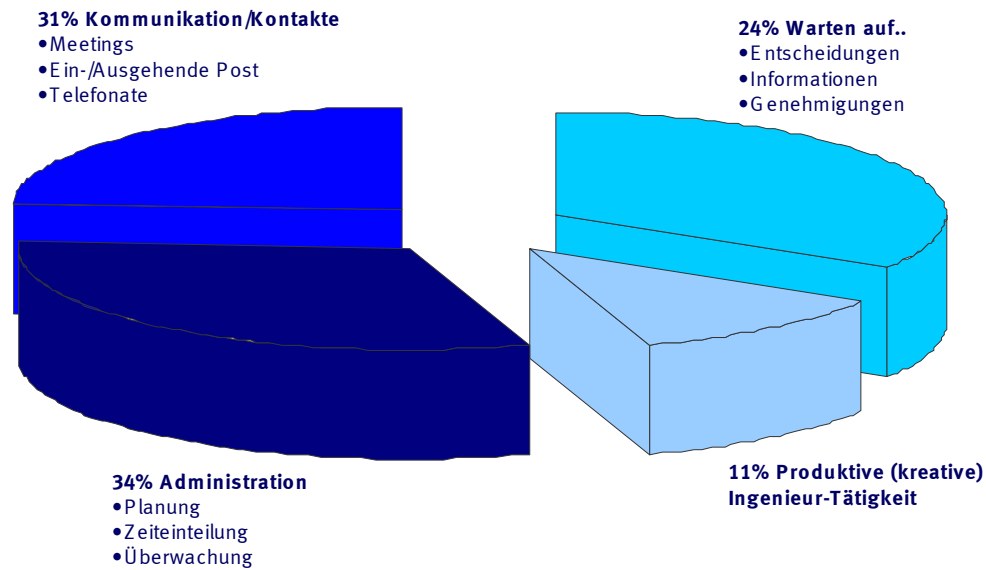


Abbildung 6: Ingenieur-Tätigkeiten im Entwicklungsprozess, i.A. an /HARM94/

Der hohe Aufwand für Kommunikation lässt wider Erwarten nicht auf gesondertes Bewusstsein in diesem Kontext, sondern, in Verbindung mit dem hohen administrativen Aufwand, auf eine komplexe Struktur der Entwicklungsprojektorganisation und wenig Integrität schließen. Hierdurch werden die Bestrebungen hinsichtlich Zeitverkürzung und Qualitätssicherung des Entwicklungsprozesses massiv behindert.

Um die Restrukturierung der Produktentwicklung effektiv angehen zu können und das Alleinstellungsmerkmal herauszustreichen, soll die Entwicklung im Folgenden gegenüber der Forschung abgegrenzt werden.

## 2.2 Abgrenzung von Forschung und Entwicklung

Oft wird der Forschungs- und Entwicklungsbereich (F&E) in einem Atemzug genannt. Um Prozessparallelisierungsbestrebungen effektiv ansetzen zu können, muss im Kontext einer Verkürzung der Time-to-Market diese Verknüpfung aus gegebenem Anlass untersucht werden. Hierzu sollen beide Bereiche weiter unterschieden werden.

Nach de Frascati /FRAS93/ kann die Forschung zunächst in Grundlagenforschung und angewandte Forschung unterteilt werden. Die Grundlagenforschung ist dabei eine experimentelle und theoretische Arbeit, die in erster Linie auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse abzielt, ohne eine besondere Anwendung zu verfolgen /BROC94/. Im Gegensatz dazu umfasst die angewandte Forschung zwar auch die Gewinnung neuer Erkenntnisse, ist jedoch in erster Linie auf ein spezifisch praktisches Ziel ausgerichtet.

Die Entwicklung bezeichnet eher die Verwertung und Anwendung natur- und ingenieurwissenschaftlicher Forschungsergebnisse sowie auch technischer und wirtschaftlicher Erfahrungen /HILL97/. Diese können genutzt werden, um zu neuen Verfahren, Methoden, Materialien, Komponenten etc. zu gelangen (Neuentwicklung), um bereits vorhandene zu verbessern (Weiterentwicklung) oder abzuändern (Varianten-, Nach- und Anpassungsentwicklung) /BROC94/, /STUF94/.

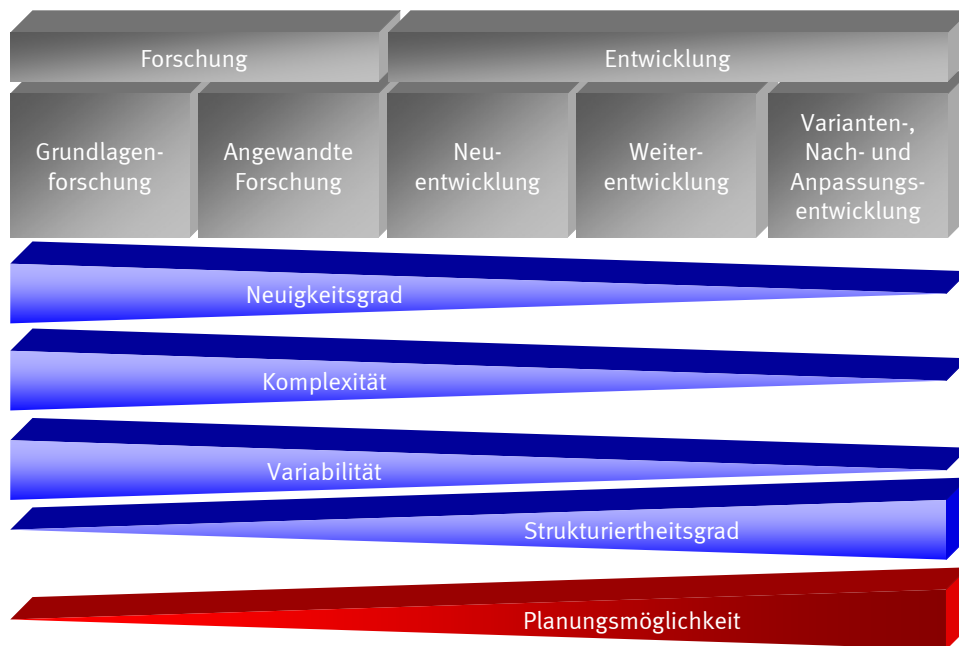


Abbildung 7: Planungsmöglichkeiten in Forschung und Entwicklung, i.A. an /VOIG98/

Die verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsarten bedürfen zur Abgrenzung expliziter Kriterien (Abbildung 7). Voigt /VOIG98/ nennt hier die Faktoren Neuigkeitsgrad, Komplexität, Variabilität und Strukturiertheitsgrad. Trägt man diese unter die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf, so gelangt man zu der in Abbildung 7 visualisierten Verteilung. Der Neuigkeitsgrad ist bei Grundlagenforschungen am größten, wohingegen bei der Entwicklung einer Variante kaum wirkliche Neuerungen zu erwarten sind. Ähnlich verhält es sich mit der Komplexität, da bezüglich der Grundlagenforschung sehr tief im Detail der einzelnen Wissenschaften gearbeitet wird. Zwar können bei den verschiedenen Entwicklungsarten evtl. mehrere Bereiche mit einbezogen sein, die Detailtiefe ist hingegen wesentlich niedriger. Hinsichtlich Variabilität sind bei zunehmendem Stand der Forschung und Entwicklung Grenzen gesetzt, so dass die größte Variabilität ebenfalls bei der Grundlagenforschung zu suchen ist.

Ein anderes Bild zeichnet sich bei Betrachtung der Strukturiertheit und der Planungsmöglichkeit ab. Die Strukturiertheit und Möglichkeit der Planung nimmt zu, je weniger Unbekannte einen Prozess definieren. Bei der Grundlagenforschung sind viele Faktoren variabel, bei Variantenentwicklungen müssen nur wenige Unbekannte bestimmt werden. Die Planbarkeit ist bei Forschungsergebnissen schwierig, so dass Zeitverkürzungsmaßnahmen, die auf schnelle und planbare Ergebnisse angewiesen sind, nicht vollzogen werden können. Zudem soll nach Wagner /WAGN02/ in der Forschung kein Zeitdruck ausgeübt werden, um Innovationen entsprechend reifen zu lassen. Durch die Forcierung der Kommunikation mit dem Ziel der schnelleren Erkenntnisgewinnung ist eine bessere Planbarkeit erreichbar, welcher sich das Freigabemanagement annehmen soll.

Im Kontext eines Produktentstehungsprozesses ist Forschung daher selten vertreten und zur Parallelisierung von Prozessen ungeeignet. Die meisten Unternehmen betreiben nachhaltige Forschung parallel und unabhängig von Entwicklungsprojekten.

Aufgrund des nachhaltigen Einflusses auf den Produktlebenszyklus, des hohen Strukturierungsgrades und der besseren Planungsmöglichkeit soll allein die Produktentwicklung intensiv untersucht werden. Die folgende Arbeit entzieht sich daher jeglicher Betrachtung von Forschungsaktivitäten.

### **2.3 Beeinflussbarkeit wirtschaftlicher Ergebnisse**

Wie schon in Abbildung 2 gezeigt, bestimmt die Produktentwicklung maßgeblich und nachhaltig die Kosten und den wirtschaftlichen Erfolg eines Produkts über den gesamten Produktentstehungsprozess. Insbesondere in der Produktplanungsphase befindet sich die Beeinflussbarkeit wirtschaftlicher Ergebnisse an einem Wendepunkt (Abbildung 8).

Mit der Konzeptfreigabe ist der Entwicklungsbereich weitgehend vorgegeben, das Pflichtenheft geschrieben. An dieser Stelle sind bereits

- 90% der funktionalen Eigenschaften,
- 80% des Zeitbedarfs,
- 70% der Qualität und
- 60% der Herstellkosten

bestimmt /EVER95/. Der Detaillierungs- und Konkretisierungsgrad befindet sich mit Abschluss der Konzeptfreigabe bereits auf einem hohen Niveau, was einer Reduktion der Freiheitsgrade gleichkommt. Durch die detaillierte Definition einzelner Entwicklungsbereiche und der damit zusammenhängenden Anordnungen der Schnittstellen sollen nicht zuletzt die Änderungsanzahl und -kosten in Grenzen gehalten werden.

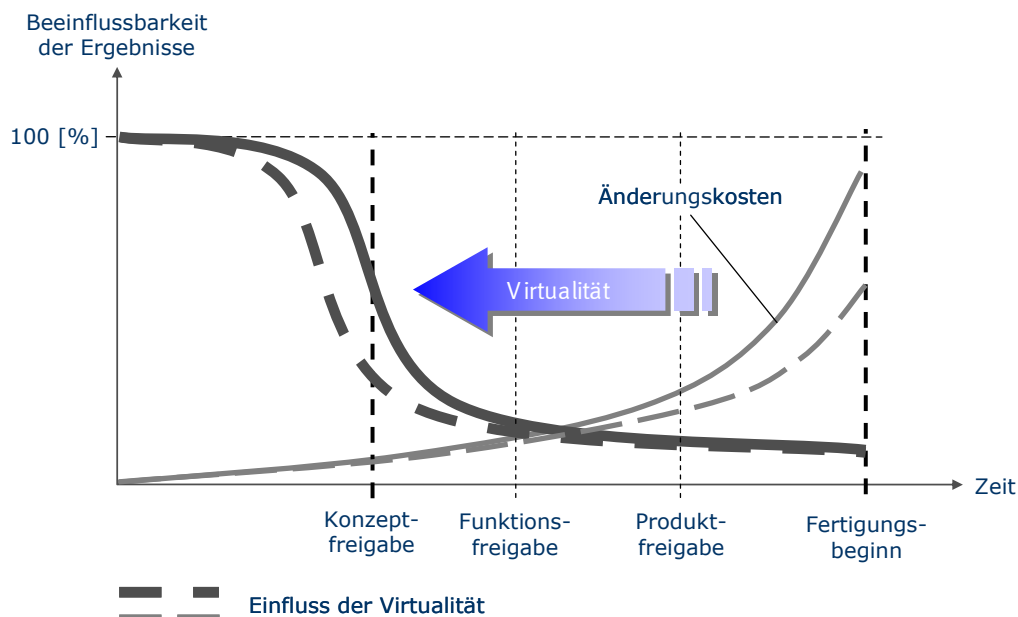


Abbildung 8: Beeinflussbarkeit wirtschaftlicher Ergebnisse und Änderungskosten, i.A. an /EVER95/, /MÜND00/, /HUMB00/

Im Zuge der Funktionsfreigabe werden die in der vorherigen Anforderung festgehaltenen Sollfunktionen ausgearbeitet. Das Entwicklungspersonal ist zu diesem Zeitpunkt in seinem Entfaltungsspielraum bereits stark eingeschränkt. Treten an dieser Stelle essentielle Fehler auf, die eine Abänderung des Konzepts erfordern, so ist der Änderungsaufwand gegenüber der Konzeptphase um ein Vielfaches höher.

Daran anschließend folgt die Produktfreigabe, nach welcher theoretisch keine Änderungen mehr vorkommen sollen, praktisch aber immer auftreten. Die Produktionsentwicklung legt oft Unzulänglichkeiten bezüglich des Fertigungsprozesses offen. Mit Methoden wie DFMA (Design for Manufacture and Assembly) sollen diese so weit wie möglich ausgeräumt werden. Im Folgenden muss zudem geprüft werden, ob und inwiefern die Produktionsentwicklung schon während der Produktentwicklung beginnen kann. So ist es im Zuge der Prozessparallelisierung durch Kommunikationsrückflüsse frühzeitig möglich auf die Belange der Produktionsentwicklung einzugehen.

Selbst nach der abschließenden Fertigungsfreigabe sind erfahrungsgemäß noch Änderungen zu erwarten, die die Kosten der Produkteinführung empfindlich belasten und sich negativ auf die Time-to-Market auswirken können.

Durch den Einsatz von Virtualität in Form von CAX-Technologien können die Kostenbeeinflussbarkeit zeitlich nach links verschoben und die Änderungskosten reduziert werden. So helfen Simulationen nach Humbert /HUMB00/ in einem virtuellen Umfeld, frühzeitig einen hohen Produktreifegrad zu erreichen, bevor der erste physische Prototyp gefertigt ist. Zur Realisierung einer virtuellen Produktdefinition ist jedoch eine hohe Daten- und Prozessintegration erforderlich.

Ein echter Praxistest am physischen Modell ist dennoch nicht zu ersetzen, da oft erst hier die Schwächen einer unzureichenden oder unscharfen Anforderungsdefinition erkannt werden /KADE88/. Insbesondere bei der Implementierung von Steuerungssoftware wird häufig erst im Rahmen der Inbetriebnahme entwickelt und getestet /MILB92/. Macht die entwickelte Software Änderungen am Produkt erforderlich, ist in dieser späten Phase der Aufwand entsprechend groß.

*„Einer der Hauptstellhebel zu Reduzierung des Entwicklungsaufwands ist die Verschiebung von späten hin zu frühen Änderungen“ /WEBE99/.*

Nach der „Rule of Ten“ verzehnfachen sich die Kosten zur Fehlerbehebung mit jedem nachgelagerten Bereich /BIRK80/. Änderungen binden in der Entwicklung und Konstruktion nach Lindemann /LIND98/ insgesamt 30-40% der Gesamtkapazität; Wiendahl /WIEN92/ beziffert das Investitionsvolumen von Änderungen im späten Anlauf auf 20%. Das Entwicklungspotenzial steht daher nicht mehr in vollem Umfang für Entwicklungsarbeiten zur Verfügung und kann nicht zu weiteren Prozessüberlappungen beitragen /RISS02/.

*„95% der Teilenummern wechseln in der Lebenszeit einer Baureihe, wobei die höhere Änderungsgeschwindigkeit sich an den Bauteilen vor allem unter dem Blech ablesen lässt. In der Lebenszeit einer Baureihe wird der PKW zwei Mal entwickelt.“ /BART03/*

Aus diesem Kommentar des europäischen Präsidenten von Delphi zeigt sich, dass Produktänderungen über den gesamten Produktlebenszyklus Relevanz haben und maßgeblich zur Wirtschaftlichkeit eines Produkts beitragen.

Ein Vergleich westlicher mit japanischen Unternehmen soll Unterschiede im Zusammenhang mit Änderungen und darüber hinaus aufzeigen.



## 2.4 Der Produktentwicklungsprozesses in Japan

Japanische Unternehmen sind in vielen Feldern der Produktionstechnik Benchmark. Bekannte Faktoren, wie z.B. Durchlauf-, Entwicklungs- oder Anlaufzeiten, lassen Rückschlüsse auf die hohe Produktivität japanischer Unternehmen zu. Fraglich ist in diesem Zusammenhang, ob die wirtschaftlichen Erfolge rein auf soziokulturelle Charakteristika zurückzuführen sind oder nicht doch auf einen rational-ökonomischen Kern /ALBA89/. Als ein quantitativer Indikator sei beispielhaft nach Ernst /ERNS92/ angeführt, dass deutsches FE-Personal durchschnittlich 180, japanisches FE-Personal 221 Stunden im Monat arbeitet, was aber nicht allein ausschlaggebend sein kann. Vielmehr sind erfahrungsgemäß qualitative Eigenschaften, wie z.B. Leistungsfähigkeit, Flexibilität, Qualifikation etc., von größerer Bedeutung /BÜR95/. Gerade hier zeigt ein japanisches Unternehmen zugrunde liegendes Technologie- und Kompetenzmanagement die Unterschiede zur westlichen Wirtschaft auf. Nach Prahalad /PRAH91/ werden Kernkompetenzen und Schlüsselfähigkeiten als Basis zum Ausbau von Marktanteilen, der Kundenwahrnehmung und zur Generierung neuer Produkte genutzt. Daraus folgernd muss die Fertigungstiefe entsprechend den Kernkompetenzen einer regelmäßigen Make-or-Buy-Prüfung unterzogen werden. Laut Bürgel /BÜR95/ ist in Opposition dazu in deutschen Unternehmen nach wie vor Überperfektionierung erkennbar, welche nicht länger vom Kunden gewürdigt und bezahlt wird. Hamel /HAME92/ nennt hier das vorherrschende Phänomen der „*individuellen Brillanz, aber kollektiven Mittelmäßigkeit*“.

Durch die gängige Taktik japanischer Unternehmen, Evolutionsstufen von Komponenten kontinuierlich in aktuelle Modelle zu implementieren, beschränkt sich der Neuerungsgang bei Modellwechseln auf wenige technische Details und formgebende Prozesse. Dadurch ist ein höherer Überlappungsgrad von Produkt- und Produktionsentwicklung möglich /CLAR92/. Mazda hat beispielsweise so die Entwicklung des Demio auf 15 Monate reduziert /FEIG97/, ohne Qualitätseinbußen hinnehmen zu müssen. Mit der Fertigung bekannter Komponenten ist die Änderungsanzahl bei japanischen Unternehmen deutlich geringer /WOMA94/ (Abbildung 9), was zusätzlich die Entwicklungs- und Anlaufkosten drückt.

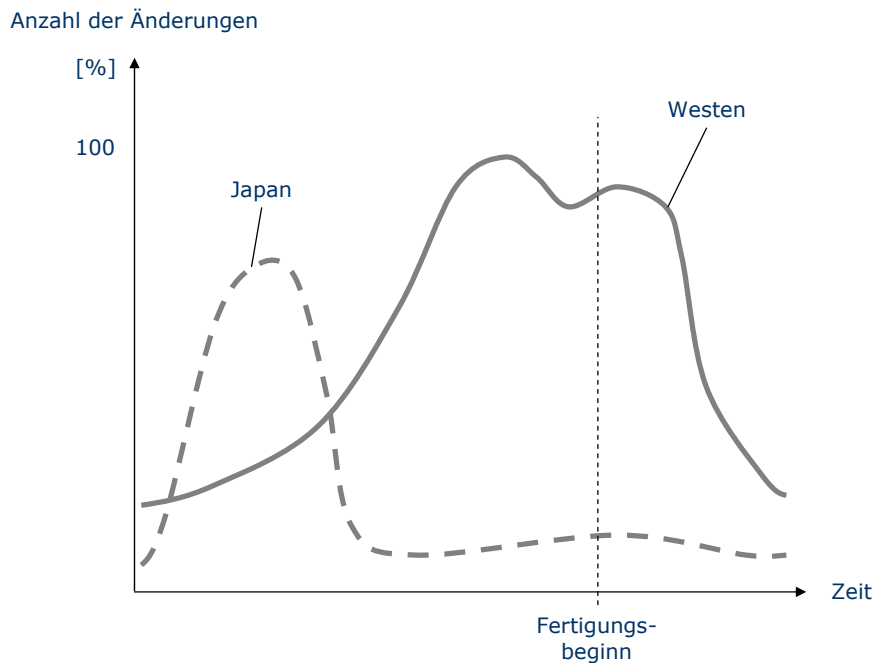


Abbildung 9: Anzahl der Änderungen im Produktentstehungsprozess, i.A. an /KROT95/

Japaner bringen nicht zuletzt mit kürzeren Entwicklungszeiten wesentlich schneller und häufiger neue Modelle auf den Markt /CLAR91/, so dass ein weiteres Wettbewerbsvorteil die Innovationsfähigkeit ist /CUSU85/. Durch eine kurze Innovationszeit sinkt zum einen das Entwicklungsrisiko, da Innovationsdaten für einen kürzeren Zeitraum prognostiziert werden müssen /STAL90/, zum anderen wird ein größerer Diffusionseffekt erzielt, da der Markt als Pionier betreten wird /ROGE62/.

Des Weiteren sind in Japan innerbetriebliche Aus- und Weiterbildungen ein wichtiges Selektions- und Führungsinstrument /BROW87/. Daraus folgend wird die Kommunikationsfähigkeit und -bereitschaft des einzelnen Mitarbeiters und die horizontale Kommunikation deutlich erhöht. Diese ist auch für eine effektive Gruppenarbeit in Entwicklungsteams von außerordentlichem Interesse, da nur so die Inhomogenitäten der Mitarbeiter überwunden und deren Fähigkeiten gebündelt werden können /BÜRG95/. Die Entwicklungsteams lernen sich besser kennen und können auf die beiderseitigen Belange eingehen /DEPA95/.

Neben einer kurzen Time-to-Market ist die Investition in Zukunftstechnologien im fernen Osten nicht fremd; japanische Unternehmen geben nach Bürgel /BÜRG95/ ca. 10% des gesamten Entwicklungsbudgets für freie Forschung aus. So entstehen Spielwiesen für Entwickler und dienen sekundär noch als hoher Motivationsfaktor.

Ziel für eine Restrukturierung des Produktentwicklungsprozesses soll es im Folgenden dennoch nicht sein, die europäischen Verhältnisse eins zu eins den japanischen anzugleichen; dafür sind nicht zuletzt die kulturellen Unterschiede zu groß. Das Beispiel Japan soll aber in vielen Punkten als Handlungsanstoß dienen.

## 2.5 Das Entwicklungsgleichgewicht

*„Wer zu spät komm, den bestraft der Markt.“ /ZIMM95/*

Heutiger Trend ist auch außerhalb Japans, zu vermarktende Produkte immer schneller auf den Markt zu bringen. Der Faktor Zeit spielt eine herausragende Rolle, womit das erste wichtige Kriterium der Entwicklung bestimmt ist.

Die Produkte werden zudem stetig komplexer, stärker technisiert und Produktkomponenten besitzen steigende Abhängigkeiten voneinander /GRAB00/. Dadurch besteht ein erhöhter Bedarf an Innovationen und Kernkompetenzen einzelner Entwicklungsteams /BLEI90/. Diese werden in verstärktem Maße von Zulieferern erbracht, so dass Entwicklungsvorhaben weit über die Unternehmensgrenzen hinausgehen /SPAT04a/. Die Informationen müssen daher in immer kürzeren Zeitabständen ausgetauscht werden, um einen kontinuierlichen Entwicklungsfortschritt zu erreichen, wobei die Quantität der Daten stetig zunimmt. Aus diesem Grund muss der Produktentstehungsprozess eine Integrationsplattform der verschiedenen Bereiche darstellen /LITK95/.

Nach Funck /FUNC04/ bedeutet Entwicklung die Übereinstimmung der Entwicklungsleistungen mit den Kundenanforderungen. Ist die Schnittmenge hier zu klein, sind Korrekturen durch Änderungen notwendig. Nach Bullinger /BULL90/ besteht etwa ein Drittel des Entwicklungsaufwands aus vermeidbaren Änderungen. 60% der Gründe für Terminverzug bei der Produkteinführung sind zudem auf Planungsfehler bei der Produktdefinition und somit notwendige Änderungen zurückzuführen /BROC88/. An dieser Stelle zeigt sich der sensible Scheideweg zwischen den Faktoren Entwicklungszeitverkürzung und Entwicklungsqualität, so dass durch die Notwendigkeit einer Senkung der Änderungsanzahl die Qualität als zweites umfassendes Kriterium des Entwicklungsprozesses eingeführt wird.

Änderungen stellen im Produktentstehungsprozess einen Fehlprozess dar. Aufgrund dieser Tatsache sind sie eine finanzielle Belastung für ein Unternehmen, so dass zur Charakterisierung des Produktentstehungsprozesses „Kosten“ das dritte Kriterium ist. Dabei ist finanzieller Aufwand nicht nur in Verbindung mit Änderungen, sondern auch

mit einer generellen Kapazitätserhöhung zur Verkürzung der Entwicklungszeit bei hoher Qualität zu sehen. Nach Wildemann /Wild92/ bewirkt eine Erhöhung der Entwicklungskosten um 50% nur eine ganzheitliche Ergebnisminderung von 5%; eine Überschreitung der Entwicklungszeit um ein halbes Jahr führt hingegen bei einem fünfjährigen Produktlebenszyklus zu Gewinneinbußen von 30%.

*„F&E-Aufwendungen werden häufig nur als Ausgaben betrachtet, die das aktuelle Unternehmensbudget belasten, nicht jedoch als Investition in zukünftige Gewinne.“*  
/WILD03b/

Demzufolge ist die Bereitstellung zusätzlicher finanzieller Mittel zur Beschleunigung des Entwicklungsprozesses und zur nachhaltigen Unternehmensentwicklung dienlich, aber nicht unabdingbar. Insbesondere kann eine effiziente Nutzung des zur Verfügung stehenden Budgets dem Bedarf einer Erhöhung der Entwicklungsausgaben entgegenwirken, zumal Lindemann /LIND04/ bei KMU keinerlei Spielraum im Entwicklungsbudget sieht.

Neben einer Reduzierung der Änderungsanzahl können kostenreduzierende Maßnahmen in der Entwicklung auch durch Standardisierung erreicht werden /SCHU88/. Ist es beispielsweise in einem Entwicklungsprojekt möglich, viele Standardkomponenten oder Gleichteile aus anderen Baureihen zu verwenden – ein so genanntes Baukastenprinzip /HAGE88/ – kann die Entwicklungszeit verkürzt und die zu erwartende Änderungsanzahl reduziert werden. VW hat dieses mit einer Plattformstrategie realisiert: 16 Kfz-Plattformen wurden hier zu 4 zusammengestrichen /ERDW04/. Neben der Entwicklung besteht in diesem Punkt auch Rationalisierungspotenzial für die Produktion.

Eine Standardisierung kann zudem im Kontext einer Verkürzung der Time-to-Market auch bezüglich einer Vereinheitlichung von Prozessen beziehungsweise deren Handhabung gesehen werden. Gelingt es, eine standardisierte Handhabung verschiedener Prozesse zu erreichen, ist allen drei vorgestellten Faktoren gedient.

Die Faktoren Zeit und Qualität werden maßgeblich vom Faktor Kosten beeinflusst. Hierbei ist entscheidend, ob Kosten als eine nachträgliche Betrachtung des tatsächlichen finanziellen Aufwandes gesehen werden oder ob es sich bei Entwicklungskosten um ein vorab definiertes Budget handelt. Bei Letzterem werden die Entwicklungsfaktoren Zeit und Qualität schon von Beginn des Vorhabens an beeinflusst.

Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren bedarf es der Definition eines Gleichgewichts. Mathematisch gesehen ist dieses der Schwerpunkt in einem

gleichseitigen Dreieck mit den drei Entwicklungsfaktoren als Eckpunkte. Je nach Entwicklungsfall können aber auch Abweichungen vom Schwerpunkt gewünscht sein, wenn beispielsweise ein Produkt am späteren Markt sehr günstig sein soll oder eine möglichst kurze Time-to-Market angestrebt ist. Hier zeigt sich die Divergenz zwischen dem Verständnis eines Ingenieurs und den Anforderungen des Kunden, der Produktion oder auch des Vertriebs /GENT94/, /NICH91/ (Abbildung 10). Zur Vereinigung der Interessen und zur Bewältigung der Konflikte sind oft nur Kompromisse möglich.

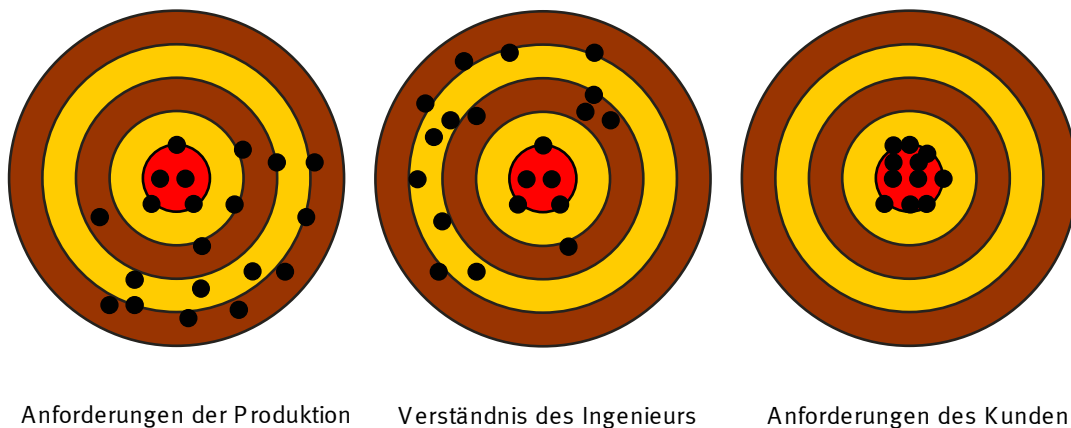


Abbildung 10: Interessenskonflikte in der Entwicklung, i.A. an /NICH91/

Demzufolge kann ein Gleichgewicht der Entwicklungsfaktoren nicht statisch betrachtet werden, sondern bedarf einer dynamischen Anpassung an den jeweiligen Entwicklungsfall. Dieser Sachverhalt ist durch die PSI-Methode veranschaulicht /BULL92/ (Abbildung 11). Hierbei wird zur Verkürzung der Entwicklungszeit eine Prozessüberlappung angestrebt. Eine Erhöhung der Produktqualität im Entwicklungsprozess und eine Minimierung der Änderungsanzahlen werden durch eine bessere Integration und Kooperation voneinander abhängiger Prozesse und mittels kontinuierlicher Kommunikation untereinander erreicht. Schließlich sollen diese beiden Ziele mit geringem Aufwand von Entwicklungskosten realisiert werden, was nicht zuletzt durch die beschriebenen Standardisierungsmaßnahmen bei Komponenten, aber auch bei Prozessen möglich ist.

Schulten /SCHU03/ sieht sogar eine Ergänzung des Dreiecks um den Faktor Innovationen vor, die hier unberücksichtigt bleiben sollen, weil das Innovationsmanagement einen für sich eigenständigen Bereich darstellt und eine individuelle Betrachtung erfordert. Mit einem angestrebten hohen Parallelisierungsgrad und einer Integration der Pro-

zesse findet eine Kommunikationsintensivierung statt, mit Hilfe derer durch Kommunikationsrückflüsse nachgelagerter Prozesse und interdisziplinäre Denkweise Innovationen ohnehin gefördert werden.

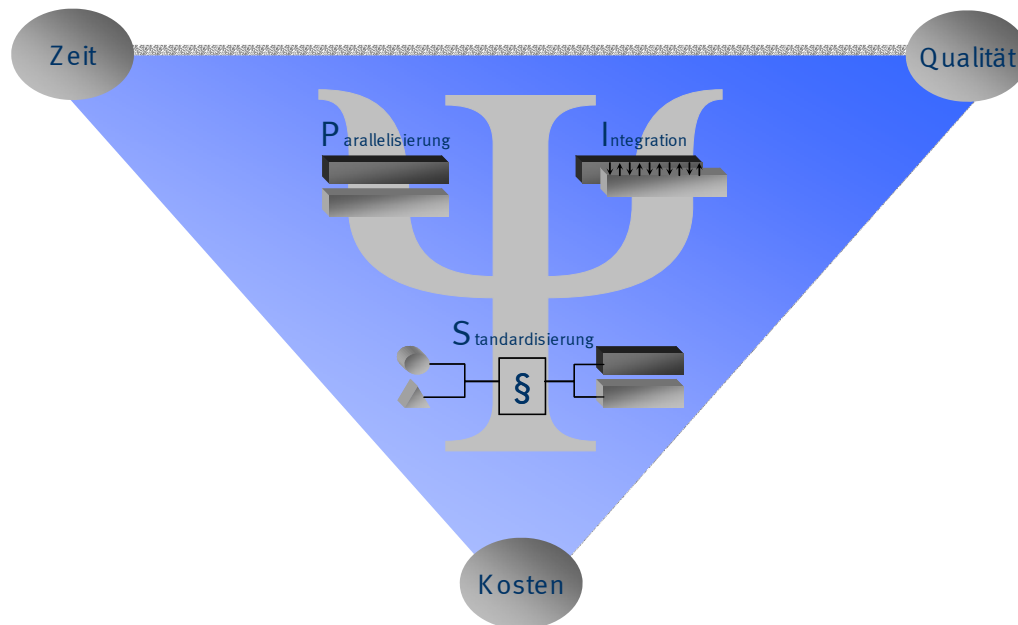


Abbildung 11: Das Entwicklungsgleichgewicht, i.A. an /BULL92/

Das Entwicklungsgleichgewicht ist demnach anzustreben, um ein Produkt zu entwickeln, das den jeweiligen Anforderungen des Marktes entspricht. Zum Erreichen eines Gleichgewichts sind ganzheitliche und nachhaltige Betrachtungsweisen sowie Planungen notwendig. Im Folgenden sollen daher Methoden vorgestellt werden, die eine Annäherung des Entwicklungsgleichgewichts mit besonderem Augenmerk auf eine Verkürzung der Time-to-Market zum Ziel haben.

## 2.6 Methoden zur Verkürzung der Time-to-Market

Zur Verkürzung der Time-to-Market müssen Methoden eingesetzt werden, die einen turbulenzfreien, effizienten und effektiven Produktentstehungsprozess sicherstellen /KLIN02/. Zwar ist zunächst nur der Faktor Zeit relevant /ZEUG97/, dennoch bedarf es einer nachhaltigen Bestätigung der Zeitvorteile, da späte Änderungen mangels Qualität den zeitlichen Vorsprung aufzehren können. Bullinger /BULL99/ nennt hierzu verschiedene Einflussgrößen der Time-to-Market (Abbildung 12):

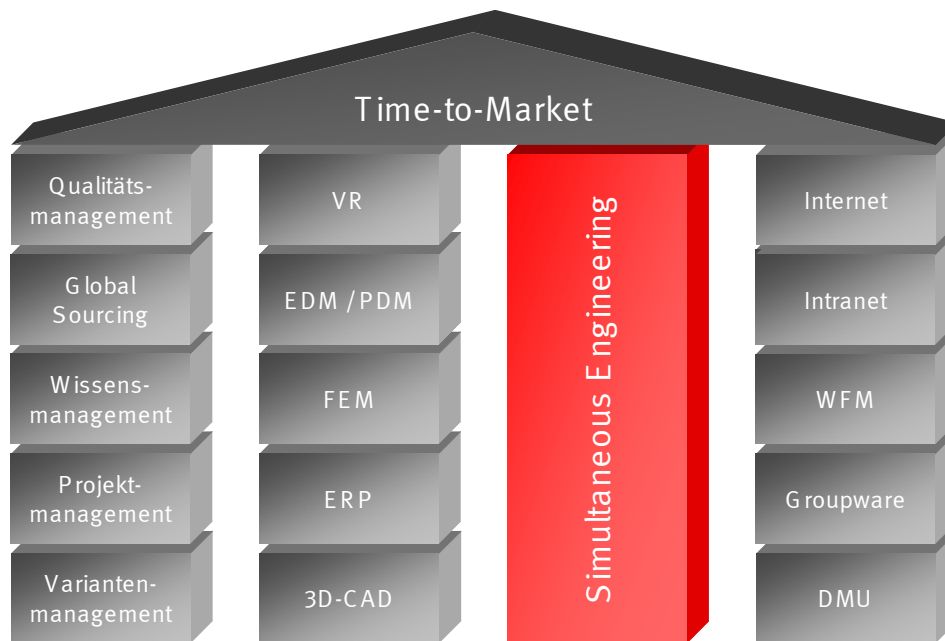


Abbildung 12: Einflussgrößen der Time-to-Market, i.A. an /BULL99/

Die durch das Entwicklungsgleichgewicht angedachte Entwicklungszeitverkürzung mittels Prozessüberlappungen wird durch das Simultaneous Engineering repräsentiert. Die anderen Faktoren sind durch deren gegenseitige Beeinflussung charakterisiert, welche beim Simultaneous Engineering die höchste Intensität erreicht. Aus diesem Grund soll diese Methode nachhaltig untersucht werden.

### 2.6.1 Simultaneous Engineering

Simultaneous Engineering stellt nach Eversheim /EVER95/ die integrierte und zeitparallele Abwicklung der Produkt- und Prozessgestaltung dar. Das Simultaneous Engineering ist eine langfristige Maßnahme zur nachhaltigen Reorganisation des Produktentstehungsprozesses /SCHM01/. Im Zuge der PSI-Strategie dient diese Methode der Verkürzung der Time-to-Market, der Verringerung der Entwicklungs- und Herstellungskosten und der Verbesserung der Produktqualität, da die in dieser Strategie geforderten Maßnahmen durch das Simultaneous Engineering aufgegriffen werden. Wildemann /WILD92/ sieht zudem die Möglichkeit, durch die Vorverlagerung von Erkenntnisprozessen eine bessere Planbarkeit zu erlangen und demzufolge den Anteil stochastischer Prozesse zu senken. Eine bessere Planbarkeit wird daher maßgeblich durch Kommunikation erreicht. Nach Wade /WADE92/ entstehen durch Simultaneous Engineering aus diesem Grund neue Impulse zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit.

Eversheim /EVER95/ nennt 6 Lösungsansätze zur Realisierung von Simultaneous Engineering (Abbildung 13). Diese Lösungsansätze sind mit dem Ziel einer forcierten Prozessüberlappung zu überprüfen.

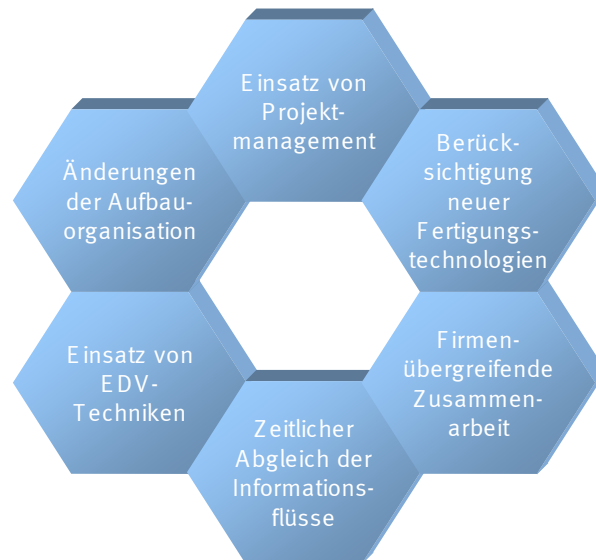


Abbildung 13: Lösungsansätze zu Realisierung des Simultaneous Engineering, /EVER95/

Definitiv angegangen werden muss der zeitliche Abgleich der Informationsflüsse. Ohne adäquate Kommunikation ist eine Überlappung von abhängigen Prozessen nicht möglich. Durch die zunehmende Auslagerung von Entwicklungstätigkeiten auf Zulieferer ist zudem der Aspekt der firmenübergreifenden Zusammenarbeit entscheidend. Dem Bestreben nach einem Abbau von Hierarchiestufen und horizontaler Kommunikation soll durch die Punkte „Änderungen der Aufbauorganisation“ und „Einsatz von Projektmanagement“ Rechnung getragen werden. Umzusetzen sind die obigen Gesichtspunkte nur mit modernen Kommunikationsmedien und -flüssen, so dass EDV- und Kommunikationstechnologien ihre Berücksichtigung finden müssen. Neue Fertigungstechnologien können in einem Entwicklungsvorhaben späte Änderungen eindämmen und die Anzahl an Iterationsschleifen reduzieren, haben jedoch nur durch den frühen Bezug zu Produktionsprozessen Bedeutung.

Diese theoretischen Ansätze müssen mit der Absicht der realitätsnahen Umsetzung im Folgenden näher untersucht werden. Hauptkriterien sind die seitens der PSI-Strategie geforderten Maßnahmen Parallelisierung, Integration und Standardisierung.



## 2.6.2 Prozessüberlappung

Eine Beschleunigung des gesamten Entwicklungsprozesses kann auf zweierlei Arten erreicht werden:

1. Verkürzung eines individuellen Entwicklungsprozesses und
2. Restrukturierung des Zusammenspiels aller Prozesse.

Lange Zeit galt der Einzug der elektronischen Datenverarbeitung als Zukunftstechnologie im Forschungs- und Entwicklungsbereich. Mittlerweile haben sich die Zeitverkürzungspotenziale von CAX-Technologien, die Wildemann /WILD92/ noch gesehen hat, relativiert. Das Problem liegt an anderer Stelle: Virtualität kann zwar heute fast als Standard vorausgesetzt werden, jedoch besteht kein Standard bei den Systemen selbst (Kapitel 2.9.3.1). Die Herausforderung einer modernen und immer weiter verteilten Entwicklung liegt im Zusammenspiel der einzelnen CAX-Datenstrukturen.

Die Optimierung der Einzelprozesse ist oft ausgereizt und bietet daher nicht das Potenzial für eine Prozessüberlappung. In modernen Produktentstehungsprozessen ist der sequentielle Ansatz durch das Bestreben nach Standard- und Gleichteilen in den verschiedenen Produktvarianten ohnehin nicht mehr umsetzbar /KRAN00/. Durch die Methode Simultaneous Engineering werden Prozesse parallelisiert, der zeitliche Verlauf eines Einzelprozesses hingegen nur bedingt beeinflusst. Durch eine Betrachtung der Prozesse auf tieferer Detaillierungsebene ist jedoch eine Parallelisierung von Subprozessen möglich und somit eine Verkürzung individueller Einzelprozesse.

In Abbildung 14 werden die theoretischen Potenziale der Überlappung voneinander abhängiger Einzelprozesse aufgezeigt. Beim sequentiellen Vorgehen findet die Informationsweitergabe abrupt nach Beendigung des Vorgängerprozesses statt. Das nachfolgende Entwicklungsteam ist kaum in der Lage, die Quantität an Dokumenten systematisch und effizient zu verarbeiten, so dass es an den verschiedenen Schnittstellen zu Engpässen oder in der Flut an Informationen zu redundanter Bearbeitung kommt /WHEE92/; fehlender Gesamtüberblick und mangelnde Schärfe der Informationen sind die Folge. Des Weiteren führt sequentielles Vorgehen zu einem Verlust an Erfahrung, was oft Over-Engineering-Effekte nach sich zieht /WILD92/. Grund dafür sind nach Kabel /KABE01/ teilweise nicht geklärte Aufgabenverteilungen und daraus bedingte Informationsverluste, da wechselseitige Anforderungen und Bedürfnisse verkannt werden. Zusätzlich kann es zu einer weiteren Verzögerung der Einzelprozesse kommen, die aus nachträglicher Aufgabenklärung und Informationsmangel resultieren /NÖKE98/.

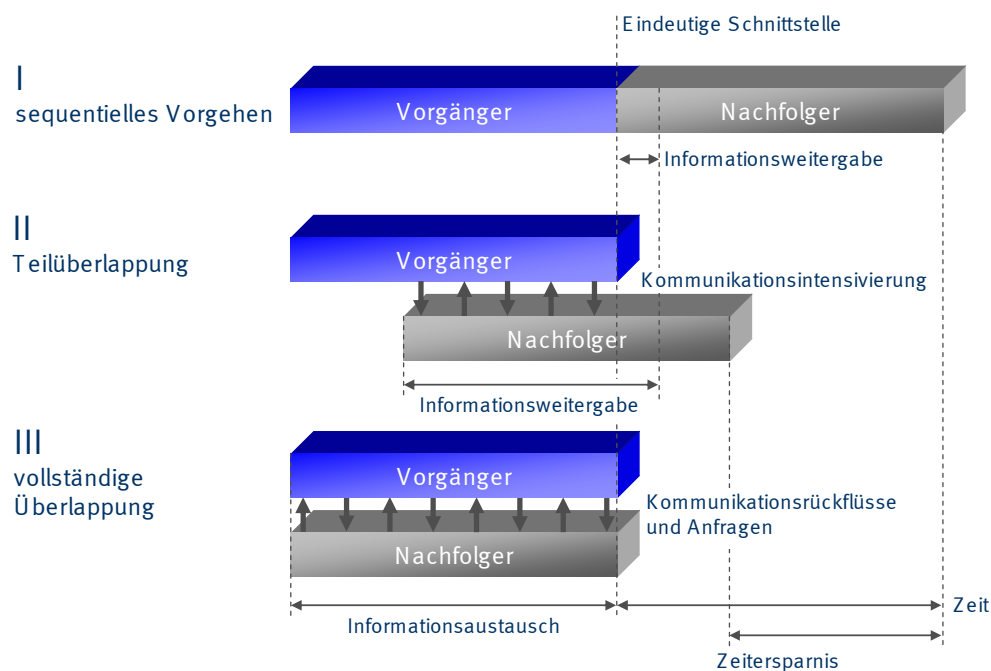


Abbildung 14: Überlappungsphasen des Simultaneous Engineering

Findet kurz nach Beendigung des Vorgängerprozesses noch eine Phase der Informationsweitergabe und Einarbeitung statt, kann dieses Problem teilweise gelöst werden. Bei Komplikationen des Nachfolgers im späteren Prozessverlauf ist es jedoch schwer, das Vorgängerteam in seiner ursprünglichen Substanz vollständig zu erreichen und Probleme aufzuklären. Außerdem ist nach Albers /ALBE91/ der Produktentstehungsprozess durch häufige Rückkoppelungen gekennzeichnet, die durch sequentielle Vorgehensweise nicht vollzogen werden können.

Eine Teilüberlappung bedeutet den Start eines abhängigen Nachfolgeprozesses ohne Beendigung des Vorgängers. Hierbei gibt es die Möglichkeit, dass Teilergebnisse durch eine Teilfreigabe abgenommen oder erste Ergebnisse weitergegeben werden, die nicht von offizieller Stelle verifiziert und freigegeben sind. In Absprache mit dem Vorgänger ist mittels intensiver Kommunikation ein Austausch und somit ein vorgezogener Start des Nachfolgeprozesses möglich. In den meisten Fällen ist der Nachfolgeprozess vom Vorgänger abhängig, jedoch macht eine rein einseitige Kommunikation, ein so genannter Downstream, keinen Sinn und ist ohnehin nur theoretischer Natur /KRIS93/. Für Rückfragen und Absprachen müssen so genannte Upstreams gefördert werden. Hier liegt ein großer Vorteil des Simultaneous Engineering: die Möglichkeit einer nachhaltigen Entwicklung. So können die Interessen nachgelagerter Entwicklungsabteilungen durch frühzeitige Kommunikation ihre Berücksichtigung finden /WILD96/. Aufgabe

eines übergeordneten interdisziplinären Entwicklungsteams ist es daher, die individuellen Interessen der Entwicklungsabteilungen zusammenzuführen, um den ganzheitlichen Projekterfolg zu wahren.

Ist der Nachfolgeprozess von dem Vorgänger abhängig, erscheint eine teilweise Überlappung durch regelmäßige Up- und Downstreams realisierbar, ein gemeinsamer Start und somit 100% parallel ablaufende Prozesse jedoch schwierig. Mit einem hohen Überlappungsgrad kommt es daher zu überproportional ansteigenden oder auch progressiven Parallelisierungsbestrebungen. Diese beschreiben das Phänomen, dass Zeitgewinne in frühen Phasen mit immer komplexeren Strukturen und Problemen verbunden sind (siehe Kapitel 3.3.1 ff.).

Um eine optimale Zeitverkürzung der Produktentwicklung bei gleich bleibender Qualität zu erreichen, ist die aufgeführte Einteilung des Simultaneous Engineering unzureichend. Um dieses ehrgeizige Vorhaben zu forcieren, müssen weitere Erkenntnisse und Strategien angefügt und die zeitlichen Überlappungsphasen genauer differenziert werden (Kapitel 3.2).

### 2.6.3 Abhängigkeitsbeziehungen von Prozessen

Im Kontext progressiver Prozessüberlappungsbestrebungen muss zunächst geklärt werden, welche Prozesse überlappt werden dürfen. Nach Eppinger /EPPI94/ ist eine Einteilung in 3 verschiedene Abhängigkeiten notwendig (Abbildung 15).

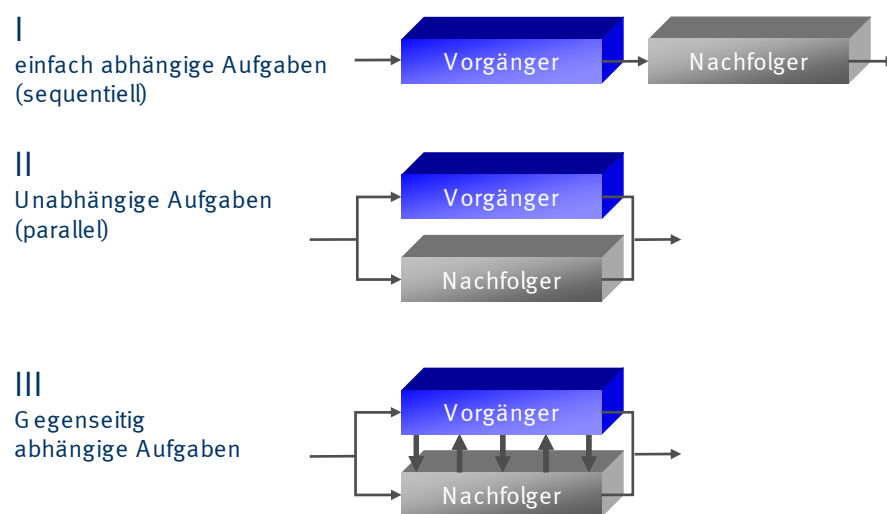


Abbildung 15: Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Prozessen, i.A. an /EPPI94/

Im ersten Fall werden die vollständigen Informationen beziehungsweise Ergebnisse des Vorgängers benötigt, bevor mit dem Start des Nachfolgeprozesses begonnen werden kann. An dieser Stelle sind Annahmen oder Teilungen von Ergebnissen nur schwer realisierbar. Beispielsweise ist es erst möglich, mit reellen Produkttests zu beginnen, wenn die ersten Prototypen erstellt sind.

Unabhängige Aufgaben können und müssen im Zuge des Simultaneous Engineering vollständig überlappt werden, wenn die zur Verfügung stehenden Ressourcen dies zulassen /BULL97/. Hierbei sind nur spärliche bis keine Kommunikationsflüsse notwendig. Beispielsweise ist die Scheinwerferentwicklung bei einem Automobil von der Innenraumgestaltung weitgehend unabhängig. Vorteil des Simultaneous Engineering ist in diesem Fall, dass ein Wettbewerb zwischen Entwicklungsteams geschaffen werden kann. Dieses ist bei zwei konkurrierenden Entwicklungsteams der Fall. Alleinige Restriktionen sind Rahmenbedingungen und Quality Gates; die konkurrierenden Prozesse sind im späteren Verlauf unabhängig voneinander. Beispiel hierzu ist die Fahrwerkentwicklung der aktuellen E-Klasse (W211) von Mercedes-Benz: ein Entwicklungsteam war mit der Entwicklung eines klassischen Stahlfederfahrwerkes beauftragt, ein Zweites sollte das in der S-Klasse (W220) bereits existente Luftfederungsfahrwerk für die E-Klasse adaptieren. Durch den vermeintlichen Technologievorteil der Luftfederung wurden die Anforderungen an das Stahlfederteam zusätzlich erhöht und Mitarbeiter motiviert.

Der letzte Fall ist für das Simultaneous Engineering der Schwierigste, birgt jedoch die größten Potenziale. Abhängige Prozesse werden oft sequentiell oder nicht optimal überlappt durchlaufen. Demzufolge liegt die eigentliche Herausforderung des Simultaneous Engineering in diesem dritten Fall. Aus der Abhängigkeit der Prozesse resultiert der Bedarf intensiver Kommunikationsflüsse, die gesteuert werden müssen und substantiell zum Erfolg oder Scheitern des gesamten Projekts beitragen. Mit der notwendigen Kenntnis von Abhängigkeitsbeziehungen ist es möglich, Vorabinformationen weiterzuleiten, die für den Start des Nachfolgeprozesses und somit für die Prozessüberlappung Grundvoraussetzung sind /RISS02/. Mit diesen ersten Informationen kann der Nachfolgeprozess gestartet werden. Um über eine maximale Überlappung voneinander abhängiger Prozesse entscheiden zu können, sind die Zeitpunkte dieser Ergebnisweitergabe (informeller oder materieller Natur) und deren Freigaben zu untersuchen.

## 2.7 Freigaben

*„Mit der Freigabe wird nach abschließender Prüfung die Nutzung von Dokumenten (=Unterlagen + Stamm-/ Strukturbeschreibungen) genehmigt. Mit der Freigabe in mehreren Stufen werden sukzessive Dokumente, z.B. nur für bestimmte Anwendungsbereiche der Dokumente, erweitert (Fertigung) sowie zugelassene Änderungen beziehungsweise Maßnahmen eingeschränkt (Entwicklung)“ /DIN6789/*

Freigaben sind nach Bleicher /BLEI97/ Kennzeichen stabiler Informationen und werden als Eingangsinformation für Nachfolgeprozesse verwandt. Durch die Freigabe wird die Kontrolle und Steuerung eines Produktenstehungsprozesses möglich, mit dem Ziel, Ergebnisse abzusichern und nachfolgenden Abteilungen zur Verfügung zu stellen. Dabei sieht die DIN 6789 ausdrücklich eine Stufung von Freigaben vor, um Erkenntnisprozesse vorzuverlagern und daher einer Prozessparallelisierung beizusteuern. Im Folgenden wird an dieser Stelle von Teilfreigaben gesprochen. Außerdem müssen signifikante Änderungen ebenfalls von einer Freigabe abgesichert werden und erweitern somit den Kreis potenzieller Freigaben, was die ganzheitliche Relevanz des Freigabemanagements unterstreicht.

Wichtigste Freigabe ist die formelle Konzeptfreigabe, welche vom Vorstand entschieden wird und auf einem detaillierten Pflichten- und Lastenheft basiert /BEYE92/, /STEM93/. Mit dieser Freigabe wird das eigentliche Entwicklungsvorhaben gestartet. Weitere Freigaben nehmen sich einzelner Prozesse an, bis schließlich via Produktfreigabe der SOP passiert wird.

Den heutigen gesetzlich vorgeschriebenen und von den Firmen teilweise selbst auferlegten Qualitätsansprüchen müssen Entwicklungsprojekte entsprechen. Die Soll-Anforderung einer Freigabe ist die Einhaltung dieser Standards und kann durch Quality Gates und die Vorabdefinition von Reifegraden gehandhabt werden. Freigaben verlangen daher nach akribischer Vorarbeit, um die Reife eines Prozesses bestätigen zu können. Die vorherige Erstellung eines Pflichtenhefts beziehungsweise Fachkonzepts ist für feste Maßstäbe bezüglich einer messbaren Referenz zur Definition von Reifegraden und Quality Gates notwendig.

Veränderungen moderner Entwicklungsvorhaben in Gestalt von

- Zeitdruck,
- Technologisierung,

- räumlicher Verteilung und
- Virtualität

machen eine Anpassung von Freigaben an die geänderten Umstände unumgänglich. Der angesprochene Wandel der Entwicklungsvorhaben führt bei Freigaben im klassischen Sinne unweigerlich zu einer Aufwandsintensivierung. Eine Erhöhung der Freigabeanzahl ist notwendig, um der zunehmenden Technologisierung bei hohen Qualitätsanforderungen gerecht zu werden. Aus diesem Grund sind Freigaben zu vereinfachen, so dass bei gleichem Aufwand eine Erhöhung der Freigabefrequenz möglich ist und die Entwicklungsqualität gesichert werden kann.

In Anbetracht der heutigen Zuliefersituation mit einer zunehmenden Auslagerung von Entwicklungsarbeiten stellen klassische Freigabestrukturen ein Problem dar und erschweren durch Kommunikations- und Integrationsproblematiken eine verstärkte Prozessüberlappung. In diesem Zusammenhang muss zwischen prozessinternen und prozessübergreifenden Freigaben unterscheiden werden. Interne Freigaben werden durch Arbeitsteilungen des jeweiligen Entwicklungsteams und dadurch entstehende Subsysteme notwendig. Die Organisation der Freigaben gestaltet sich in diesem Fall unkomplizierter, da meist im Team involvierte und autorisierte Personen Freigaben aussprechen; die Kommunikationswege sind somit kurz. Bei prozessübergreifenden Freigaben hat ein interdisziplinäres Team und evtl. auch der Vorstand Mitspracherecht. Vorausgehen müssen intensive Absprachen, die durch verteilte Entwicklungsstrukturen erschwert werden. In der folgenden Arbeit werden in diesem Zusammenhang die Begrifflichkeiten schnittstellenübergreifender und lokaler/autonomer Freigaben eingeführt. Diese Strukturen gilt es transparent zu gestalten, um unter anderem Schnittstellen und Verantwortlichkeiten zu bestimmen.

Oft werden Freigaben noch sehr streng behandelt und Daten vorab nicht weitergegeben. Lediglich Teilfreigaben sind in der /DIN6789/ vorgesehen. Erst nach einer Freigabe werden folgende Prozesse ausgelöst und gestartet. Die Entwicklung von Methoden, um nicht freigegebene Informationen zu handhaben, soll im Zuge einer weit reichenden Prozessparallelisierung angestoßen werden. Es gilt daher zu prüfen, inwiefern Freigaben geändert, vereinfacht oder temporär ganz umgangen werden können, um die Überlappung der Prozesse voranzutreiben und personal- und zeitintensiven Aufwände zu vermeiden. Dabei darf der Aspekt der Entwicklungsqualität beziehungsweise des Änderungsmanagements nicht aus den Augen verloren werden.

### **2.7.1 Frühe Informationshandhabung**

Mit starren und komplexen Freigaben ist kein hoher Parallelisierungsgrad von Prozessen möglich, da deren Vorlaufzeit zu lang ist und Nachfolgeprozesse erst im Anschluss beginnen können. Freigaben müssen in mehreren Stufen vollzogen oder die existenten, aber noch nicht freigegebenen Informationen und Dokumente vorab gehandhabt werden können. Die Kontinuität des Austauschs von Entwicklungsergebnissen in Verbindung mit einer frühen Informationshandhabung ist für Prozessparallelisierungsbestrebungen unumgänglich.

Ähnlich der Betrachtung von Freigaben müssen auch Informationshandhabungen differenziert betrachtet werden, da die Qualität und Quantität der Informationspakete mit der zeitlichen Entwicklungsabfolge reift. Zu Beginn des Entwicklungsprozesses stehen dem Vorgänger nur wenig allgemeine Vorgaben zu Verfügung. Je weiter der Fokus auf den frühen Phasen des Entwicklungsvorhabens liegt, desto weniger Informationen sind für das jeweilig nachfolgende Entwicklungsteam verfügbar.

Ein reines Freigabemanagement kann nicht allein maßgeblich zu Entwicklungszeitbeschleunigungen beitragen, da der Umfang einer Freigabe nicht beliebig gekürzt und die Freigabefrequenz nicht willkürlich hochgefahren werden kann. Das eigentliche Potenzial steckt in der Überlappung von Prozessen auf der Basis nicht freigegebener Ergebnisse. Um hierbei kein Risiko hinsichtlich der Entwicklungsqualität und Änderungsanzahl einzugehen, sind weitere Überlegungen anzustrengen.

### **2.7.2 Just-in-Time in Forschung und Entwicklung**

Was sich in der Produktion und Beschaffung als kostenreduzierend, qualitätsverbessernd und flexibilisierend herausgestellt hat, soll nun auch früher im Produktlebenszyklus Einzug halten. Die zeitgenaue Bereitstellung von Dokumenten dient der zunehmenden Prozessintegration und -parallelisierung /WILD92/. In diesem Kontext können Vorgänger- und Nachfolgeprozesse als Lieferanten und Abnehmer gesehen werden, die in besonderer Weise voneinander abhängen; Ware wird im Produktentwicklungsprozess durch Informationen und Dokumente ersetzt. Wie in der Produktion üblich wird die „Ware“ dann angeliefert, wenn sie gebraucht wird: Just-in-Time.

Maßgebliche Voraussetzung für eine Just-in-Time Entwicklung ist, dass es sich zum einen um planbare Ergebnisse und Informationen handelt und dass entsprechend Entwicklungskapazitäten vorhanden sind, zum anderen müssen die Kommunikationsstruk-

turen für eine frühe Informationshandhabung ausgelegt sein. Ist dieses nicht der Fall, können frühe Weitergabezeitpunkte nicht realisiert werden und die Zahl stochastischer Prozesse steigt.

## 2.8 Informationshandhabung in der Entwicklung

*„Wenn ein Ingenieur mit der Konstruktion eines Motors beginnt, muss er über alle Informationen verfügen – auch darüber, welche Entwicklungsarbeiten vielleicht an anderer Stelle und im Zuge anderer Projekte schon längst übernommen wurden.“* /HALS02/

Rationalisierungs- und Restrukturierungsmaßnahmen streben zumeist einen umfangreichen Einsatz von Informationstechnologien an /RIEM97/, /WEND96/, /TEUF95/, /CZAP97/. Die Produktentwicklung ist nach Ehrlenspiel /EHRL97/ ein Knotenpunkt des Informationsumsatzes. Insbesondere durch immer weiter verteilte Entwicklungstätigkeiten besteht der Bedarf intensiver Kommunikation, dem „Mauern im Informationsfluss“ entgegenstehen. Auch Freigaben sind durch die notwendige Vorarbeit auf einen intensiven Austausch der Beteiligten angewiesen. Diesem Misstand muss im Folgenden Rechnung getragen werden.

### 2.8.1 Unterscheidung von Informationen

Zur besseren Verfügbarkeit und um Vorarbeit für Freigaben leisten zu können, müssen relevante Informationen bestimmt werden. Informationen sind nach Ahrens /AHRE99/ in statische, quasistatische und dynamische Informationen zu unterscheiden. Diese Differenzierung beinhaltet

- einen festen Bestandteil, der für alle Produktentwicklungsvorhaben Bestand hat (statisch), und
- einen individuellen Teil, der bei jeder neuen Entwicklung eingepflegt werden muss (dynamisch).

Gerade hinsichtlich einer verteilten Produktentwicklung ist die Handhabung statischer Informationen unabdingbar /WELL95/. Kann eine dynamische Information dauerhaft abgelegt und von nachfolgenden Projekten ebenfalls verwendet werden, ist die Transformation einer dynamischen Information in eine statische möglich.



Anwendungsbezogene Funktionen	Anwendungsübergreifende Funktionen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zeichnungsdaten,</li> <li>▪ CAD-Daten,</li> <li>▪ Sachmerkmale,</li> <li>▪ Stücklisten,</li> <li>▪ Arbeitspläne,</li> <li>▪ NC-Daten, Dokumente,</li> <li>▪ Projektdaten</li> <li>▪ Programme und Methoden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informationsmodellierung</li> <li>▪ Änderungsverwaltung</li> <li>▪ Verwaltung von Varianten und Versionen</li> <li>▪ Datenkommunikation, Benutzerverwaltung, Systemverwaltung und -konfiguration</li> <li>▪ Datensicherung, Datenkonvertierung, Datengewinnung (Scannen)</li> <li>▪ Datenvisualisierung</li> </ul>

Tabelle 1: Anwendungsbezogene und -übergreifende Funktionen, i.A. an /ABRA93/

Abramovici /ABRA93/ unterscheidet zwischen anwendungsübergreifenden und anwendungsbezogenen Funktionen, was statischen und dynamischen Informationen gleichkommt (Tabelle 1). Anwendungsübergreifende, also statische Funktionen, sind allgemeine Verwaltungs- und Kommunikationsfunktionen. Durch die Projektneutralität ist eine frühzeitige Aufbereitung der Daten vor oder zu Beginn des Vorhabens möglich und erstrebenswert. Für den Aufbau eines Assistenzsystems ist diese Art von Daten essentiell, weil sie zur Bestimmung allgemeiner Vorgehensweisen benötigt wird und vorab projektunabhängig in eine Datenbank eingepflegt werden kann.

Anwendungsbezogene Funktionen dienen nach Abramovici /ABRA93/ weitgehend der spezifischen Verwaltung von Daten in einem Projekt. Diese Daten sind nicht projektneutral und müssen mittels eines integrierten Wissensmanagements im Laufe des Projekts in eine Wissensdatenbank eingepflegt werden, so dass neben Dokumenten auch Erfahrungen nachhaltig verfügbar gemacht werden können /KRAN00/.

Die Möglichkeit der gedanklichen Vorwegnahme durch Wissensverfügbarkeit führt nach Fauth /FAUT99/ zu einer Verkürzung der Reaktionszeit angepasster Maßnahmen. Im Zuge von Freigaben können die verschiedenen Daten demzufolge als Entscheidungsunterstützung genutzt werden. Der Aufwand zur Datenpflege darf bei einer Wissensdatenbank nicht zu groß sein, damit der Nutzen als assistierendes System erhalten bleibt.

Produktunabhängige Informationen, die lange Bestand haben, wie z.B. Richtlinien und Gesetze, bezeichnet Ahrens /AHRE99/ als quasistatische Informationen. Diese sind nicht explizit in einer Datenbank abzulegen, sondern lediglich als Verweise einzufügen.

## 2.8.2 Workflow-Management-Systeme in der Entwicklung

Aufgrund des Einmaligkeitscharakters von Entwicklungsprojekten ist eine Vorgehensunterstützung bei Freigaben als Schlüsselfunktion zur effektiven Zeitverkürzung erstrebenswert. Bekannt sind heutzutage so genannte Workflow-Management-Systeme (WFMS), die nach Becker /BECK02/ die Ausführung von Prozessen auf der Grundlage einer formalen Spezifikation vollziehen. Ein WFMS ermittelt dazu nach der Erledigung von Arbeitsschritten oder beim Eintritt anderer Ereignisse automatisch die neu anstehenden Aktivitäten und informiert beziehungsweise beauftragt involvierte Mitarbeiter. WFMS können informationsbasierte Prozesse unterstützen, bei denen mehrere Mitarbeiter und unterschiedliche Anwendungssysteme zusammenwirken. Des Weiteren werden Schwerpunkte auf Personal- und Kompetenzmanagement gelegt /ABEC00/, /LAU00/, welche durch Portal- und Intranet-Konzepte realisiert werden sollen /BORO01/. Aktueller Trend ist die Kombination verschiedener Funktionen, die in einem WFMS zusammengefügt werden /DENK03/.

Da sich Prozesse für den Einsatz von WFMS detailliert beschreiben lassen müssen, was in der Entwicklung, z.B. bei Freigaben und Änderungen, in der Vergangenheit nicht der Fall war, stießen diese Systeme schnell an ihre Grenzen /BECK02/. Aus diesem Grund bedarf es der expliziten Charakterisierung von Freigaben (Kapitel 3.4), um ein Assistenzsystem aufzubauen.

Der Forderung nach einem WFMS lässt sich im Zuge des aufzubauenden Assistenzsystems mit einer Kommunikations- und Entscheidungsunterstützung nachkommen. Für Entscheidungen muss eine Wissensdatenbank in ein Assistenzsystem implementiert werden.

## 2.8.3 Wissensmanagement in der Entwicklung

*„Die Bedeutung des Produktionsfaktors Wissen ist in den letzten Jahren erkannt worden.“ /SCHÖ99/*

Durch Zunahme des Technologisierungsgrades, daraus resultierend der Produktkomplexität, in Verbindung mit der räumlich verteilten Entwicklung und des unmittelbaren

Zugangs zu Informationen weltweit, wird das Management von Wissen zu einer zentralen Herausforderung für Unternehmen. Zusätzlich führt der Zuwachs an Systemleistung durch verbesserte Hard- und Software dazu, dass CAX-Technologien in immer mehr Bereichen wirtschaftlich eingesetzt werden können, wodurch die Quantität an Daten und Dokumenten zunimmt /VANJ99/. Hierbei ist besonders in der Produktentwicklung das Ziel zu verfolgen, Wissen und Erfahrungen aus abgeschlossenen und laufenden Entwicklungsvorhaben in aktuellen Projekten verfügbar zu machen, um ein hohes Maß an Entwicklungsqualität zu erreichen /ASLA03/. Diesem Zweck muss eine Wissensdatenbank in Verbindung mit einem Assistenzsystem entsprechen.

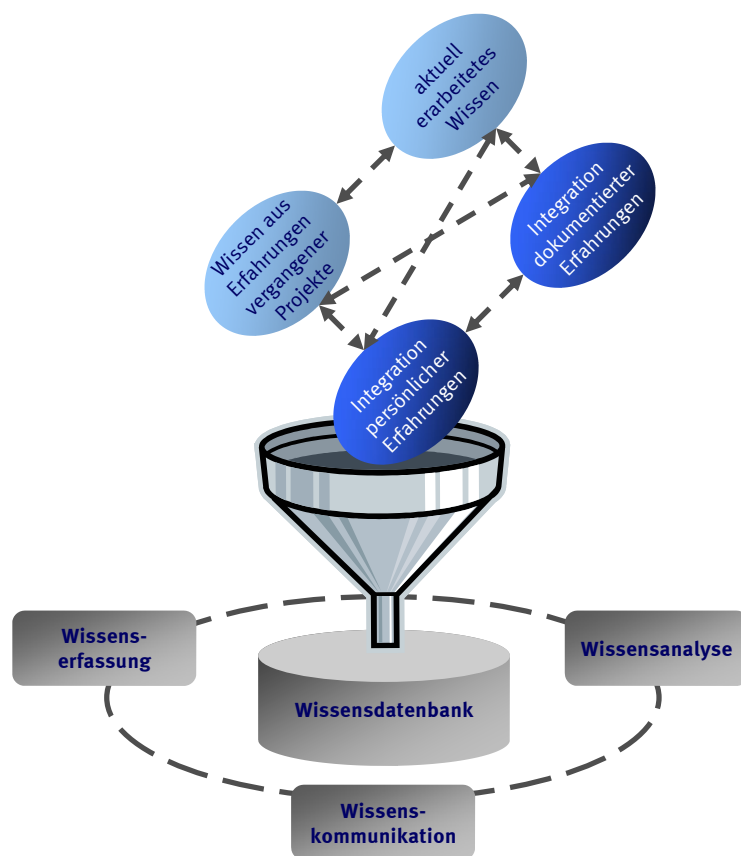


Abbildung 16: Wissensmanagementsystem

Wissen hat in seiner ursprünglichen Form in einem Unternehmen unterschiedliche Erscheinungsbilder: Wissen kann in Dokumentationen vorliegen, in Datenbanken angelegt oder in den Köpfen der Mitarbeiter verankert und somit nicht permanent und ewig zugänglich sein /PROB99/. Der Versuch vieler Unternehmen liegt daher in der digitalen Archivierung von Wissen zur Realisierung einer effektiven Recherche /GISS99/.

Die Aufbereitung der Daten muss durch Integration des Erfahrungswissens erfolgen. Daraus lässt sich beim Wissensmanagement ableiten, dass zwei Arten von Wissen im Entwicklungsprozess gehandhabt werden müssen, die aus persönlicher und dokumentierter Erfahrung resultieren /ZEUG97/ (Kapitel 2.8.3.2).

Durch die Differenzierung nach der Entstehungszeit von Wissen finden sowohl aktuelle als auch vergangene Projekte ihre Berücksichtigung (Abbildung 16). Im zweiten Fall liegt der Nutzen insbesondere darin, dass Informationen und Dokumente aus vergangenen Projekten nicht erneut erarbeitet werden müssen /HAIN97/. Schwer zu beschaffen ist in diesem Zusammenhang das Wissen von Mitarbeitern, wenn dieses noch nicht dokumentiert ist. Aktuelle Erfahrungen beziehungsweise erlerntes Wissen, insbesondere bei Entwicklungsvorhaben mit hohem Neuigkeitsgrad, müssen den Beteiligten zeitnah zur Verfügung gestellt werden, um Engpässe oder Stillstände bei Nachfolgeprozessen zu vermeiden. Selbst wenn es sich hierbei nur um reine Annahmen oder Lösungsmöglichkeiten handelt, können diese den entsprechenden Stellen frühzeitig zu Verfügung gestellt und diskutiert werden. Hieraus resultiert ein Abbau redundanter Arbeiten und Fehlentwicklungen /BULL99/. Anders als bei einem Assistenzsystem muss Wissensmanagement Daten nur zur Verfügung stellen, nicht jedoch selektieren. Wie die Daten schließlich ihren Bestimmungsort erreichen, zählt nicht zu den Aufgabenbereichen des Wissensmanagements. Das Wissensmanagement repräsentiert daher die Entscheidungsunterstützung eines Assistenzsystems. Zusammen mit der Workflow-Komponente hat das Entwicklungsassistenzsystem demzufolge hybriden Charakter.

Hemmnisse beim Aufbau einer Wissensdatenbank sind unter anderem durch die moderne Zulieferstruktur gegeben. In den heutigen Entwicklungsnetzwerken agieren vornehmlich eigenständige Einheiten, deren Einbindung in Hierarchien schwierig ist. Aus wirtschaftlichen Interessen sind diese jedoch bestrebt, Partner in Netzwerken zu werden und sich temporär von einem Koordinator führen zu lassen /BLEY03/.

### 2.8.3.1 Wissensmanagement in modernen Zulieferstrukturen

Die aktuell bekannten Wissensmanagementmodelle beschränken sich meist auf fest definierte Unternehmensgrenzen und sind stark technologielastrig /PROB98/. In Anbetracht moderner Unternehmensnetzwerke sind Wissensmanagementansätze als zentrale Unternehmensfunktion schwer zu realisieren. Ein Austausch des Produktionsfaktors "Wissen" ist zudem nicht immer möglich, da dieser zum Teil hohe Transaktionskosten verursacht /FORZ03/. Adäquate Modelle und Methoden für Wissensmanagement in

Netzwerken fehlen bislang /KPMG04/. Die Aufgabe der Wissenschaft und Industrie liegt somit darin, Wissen in modernen Zulieferstrukturen effizient zugänglich zu machen und Schnittstellen zu überwinden. Ein kommunikations- und entscheidungsunterstützendes Assistenzsystem soll dazu beitragen.

### 2.8.3.2 Wissensstruktur

Wissen liegt nur selten explizit zusammenhängend in einem Unternehmen vor und muss in den meisten Fällen zunächst erarbeitet oder zusammengesetzt werden. Hierbei wird Wissen aus kleinen Bausteinen kumuliert. Je kleiner der jeweilige Baustein ist, desto größer die Chance, dass er bereits erarbeitet und archiviert wurde. Der Begriff Information wird zunächst von Augustin /AUGU90/ in drei Betrachtungsebenen unterteilt:

- Syntaktik (Zeichen werden zu Daten),
- Semantik (Daten werden zu Informationen) und
- Pragmatik (Informationen werden zu Wissen).

In der Syntaktischen Ebene werden Zeichen und Symbole zusammengesetzt, so dass sich aus elementaren Bausteinen Daten ergeben. Aus der Umformung der aus Zeichen und Symbolen zusammengesetzten Daten ergeben sich im Zuge der semantischen Betrachtung unter Berücksichtigung vereinbarter Regeln Nachrichten /BUSC85/. Durch die Verknüpfung von Informationen kann schließlich Wissen entstehen /BROC92/.

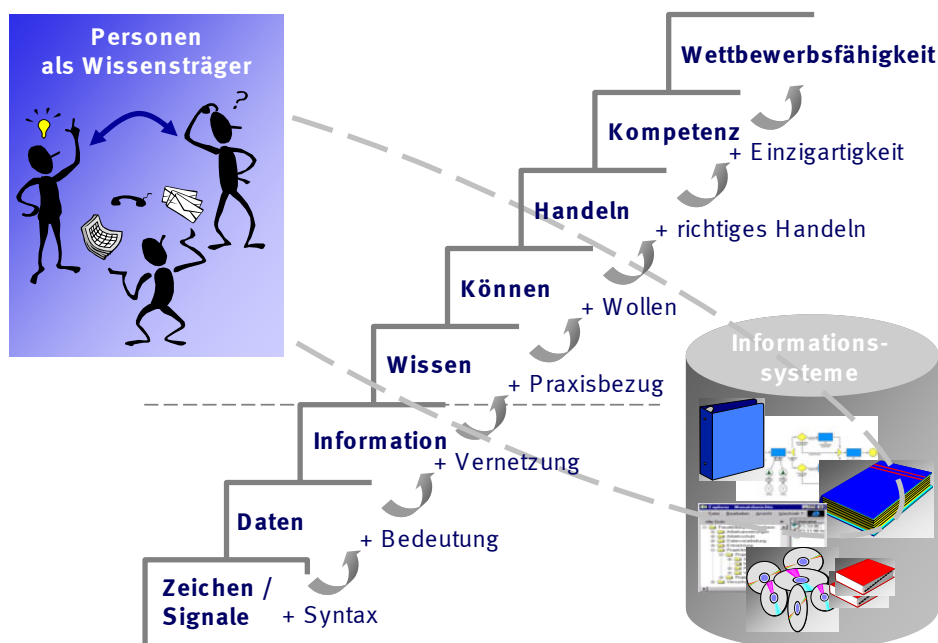


Abbildung 17: Wissenstreppe, i.A. an /NORT98/, /HINK03/

North /NORT98/ erkennt an dieser Stelle noch weitere Stufen der Aufbereitung, die so genannte Wissenstreppe (Abbildung 17). Die einzelnen Bausteine wachsen dabei in Quantität und Qualität an.

Zunächst sind Befragungen durchzuführen und bereits erstellte Materialien und Datenbanken zu sichten. Hierbei ergeben sich vielfältige Probleme. Auf der einen Seite können wissende Personen aus dem Arbeitsalltag ausgeschieden sein oder den Betrieb verlassen haben. Auch können bei Mitarbeitern Erfahrungen unbewusst existieren. Auf der anderen Seite liegen bei technischen Informationssystemen oft unterschiedliche Formate vor, die zunächst nach einer aufwandsintensiven Strukturierung verlangen. Bei Mercedes-Benz Nutzfahrzeuge müssen beispielsweise Informationen wie Stücklisten, Zeichenstände, Erprobungsergebnisse etc. aus 11 operativen Vorsystemen integriert werden /GREG04b/. Aus diesem Grund ist der größte Aufwand bei der Zusammenfassung der Ergebnisse zu erwarten, weil diese sich oft widersprechen, redundant oder nicht vollständig sind. Die unteren Ebenen der Wissenstreppe dienen in diesem Kontext nur der Datenaufbereitung. Das eigentliche Ziel ist die Nutzung von Wissen und somit das Erreichen des Bereichs oberhalb der Wissenslinie. Erst aus Informationen oberhalb der Wissenslinie können Entscheidungsunterstützungen für ein Assistenzsystem entwickelt werden.

### 2.8.3.3 Explizites / implizites Wissen

Für den Aufbau einer Datenbank im Zuge eines Assistenzsystems ist zudem interessant, welche Daten überhaupt sinnvoll archiviert werden können. Hierbei ist zudem zwischen explizitem und implizitem Wissen zu unterscheiden.

Explizites Erfahrungswissen ist nach Nonaka /NONA97/ formalisierbares Wissen, welches leicht in standardisierten Datenbanken dokumentiert werden kann. So kann sichergestellt werden, dass Erfahrungen strukturiert, dokumentiert und kommuniziert werden mit dem Ziel, Prozesse zu optimieren und Wiederholungsfehler zu vermeiden /LAIK01/. Durch die einfache Speicherung dieses Wissens besteht keine genaue Personenbindung /BULL01/. In vielen Fällen liegt dieses Wissen z.B. in Form von technischen Dokumentationen vor. Hierbei wird das effektive Zusammenspiel verschiedener Disziplinen wie Linguistik, Nutzbarkeit, Programmierung, der klassischen Dokumentation, Betriebswirtschaft und neuen Technologien beschrieben /HENT03/.

Implizites Wissen ist hingegen dadurch gekennzeichnet, dass es sich um individuelles Know-how handelt, welches sich in Form von Routine- oder unbewussten Handlungen

äußert und daher auch personengebunden ist /BULL01/. Das Erfahrungswissen wird durch erlebte Situationen kontinuierlich aufgebaut und umfasst Modelle oder Bilder, Wahrnehmungen, Vorstellungen, Überzeugungen oder Schemata /NONA97/. Dieses Wissen ist daher für eine Entscheidungsunterstützung relevant, um eine frühe Informationshandhabung zu realisieren.

Insbesondere in der Konstruktion werden die meisten und umfangreichsten Daten erstellt. Aufgrund der zunehmenden Virtualität und dem damit verbundenen digitalen Vorliegen der Daten soll der Konstruktionsprozess nicht zuletzt im Sinne des Wissensmanagements näher erläutert werden.

## 2.9 Konstruktion

Die Konstruktion dient als Schnittstelle zwischen den Ideen und Fähigkeiten des Ingenieurs und deren Umsetzung. Hierbei können die vielfältigsten Aufgaben erfüllt werden. Neben dem Hauptziel der Erzeugnisgestaltung muss die Konstruktion nach Risse /RISS02/ mehreren Ansprüchen genügen:

- die Straffung des Konstruktionsaufwandes,
- die Gewährleistung der Marktfähigkeit der entwickelten Produkte,
- das kontinuierliche Überdenken des Entwicklungs- und Konstruktionsablaufes sowie
- die optimale Integration und Nutzung der Informationstechnologie.

Die Anforderungen an eine Konstruktion sind sehr vielfältig, wie unter anderem der DFX-Ansatz (Design for X) verdeutlicht /MEER94/. Dieser legt fest, welchen Ansprüchen eine Konstruktion entsprechen muss. Ersichtlich ist hierbei, dass einige Anforderungen in Konkurrenz zueinander stehen und gegeneinander abgewogen werden müssen. Ziel des Konstrukteurs ist es daher, ein Optimum anzustreben, das bei der Vielzahl an Restriktionen nur in iterativen Schleifen angenähert werden kann /WEBE97/. Um hierfür Unterstützung leisten zu können, wurden schon frühzeitig Zusammenhänge in Form einer Konstruktionslehre oder Konstruktionsmethodik aufgezeigt /RELE51/. Durchgesetzt haben sich Ansätze nach Pahl /PAHL93/, die den Grundstein für zahlreiche VDI-Richtlinien bilden. Nach /VDI2221/ wird in folgenden Schritten vorgegangen:

- Planen,

- Konzipieren,
- Entwerfen und
- Ausarbeiten.

Durch diese Vorgehensweise wird die Konstruktionsmethodik als planbare, flexible, optimierfähige und nachprüfbar Vorgehensweise verstanden /PAHL93/. Diese Reihenfolge ist im Zuge von Prozessüberlappungen nicht immer einzuhalten. In der Betrachtung eines Gesamtvorhabens wird sich diese Vorgehensweise widerspiegeln, auf niedrigeren Detaillierungsebenen können Phasen vertauscht sein. Durch Informationsmangel besteht die Möglichkeit, dass Informationen nicht verfügbar sind, die in der Planungsphase eines Prozesses benötigt werden. Trotz einer unvollständigen Planung kann dennoch unter Annahmen mit dem Konzipieren kleiner Aufgaben begonnen werden. Liegen im späteren Projektverlauf die notwendigen Informationen vor, so kann von der Konzipierung ein Rückschritt in die Planung möglich sein. Die Gefahr besteht hier im Auftreten später Änderungen.

### **2.9.1 Assistenz in der Konstruktion**

Für die reine Konstruktion sind dem Konstrukteur heute viele Unterstützungsmöglichkeiten an die Hand gegeben. Besonders für Norm- und Standardteile gibt es viele Listen und Kataloge, die einen schnellen Zugriff auf spezifische Informationen zulassen. Zunächst sind hier so genannte Konstruktionslisten zu nennen, die nach Weber /WEBE97/ dem Konstrukteur eine Auswahl an existierenden Lösungen in strukturierter Form zur Verfügung stellen. Anwendung finden diese Kataloge nach Pahl /PAHL93/ z.B. für physikalische Effekte oder allgemeine Maschinenelemente. Werden für Standardfälle konkrete Lösungen angeboten, spricht Meerkamm /MEER94/ von Lösungskatalogen.

Eine verbreitete Methode in der Konstruktion sind zudem so genannte Checklisten, die in nahezu allen Bereichen zum Einsatz kommen. Diese geben im Gegensatz zu Konstruktionskatalogen keine konkreten Lösungsvorschläge, bieten dem Konstrukteur aber durch eine allgemeine Hinterfragung des Sachverhaltes die Möglichkeit, das Problem nochmals zu überdenken und aus einer anderen Perspektive zu betrachten. So besteht anschließend größere Sicherheit bezüglich der Vollständigkeit und Qualität der Konstruktion. Bei allen Vorgaben und Hilfestellungen darf der Aufwand einer Konstruktionsassistenz nicht zu groß sein, da sonst unterstützenden Maßnahmen die Akzeptanz verwehrt bleibt /MEIE04/.



In Kombination mit der Einführung von Rechnerunterstützungen in der Konstruktion wird die Implementierung vieler CAX-Methoden vorangetrieben und geht mittlerweile weit über die ursprüngliche Idee der reinen zweidimensionalen Erstellung von technischen Zeichnungen hinaus /MÜLL95/. Diese Technologie ist insbesondere im Zuge der Datenaufbereitung für ein Assistenzsystem relevant.

### **2.9.2 Virtualität im Freigabemanagement**

Die digitale Art der Datenerstellung und -aufbereitung haben den gesamten F&E-Prozess revolutioniert und somit auch starken Einfluss auf die Kommunikationsstrukturen. CAX-Technologien müssen für den Aufbau eines Assistenzsystems betrachtet werden, um die Art der Kommunikation in Form von digitalen Daten bewerten und steuern zu können. Zeitlich gesehen herrschen vornehmlich in frühen Projektstadien virtuelle Entwicklungen vor, da der Konkretisierungsgrad hier noch gering ist und mittels virtueller Vorgehensweise Designversuche sowie Designänderungen leicht eingebracht werden können.

Durch die elektronische Verarbeitung von Konstruktionsdaten können diese einfacher überprüft und entsprechend gehandhabt werden. So besteht die Möglichkeit, alle relevanten Informationen und Dokumente direkt digital zu versenden oder verfügbar zu machen. Dieser Vorgang wäre in Papierform wesentlich aufwändiger. Für das Assistenzsystems entfällt durch die Existenz digitaler Daten der Prozess der Datenaufbereitung, so dass diese direkt eingepflegt werden können.

### **2.9.3 CAX-Technologien**

Die Technisierung hat in der Entwicklung seit langem Einzug erhalten. An vielen Stellen musste daher das klassische Forscher- und Entwicklerbild weichen. Konstruktionen werden durch CAD abgewickelt und können so online an nachgelagerte Bereiche beziehungsweise abhängige Prozesse weitergeleitet werden /SEND97/. Durch die digitale Verarbeitung entstehen somit vielfältige Vorteile für deren Weiterverarbeitung und die Flexibilität im Zuge von Änderungen. Auf die traditionellen realen Entwicklungsmethoden kann dennoch nicht verzichtet werden, da z.B. die Unterstützung der Formfindung virtuell nicht ausreicht /ROTH00/. Die Umwandlung einer digitalen Umgebung in einen traditionellen Formenbau kann mit Hilfe generativer Verfahren (z.B. Stereolithographie) Prozesse wie den Prototypenbau drastisch verkürzen /GEBH00/. Um die Zusammenarbeit zwischen Designern und Konstrukteuren zu verbessern, muss ein Kon-

sens zwischen der realen und der virtuellen Entwicklung gefunden werden. Westkämper /WEST01/ spricht hier von hybrider beziehungsweise real-virtueller Produktmodellierung.

### 2.9.3.1 Informationshandhabung bei CAX-Technologien

Digitale Informationen machen die Informationshandhabung und die Bereitstellung von Informationen scheinbar einfach. Die Datenmenge birgt jedoch das eigentliche Problem, da der Mensch Daten verarbeiten und die für ihn relevanten herausfiltern muss. Von dieser Aufgabe ist der individuelle Entwickler zu entbinden, damit er seine Produktivität voll der eigentlichen Entwicklungstätigkeit widmen kann.

In Abbildung 18 werden die verstrickten Zusammenhänge zwischen den CAX-Systemen visualisiert. Des Weiteren existiert heute für nahezu gleiche Anforderungen eine bunte Landschaft an verschiedenen Systemen, die keine Verbindung zueinander haben /DENK03/; die Überwindung dieser Schnittstellen ist zeit- und kostenintensiv /LISC92/. Durch Entwicklungstätigkeiten auf verschiedenen Kontinenten und in mehreren Zeitzonen ist eine Einheitlichkeit der Formate kaum gegeben /KEMP98/. Inkonsistenzen treten zwischen verschiedenen Branchen auf. In der Automobilentwicklung wird beispielsweise fortwährend mit geschlossenen Informationseinheiten wie Einzelteil-CAD-Modellen, Berechnungsmodellen oder Robotersimulationen gearbeitet /SPOR99/.

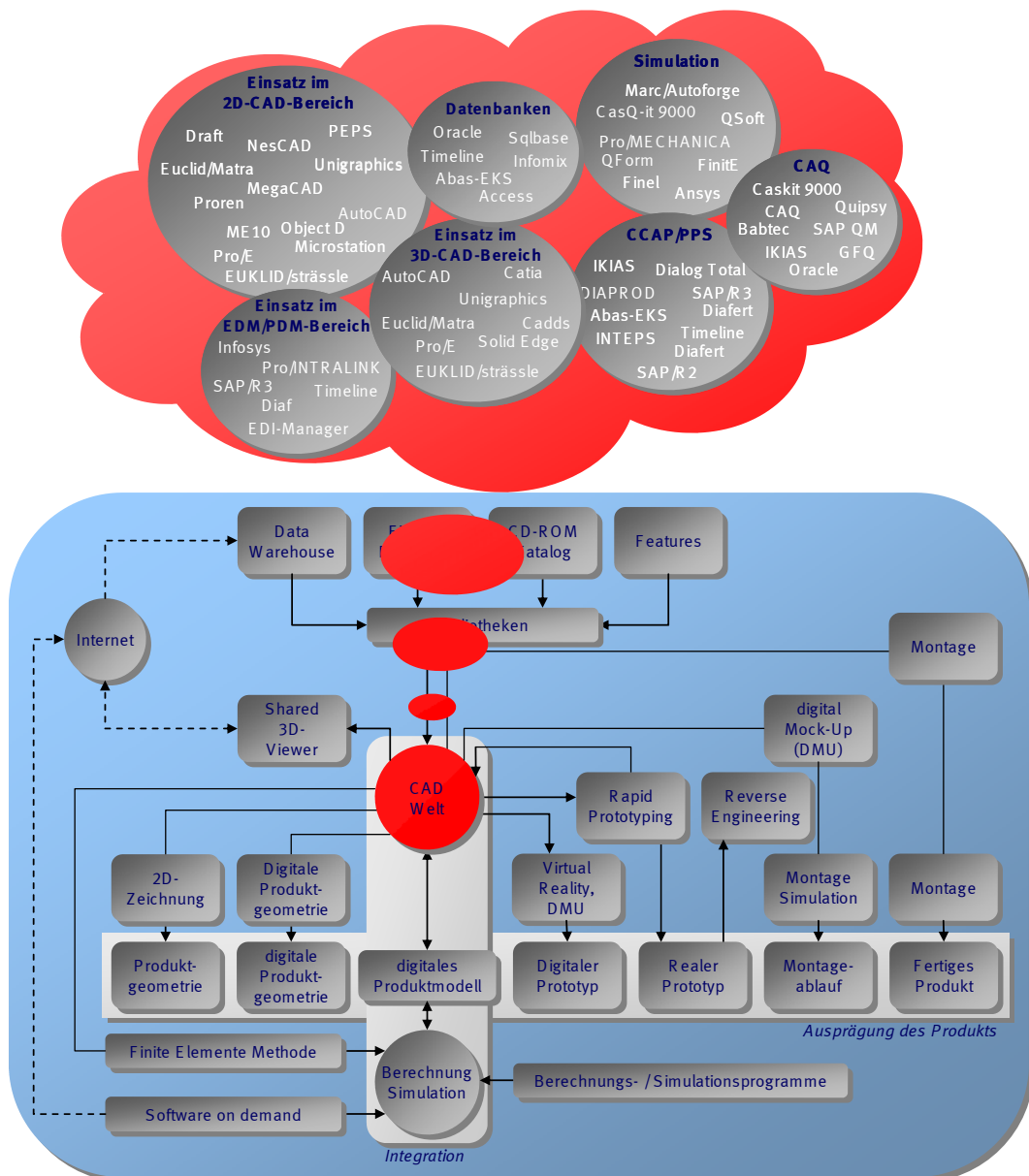


Abbildung 18: IT-Zusammenhänge in der Entwicklung, i.A. an /DYLA00/

Die stetig wachsende Informationsflut wird durch die Verschiedenartigkeit der CAX-Daten zusätzlich geschürt /KRAU97/. Innerhalb einer Firma ist die Nutzung eines Systems anzunehmen. In verteilten Entwicklungsvorhaben ist es jedoch wahrscheinlich, dass keine einheitlichen Schnittstellen vorliegen. Diese Lücken in der Durchgängigkeit des gesamten Entwicklungsprozesses bringen diesen zum Stagnieren /KOYT99/. Aktuelle Forschungsvorhaben befassen sich daher intensiv mit der Standardisierung von Schnittstellen in einer IT-Plattform /KRAU01/, /NEUG02/, /PEST04/, BLIT91/. Dieses Vorhaben scheitert nach Bley /BLEY00/ oft an dem hohen Modellierungs- und Berechnungsaufwand sowie der Anbindung der verschiedenen Methodiken und Werkzeuge untereinander. Drath /DRAT03/ sieht die Schwierigkeit einer Verkoppelung verschie-

dener CAX-Systeme in der Versionsvielfalt verwendeter Werkzeuge, dem Pflegebedarf der Schnittstellen und der zwangsläufig eintretenden Inkonsistenzen der Daten.

Ungeachtet der Schwierigkeiten ist der Nutzen von CAX-Technologien gegenüber der traditionellen Vorgehensweise nicht zu übersehen.

### 2.9.3.2 Vergleich realer und virtueller Entwicklung

Deutlich wird der Nutzen von CAX-Technologien im Vergleich zu einer realen Entwicklung (Abbildung 19). Als Beispiel dient hier ein Designprozess bei BMW, bei dem im Zuge klassischer Vorgehensweise viel materielle Arbeit notwendig ist. Insbesondere sind zusätzliche und aufwändige Transformationen von analogen in digitale Daten ersichtlich. Im Falle eines Stylingprozesses via CAS (Computer Aided Styling) können die aus anderen Entwicklungsbereichen vorliegenden CAS-Daten ohne große Komplikationen in ein virtuelles Design eingearbeitet werden. Die Daten liegen digital vor und können mit verschiedenen Werkzeugen, z.B. auf Steifigkeit der Gesamtkonstruktion, überprüft werden. Bei der traditionellen Vorgehensweise ist dieses nicht möglich, da hier unter anderem noch nicht mit dem endgültigen Material gearbeitet wird; beispielsweise wird ein Karosserieprototyp zunächst aus Kunstharz gefertigt. Aus diesen Gründen erfordern Iterationsschleifen bei digitaler Vorgehensweise nur ein Zehntel des Zeitaufwandes traditioneller Entwicklung, so dass mehr Schleifen durchlaufen werden können, was sich positiv auf die Produktqualität auswirkt.

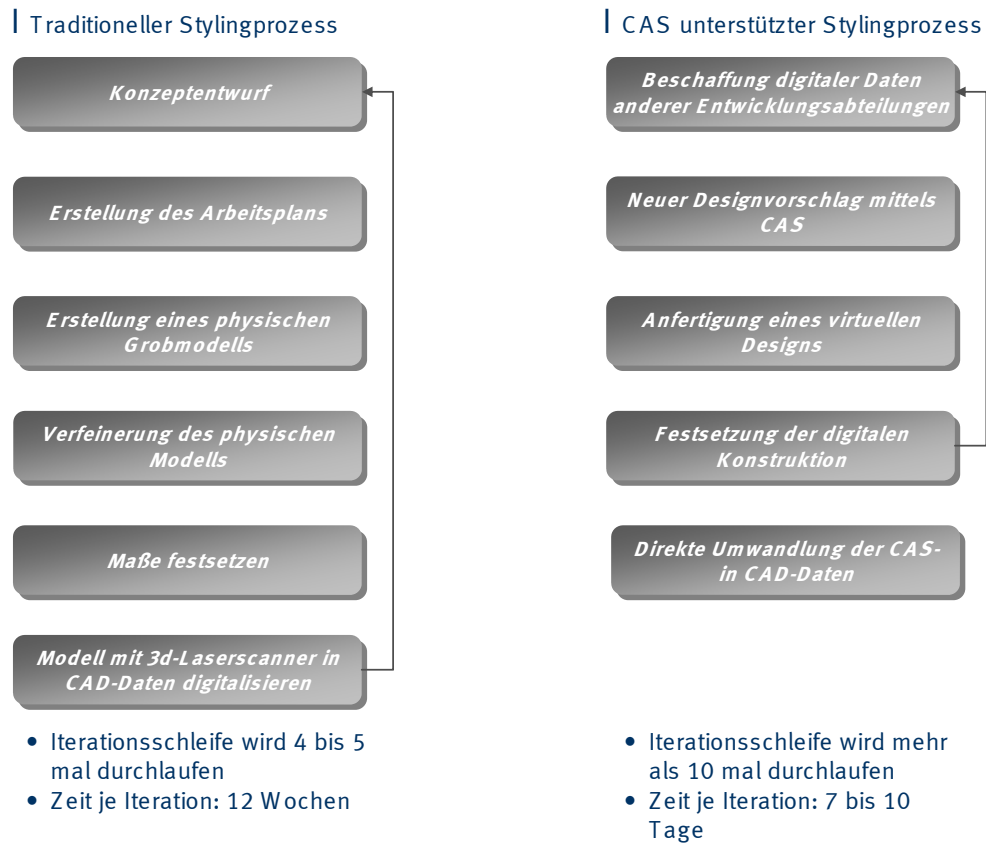


Abbildung 19: Traditioneller und CAS unterstützter Stylingprozess, /THOM99/

Die beschriebene Zeitersparnis ist ohne jegliche Parallelisierungsbestrebungen zustande gekommen. Gerade hier bietet Virtualität durch die schnellere Auswertbarkeit digitaler Daten die Möglichkeit der frühzeitigen Informationsweitergabe und begünstigt somit die Überlappung von Prozessen /LEWA00/. Diese Vorteile müssen im Zuge eines Freigabemanagements und für die Informationsaufbereitung in einem Assistenzsystem genutzt werden.

## 2.10 Faktor Mensch bei progressiver Parallelisierung

„Gerade in den Bereichen Forschung und Entwicklung sind die Unternehmen unmittelbar abhängig von begabten und motivierten Mitarbeitern, die den Vorsprung des Unternehmens im Wettbewerb sichern.“ /BULL04/

Der Faktor Mensch spielt bei zunehmenden Parallelisierungsbestrebungen eine herausragende Rolle. Mit dem Vorziehen von abhängigen Nachfolgeprozessen ist die Informationsausbeute geringer und Kommunikationsflüsse gestalten sich schwierig. Nach Wildemann /WILD92/ muss beim Mitarbeiter der Mut zum Risiko bestehen, um auf der

Grundlage nicht freigegebener Informationen bereits Aktivitäten einzuleiten. Diese Tatsache birgt hohen Interpretationsspielraum, der von den direkt involvierten Mitarbeitern in die richtigen Bahnen gelenkt werden muss. Zu diesem Zweck ist dem Entwicklungspersonal und deren Entwicklungsabteilungen Autonomie einzuräumen, um ein hohes Maß an Eigenverantwortung zu schüren. Besondere Herausforderung ist hierbei, dass nach Kranz /KРАН00/ Mitarbeiter sehr häufig nur kurz in Entwicklungstätigkeiten eingebunden sind beziehungsweise von Zulieferern temporär entsandt werden.

Bereits seit Maslow /MASL43/ ist bekannt, dass der Mensch generell Eigenverantwortung und Selbstverwirklichung als oberstes Ziel verfolgt, so dass komplexe Hierarchien mit festen Strukturen generell gemieden werden sollen. Die Vermutung liegt nahe, dass unter einer Verringerung der Gestaltungsfreiheit auch der Innovationsgrad der Mitarbeiter leidet. Durch die Vermeidung von strengen Kontrollen und zu detaillierten Vorgaben werden Schnittstellen durchbrochen und abteilungsübergreifende Kommunikation verstärkt. Fritsche /FRIT97/ bevorzugt in diesem Kontext eine Art Teammoderation in einer Struktur von Gleichen (Abbildung 20). Durch die Moderation der Teams müssen unter anderem Probleme wie unterschiedliche Kulturen, Bereichsegoismen sowie fehlender Teamgeist überbrückt werden /BULL04/.

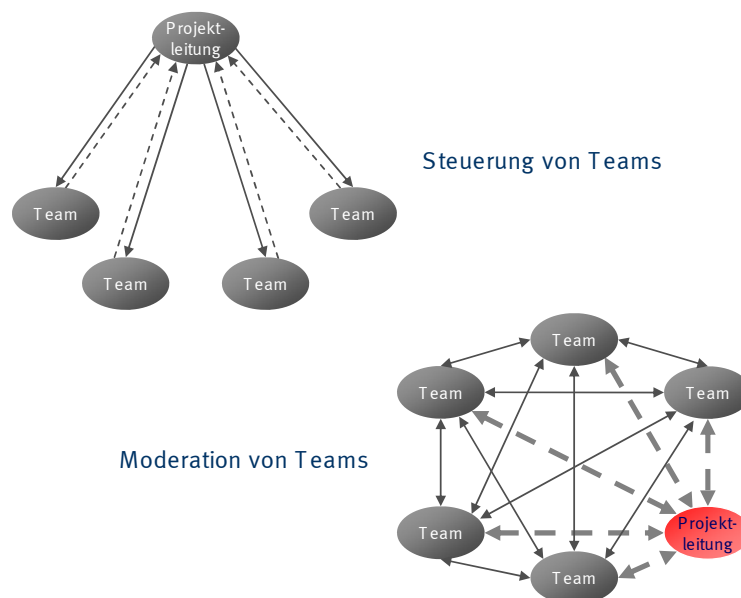


Abbildung 20: Überwindung von Schnittstellen durch Moderation, i.A. an /FRIT97/

Dennoch besteht das Risiko, dass übergroßer Spielraum der Entwicklungsteams nicht zielführend ist. Einer unzureichenden Kontrolle der Entwicklungsprozesse soll unter anderem durch

- die Eingrenzung von Selbstverwirklichungsräumen mittels autonomer Entwicklungsbereiche,
- ein Freigabemodell und
- die Einführung eines kommunikations- und entscheidungsunterstützenden Assistenzsystems

begegnet werden, um das Entwicklungsrisiko bei progressiver Prozessparallelisierung zu mindern.

Der Erfolg einer Umstrukturierung des Produktentwicklungsprozesses hängt nicht zuletzt aufgrund der starken Kommunikationsorientierung vom Faktor Mensch ab. Kann dieser integriert und Kommunikationsbewusstsein aufgebaut werden, ist ein wesentlicher Schritt in Richtung einer Verkürzung der Time-to-Market bei hoher Produktqualität und zu vertretbaren Kosten, sprich zum Projekterfolg, getan.

## 3 Freigabemanagement

Als Hauptziel wurde die Verkürzung der Time-to-Market herausgestellt und als erster Schritt zu diesem Zweck die Methode Simultaneous Engineering vorgestellt. Durch eine unzureichende Differenzierung der Abhängigkeitsbeziehungen ist mit traditioneller Vorgehensweise kein Entwicklungsgleichgewicht erreichbar. Zu diesem Zweck soll die Synthese aus Freigaben und früher Informationshandhabung zu einem ganzheitlichen Freigabemanagement aufgebaut werden, um eine progressive Prozessparallelisierung realisieren zu können.

### 3.1 Bestimmung der Prozessschnittstellen und Abhängigkeiten

Im Zuge der Prozessüberlappungsbemühungen ist für die notwendige Kommunikation insbesondere die Koordination der Schnittstellen ausschlaggebend, da frühzeitige Kooperation kompatible und intelligente Schnittstellen voraussetzt /KUHN01/. Zunächst ist hierzu die Komplexität der Projektstruktur und des Produkts zu untersuchen, anhand derer ein Schnittstellenmodell aufgezeigt werden kann.

#### 3.1.1 Komplexität

Prozessüberlappungen mittels Simultaneous Engineering sind nur effektiv durchführbar, wenn die Prozesse differenziert und nicht standardisiert betrachtet werden. Zu diesem Zweck müssen Merkmale definiert werden, wonach die verschiedenen Prozesse klassifiziert werden können. Boelter /BOEL92/ sieht eine Unterscheidung zwischen technischer und organisatorischer Komplexität (Abbildung 21). Vorrangig wird in der Entwicklung nach technischer Komplexität unterschieden, aber auch organisatorische Änderungen können technische Änderungen bewirken.



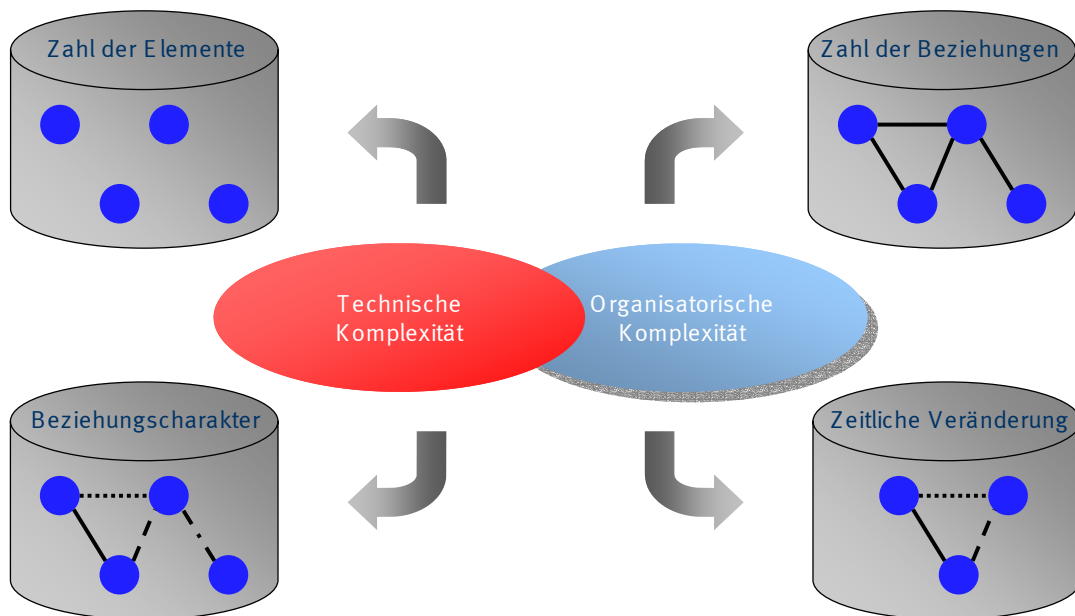


Abbildung 21: Komplexität in der Entwicklung, i.A. an /LAAK96/, /LUHM80/, /BOEL92/

Häufiges Verständnis von Komplexität ist oft nur die Anzahl der Teile oder Komponenten eines Produkts. Dieses ist ein notwendiges, jedoch kein hinreichendes Kriterium. Nach Laakmann /LAAK96/ bedarf es der Bestimmung von drei Dimensionen, um Komplexität zu beschreiben:

- die Zahl der Elemente,
- die Zahl der Beziehungen und
- der Beziehungscharakter.

Während die Zahl der Elemente noch einfach zu ermitteln ist, muss die Zahl der Beziehungen entsprechend ermittelt werden (Kapitel 3.1.2); hierunter ist die Anzahl an Schnittstellen zu verstehen. Der Beziehungscharakter von Prozessen ist unterschiedlich und für Parallelisierungsbestrebungen relevant. Hierzu bedarf es einer qualitativen Differenzierung der Abhängigkeiten, die noch untersucht werden soll (Kapitel 3.4.3).

Luhmann /LUHM80/ fügt ferner die zeitliche Veränderung als weitere Dimension ein. Nicht nur im Kontext einer Entwicklungszeitverkürzung ist der Faktor Zeit relevant, auch die Dynamik an Dokumenten charakterisiert den Entwicklungsprozess maßgeblich. Zu Beginn des Entwicklungsprozesses bestehen zwar viele Unschärfen, die Komplexität des Vorhabens ist jedoch eher gering, weil die Abhängigkeiten noch nicht explizit feststehen und der Konkretisierungsgrad gering ist. Im Verlauf des Projekts wer-

den die Informationen und somit die Anforderungen gegenständlicher, so dass sich die Abhängigkeiten schärfen und vermehrt Absprachen notwendig sind. Senge /SENG96/ spricht in diesem Zusammenhang auch von dynamischer Komplexität.

Neben den beschriebenen Faktoren der Komplexität, ist eine hierarchische Gliederung des Produkts relevant (Abbildung 22).

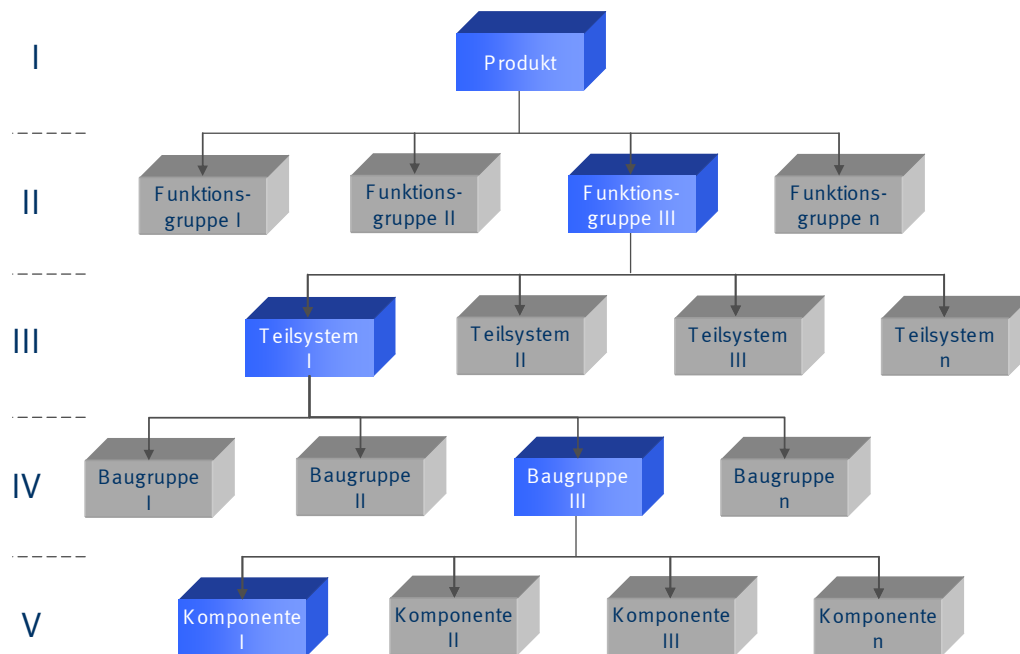


Abbildung 22: Hierarchisches Produktmodell, i.A. an /ZEUG97/

Bei Betrachtung des hierarchischen Produktmodells wird deutlich, dass die Komplexität von Stufe zu Stufe sinkt, da der Betrachtungsbereich immer weiter eingegrenzt wird; im Gegensatz dazu wird der Detaillierungsgrad mit jeder weiteren Ebene größer. Diese Hierarchie ermöglicht die Bestimmung von Schnittstellen bis in tiefe Ebenen hinein.

### 3.1.2 Die Design Structure

*„Aus der Beantwortung der Frage: >>Welche Bauteile sind betroffen?<< resultiert die nächste >>Wer muss informiert werden?<<.“ /KRAN00/*

Nach Reinertsen /REIN98/ sind in einem Entwicklungsvorhaben das Gesamtsystem zu strukturieren und die Schnittstellen klar zu definieren. Voraussetzung ist in der Produktentwicklung dahingehend die Festlegung des genauen Aufgaben- und Verantwortungsbereichs der Entwicklungsabteilungen /HUBK76/. Dieses Anliegen nimmt sich die so genannte Design Structure Matrix an. Nach Eppinger /EPPI94/ sind zunächst alle Auf-

gaben eines Projekts auf der Abszisse und der Ordinate eines Koordinatensystems in zeitlicher Reihenfolge aufzutragen. Im nächsten Schritt werden die benötigten Informationen eines Prozesses in einer Zeile markiert, so dass Abhängigkeiten ersichtlich sind und den in Abbildung 15 beschriebenen Beziehungen zugeordnet werden können. Um eine sinnvolle Reihenfolge der Prozesse zu erstellen, kann eine Clusteranalyse vorgenommen werden. So wird sichergestellt, dass Informationen zunächst erarbeitet werden, bevor sie für einen anderen Prozess vorliegen müssen. Hierbei soll versucht werden, möglichst viele Markierungen durch Zeilen- und Spaltenvertauschungen unterhalb der Diagonalen zu positionieren. Durch Markierungen oberhalb der Diagonalen, also Abhängigkeiten zwischen den Prozessen, müssen die Prozesse miteinander abgestimmt und gekoppelt werden. Nach Hoffmann /HOFF99/ ist der Entwicklungsprozess durch eine iterative Vorgehensweise charakterisiert, weshalb die Reihenfolge der Ergebnissentehung nicht willkürlich geändert werden kann. Eine frühe Informationshandhabung ist oft schwierig, da die Prozesse jeweils von den Ergebnissen des Vorgängers abhängen. Ist keine Abhängigkeit vorhanden, können und müssen Prozesse vollständig parallelisiert werden.

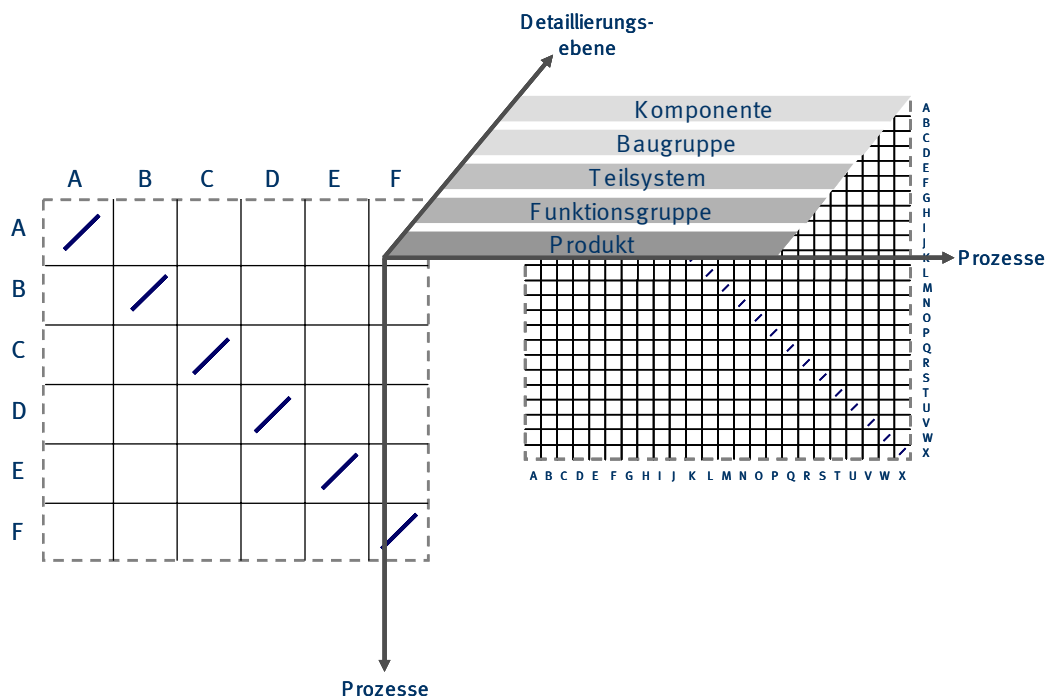


Abbildung 23: dreidimensionale Design Structure, i.A. an /EPPI94/, /ZEUG97/

Nachteil der Design Structure Matrix ist die Tatsache, dass nur eine Ebene betrachtet werden kann. Je nach Größe des Entwicklungsvorhabens und Produktkomplexität sind

vielfältige Unterteilungen denkbar, welcher Differenzierung die Design Structure Matrix allein nicht nachkommt. Bei der Untersuchung von Teilfreigaben, zu deren Realisierung kleinere Informationspakete benötigt werden, müssen die Abhängigkeiten über die verschiedenen Ebenen hinaus untersucht werden. Daher erscheint eine Erweiterung der Design Structure Matrix um eine dritte Achse zur Berücksichtigung der Produkthierarchie sinnvoll. So entsteht eine dreidimensionale Design Structure, die die Prozessabhängigkeiten ganzheitlich darstellt (Abbildung 23).

Eine Differenzierung nach der Produkthierarchie äußert sich erwartungsgemäß im Detaillierungsgrad. Hierbei wird die Klassifikation nach Zeugträger /ZEUG97/ (Abbildung 22) aufgegriffen. Im Entwicklungsprozess ist die oberste Ebene, das Produkt, nicht in einzelne Aufgaben zu differenzieren. Eine erste Unterteilung findet auf der Ebene der Funktionsgruppen statt. Hier liegt noch eine relativ grobmaschige Matrix vor, da zunächst nur wenige Hauptprozesse definiert werden, die auch später für eine vollständige Freigabe prädestiniert sind. Die anderen Ebenen werden entsprechend weiter detailliert. Im Fall der dreidimensionalen Design Structure können die einzelnen Ebenen als Karteien verstanden werden, hinter denen sich Detailinformationen in Gestalt von weiteren Ebenen verbergen.

Das Aufstellen und Arbeiten mit einer dreidimensionalen Verknüpfung im eigentlichen Sinne gestaltet sich als schwierig, da die Objekte wie beschrieben an der Diagonalen ausgerichtet werden müssen; visualisiert können solche Anordnungen nicht mehr praktikabel gehandhabt werden. Diese Aufgabe obliegt der EDV, welche die dreidimensionale Struktur aus einer Datenbank generieren muss. So müssen mittels eines Assistenzsystems, dem eine Design Structure hinterlegt ist, die Prozessabhängigkeiten angegeben werden können.

### 3.1.2.1 Autonomer Entwicklungsbereich

*„Es setzt sich immer mehr der Gedanke des kollaborativen Zusammenwirkens autonomer Systeme durch.“ /DAUM03/.*

Weiterer Vorteil der dreidimensionalen Design Structure ist neben dem Aufzeigen von Abhängigkeiten, dass im Umkehrschluss unabhängige Bereiche ausgemacht werden können. Ein von anderen Prozessen unabhängiger Entwicklungsvorgang kann daher als autonomer Entwicklungsbereich aufgefasst werden. Hiermit sind unabhängige Teilaufgaben gemeint, die nicht durch andere Prozesse beeinflusst werden und ebenso wenig

andere Prozesse beeinflussen. Demzufolge resultiert eine vollständige Prozessparallelität aus der isolierten Anordnung autonomer Bereiche.

Aus den Abhängigkeiten von Prozessen lassen sich die Parallelisierungsmöglichkeiten direkt ableiten. Um zunächst bestimmen zu können, inwieweit Aufgaben voneinander abhängig sind, muss untersucht werden, über welchen Entwicklungsbereich sich der jeweilige Prozess erstreckt. Sind keine Schnittstellen vorhanden, kann von einer vollständigen Unabhängigkeit der Prozesse gesprochen werden. In diesem Fall ist eine 100%ige Parallelisierung direkt realisierbar.

Bei voneinander abhängigen Prozessen besteht mit der Betrachtung tieferer Produkthierarchieebenen die Möglichkeit, Bereiche so weit zu unterteilen, bis keine Schnittstellen mehr bestehen. Durch diese Vorgehensweise kann ein autonomer Subprozess ausgemacht werden. Ist dieses nicht möglich, kann zumindest durch weitere Detaillierungen die Anzahl der Schnittstellen deutlich reduziert werden, so dass Bereiche entstehen, die zu einer abstimmungsarmen Entwicklung legitimieren. Hierbei kann auch von semiautONOMEN Entwicklungsbereichen gesprochen werden, die Parallelisierungsbestrebungen vereinfachen.

Erste Prozessüberlappungen können demnach erreicht werden, indem mit autonomen oder semiautONOMEN Subprozessen begonnen wird, bevor andere essentielle Informationen und Dokumente für den Hauptprozess vorliegen. Beispielsweise kann ein Beleuchtungshersteller das Schaltbild einer Scheinwerferanlage schon größtenteils ausarbeiten, ohne über das tatsächliche geometrische Ausmaß der Lichtanlage durch die Designabteilung informiert worden zu sein.

Ein Prozess, der sich in einem autonomen Entwicklungsbereich bewegt, ist angewiesen, diesen nicht zu verlassen. Falls gesonderte Umstände oder Erkenntnisse dieses dennoch erfordern, kann der Prozess entweder zu einem frühen Zeitpunkt nicht gestartet werden oder es ist die direkte Kommunikation mit entsprechenden Stellen zu suchen und mit abgesprochenen Annahmen fortzufahren.

### 3.1.2.2 Projektspezifische Funktionsgruppe

Bullinger /BULL95/ benennt eine so genannte Modulation, mit deren Hilfe eine projektspezifische Anpassung möglich ist, z.B. im Automobilbau eine Unterteilung nach Funktionsgruppen (Elektronik, Motor, Steuerung, Fahrwerk, Sitze, Achsen etc.). Dieses im Folgenden als projektspezifische Funktionsgruppe bezeichnete Kriterium beschreibt

daher eine anwendungsbezogene Definition der Funktionsgruppen und dient der Reduzierung von Schnittstellen und der Erschließung möglicher autonomer Entwicklungsbereiche.

Die Angabe der Funktionsgruppe ist im späteren Assistenzsystem als Platzhalter anwendungsbezogener Daten verankert, die in der Praxis vorab eingepflegt werden müssen. Hierdurch wird je nach Bedarf eine allgemeingültige Aussage oder eine Individualisierung erreicht.

### 3.2 Freigabe-Überlappungsphasen

Ein entscheidender Einflussfaktor der Time-to-Market ist die mit dem Simultaneous Engineering verbundene Prozessüberlappung. Mathematisch gesehen ist der Begriff Parallelität im Zuge der Prozessbetrachtung nicht haltbar. Der Begriff „parallel“ kommt aus dem Griechischen und meint „gleich laufend“, „genau entsprechend“. Dieses beschreibt streng genommen den seltenen Zustand gleicher Anfangszeitpunkte von Prozessen. Um den Sachverhalt nicht zu verkomplizieren, soll unter Prozessparallelisierung das Bestreben nach Überlappung von Prozessen verstanden werden.

Prozessüberlappungsgrade wurden nach Abbildung 14 in

- sequentielles Vorgehen,
- Teilüberlappung und
- vollständige Überlappung

unterschieden. Mit dem Bestreben nach einer maximalen Prozessüberlappung ist dieses unzureichend. Das sequentielle Vorgehen umgeht Parallelisierungsbestrebungen und vollständige Überlappungen stellen oft nur ein anzustrebendes Ideal dar. Einzig Teilüberlappungen lassen einen praktischen Nutzen erkennen. Hier müssen weitere Phasen entwickelt werden, die eine detaillierte Betrachtungsweise zulassen, um Maßnahmen und Methoden zu deren Realisierung ableiten zu können.

*„Viele Informationen und Erkenntnisse entstehen erst im Projektverlauf mit einer ebenfalls progressiv zunehmenden Tendenz. Simultaneous Engineering heißt, diese Informationsprozesse vorzuverlagern durch geeignete Abläufe, Strukturen und Methoden.“*

/WILD92/

Auslöser für eine Stufung von Prozessüberlappungen sind Freigaben, da durch diese der Start nachfolgender Prozesse und Subprozesse veranlasst werden kann. Die Frage nach der maximalen Prozessüberlappung ist daher die Frage nach den Kriterien, die zur Einführung verschiedenartiger Freigabephasen notwendig sind. Findet eine Freigabe erst mit Abschluss aller Ergebnisse eines Prozesses statt, so ist das Ende eines Prozesses mit dem Startzeitpunkt eines Nachfolgeprozesses deckungsgleich. Werden Teilergebnisse freigegeben, handelt es sich um eine Teilfreigabe. Hierbei kommt es zu einer ersten Prozessüberlappung durch die Teilung von Prozessen und Freigaben.

Nicht alle Ergebnisse, die ein Produktentstehungsprozess hervorbringt, sind beliebig teilbar und liegen in einer freigabefähigen Form vor. Zu einer weiteren Überlappung von Prozessen muss die Betrachtung über Freigaben hinausgehen. Durch die frühe Handhabung von Informationen wird der freigegebene Bereich verlassen. Sollen Freigabephasen definiert werden, muss dieses auch über eine frühe Informationshandhabung geschehen.

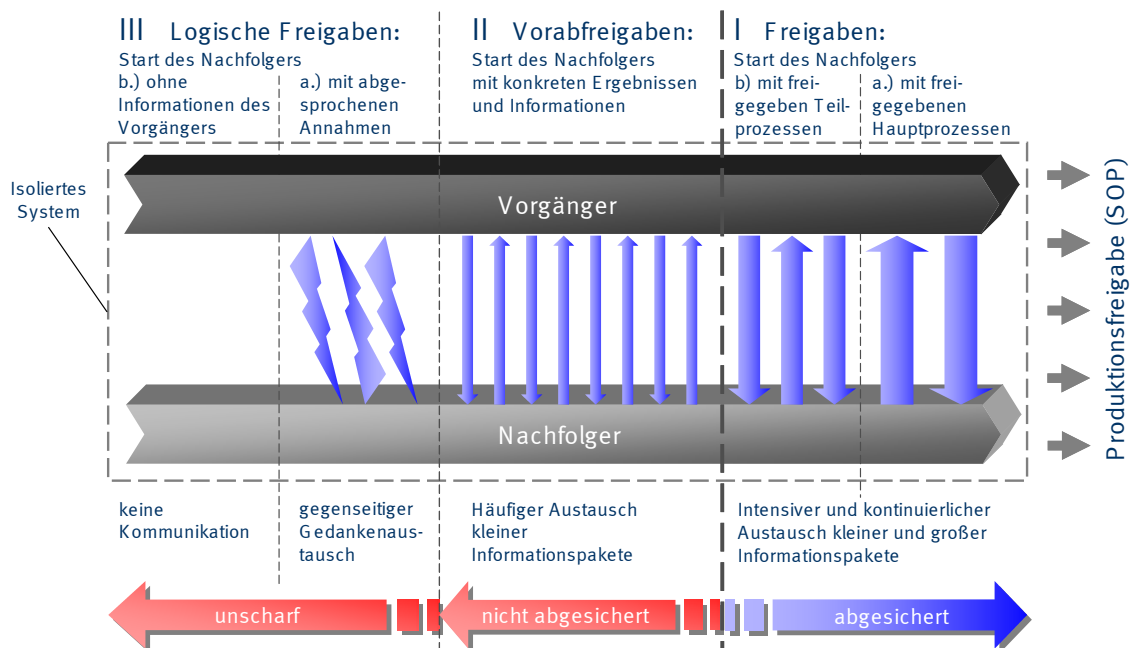


Abbildung 24: Freigabe-Überlappungsphasen

Abbildung 24 visualisiert die informationsgekoppelten Phasen. Dabei werden zwei Prozesse von einem Gesamtsystem abgekoppelt und isoliert betrachtet. Die Begriffe Vorgänger und Nachfolger ergeben sich aus der sequentiellen Vorgehensweise. Zeitlich gesehen existiert dieser Unterschied bei vollständiger Parallelität aufgrund gleicher

Startzeitpunkte nicht mehr; durch die Abhängigkeit der Prozesse kann diese Definition allerdings bestehen bleiben. Bei überlappt angeordneten Prozessen findet neben einem so genannten Downstream ein Upstream statt /KRIS93/. Beispielsweise kann eine montagefreundliche Konstruktion besser verfolgt werden, wenn während der Konstruktion schon Teile der Produktion entwickelt werden. Bei einem rein sequentiellen Vorgehen ist dieses nicht möglich.

Freigaben stellen abgesicherte Informationen dar und sollen hier als Phase I bezeichnet werden. Besitzen Informationen einen hohen Reifegrad, sind aber noch nicht freigabefähig, können Vorabfreigaben realisiert werden. Diese stellen die Phase II dar. Bei Informationen mit geringem Reifegrad ist deren Nutzung problematisch. Mit der Bestrebung nach einer maximalen Prozessüberlappung müssen jedoch auch diese betrachtet werden und bilden die dritte Phase – so genannte logische Freigaben im Kontext unscharfer Ergebnisse. Die beschriebenen Phasen können weiter unterschieden werden:

#### I. Freigaben

- a. freigegebener Hauptprozess
- b. freigegebener Teilprozess

#### II. Vorabfreigaben

#### III. Logische Freigaben

- a. abgesprochene Annahmen
- b. ohne Informationen des Vorgängers

Der Aufwand zur Überlappung der Prozesse, beginnend mit Freigaben über Vorabfreigaben bis hin zu logischen Freigaben, steigt zeitlich zu frühen Phasen hin an, so dass von einer progressiven Prozessparallelisierung gesprochen werden kann (Abbildung 25). Sind mittels der Teilung einer Freigabe recht schnell Prozessüberlappungen möglich, so steigen die notwendigen Parallelisierungsbestrebungen zu frühen Phasen hin an. Dieses rührt unter anderem daher, dass die Bestrebungen nach dem Verschieben eines abhängigen Nachfolgeprozesses hin zu frühen Phasen nur in zunehmend kleineren Iterationsschritten möglich sind; der tatsächliche Überlappungsfortschritt sinkt von Phase I bis III. Aus diesem Grund sollen die einzelnen Phasen antiproportional zur Zeit betrachtet werden, so dass mit der vermeintlich einfachsten zu realisierenden Phase I.a begonnen wird.



### **3.2.1 Phase I – abgesicherte Freigaben**

Phase I.a ist einer sequentiellen Abfolge äquivalent. Die gesamte Informationsweitergabe findet nach Beendigung des Vorgängerprozesses statt, da nur der endgültige und vollständige Hauptprozess übergeben wird. Dieser ist freigegeben und genügt somit einem vorab definierten Reifegrad, der mittels entsprechender Quality Gates verifiziert wird. Problem bei dieser Vorgehensweise ist, bedingt durch die fehlende Überlappung, dass das Vorgängerteam recht schnell aufgelöst beziehungsweise mit anderen Aufgaben betraut wird. So ergibt sich eine sehr kurze Informationsweitergabezeit. In dieser kurzen Zeit ist eine genaue Einarbeitung des nachfolgenden Teams kaum möglich und Rückfragen nach Beendigung dieser Übergabephase sind nur schwierig zu handhaben. Schließlich sei darauf hingewiesen, dass die Freigabe von Hauptprozessen an dieser Stelle nur die Freigabe von allen Ergebnissen eines Teams beziehungsweise eines in sich abgeschlossenen Entwicklungsprozesses und nicht des gesamten Projekts darstellt. Ein vollständiges Entwicklungsvorhaben wird durch eine Produktfreigabe gehandhabt, an die sich unmittelbar der Start of Production (SOP) anschließt.

Der erste Schritt zur Überlappung von Prozessen wird durch die Teilung von Ergebnissen innerhalb eines Prozesses erreicht. So ist es möglich, kleine Bausteine zu definieren, die freigabewürdig sind und mit deren Hilfe der nachfolgende Prozess seinerseits mit Teilarbeiten beginnen kann. Teilfreigaben müssen sich später zu einer Freigabe des Hauptprozesses kumulieren lassen, um den Aufwand für die spätere Freigabe klein zu halten. Für diese Vorgehensweise sind kleinere Quality Gates beziehungsweise Sub-Quality Gates einzuführen, um gesicherte Ergebnisse zu erlangen. Dabei ist ebenfalls ein modularer Aufbau der Sub-Quality Gates anzustreben, um diese einfach zu einem Quality Gate summieren zu können.

### **3.2.2 Phase II – Vorabfreigaben**

Mit dem Begehen der Phase II wird der abgesicherte Bereich verlassen. Die vorliegenden Informationen sind nicht freigabewürdig und Quality Gates werden nicht mehr durchlaufen. Dennoch sind genügend Informationen verfügbar, um durch deren Weitergabe einen Nachfolgeprozess starten zu können. Hierbei kommt es durch das Splitten von Aufgaben zu Vorabfreigaben /EVER95/. Es können zu einer Freigabe nur noch wenige Ergebnisse fehlen, Teilergebnisse aber schon in ihrer endgültigen Substanz vorliegen, so dass diese Informationen nachfolgenden Prozessen vorab zur Verfügung gestellt werden können.

Vorabfreigaben werden entweder horizontal zwischen den Entwicklungsabteilungen beschlossen und abschließend einem interdisziplinären Entwicklungsteam berichtet oder direkt von Letzterem entschieden. Vorabfreigaben können zudem dazu genutzt werden, eine Stabilisierung des Prozesses und eine frühzeitige Entwicklungsbestätigung anderer Projektteams zu erreichen /FEIC03/. Demzufolge kann durch Vorabfreigaben entgegen der Gefahr progressiver Prozessparallelisierungen die Entwicklungsqualität gesteigert werden.

### **3.2.3 Phase III – logische Freigaben**

Mit dem Beginn der Phase III ist keine Handhabung echter Informationen mehr möglich. Bender /BEND03/ spricht in diesem Zusammenhang von der Weitergabe „unscharfer“, Wildemann /WILD92/ von „provisorischen“ Daten. Durch progressive Parallelisierungsbestrebungen müssen daher Risiken in Kauf genommen werden; mit nicht abgesicherten Ergebnissen werden Aufgaben begonnen, die später evtl. geändert werden müssen oder sich im Extremfall sogar als überflüssig erweisen /WILD92/. Das Arbeiten mit unscharfen Dokumenten bedeutet dabei die Kunst des Vorhersehens. Dieses ist beispielsweise gefragt, wenn in den Randzonen eines Presswerkzeugs etwas mehr Material stehen gelassen wird, um Raum für spätere Änderungen zu lassen /CLAR92/. Änderungen bereits weitergegebener Informationen müssen demzufolge direkt eine erneute Benachrichtigung des betroffenen Bereichs nach sich ziehen, damit bisherige Ausarbeitungen überprüft und weitere Aufgaben mit dem neuen Kenntnisstand begonnen werden können. Die Intervalle der möglichen Arbeitsschritte werden dabei immer kürzer, die Informationspakete kleiner und die Kommunikationsintensität dichter. Dieses ist notwendig, um einen stetigen Fortschritt des Nachfolgers zu gewährleisten. Da es dem abhängigen Nachfolger durch die kleinen Informationspakete immer nur eine kurze Zeit möglich ist, seine eigenen Entwicklungsarbeiten voranzutreiben, kann hier von der in Kapitel 2.7.2 vorgestellten „Just-in-Time-Entwicklung“ gesprochen werden.

Ohne konkrete Aussagen des Vorgängers oder beiderseitigen Gedankenaustausch liegen dem Nachfolgeprozess keinerlei Informationen vor. Es sind nur grobe Zielsetzungen des gesamten Entwicklungsvorhabens bekannt. Soll dennoch mit Entwicklungsarbeiten begonnen werden, wird Phase III.b erreicht. Hiermit ist eine vollständige Parallelität der Prozesse möglich. Per Definition findet in dieser Phase keine Kommunikation statt. Dieses kann der Fall sein, wenn ein Zulieferer schon mit der Entwicklung beginnen will, obwohl noch keine Spezifikationen des OEM vorliegen (siehe Kapitel 5.1.8). Lei-

der kommt es auch oft dazu, dass sich der OEM bewusst spät oder gar nicht festlegt, um mögliche Nachforderungen aufgrund von Änderungen zu unterbinden /BULL04/. Wird dennoch kommuniziert, ist bereits Phase III.a erreicht.

Phase III.a und III.b werden zusammen als logische Freigaben bezeichnet. Unterscheiden sich die zurückliegenden Phasen in der Komplexität und in der Datenqualität, gemäß der in Phase II nicht durchlaufenen Quality Gates, so liegen hier noch keine verwertbaren Entwicklungsergebnisse vor. Diese Freigabephase stellt einen kompliziert zu handhabenden Prozess im Zuge des Simultaneous Engineering dar. Durch Absprachen war dem nachfolgenden Team noch eine Absicherung gegeben, wenn auch auf sehr geringem Niveau; mit der in Phase III.b vorherrschenden vollständigen Überlappung sind nur Annahmen möglich.

Basierend auf Erfahrungswerten und logischer Betrachtungsweise können jedoch Basisannahmen getroffen werden. Diese stellen eine Art Hypothese dar, wie ein weiteres Vorgehen aussehen kann. Nach Kleedörfer /KLEE98/ können im Prozess aufgrund des hohen Parallelisierungsgrades Annahmen generiert werden, die nach späterer Abstimmung verlangen und im weiteren Entwicklungsverlauf noch mehrfach verifiziert werden. So ist es möglich, zumindest Vorbereitungen für spätere Entwicklungstätigkeiten zu treffen und unter Umständen mit wahrscheinlichen Aufgaben zu beginnen, die so variabel wie möglich zu gestalten sind. Dabei soll die eingeschlagene Vorgehensweise hinsichtlich angestrebter Teil- und Endergebnisse und der Beeinflussung anderer Entwicklungsbereiche logisch überprüft werden. Tritt diese Phase in einem Entwicklungsprojekt zu einem späteren Zeitpunkt auf und sind schon viele andere Teilprozesse vollzogen worden, können durch eine ganzheitliche Betrachtungsweise viele Fragen aus dem Kontext anderer Teams beantwortet oder zumindest fundierte Annahmen getroffen werden. Kann der Vorgänger keine konkreten Aussagen treffen, ist diese Vorgehensweise die einzige Möglichkeit, in dieser frühen Phase überhaupt nachfolgende Prozesse zu diesem frühen Zeitpunkt zu beginnen.

Bei logischen Freigaben sind die Teams nahezu auf sich alleine gestellt und tragen auch einen Großteil der Verantwortung. Eine Schwierigkeit stellt die Festlegung von Verantwortlichen innerhalb eines Teams dar, die über logische Freigaben befinden dürfen. Generell ist dieses der Teamleiter, welcher aber wiederum einzelnen Teammitarbeitern Autonomie einräumen kann. Daher müssen ausreichend personelle Kompetenzen, be-

sonders in dieser frühen Phase, vorhanden sein. Zur Kontrolle logischer Freigaben soll ein Berichtssystem in Intervallen an ein interdisziplinäres Entwicklungsteam dienen.

### **3.3 Voraussetzungen früher Freigabephasen**

Außerhalb des oben definierten freigegebenen Entwicklungsbereichs ist das Vorgehen neben einer hohen Änderungsanzahl von weiteren Risiken geprägt. Dem Nachfolger ist es bei dieser Vorgehensweise nur möglich, kleine Entwicklungsfortschritte zu erzielen. Im schlimmsten Fall muss der Nachfolgeprozess auf Ergebnisse warten. Um dieses zu vermeiden, darf ein so genannter Vorhaltebestand an Daten nicht unterschritten werden. Der Vorhaltebestand definiert Informationen, die es dem Nachfolger eine bestimmte Zeit ermöglichen, die eigenen, vom Vorgänger abhängigen Entwicklungstätigkeiten aufrecht zu erhalten, ohne dass weitere Informationsflüsse notwendig sind. Eversheim /EVER95/ definiert in diesem Kontext so genannte kritische Informationen, ohne die andere Prozesse nicht gestartet beziehungsweise fortgeführt werden können. Aufgrund des Koordinations- und Organisationsaufwands muss ein gewisser Vorlauf berücksichtigt werden, mit dem der frühestmögliche Startzeitpunkt eines Prozesses bestimmt werden kann. Dieses ist der Punkt, an dem der Nachfolgeprozess genügend Informationen besitzt, um mit ersten Aufgaben beginnen zu können. Hierbei muss absehbar sein, dass die kontinuierliche Beschaffung von Informationen gesichert ist, so dass der Prozess ohne Unterbrechung durchlaufen werden kann. Da der Informationsfluss nicht kontinuierlich über einen Entwicklungsprozess stattfindet, sondern neben prozessspezifischen Schwankungen durch Schärfung der Informationen einem Anstieg zum Prozessende hin unterliegt, müssen die Kapazitäten innerhalb eines Prozesses und somit einer Entwicklungsabteilung angepasst werden können.

Verlässt man auch den in Phase II beschriebenen Bereich scharfer Informationen hin zu logischen Freigaben, ist ein Vorhaltebestand nicht zu realisieren. Durch gegenseitigen Gedankenaustausch und Basisannahmen ist es dem Nachfolger nur durch Annahmen möglich, mit Vorbereitungen für spätere Entwicklungstätigkeiten oder kleineren unabhängigen Aufgaben zu beginnen; tatsächliche dynamische Informationen aus dem aktuellen Entwicklungsverlauf liegen nicht vor.

### 3.3.1 Kapazitätsmanagement

Die anfänglich kleinen Informationspakete werden mit zeitlichem Fortschritt größer und die Austauschfrequenz wird erhöht. Für den Nachfolgeprozess bedeutet dieses, dass zu Beginn nur wenige Entwicklungskapazitäten personeller und materieller Art benötigt werden. Je weiter der Teilprozess fortschreitet, desto umfangreicher und detaillierter werden die Aufgaben. Die Kapazitäten müssen daher mit dem zeitlichen Verlauf erhöht werden, um dem geforderten kontinuierlichen Informations- und Ergebnisaustausch gerecht zu werden – die aufzuwendenden Entwicklungskapazitäten steigen mit der Zeit progressiv an, umgekehrt zu den Prozessparallelisierungsbestrebungen (Abbildung 25).

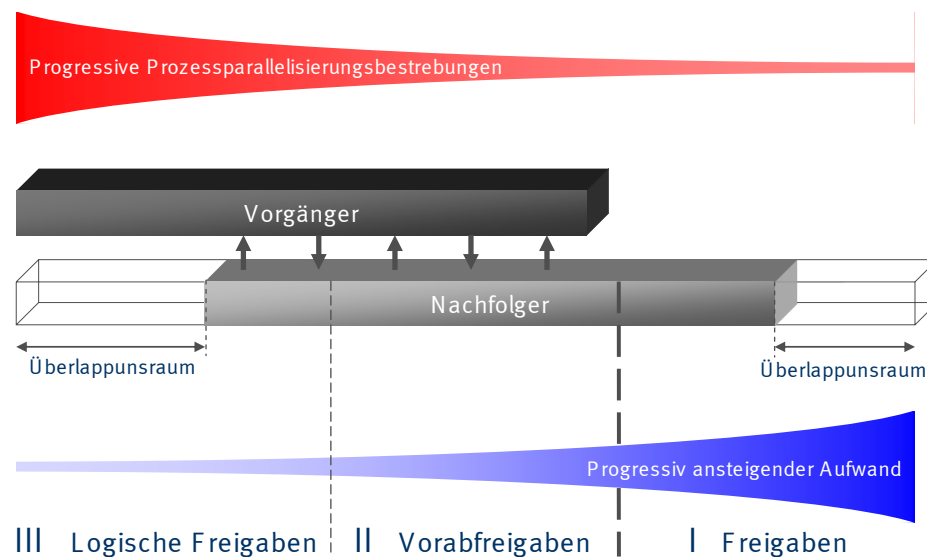


Abbildung 25: Progressivität bei Prozessparallelisierungen

Um dem aus steigendem Aufwand resultierenden Bedarf an Kapazitäten zu begegnen, nennt Kahmeier /KAHM99/ die Möglichkeiten von

- Sonderschichten,
- Verlagerungen und
- Kapazitätsvariationen.

Sonderschichten sind auch in der Entwicklung möglich, allerdings behutsam zu handhaben, um die Innovationsfreudigkeit der Mitarbeiter zu erhalten /WAGN02/.

Durch Outsourcing von Entwicklungstätigkeiten wird Entwicklungskapazität frei /FREU99/, die zu weiteren Zeitverkürzungsmaßnahmen genutzt werden kann. Die Aus-

lagerung von Entwicklungsarbeiten soll nur durch die Besinnung auf Kernkompetenzen seitens des OEM vollzogen werden, nicht mangels Entwicklungskapazitäten während eines Projekts. Außerdem müssen diese von Projektbeginn an ersichtlich sein, da eine temporäre Auslagerung während eines Entwicklungsvorhabens Risiken birgt.

Eine Erhöhung der Kapazitäten geschieht weitgehend durch Personalaufstockung, wozu auch materielle Voraussetzungen gegeben sein müssen. Der zusätzliche Einsatz von Entwicklungspersonal ist nicht immer einfach, da dieses von anderer Stelle abgezogen werden muss. In den wenigsten Fällen können vorherige Projekte so genau eingeplant werden, dass diese enden, wenn aktuelle Entwicklungsvorhaben starten und so ein Großteil des Entwicklungspersonals übernommen werden kann. Evtl. besteht die Möglichkeit, qualifizierte Zeitarbeiter beziehungsweise Personal eines Zulieferers mit in die Entwicklung einzubinden, so dass eine vollständige Auslagerung von Entwicklungsarbeiten umgangen wird – die Integration von einzelnen Entwicklern vor Ort ist organisatorisch in einem laufenden Projekt möglich, aber dennoch problematisch. Dieses ist einer sequentiellen Vorgehensweise äquivalent, da ein neuer Mitarbeiter zunächst eine Phase der Informationsweitergabe durchlaufen muss und durch Einarbeitungseffekte erst später zu seiner vollen Effektivität finden kann. Ist ein Zeitarbeiter für einen mehrere Monate langen Entwicklungszeitraum tätig, kann dessen Einsatz dennoch sinnvoll sein, um zusätzliche Entwicklungskapazität zu gewinnen.

### **3.3.2 Wahl der Freigabephase**

Die jeweilige Freigabephase muss nicht zwingend ein Indiz für die tatsächliche zeitliche Überlappung sein. Je nach Entwicklungsfall können Informationen in unscharfer Form recht schnell vorliegen, die Detaillierung aber noch einen nicht unerheblichen Zeitanteil ausmachen. Das Bestreben soll in den unterschiedlichen Fällen nicht stur auf einer maximalen Parallelisierung der Prozesse liegen, wenn z.B. die Entwicklungsqualität darunter leidet. Ist der zeitliche Gewinn durch einen Phasenwechsel der Überlappungsstrategien marginal, soll auf einen solchen verzichtet werden. Anzustreben ist zudem, das Fenster abgesicherter Ergebnisse so weit wie möglich zu frühen Phasen hin zu verschieben. Mit einer Steigerung der Freigabenzahl bzw. der Freigabefrequenz lässt sich die zeitliche Anordnung der ersten Phase beeinflussen. Folglich verringert sich auch der Umfang einzelner Freigaben. Hierbei entstehen kleine Teilfreigaben, die im Kollektiv eine Freigabe ergeben, aber die Teilergebnisse früher bestätigen. Die Anzahl an Freiga-

ben kann jedoch nicht beliebig erhöht werden, da sonst die Inhalte nicht freigabefähig sind.

Eine allgemeingültige Angabe über die prozentuale Verteilung der Freigabephasen ist nicht möglich, da diese von vielen Faktoren abhängen. Hier ist eine individuelle Betrachtung im jeweiligen Entwicklungsfall notwendig.

### 3.3.3 Bestimmung des maximalen Zeitgewinns

Durch die Variation der Freigabephasen wird neben dem Verschieben des Überlappungsgrades auch die Prozesssicherheit beeinflusst; abgesicherte Ergebnisse verursachen erfahrungsgemäß weniger Änderungsaufwand als unscharfe Daten. Mit zunehmendem Überlappungsgrad ist daher auch eine erhöhte Änderungszahl zu erwarten /HOFF99/.

In Abbildung 26 wird ersichtlich, welche Zeitverzögerung Änderungen mit sich bringen. Aus unscharfen Daten herrührende Änderungen bedeuten einen zu frühen Entwicklungsphasen hin exponentiell ansteigenden Zeitverzug. Zudem wird deutlich, dass auch bei sequentieller Vorgehensweise Änderungen bestehen.

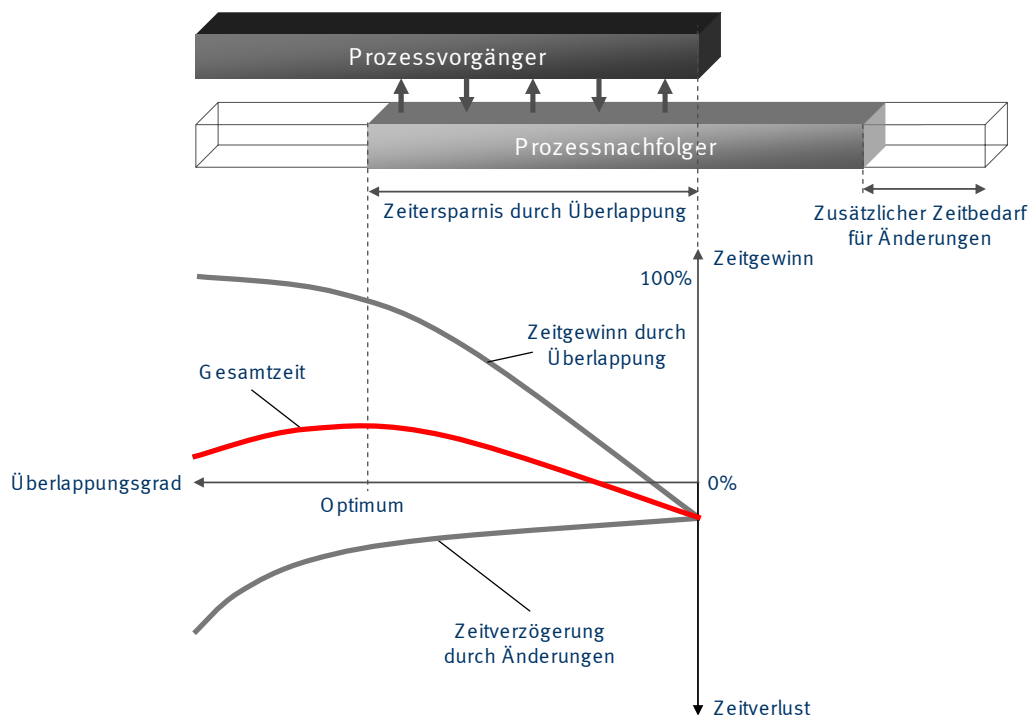


Abbildung 26: zeitliches Optimum bei der Prozessüberlappung

Der Zeitgewinn bei verschiedenen Überlappungsgraden steht in Opposition zum Zeitverlust durch Änderungen. Anfangs linear ansteigend, flacht der tatsächliche Zeitgewinn zu den frühen Entwicklungsphasen ab, welches Phänomen anhand der progressiven Parallelisierungsbestrebungen erläutert wurde. Addiert man beide Kurven grafisch, ergibt sich die Gesamtzeit; hierbei zeigt sich ein klares Optimum. Über dieses hinaus, unabhängig in welcher Freigabephase sich der Prozess befindet, ist trotz zunehmender Überlappung mit einem späteren Prozessende des Nachfolgers zu rechnen.

Durch die angesprochenen Verschiebungen der Freigabephasen kann auch das Optimum verschoben werden. Je weiter beispielsweise Phase I zeitlich links liegt, desto geringer werden die Zeitverluste durch Änderungen ansteigen und auch das Überlappungsoptimum früher und höher liegen. Generell ist so auch die Realisierung einer vollständigen Parallelität möglich, muss aber hinsichtlich des Änderungsrisikos gründlich durchdacht werden. Zu überprüfen bleibt, welche Phase sinnvoll realisiert werden kann, wenn trotz minimaler Entwicklungszeit das Entwicklungsgleichgewicht nicht ausgehebelt werden soll.

### **3.4 Das Freigabemodell**

Mit den Freigabephasen ist der erste Schritt zu einem Freigabemanagement getätigt. Die praktische Umsetzung dieser Phasen erfordert weitere Klassifizierungen von Freigaben, aus denen schließlich ein Assistenzsystem abgeleitet werden soll.

#### **3.4.1 Freigabe-Detaillierungsebenen**

Bisher beschränkte sich das Simultaneous Engineering auf die reine Darstellung von Prozessen und ging wenig auf deren Strukturen und Eigenschaften ein. Das Prozessketteninstrumentarium nach Kuhn /KUHN95/ bietet eine bessere Sicht auf den Systemzusammenhang. Besonders die Prozesstiefe ist im Zuge des Simultaneous Engineering bislang unzureichend erschlossen. Hier bedarf es einer detaillierten Betrachtung der Freigabephasen. Ähnlich der dreidimensionalen Design Structure können die verschiedenen Freigaben und Subfreigaben in Detaillierungsebenen beschrieben werden.

Der Detaillierung von Informationen steht deren Verdichtung durch Abstraktion gegenüber. Nach Winter /WINT91/ kann Abstraktion als Gattungsbegriff für alle Formen der semantischen Informationsverdichtung genutzt werden. Durch Abstraktion werden detaillierte Probleme in abstrakte Objekte transformiert. Bezogen auf Freigabephasen sol-



len mittels Abstraktions- beziehungsweise Detaillierungsebenen die Komplexität bewältigt und Sachverhalte besser interpretiert werden. Da die Überlappungen von der abstrakten Ebene des gesamten Entwicklungsvorhabens, über Hauptprozesse bis hin zu kleinen Entwicklungsaufgaben Top-down betrachtet werden, soll hier der Begriff Detaillierungsebenen verwendet werden.

Eine Überlappung im Zuge des Prozessketteninstrumentariums (PKI) macht eine Ebenendifferenzierung unumgänglich, da sonst die Senke des Nachfolprozesses nicht auf die Quelle des Vorgängers trifft. Hierzu müsste die Theorie von Zeitkonnektoren aufgegeben werden, was nicht im Sinne des Simultaneous Engineering sein kann. Um der Theorie des PKI zu entsprechen, müssen den Quellen die notwendigen Senken zugewiesen werden. Dieses ist bei zu überlappenden Prozessen nur möglich, wenn auf einer tieferen Detaillierungsebene Subprozesse definiert werden, deren Quellen und Senken synchronisiert werden können.

Die Differenzierung mittels Detaillierungsebenen hinsichtlich der Quantität der Prozessinhalte kann dem Bestreben nach einer forcierten Prozessüberlappung zusätzlichen Ausdruck verleihen (Abbildung 27).

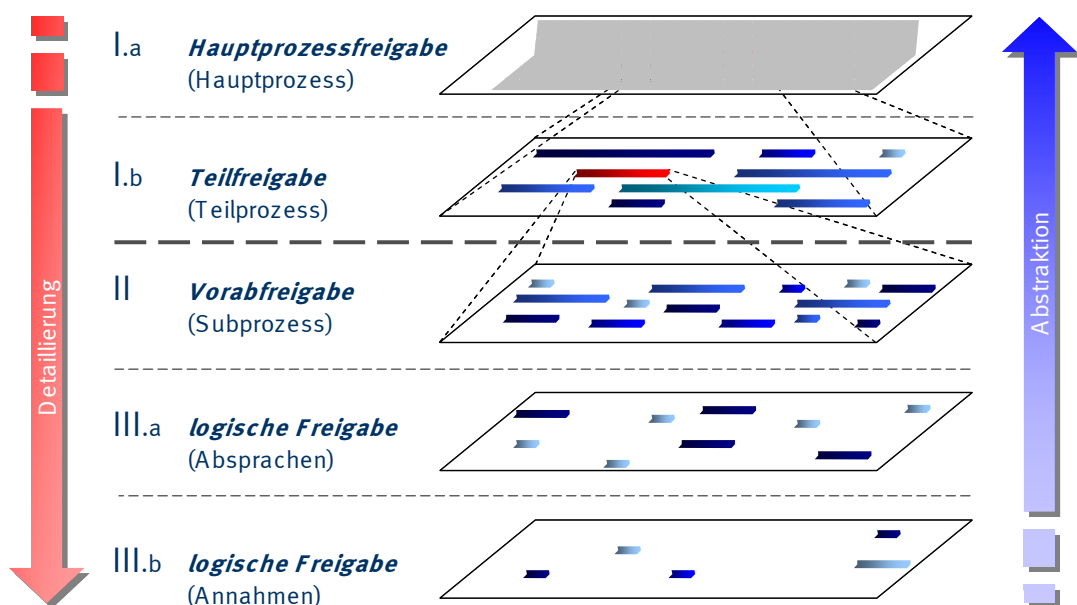


Abbildung 27: Freigabedetaillierungsebenen

Die oberste Ebene eines Entwicklungsvorhabens ist durch Hauptprozesse bestimmt. Hierbei wird unter einer Hauptprozessfreigabe die Freigabe eines Prozesses auf oberster Ebene verstanden. Solche Hauptprozesse definieren sich vorwiegend durch verschiede-

ne Entwicklungsteams und evtl. auch durch eine räumliche Trennung im Zuge der Auslagerung von Entwicklungstätigkeiten. Sind alle Hauptprozesse durchlaufen, ist das Ziel die Produktfreigabe und Passieren des SOP.

Die Betrachtung von Teilfreigaben stellt eine erste Unterebene von Hauptprozessfreigaben dar und wird durch Teilprozesse definiert. Hierzu müssen die Hauptprozesse individuell betrachtet und in essentielle Abschnitte unterteilt werden. Die Quantität an Informationen und deren Komplexität bezüglich der Strukturen und Einflüsse auf andere Bereiche sind in dieser Ebene wesentlich geringer und dadurch besser handhabbar. Ist ein Teilprozess vollständig entwickelt, kann dieser mittels einer Teilfreigabe bestätigt werden. Dieses geschieht insbesondere bei autonomen Entwicklungsbereichen.

Subprozesse werden als weitere Spaltung von Teilprozessen definiert. Sind Teilfreigaben nicht mehr möglich, können Ergebnisse eines Subprozesses nur einer Vorabfreigabe genügen. Hierbei werden Ergebnisse in den meisten Fällen horizontal beschlossen und ein interdisziplinäres Entwicklungsteam informiert. Durch die horizontale Absprache unter „Gleichen“ sind Vorabfreigaben unbürokratisch und schnell durchführbar. Der auf den beiden obersten Detaillierungsebenen vorherrschende Reihenfolgezwang kann auf dieser Ebene aufgeweicht werden. Dieses hat den Vorteil, dass aktuelle Ergebnisse aus der Entwicklungsreihenfolge herausgebrochen werden können. Hieraus resultieren flexible Anordnung und die Möglichkeit einer Kapazitätenvariation. Die Quantität an Ergebnissen steigt bei gleichzeitig geringerem Inhalt, so dass die Anzahl an Vorabfreigaben deutlich über der von tatsächlichen Freigaben der Phase I liegt.

Mit der Phase III.a kommt es zu keiner konkreten Absicherungen, da noch keine konstruktiven Ergebnisse existieren. Somit sind Absprachen und Gedankenaustausche die Basis dieser Phase. Die Inhalte der Subprozesse sind verglichen mit höheren Detaillierungsebenen mangels Informationen beschränkt und umfangarm. Zudem ist deren Anzahl deutlich geringer.

Das jeweilige Entwicklungsteam ist auf sich allein gestellt, wenn keine Informationen des Prozessvorgängers vorliegen, wie in Phase III.b der Fall. Diese logische Freigabe kann nur als vage Absicherung genutzt werden, da die dünne Informationsgrundlage nicht immer genaue Einschätzungen zulässt. Die Anzahl der möglichen Aufgaben ist entsprechend gering, zumal es sich hier auch um Vorarbeiten handeln kann, die keine direkte Wertschöpfung im Sinne der Entwicklung beinhalten.

Diese Detaillierungsebenen stellen die quantitative Differenzierung von Freigaben dar, deren Umfang von der ersten bis zur dritten Phase sinkt. Durch die Bestimmung der Quantität können Prozesse leichter charakterisiert werden, was für ein späteres Assistenzsystem notwendig ist. Mit den Detaillierungsebenen ist zudem die erste Achse des Freigabemodells definiert.

### 3.4.2 Zulieferintegration

Das Supply Chain Management (SCM) befasst sich mit der Optimierung der unternehmensübergreifenden, logistischen Wertschöpfungskette. Demzufolge stellt die Supply Chain ein Netzwerk aller zu einem Produkt gehörenden Instanzen dar. SCM hat sich nach Müller /MÜLL03/ in den letzten Jahren zu einer wichtigen Strategie unternehmerischen Strebens entwickelt, wodurch sich auch die Rolle der Zulieferer grundlegend geändert hat. Nach schweren Zeiten der Niedrigpreispolitik durch die OEM Anfang der 90er Jahre (Lopez-Effekt) haben sich Zulieferer zu vollwertigen Partnern etabliert (Smart) /WILD03a/. Der Zuliefermarkt hat starke Umstrukturierungen über sich ergehen lassen müssen, die sich in einer drastischen Minimierung der Unternehmensanzahl und der Herausbildung von so genannten Modullieferanten niedergeschlagen hat /BECK00/. Dieser Wandel ist von den OEM gewünscht, da die Koordination von einigen 100 Modullieferanten effizienter gestaltet werden kann, als von über 5000 Einzellieferanten /BEYE03/ (Abbildung 28). So hat z.B. Porsche die Zahl seiner Zulieferer von 950 auf 300 reduziert /WOMA97/. Kopelent /KOPE03/ stellte zudem fest, dass Kreativität, Innovationen und Motivation wachsen, wenn es das Management schafft, Angst, Feindlichkeit oder Misstrauen zu kanalisieren. Durch das Bewusstsein einer Win-Win-Strategie werden die Zulieferer stärker gefördert.

Die heutige Zuliefersituation birgt neue Aufgaben in sich, da die OEM bestrebt sind, sich auf ihre Kernkompetenzen zu besinnen. Das jeweils best geeignete Unternehmen soll entsprechend seiner Kernkompetenzen Aufgaben übernehmen /SEUR02/. Dieses Vorgehen war in der Vergangenheit auf die reinen Fertigungsprozesse beschränkt. Den Zulieferern wurden im Zuge von Produktionsauslagerung fremde Konstruktionszeichnungen übergeben und Forderungen bezüglich der Produktion geltend gemacht. Es ist für die Zulieferer sinnvoll, selbst gefertigte Produkte zu verantworten und die Sichtweise nicht nur auf den reinen Produktionsprozess beschränken zu müssen. Auch im Zuge von evolutionären Verbesserungen ist von den Zulieferern mehr zu erwarten, da diese das gesamte Spektrum ihrer zu liefernden Komponenten, die eine Kernkompetenz dar-

stellen, besser überblicken. Heutiger Trend ist daher die Auslagerung von Entwicklungstätigkeiten und Teilen der Produktion, wodurch bei der Zuliefererauswahl die Entwicklung Mitspracherecht haben soll /BURT90/.

#### 3.4.2.1 Adaption des SCM für die Entwicklungskoordination

Eine Vielzahl unternehmerischer Innovationen kommt heute oft von außen, da das Angebotspotenzial der industriellen Technologien bei Zulieferern die anfänglich vom OEM anvisierten Anwendungsfelder weit übertrifft /BLEY03/. Es bedarf daher einer engen Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette /CHRI98/, um der geforderten Kooperation Rechnung zu tragen /PSCH04/. Kooperation meint an dieser Stelle die freiwillige Zusammenarbeit von mindestens zwei wirtschaftlich und rechtlich selbständigen Unternehmen /PICO01/. Ein Konsortium aus mehr als drei Partnern zählt dabei als Netzwerk /EGGE03/.

Die geforderte Kooperation beginnt bereits in der Produktentwicklung /CUSU00/. Schon heute finden zwischen Kunden und Zulieferern in der Forschung und Entwicklung zu 58% Kooperationen statt, die Akzeptanz von Netzwerken ist mit 9% allerdings noch spärlich /FRAU01/. Durch die zunehmende Auslagerung von Entwicklungsprozessen wird die Bedeutung des Vertrauensaspekts weiter unterstrichen. Eine unternehmensübergreifende Entwicklung in Netzwerken muss insbesondere die Belange von KMU berücksichtigen, da diese nur begrenzte Möglichkeiten haben, die Zusammenhänge in einem Netzwerk zu betrachten /WAGE02/. Ein Assistenzsystem muss daher auch den Belangen von KMU gerecht werden.

Die Entwicklung der Zuliefersituation zeigt Abbildung 28. Darin wird eine zunehmende Verlagerung der Entwicklungstätigkeiten vom OEM auf Zulieferer und eine Reduzierung der Zuliefereranzahl durch die Forcierung von Modulen und Systemen verdeutlicht /FREU99/.

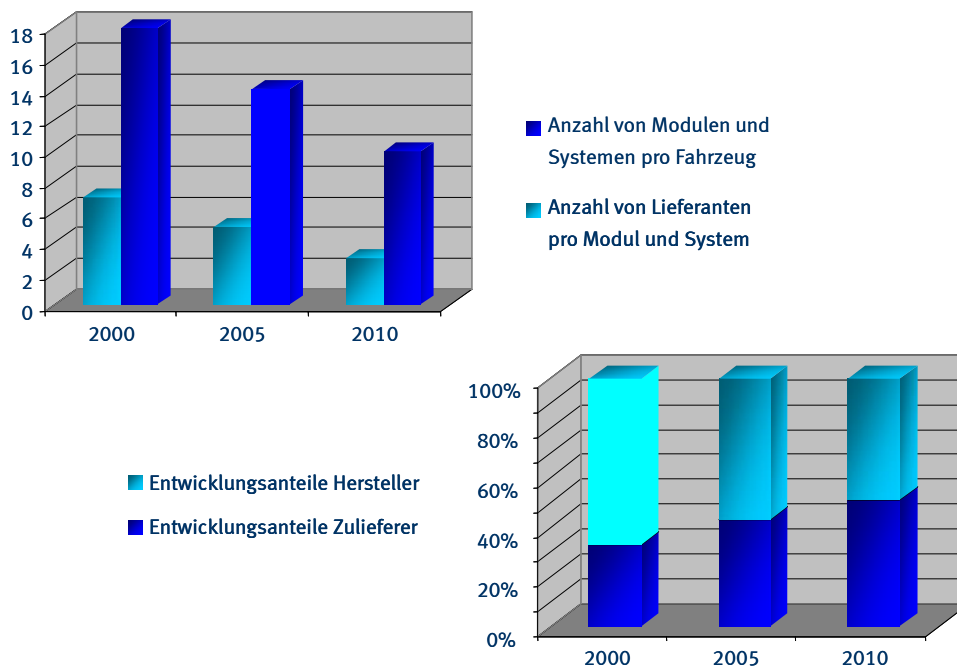


Abbildung 28: Wandel der OEM-Zulieferer-Beziehung, i.A. an /VDA04/

Um die Zulieferer effizient in das Simultaneous Engineering einzugliedern, ist eine Orientierung am SCM nicht immer zielführend. Beispielsweise suchen in der Produktion viele Zulieferer die räumliche Nähe zum OEM, was in der Entwicklung derzeit nicht der Fall ist. Von den räumlichen Differenzen darf dennoch kein Nachteil für die Produktentwicklung ausgehen. Bezüglich des Produktentwicklungsprozesses hat der Trend vermehrter Besinnung auf Kernkompetenzen und des Outsourcings von Entwicklungstätigkeiten Auswirkungen auf die Kommunikationsstrukturen. F&E-Netzwerke stärken den Wettbewerb, wenn das Know-how entsprechend kommuniziert wird /WILD98/. Zu diesem Zweck muss über die gesamte logistische Kette Transparenz geschaffen und müssen Kommunikationshindernisse abgebaut werden. Einhergehend mit der räumlichen Distanz von Entwicklungstätigkeiten werden nach Jakob /JAKO03/ Innovationsbarrieren gesenkt, so dass die verteilte Produktentwicklung auch als Chance verstanden werden kann.

Die zur Parallelisierung von Prozessen notwendige Kommunikationsstruktur muss aufgrund der geforderten Qualität der Informationen, deren im Projektverlauf progressiven Quantität /WILD92/ und der Vielzahl an internen und externen Schnittstellen auf einer Sprache basieren /LOSA00/. Das SCM sieht zudem eine Archivierung der Daten zur Erfahrungssammlung vor, die zur Realisierung der Überlappungstheorie in einem Assistenzsystem genutzt werden können.

Besonderheit der Produktentwicklung ist der Aspekt der Datensicherheit. Während bei Bestellvorgängen in der späteren Produktion auf einfache B2B-Vernetzungen aufgebaut werden kann, unterliegt der Entwicklungsprozess Geheimhaltungsaspekten, da durch eine kurze Entwicklungs- und Produktionsanlaufzeit eine Vorreiterstellung auf dem Markt erreicht werden soll.

### 3.4.2.2 Verteilte Produktentwicklung

*„Wir müssen die Kooperation mit und zwischen den Entwicklungspartnern in den Griff bekommen.“ /STAH04/*

Werden immer mehr Entwicklungsarbeiten auf die Zulieferer ausgelagert, spricht man auch von einer verteilten Entwicklung /BULL99/. Die intensive Kommunikation in einem Entwicklungsnetzwerk ist durch räumliche Differenzen und gleichermaßen durch die Zunahme der Produkt- und Komponentenkomplexität erschwert. In Anbetracht der Produkttechnologisierung klassifiziert Heim /HEIM94/ die Zulieferer nach dem Kriterium Kompetenz anhand einer ABC-Analyse in

- Wertschöpfungspartnerschaften (A),
- Entwicklungspartner (B) und
- Teilefertiger (C).

Während Teilefertiger einfache Produkte wie Standard- und Normteile fertigen und liefern können, sind Entwicklungspartner direkt mit in den Entwicklungsprozess eines OEM integriert. Hierbei wird zudem zwischen der Spezifikation von Teilen oder Neuentwicklungen unterschieden. A-Partner resultieren hingegen aus der umfassenden Integration von Wertschöpfungen, die über die Produktentwicklung weit hinausgehen.

Zur endgültigen Auswahl der Zulieferer müssen neben den Qualitäten und Kompetenzen des Zulieferers auch Aspekte wie die Leistungsfähigkeit mit in Betracht gezogen werden. Dieses ist im Kontext der zur Verfügung stehenden personellen und materiellen Kapazität für die Produktentwicklung von Bedeutung. Verfügt ein Zulieferer zwar über die Fach- und Methodenkompetenz, nicht aber über ausreichend Entwicklungskapazitäten, ist er als Entwicklungspartner nicht geeignet. Entscheidend ist nicht nur ein genereller Kapazitätsmangel beim Zulieferer; reichen zum Zeitpunkt des Entwicklungsvorhabens die vorhandenen Kapazitäten, z.B. aufgrund von anderen Projekten, nicht aus, kann dieser Zulieferer nicht berücksichtigt werden.

Unterschiede zeigen sich auch in den Kommunikationsstrukturen der verschiedenen Zulieferer mit dem OEM. Standard- und Normteilefertiger müssen daher in der Entwicklung nur selten mit in den Kommunikationszyklus einbezogen werden. Hier liegen dem OEM detaillierte Kataloge und Beschreibungen vor, die in den meisten Fällen ausreichen. Fertiger spezifizierter Teile brauchen Informationen anderer Entwicklungsbereiche, zu denen Schnittstellen bestehen. Diese Schnittstellen können wiederum der Design Structure entnommen werden. Entwicklungspartner und Wertschöpfungspartner, die Teile oder sogar ganze Module für einen OEM entwickeln, müssen eng mit in das gesamte Entwicklungsprojekt eingebunden werden, was sich in kurzen Kommunikationsintervallen äußert. Rein technisch stellt die Modellierung der Zulieferstrukturen im Zuge des SCM kein Problem mehr dar. Nach Graf /GRAF00/ können mittlerweile Prozessketten bis zu Unterlieferanten der 6. Stufe transparent gemacht werden. Ein Assistenzsystem muss demnach die Belange der Zulieferer berücksichtigen und diese mit in das Kommunikationskonzept einbeziehen.

#### 3.4.2.3 Zulieferebenen

Die einzelnen Prozesse und Freigabephasen geben keine Auskunft über den Entwicklungsort, ob Zulieferer oder OEM. Zur Optimierung der Kommunikationsstruktur, die für eine maximale Prozessüberlappung ausschlaggebend ist, bedarf es einer zusätzlichen Integration der Zulieferebenen (Abbildung 29).

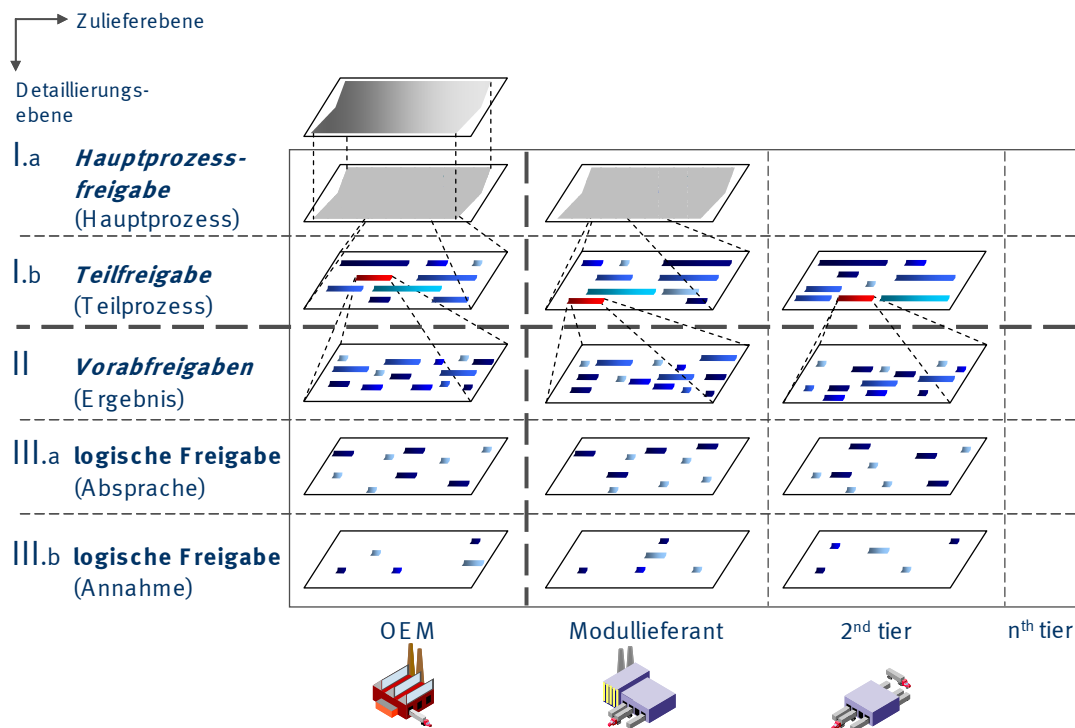


Abbildung 29: Detaillierungs- und Zulieferebenenmatrix

Mit den Detaillierungs- und Zulieferebenen entsteht eine Matrix, die die verschiedenen Entwicklungsfälle nach den zwei vorgestellten Gesichtspunkten differenziert. Die Kommunikationsflüsse sind hierbei nicht horizontal und vertikal beschränkt, sondern richten sich nach den Schnittstellen der Design Structure. Hierbei ist auch eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation möglich. Je nach Entwicklungsfall können auch alle Instanzen miteinander kommunizieren, wenn ein ganzheitliches Problem auftaucht; es stellt sich beispielsweise in der Entwicklung heraus, dass ein Fahrzeug zu schwer wird und umfassende Änderungen vorzunehmen sind, wozu alle Abteilungen involviert werden müssen. Neben der Richtung der Kommunikation kann dabei auch die Kommunikationsart variieren (Kapitel 3.7).

Die Produktfreigabe nimmt als Abschluss eines Projekts und der damit verbundenen Einmaligkeit eine Sonderstellung ein. Diese Freigabe ist nur vom OEM durchzuführen und ragt daher aus der Matrix heraus. Hauptprozesse obliegen in den meisten Fällen dem OEM, können aber an große Modullieferanten ausgelagert sein. Die Hauptprozessfreigabe kann hingegen nicht vom Modullieferanten allein vollzogen werden; hier ist eine intensive Kooperation mit dem OEM obligatorisch.

Erst auf der Detaillierungsebene der Teilprozesse und damit verbundenen Teilfreigaben ist eine vollständige Koordination und Abnahme eines Entwicklungsprozesses außer-



halb des OEM denkbar. Somit ist die Ebene der Teilprozesse die einzige Ebene, auf der Zulieferer eigene Prozesse selbst vollständig freigeben können. Die vorab definierten Interessen des OEM müssen dabei gewahrt bleiben.

Die weiteren Zulieferer werden nach „tiers“ unterschieden, welche Bezeichnung aus dem SCM bekannt ist. Je tiefer ein Zulieferer in der Hierarchie liegt, desto geringer sind in den meisten Fällen die Entwicklungsleistungen, bis schließlich nur noch ein Standard- und Normteillieferant in der Entwicklungszulieferkette steht. Dabei sind die Zulieferebenen den Produktebenen in den meisten Fällen äquivalent. Ist der OEM für das gesamte Produkt verantwortlich, sind es gemäß der Design Structure beim Modullieferanten Funktionsgruppen; je tiefer die Zulieferkette betrachtet wird, desto kleiner werden die Verantwortungsbereiche. Dementsprechend sind Wertschöpfungspartner durch Modullieferanten repräsentiert. Entwicklungspartner sind weitgehend auf den Ebenen 2<sup>nd</sup> und 3<sup>rd</sup> tier zu finden. Reine Teilefertiger finden sich entsprechend auf den unteren Ebenen.

### **3.4.3 Qualitative Freigabendifferenzierung**

Hauptmerkmal der verschiedenen Detaillierungsebenen ist eine über Freigaben, Vorab- oder logische Freigaben abfallende Datenquantität. Aus diesem Grund kann bei den Detaillierungsebenen auch von einer quantitativen Differenzierung gesprochen werden. Die Prozesscharakteristik wurde bislang nicht berücksichtigt. Durch die klassische Denkweise, allein mit einer Erhöhung der Freigabefrequenz einen stabilen und änderungsarmen Prozessablauf zu realisieren, können kaum effektive Prozesszeitverkürzungen erreicht werden. Konventionelle Freigaben unterscheiden nur bedingt die Prozesseigenschaften, durchlaufen immer ein ähnliches Schema und stellen somit einen hohen Zeitaufwand dar, der selten gerechtfertigt ist. Die freizugebenden Entwicklungsprozesse sind in der Regel unterschiedlich. Hierzu wird in Abbildung 30 ein entsprechendes Schema aufgebaut.

Freigaben werden zunächst in zwei grobe Klassen unterteilt: die Freigabe von Ergebnissen sowie die Freigabe von Änderungen. Letzter Punkt ist notwendig, da Entwicklungsvorhaben nie ohne Änderungen ablaufen und Änderungen als teilweise komplexe Vorhaben oft einer Freigabe bedürfen. Wird eine Unzulänglichkeit in einem Entwicklungsvorhaben festgestellt, muss eine Änderung geltend gemacht werden und die Änderungsfreigabe folgen, was einer Validierung des Änderungsantrages gleichkommt. Abschließend kann die Umsetzung beginnen. Ist diese vollzogen muss die Umsetzung verifiziert

werden, was mittels einer zweiten Freigabe geschieht. Änderungsanträge beinhalten daher zwei nachgelagerte Freigabeprozesse. Je nach Intensität und prognostizierter Tragweite der Änderung werden diese in Verbindung mit einem interdisziplinären Entwicklungsteam vollzogen oder direkt horizontal mit involvierten Bereichen gelöst. Nicht zuletzt sollen die Gemeinsamkeiten von Freigaben und Änderungen hinsichtlich qualitativer Merkmale die Zusammengehörigkeit und Tragweite dieser beiden Gruppen unterstreichen.

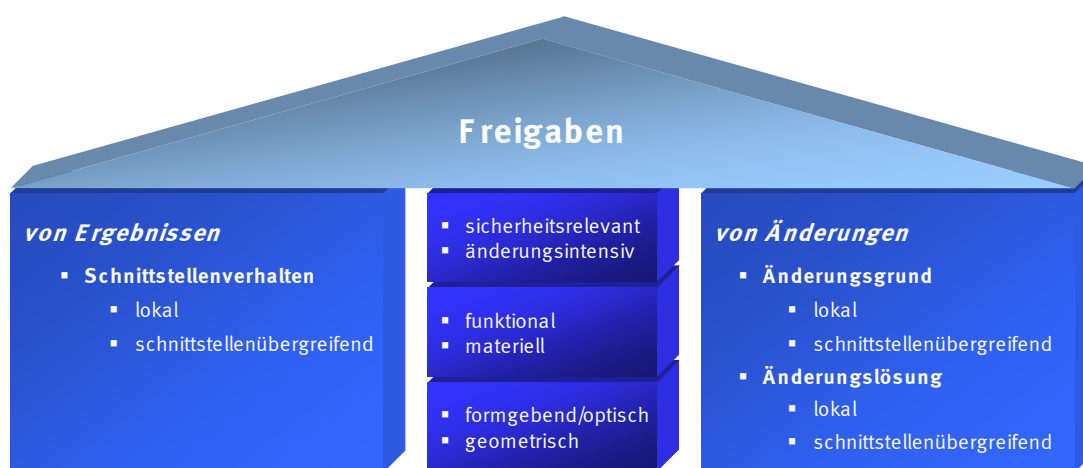


Abbildung 30: qualitative Differenzierung von Freigaben

Bei den Komponentencharakteristika sind weit reichende Unterschiede festzustellen. Die größten Anforderungen an Freigaben stellen nach Kuhn /KUHN02/ sicherheitsrelevante Bauteile. Hier müssen gesonderte Abnahmeverfahren durchlaufen werden, wozu viele Abteilungen, Experten, höhere Instanzen oder auch der TÜV sowie sonstige Behörden frühzeitig mit einzubinden sind. Stender /STEN02/ spricht in diesem Kontext von kritischen Freigabeprozessen. Andere Komponenten müssen sich nach sicherheitsrelevanten Bauteilen richten, so dass eine frühe Definition dieser Komponenten für Prozessparallelisierungen förderlich ist. Der Aspekt der Kooperation zwischen Entwicklungsabteilungen untereinander ist daher an dieser Stelle in besonderem Maße gefragt.

Äquivalent hierzu sind änderungsintensive Bauteile zu sehen. Diese verlangen nach einer ähnlich intensiven Behandlung wie sicherheitsrelevante Bauteile. Befassen sich die Kriterien sicherheitsrelevant und änderungsintensiv maßgeblich mit den Auswirkungen von Prozessen, müssen demgegenüber die Prozesseigenschaften genauer bestimmt beziehungsweise klassifiziert werden.

Kranz /KРАН00/ nennt drei übergeordnete Gruppen von Eigenschaften:

- geometrische,
- funktionale und
- materielle.

Geometrische Abhängigkeiten beschreiben die Lagebeziehung und die Durchdringung von geometrisch beschriebenen Räumen. Darunter werden in diesem Kontext Bauteilabmessungen oder durch kinematische Bewegungen beanspruchte Räume verstanden.

Soll die eigentliche Funktion eines Bauteils in einer Freigabe explizit berücksichtigt werden, bedarf es aufgrund der Komplexität und Nachhaltigkeit einer intensiven Auseinandersetzung involvierter Fachabteilungen. Teile mit einer hohen Technologietiefe müssen demnach detailliert von einer Freigabe abgenommen werden.

Das verwendete Material kann weit reichende Folgen für viele Komponenten und Entwicklungsabteilungen haben. Insbesondere das Zusammenspiel technischer Implementierungen hängt stark von den verwendeten Materialien ab. Daher berücksichtigen materielle Kriterien beispielsweise die elektrochemische Spannungsreihe beim Verbinden zweier Metalle, unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten etc. /KRAN00/.

Zusätzlich sind noch rein formgebende/optische Prozesse zu berücksichtigen, da diese maßgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Produkts im Zuge der Kundenakzeptanz haben. Aus diesem Grund sind bei Freigaben nach formgebenden/optischen Kriterien hohe Instanzen zu involvieren, wozu in manchen Fällen auch der Vorstand zählt.

Aus der Unterscheidung funktionaler und formgebender Elemente stellt sich zudem die Frage nach der Orientierung einer Produktentwicklung. Bestimmt die Funktion die Entwicklungspriorität, muss sich das Design den technischen Funktionen, z.B. bezüglich der geometrischen Abmessungen, unterordnen. Genauso ist eine Anpassung der technischen Elemente an ein vorgegebenes Design möglich. Die Anpassung technischer Komponenten an die Formgebung ist hingegen schwieriger und mit einer höheren Änderungswahrscheinlichkeit verbunden.

Durch die Unterscheidung nach Schnittstellen wird der Relevanz der Design Structure Rechnung getragen. Hier kann zum einen ein autonomer Entwicklungsbereich oder ein schnittstellenübergreifendes Verhalten differenziert werden. Mit der Unterscheidung nach dem Schnittstellenverhalten werden die Abhängigkeitsbeziehungen des Simultaneous Engineering berücksichtigt, so dass unabhängige Prozesse als lokal zu definieren

sind, abhängige Prozesse sich hingegen durch einen schnittstellenübergreifenden Charakter auszeichnen. Durch diese Kriterien werden im Entwicklungsprozess hinsichtlich Freigaben, Organisation und Kommunikation die größten Unterschiede ersichtlich.

Die Bedeutung der verschiedenen Freigaben ist bei der Betrachtung von Änderungen ähnlich. Hier wird das Schnittstellenverhalten zusätzlich nach dem Änderungsgrund und der Änderungslösung unterschieden. Mit einer Klassifizierung nach lokalen und schnittstellenübergreifenden Gesichtspunkten bezüglich des Änderungsgrundes oder der Änderungslösung müssen die involvierten Komponenten ermittelt und somit die entsprechenden Abteilungen informiert werden. Zur Bestimmung des Schnittstellenverhaltens kann wiederum die Design Structure herangezogen werden. Auf die explizite Handhabung von Änderungen wird in Kapitel 3.6 näher eingegangen.

Des Weiteren kann die Modulationstheorie nach Bullinger /BULL95/ in einem Assistenzsystem ihre Berücksichtigung finden. Wie bereits gezeigt, entspricht die projektspezifische Funktionsgruppe einer anwendungsbezogenen Berücksichtigung der Funktionsgruppen der Design Structure und muss vor Beginn jedes Entwicklungsvorhabens aufgestellt werden. Je nach Anwendungsgebiet können die projektspezifisch angepassten Parameter aber noch tiefere Ebenen der Design Structure berücksichtigen, die entsprechend vom Anwender adaptiert werden müssen.

Die qualitativen Kriterien dienen der Charakterisierung von zu parallelisierenden Prozessen. Dabei sind häufig Kompromisse einzugehen, da die vorgestellten Kriterien auf der Basis allgemeiner Entwicklungsszenarien beruhen. Zur genaueren Bestimmung können daher mehrere qualitative Kriterien miteinander kombiniert werden. Durch die Kombination von quantitativen und qualitativen Gesichtspunkten sowie der Zulieferstruktur, ist eine hinreichende Unterscheidung von Freigabearten zur expliziten Handhabung gefunden, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

#### **3.4.4 Zusammenfassung der Freigabekriterien**

Freigaben und frühe Informationshandhabungen wurden als maßgebliches Mittel zur Verkürzung der Time-to-Market herausgestellt. Dennoch stellen Freigaben einen Aufwand dar, der einen Teil der eingesparten Zeit zunichte macht. Der Einsatz von Freigaben muss an signifikanten Stellen erfolgen, die im Einklang mit dem Entwicklungsgleichgewicht ein Optimum darstellen. Um eine Entwicklungszeitbeschleunigung zu erreichen, müssen auch Freigaben einer Dynamik unterliegen, um dem jeweiligen Ent-

wicklungsfall angepasst zu werden. Dieses Ziel nimmt sich das Freigabemodell an. Eine Unterscheidung nach den vorgestellten drei Hauptkriterien bildet die Struktur dieses Modells (Abbildung 31).

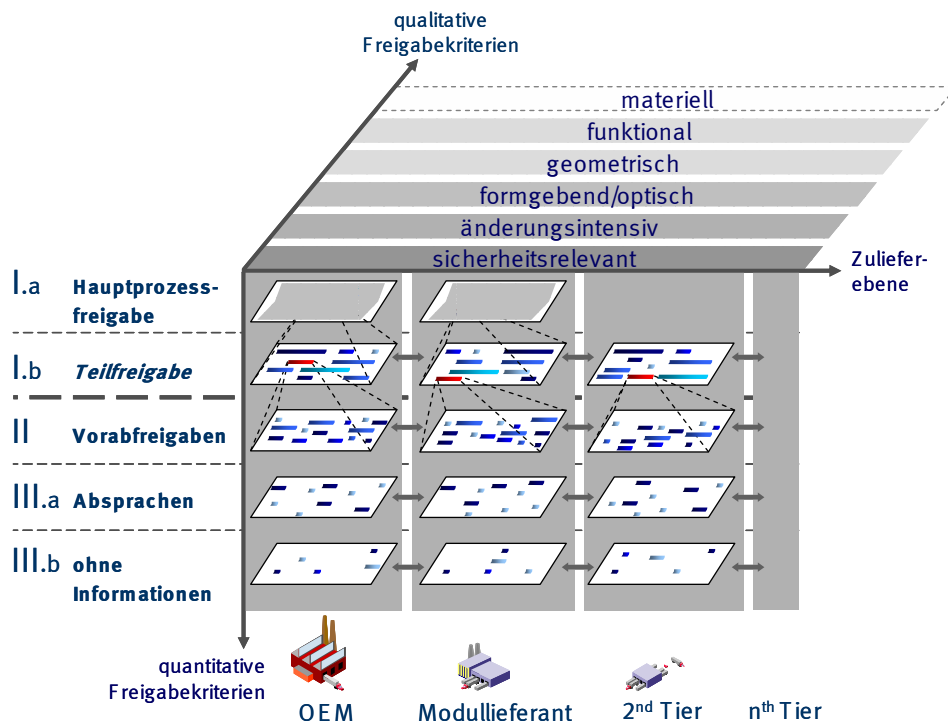


Abbildung 31: Freigabemodell

Zum jetzigen Zeitpunkt ist ein solches Freigabemodell rein theoretischer Natur und verlangt nach einer praxistauglichen Umsetzung. Hierzu sind detaillierte Kenntnisse über das zu entwickelnde Produkt und die Organisation der Entwicklung mit allen Strukturen notwendig. Zur Realisierung dieses Freigabemodells soll ein Assistenzsystem aufgebaut werden, das den Entwicklern und Koordinatoren als Vorgehensunterstützung beziehungsweise -anweisung dient. Für die individuellen Freigabefälle sollen dann Lösungen entwickelt werden, an denen sich alle Beteiligten orientieren können. Ziel dieses Freigabemanagements ist zum einen die Vermeidung des permanenten Kontaktierens von höheren Kontroll- und Verantwortungsinstanzen und die Förderung horizontaler Kommunikation, zum anderen die Bereitstellung relevanter Daten. Hierzu soll das Assistenzsystem kommunikations- und entscheidungsunterstützend fungieren.

### 3.5 Quality Gates

Um dem Qualitätselement des Entwicklungsgleichgewichts zu entsprechen, müssen geeignete Methoden gefunden werden, wonach eine Messung der Qualität durchgeführt werden kann. Dieser Aufgabe nehmen sich Quality Gates an, welche Kommunikationspunkte darstellen, an denen die Prozesserwartungen mit den tatsächlichen Fähigkeiten synchronisiert werden /FAUT99/. Die Prozessreife fließt in Form von Parametern in die Inhalte der Quality Gates ein /HAWL02/, so dass über das weitere Vorgehen entschieden werden kann. Quality Gates können daher als Trennglied von Projektphasen gesehen werden /OELT04/, um mittels der anschließenden Freigabe die nächste Phase zu starten /EVER02/. Für die Planung der Quality Gate-Struktur ist das Freigabemanagement ausschlaggebend. Freigaben grenzen sich von Quality Gates dadurch ab, dass Quality Gates über die gemessene Prozessreife entscheiden, Freigaben indessen die Prozessnachbereitung in Form von Kommunikation, Organisation und Datenbereitstellung bezüglich des weiteren Verlaufes übernehmen.

Quality Gate-Treffen sind formelle und verbindliche Entscheidungstermine, die im Zuge der Intervalle des interdisziplinären Entwicklungsteams abgehalten werden. Aus diesem Grund sind Quality Gates insbesondere für den Vorstand interessant, welcher sich so über das Projekt informieren kann /BULL04/. Die durch anschließende Freigaben abgesicherten Projektstände dienen als Basis für die weitere Projektarbeit und zu weiteren verbindlichen Zielvereinbarungen /HESS99/.

Für jedes Quality Gate muss vorab eine individuelle Leistungsvereinbarung getroffen werden, welche den Soll-Output der abzuschließenden Phase darstellt. Sind die Qualitätsanforderungen definiert, müssen diese noch geeignet gemessen werden können. Hierzu dienen Reifegradmessungen, die Quality Gates zeitlich vorangestellt sein müssen (Kapitel 3.5.2). Der gemessene Reifegrad muss klare Messgrößen liefern, die so genannten Deliverables, welche in Checklisten einzuarbeiten sind, so dass den verschiedenen Kriterien Punkte vergeben werden können /BULL04/. Mittels eines Ampelsystems kann durch ein Gremium – in der Freigabephase I das interdisziplinäre Entwicklungsteam – entschieden werden, ob ein Projekt auf grün, gelb oder rot steht /LAND04/. Grün bedeutet, dass das Gate erfolgreich passiert worden ist, hingegen muss bei gelb und rot diskutiert werden, inwiefern eine Weiterführung des Projekts ermöglicht werden kann oder welche Varianten an Problemlösungen existieren und praktikabel sind /SPAT01/, /WISS00/.

Der zeitliche Einsatz von Quality Gates muss dem Projektverlauf entsprechen und Freigaben vorangestellt sein, um noch eine wirtschaftliche Einflussnahme zu ermöglichen. Beispielsweise sollen Quality Gates vor essentiellen Projektschritten, wie dem Bau von Prototypen, Kundenerstmustern oder der Implementierung von teuren Modelleinrichtungen, stattfinden /SPAT01/. Besonders zu Beginn eines Entwicklungsprozesses müssen nach Tabrizi /TABR97/ mehr Quality Gates eingeführt werden, da hier die Einflussmöglichkeiten am größten sind (Abbildung 8).

### 3.5.1 Integration von Quality Gates

Quality Gates sollen als Instrumentarium zur Realisierung von Freigaben und somit zur Umsetzung des Freigabemanagements beitragen. Die Vorgehensweise zur Realisierung von Freigaben mit vorangegangenen Quality Gates erfolgt in 4 Phasen, die zeitlich sequentiell ablaufen:

- I. Definition der Sollprozesse,
- II. Aufnahme der konkreten Ist-Situation durch Reifegradmessungen,
- III. Entscheidung über den Reifegrad mittels Quality Gates und
- IV. Freigabe nach erfolgreichem Passieren.

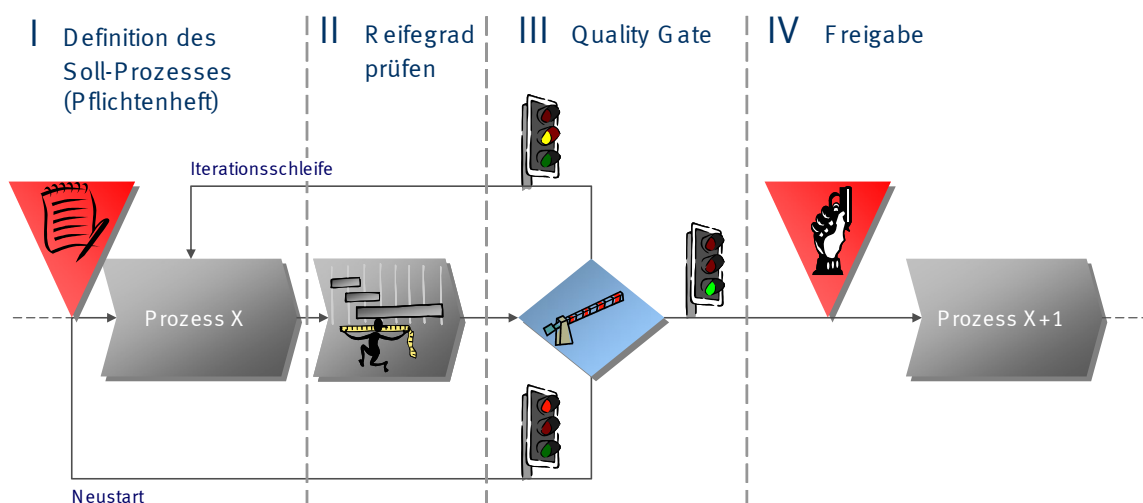


Abbildung 32: Freigaben-Regelkreis

Zunächst werden die Soll-Prozesse anhand von Pflichten- und Lastenheft definiert und der Prozess X hinsichtlich dieser Zielvorgaben gestartet. Nach Prozessende oder zu einem definierten Zeitpunkt wird dessen Reife durch entsprechende Messungen aufge-

nommen. Mit der ermittelten Reife kann in Verbindung mit Quality Gates über ein Ampelsystem entschieden werden, ob der Prozess vollständig neu gestartet wird, wenn ungenügende Übereinstimmungen der Soll-Prozesse mit den gemessenen Werten besteht, eine weitere Iterationsschleife zu fahren ist, wenn mäßige Unregelmäßigkeiten ausgemacht wurden oder vollständig freigegeben werden kann, wenn die Prozessanforderungen erfüllt sind. Der in Abbildung 32 gezeigte Freigabe-Regelkreis bezieht sich nur auf die Freigabephase I – Vorab- und logische Freigabe verlangen nach einer schlankeren Handhabung ohne das zeitaufwändige Durchlaufen von Quality Gates und Freigaben.

Die verschiedenen Hersteller setzen Quality Gates nach essentiellen Projektphasen ein. So werden bei DaimlerChrysler Nutzfahrzeuge insgesamt sechs Quality Gates durchlaufen /OELT04/:

1. Initialphase,
2. Produktdefinition,
3. Produktkonfiguration,
4. Pflichtenheftphase,
5. Serienentwicklung und
6. Serienvorbereitung.

Diese geringe Anzahl ist im Zuge einer Restrukturierung des Freigabemanagements unzureichend, so dass entsprechend den Teilfreigaben und Vorabfreigaben auch Teil- oder Vorab-Quality Gates zu bilden sind. Broy /BROY03/ unterscheidet hier in externe und interne Quality Gates. Externe Quality Gates sind auf einer oberen Detaillierungsebene angesetzt und zu Haupt- oder Teilfreigaben äquivalent. Interne Quality Gates sind nicht als solche zu verstehen, sondern beschreiben gemäß logischen Freigaben eine Abstimmung, basierend auf Annahmen und unscharfen oder unvollständigen Daten. Die Bezeichnung „extern und intern“ kommt daher der im Zuge von Freigaben gewählten Definitionen von horizontaler und vertikaler Kommunikation, also bereichsintern und -übergreifend, nah. Die Möglichkeit der Prozessabsicherung auf operativer Ebene wird durch die direkte Umsetzung des Reifegradmanagements mit einem „logischen Quality Gate“ möglich, das ähnlich den logischen Freigaben gehandhabt wird.



### 3.5.2 Reifegrade

*„Bei Veränderungen von Verbesserungen zu sprechen, ist nur möglich unter der Voraussetzung der Messbarkeit.“ /FAUT99/*

Es bedarf der Definition und Klassifikation von Freigabephasen auf der einen Seite, der Bewertung und Festlegung von Voraussetzungen zur Prozessparallelisierung auf der anderen Seite. Ähnlich dem Verhältnis zwischen Freigaben, die eine präventive Maßnahme darstellen, und Änderungen, die als Reaktion auf einen Vorfall stehen, sind Reifegrade eine vorab zu messende Größe, mit deren Hilfe ein nächstes Quality Gate eingerichtet werden kann.

Wird der Begriff „Reife“ als Zustandsgröße verstanden, ist ein Sachverhalt „reif“, wenn er einem definierten Sollzustand angenähert oder identisch ist /WISS00/. Durch die eingeschränkte Akzeptanz /SPAT04b/ und bezüglich der Prävention ist die Definition der Qualität und deren Messung mittels Reifegraden eines der Schlüsselthemen zur Realisierung von Quality Gates und somit für ein effektives Freigabemanagement.

Unter Qualitätslenkung werden nach /DGQ93/ die vorbeugenden, überwachenden und korrigierenden Tätigkeiten bei der Realisierung einer Einheit verstanden. Die Schwierigkeit liegt im Produktentstehungsprozess oft darin, dass Qualitätsmerkmale selten durch explizite Werte charakterisiert sind. Um eine bestimmte Prozessreife festzustellen, sind die Verantwortlichen, In- und Output mit zugehörigen Kunden beziehungsweise Lieferanten von Informationen, die unterstützenden Methoden und Hilfsmittel sowie Messgrößen zu bestimmen. Die Bewertung von Reifegraden erfolgt anhand von definierten Indikatoren durch Verantwortliche, die aufgrund ihrer Tätigkeiten im Projekt den aktuellen Status und mögliche Risiken kennen und abschätzen können /WISS00/. Aus diesem Grund kann ein Reifegradcontrolling auch als Frühwarnsystem dienen /ABEL03/. Mit Hilfe einer Reifegradbewertung auf tieferer Ebene ist es dem Entwickler zudem möglich, seine Ergebnisse selbst zu messen und zu bewerten, bevor sie an späterer Stelle von anderen Instanzen via Quality Gates überprüft werden /EVER02/. Aus diesem Grund eignen sich Reifegradmessungen im Besonderen für Vorab- und logische Freigaben. Aus der Reifegradentwicklung können Prognosen über den Qualitätsstand des Produkts, Änderungsaufkommen, Nachbearbeitungsaufwendungen etc. abgeleitet werden. Hierdurch werden Transparenz über den Entwicklungsfortschritt geschaffen, Schwachstellen aufgezeigt und rechtzeitiges Gegenlenken ermöglicht /SCHM03/. Nicht zuletzt soll zur Erhöhung des Reaktionsvermögens die Durchführung von Reifegradbe-

wertungen in kleinen Zeitfenstern erfolgen, um einen einheitlichen Informationsstand zu erreichen /WISS00/.

### 3.5.3 Regelkreise für Vorab- und logische Freigaben

Ähnlich den Freigaben verursachen Quality Gates mit dazugehörigen Reifegradmessungen einen hohen Aufwand. Da Quality Gates direkt mit Freigaben gekoppelt sind, ist eine zu große Anzahl für eine Entwicklungszeitbeschleunigung durch Prozessüberlappungen ebenso wenig sinnvoll.

Im Zuge von Vorab und logischen Freigaben wird kein strukturelles Quality Gate durchlaufen, sondern nur auf horizontaler Ebene das Ampelszenario logisch durchgespielt und entsprechend entschieden. An dieser Stelle dienen Reifegrade einer groberen Überprüfung als Quality Gates, was auf tieferer Detaillierungsebene aber von Vorteil ist. Das Reifegradmanagement ist daher prädestiniert, den Kontrollaufwand zu minimieren, den Entwicklern durch Eigenkontrolle mehr Autonomie einzuräumen und die horizontale Kommunikation zu fördern.

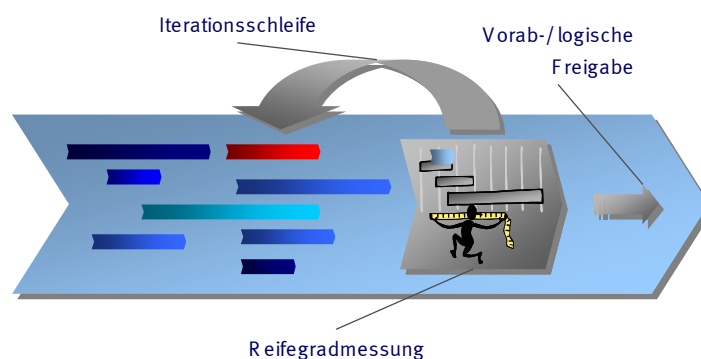


Abbildung 33: Regelkreis von Vorab- und logischen Freigaben (Phase II & III)

Im Gegensatz zu dem Freigabe-Regelkreis (Abbildung 32) ist die iterative Regelung von Vorab- und logischen Freigaben wesentlich schlanker. Es werden zu Beginn keine Soll-Prozesse festgelegt sowie Quality Gates und Freigaben gestrichen. Auch müssen nur in wenigen Fällen, z.B. bei sicherheitskritischen und änderungsintensiven Elementen, höhere Instanzen informiert werden. Zumeist findet eine direkte Kommunikation statt, so dass aufwändige Prozesse gestrichen und der gesamte Prozess reagibler gestaltet werden kann. Ein definiertes Berichtsintervall soll eine nachträgliche Kontrolle ermöglichen.

### 3.6 Änderungsmanagement

*„Änderungen sind in Entwicklungsprojekten ganz normal, da sie in der Natur der Sache liegen.“ /BULL04/*

Änderungen führen prinzipiell zu einer Abkehr aus der Normalität und dämpfen in diesem Zuge die Produktivität, sind aber im Produktentstehungsprozess unvermeidbar. Selbst bei freigegebenen Prozessen besteht die Gefahr des Auftretens von Änderungen /CORS93/. Bestrebungen, die Entwicklungszeit so weit wie möglich zu verkürzen, können durch zunehmende Änderungsintensität aufgrund von unzureichendem Informationsaustausch ab einem bestimmten Grad ins zeitliche Gegenteil umschlagen (Abbildung 26). Die Konsequenz aus einem erhöhten Änderungsaufkommen ist zudem, dass die Entwicklungskosten nachhaltig negativ beeinflusst werden oder das Produkt am Markt aufgrund mangelnder Qualität keinen Absatz findet. Letzteres zöge einen hohen Imageschaden für das jeweilige Unternehmen nach sich, was ein kaum zu kalkulierendes Risiko darstellt /FAUT99/. Aus diesem Grund ist ein effektives Änderungsmanagement, wie auch das Freigabemanagement, unumgänglich, um Zeit, Qualität und Kosten eines Entwicklungsvorhabens in der Balance zu halten. Durch eine Prozessstabilisierung mittels früher Freigaben können Fehler eher festgestellt und Änderungen demzufolge effektiver behoben werden. Clark /CLAR92/ sieht eine schnelle Reaktion auf Änderungen als Voraussetzung für eine wirksame Prozessüberlappung, Gemmerich /GEMM95/ das Änderungsmanagement sogar als Steuerungsorgan für die Produktentwicklung.

Nach Hoffmann /HOFF99/ erlaubt eine hohe Änderungssensitivität der nachgelagerten Bereiche keine Aufgabenbearbeitung auf der Grundlage unvollständiger Ausgangsinformationen. Diesem widerspricht das Freigabemanagement und sieht auch für den Fall von änderungsintensiven Komponenten Prozessüberlappungen vor, die durch intensive Kommunikation und weitsichtige Auslegungen realisiert werden können. Um über die ideale Freigabephase entscheiden zu können, müssen Änderungen präventiv berücksichtigt werden. Änderungswahrscheinliche Teile können anders behandelt und eine angepasste Freigabestrategie gewählt werden. Bei Porsche findet z.B. eine verstärkte Absicherung wichtiger Komponenten wie Fahrwerk und Motor statt /RISS02/. Demnach sind eine Änderungssensibilisierung und ein entsprechendes Änderungsmanagement zur Umsetzung des Freigabemanagements unabdingbar.

### 3.6.1 Differenzierung von Änderungen

Nicht zuletzt durch die Handhabung von Änderungen mittels Freigaben und deren Implementierung in ein kommunikations- und entscheidungsunterstützendes Assistenzsystem sollen für Änderungen ähnliche Klassifizierungen entwickelt werden.

Zunächst muss eine Untersuchung bezüglich des Schnittstellenverhaltens durchgeführt werden. Hierzu ist eine ganzheitliche Denkweise beim Konstrukteur zu fördern, damit dieser die Konsequenzen einer von ihm vorgenommenen Änderung abschätzen kann. Hierfür sind Änderungen in vier Kategorien einzuteilen (Abbildung 34).

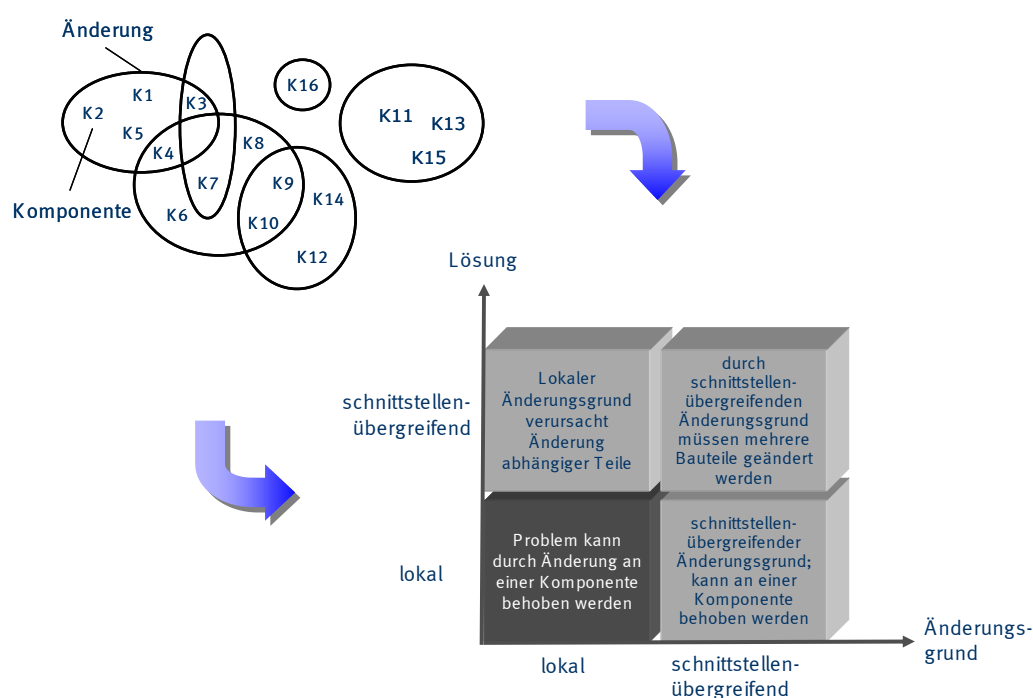


Abbildung 34: Klassifizierung von Änderungen anhand des Schnittstellenverhaltens, i.A. an /FRIT97/, /MÜND00/

Entscheidend ist, ob der Änderungsgrund und dessen Lösung jeweils lokal oder schnittstellenübergreifend einzuordnen sind. Einfachster Fall ist ein Änderungsgrund, der aus einer Abteilung resultiert und dessen Lösung ebenfalls abteilungsintern möglich ist. Dieser Änderungsvorgang ist einem autonomen Entwicklungsbereich äquivalent. Zu kommunizieren ist hingegen ein schnittstellenübergreifender Änderungsgrund, der innerhalb einer Entwicklungsabteilung gelöst werden kann. Schwieriger sind lokale Änderungen, die viele bereichsübergreifende Änderungen an anderen Komponenten notwendig machen. Hierbei müssen involvierte Stellen von dieser Abteilung informiert

werden. Weitreichende Folgen hat ein schnittstellenübergreifender Änderungsgrund in Kombination mit einer schnittstellenübergreifenden Lösung. Sind beispielsweise bei einem Crashtest schlechte Deformationswerte das Ergebnis, müssen nahezu alle tragenden Elemente überprüft und geändert werden. In jedem Fall sind hierbei übergeordnete Instanzen zu informieren, da eine späte Änderung gemäß dem ersten Quadranten im schlimmsten Fall den Projekterfolg gefährden kann.

### 3.6.2 Das Änderungsmodell

Äquivalent zum Freigabemodell muss auch für ein effektives Änderungsmanagement ein Modell entwickelt werden, um in einem Assistenzsystem Verwendung finden zu können. Hierzu werden Änderungen nach verschiedenen Kriterien differenziert.

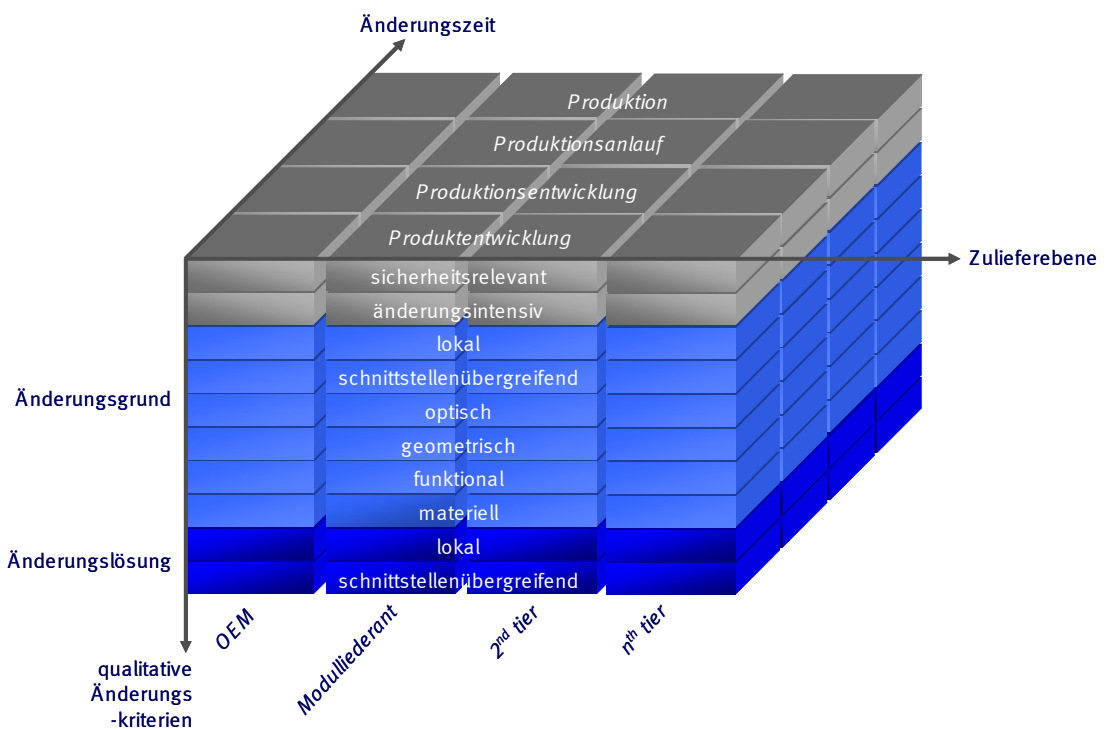


Abbildung 35: Dreidimensionales Änderungsmodell

Bezüglich des Änderungsgrundes wird nach sicherheitsrelevanten oder änderungsintensiven Teilen unterschieden. Diese müssen sorgfältig überprüft und in den meisten Fällen extra freigegeben werden. Des Weiteren sind Änderungen wie Freigaben nach formgebenden/optischen, geometrischen, funktionalen und materiellen Gesichtspunkten zu unterscheiden. Abbildung 34 greift die Unterscheidung in lokale und schnittstellenübergreifende Änderungsgründe beziehungsweise deren Lösungen auf.

Änderungen sind maßgeblich von der Zeit hinsichtlich der Anzahl und Wirkung abhängig. Als Änderungszeit wird im Zuge dieser Arbeit nur die Produktentwicklung betrachtet; dennoch soll durch die Berücksichtigung der Phasen Produktionsentwicklung, -anlauf und Betrieb der Querschnittscharakter von Änderungen und die Nachhaltigkeit des Änderungsmanagements unterstrichen werden.

Gemäß der Zulieferebenen werden wiederum die aus dem Freigabemodell bekannten Unterscheidungen in OEM, Modullieferant, 2<sup>nd</sup> bis n<sup>th</sup> tier unterschieden.

Eine Unterscheidung nach Quantitativen Kriterien, also der Freigabephase macht bei Änderungen keinen Sinn, weil speziell diese Information von einem Assistenzsystem für Änderungen ermittelt werden soll. Ist eine Änderung existent, soll das Assistenzsystem die entsprechende Freigabephase angeben und damit auch die hinterlegte Vorgehensweise.

### 3.6.3 Doppelfreigabe von Änderungen

Gregorzik /GREG04a/ sieht im Simultaneous Engineering das Problem der schnellen Informationsweitergabe bei Änderungen. Durch einen Mangel an Freigaben bei Änderungen (/GIES00/) soll diese Problematik mit der Adaption des Freigabemanagements auf das Änderungsmanagement gelöst werden. Hierdurch wird eine höhere Entwicklungsqualität geschaffen und die Nachhaltigkeit des Freigabemanagements unterstrichen. Durch folgende Vorgehensweise soll daher eine maximale Prozesssicherheit bei Änderungen gewährleistet werden:

1. Änderungen *präventiv* vermeiden,
2. Änderungen *reaktiv* durchführen,
  - a. Änderungsantrag validieren,
  - b. Umsetzung der Änderung verifizieren.

Eine zweifache Freigabe von Änderungen rührt unter anderem daher, dass nach Kranz /KRAN00/ häufig auf Kundenwünschen basierende Änderungsanträge genehmigt werden, ohne dass genaue Informationen über deren Auswirkungen vorliegen. Daher muss zur erfolgreichen Umsetzung von Änderungen, die keine Folgeänderungen nach sich ziehen sollen, der Änderungsantrag zunächst entsprechend validiert werden. Dieses geschieht auf höherer Detaillierungsebene, da hier die Schnittstellen einer Änderung besser überblickt werden können.

Die abschließende zweite Freigabe zur Verifizierung der Umsetzung kann in den meisten Fällen aufgrund der festgelegten Restriktionen lokal gelöst werden. Lediglich bei sicherheitsrelevanten und änderungsintensiven Teilen sind höhere Instanzen mit einzu-beziehen. Können die Forderungen bezüglich der Validierung oder Verifizierung nicht erfüllt werden, sind entsprechende Iterationsschleifen notwendig.

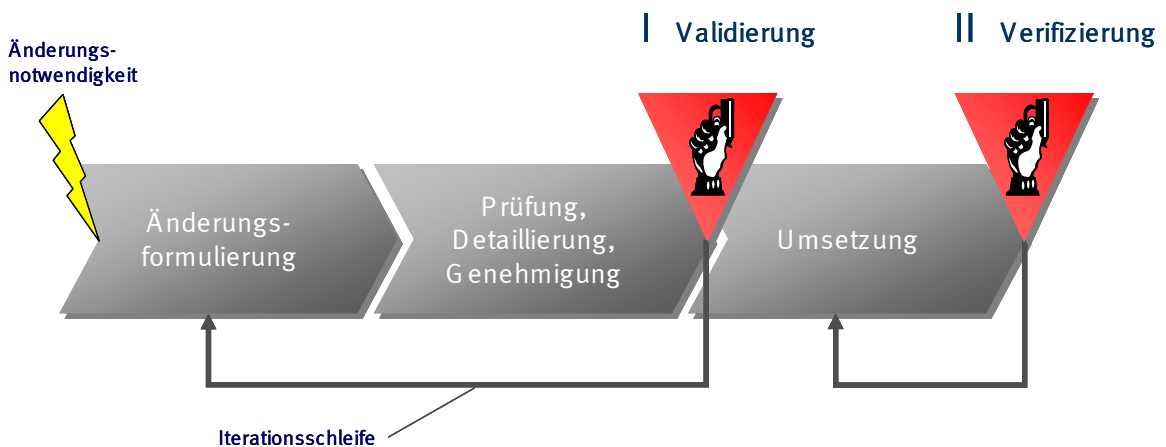


Abbildung 36: Doppelfreigabe bei Änderungen

Nach /DIN199T4/ läuft eine Änderung in drei Phasen ab. Abbildung 36 visualisiert diese drei Phasen mit dem entsprechenden Einsatz von Freigaben zur Validierung und Verifizierung von Änderungen.

Durch das weitere Einführen des dem Freigabemodell ähnlichen Änderungsmodells sollen vielfältige Verknüpfungen offen gelegt werden, so dass beide Modelle einem Assistenzsystem als Basis dienen können.

### 3.6.4 Kombination aus Freigaben und Änderungen

Zum einen sollen Änderungen durch ein effektives Freigabemanagement vermieden werden, zum anderen sind tatsächlich auftretende Änderungen schnell und effektiv zu vollziehen. Freigaben sind daher Änderungen bei präventiver Vorgehensweise zeitlich vorangestellt; im Zuge der Reaktion auf eine Änderungsnotwendigkeit wird die Reihenfolge getauscht. Beiden gemeinsam sind die oft weit reichenden Auswirkungen, vielfältige Schnittstellen und die hierarchische Entscheidungsstruktur. Die Komplexität von Freigaben ist in Abbildung 31, die von Änderungen in Abbildung 35 dargestellt. Freigaben und Änderungen sind nicht zuletzt durch die visualisierte Mehrachsigkeit kom-

plexe Prozesse, die an sich einen zeitlichen und kapazitiven Aufwand darstellen. Dieser soll mit einem Assistenzsystem gehandhabt werden.

Ähnlich den Freigaben sieht Humbert /HUMB00/ die Notwendigkeit des kontinuierlichen Einfließens von Änderungen in den laufenden Entwicklungsprozess. Die dazu notwendige Prozesstransparenz kann nur durch Parallelität verwirklicht werden – Ehrlenspiel /EHRL95/ spricht hier von der integrierten Produktentwicklung.

Äquivalent zu Freigaben können auch Änderungen quantitativ differenziert werden. Freigaben der Phase I sind demnach nur bei großen Änderungen sinnvoll anzuwenden. Bei weniger weit reichenden und umfangreichen Änderungen kann anstelle der Freigabe auf tieferer Ebene vorab oder logisch freigegeben und geändert werden. Dieses ist der Vorgehensweise mit Hilfe von Iterationsschleifen bei Vorab- und logischen Freigaben ähnlich (Abbildung 33) und kann für kleinere oder lokale Änderungen übernommen werden.

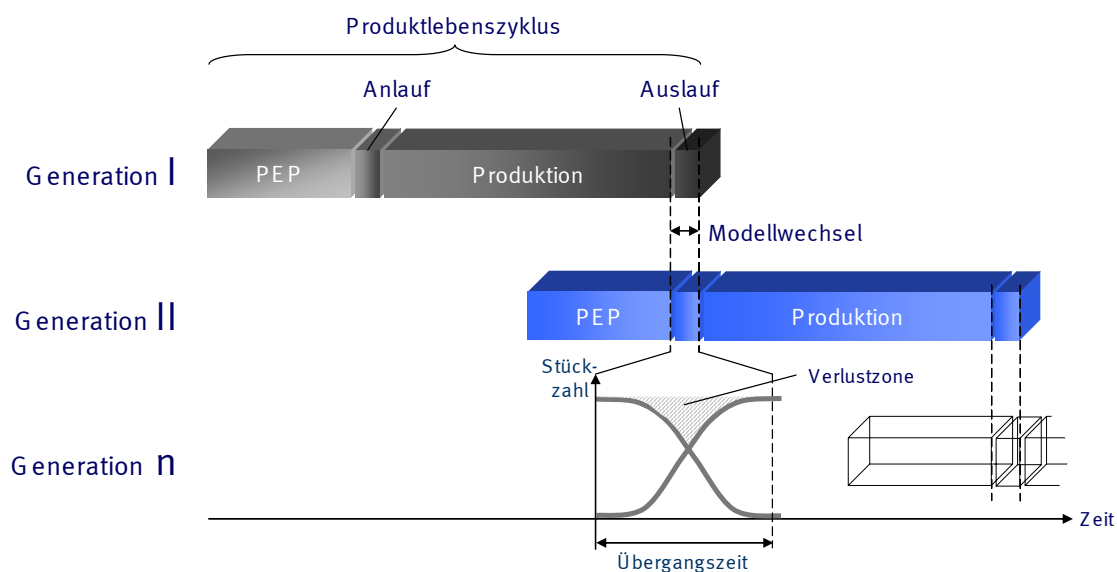


Abbildung 37: Produktlebenszyklen und Generationswechsel

Insbesondere zeigt der Querschnittscharakter über den gesamten Produktlebenszyklus die enge Verquickung von Freigaben und Änderungen (Abbildung 37). Mit der Freigabe von Dokumenten in der Produktentwicklung und der Freigabe von Änderungen über den gesamten Produktlebenszyklus bestimmen das Freigabe- und das Änderungsmanagement maßgeblich den späteren wirtschaftlichen Erfolg eines Produkts. Durch die Überlappung der Produktlebenszyklen wird der Generationswechsel an den Schnittstellen



vollzogen. Mit der Kombination aus Produktionsauslauf und -anlauf findet eine Synchronisation statt, so dass durch eine Auslastungsharmonisierung die Verlustzone minimiert werden kann. Die Abstimmung der Freigaben und Änderungen, die hier aus der vorherigen und nachfolgenden Generation direkt ineinander greifen, bestimmt maßgeblich einen erfolgreichen Modellwechsel.

### 3.7 Kommunikation in der Entwicklung

*„Eine besondere Stellung in interdisziplinären Projekten kommt der übergreifenden Kommunikation und Synchronisation der Ergebnisse zu.“ /EVER02/*

Die Fertigkeit im Umgang mit Informationen ist für Prozessparallelisierungsbestrebungen von entscheidender Bedeutung /CLAR92/. Das vorgestellte Freigabemanagement basiert auf intensiven Kommunikationsflüssen. Nicht nur durch diese Betrachtungsweise, sondern auch durch den Trend der zunehmend verteilten Entwicklung gewinnt der Faktor Kommunikation vermehrt an Bedeutung. Erfahrungsgemäß sinkt mit zunehmender Arbeitsplatzdistanz die Kommunikationsdichte /GESC93/, /PAAS01/. Nach Wildemann /WILD98/ sind in der Produktentwicklung verstärkt DV-Anbindungen das Mittel der Wahl; der Trend zu räumlicher Nähe seitens der Zulieferer in der Entwicklung ist nicht erkennbar. Das Grundprinzip des Simultaneous Engineering liegt daher in einer Verkürzung und zeitlichen Verdichtung der Kommunikationswege zwischen Entwicklungsabteilungen innerhalb und außerhalb des OEM /CORS93/.

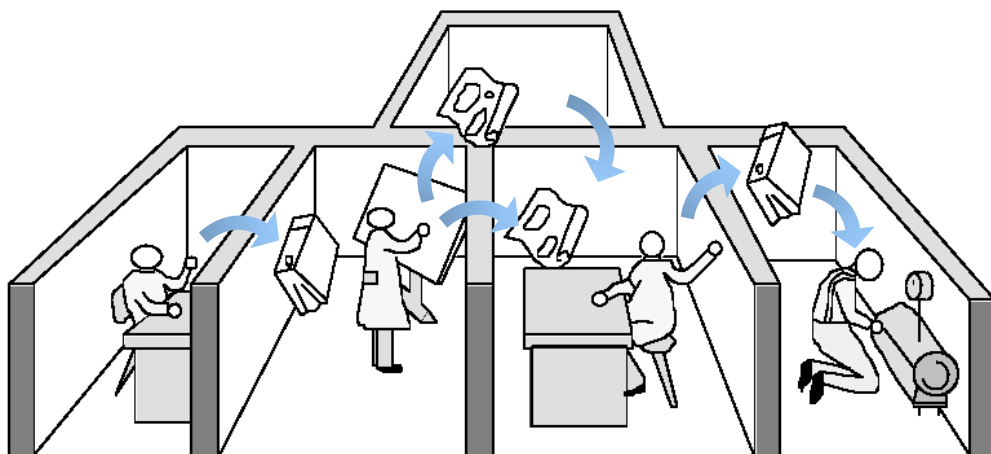


Abbildung 38: Schnittstellenproblematik in der Entwicklung, /WAGN02/

Werden Informationen und Dokumente nicht kommuniziert, sind kaum nennenswerte Entwicklungszeitverkürzungen durch späte Änderungen möglich /DEPA95/, /FRIT97/. Insbesondere im Zuge von logischen Freigaben wird zusätzlich Zeit dafür benötigt, zunächst mit unscharfen Resultaten zu beginnen und nachfolgend Korrekturen beziehungsweise Änderungen vorzunehmen /SCHR94/, /MANS88/. Die aus mangelnder Kommunikation resultierende Schnittstellenproblematik wird auch als Informationshandhabung nach dem „Throw-it-over-the-Wall“-Prinzip bezeichnet (Abbildung 38). Hierbei sind unter Wänden Restriktionen in Form von uneinheitlichen Kommunikationsstandards, räumlicher Distanz und mangelndem Kommunikationsbewusstsein zu verstehen. Durch diese Vorgehensweise werden weder Synergien genutzt noch die Interessen involvierter Abteilungen und Zulieferer berücksichtigt. Zwar kann mittels eines interdisziplinären Entwicklungsteams Kontrolle und Steuerung ausgeübt werden, der Forderung nach horizontaler Kommunikation wird dennoch nicht entsprochen. Logische Freigaben und größtenteils auch Vorabfreigaben sind so nicht realisierbar.

Eine Kommunikation durch die gesamte Hierarchie ist nicht immer erstrebenswert, sondern durch eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation zwischen involvierten Bereichen zu ersetzen. Bullinger /BULL04/ versteht daher unter Kooperation nicht die organisatorische Form der Zusammenarbeit, sondern die direkten Austauschbeziehungen. Bezogen auf das Freigabemodell muss nicht nur das nächstgelegene Feld erreichbar sein; es kann auch zwischen den dreidimensional verteilten Ebenen gesprungen werden, um den direkten Kontakt zu suchen.

Insbesondere in der Produktentwicklung ist neben der reinen Kommunikation der unmittelbare Austausch von Daten relevant. Das Arbeiten mit CAX-Technologien ist die beste Voraussetzung, Daten durch digitales Vorliegen mit anderen Entwicklungsabteilungen austauschen zu können und somit eine Zusammenarbeit an verschiedenen Standorten zu ermöglichen /SCHO96/. Das Problem uneinheitlicher Kommunikationsinstrumente ist hierbei dem Problem der uneinheitlichen Schnittstellen bei CAX-Technologien ähnlich. Um den Aspekt der Kommunikation bezüglich des Freigabemanagements zu forcieren, ist es sinnvoll, bekannte Supply Chain Datenverwaltungsinstrumente für die Entwicklung zu adaptieren. Des Weiteren muss allen Prozessbeteiligten zur gleichen Zeit die Möglichkeit gegeben werden, Informationen online einzusehen. Dieses ist in einem Assistenzsystem durch das kontinuierliche Einpflegen von dynamischem Wissen zu realisieren. So kann neben den tatsächlich versandten Informationen jede Abteilung noch weitere Daten selbst beschaffen. Beispielsweise vernetzt ein

Virtual Privat Network (VPN) bei Bertrandt alle Entwicklungsstandorte und erlaubt den Entwicklungsbeteiligten beim OEM wie auch bei den Zulieferern Zugriffe auf Meta- und CAD-Daten /ZECH02/. Es besteht zudem die Möglichkeit, automatisch erstellte Stücklisten, verschiedene Ansichten und technische Informationen schon mit in Zeichnungen zu integrieren. Voraussetzung ist hierzu die Einheitlichkeit der Standards. Arbeiten mehrere Personen an einem Dokument, muss dringend auf die Aktualität der zur Verfügung stehenden Dateien geachtet werden. Außerdem bedarf es einer expliziten Kennzeichnung der an Bearbeitungen beziehungsweise Änderungen beteiligten Personen /STÄH03/. In dieser Weise vorliegende Daten können leicht als Wissen neben den kommunikationsunterstützenden Maßnahmen in ein Assistenzsystem integriert werden. Das kommunikations- und entscheidungsunterstützende Assistenzsystem soll daher die Möglichkeit bieten, Standards und erprobte Vorgehensweisen in Form von Best Practices branchenübergreifend nutzen zu können.

### **3.7.1 Auswirkung mangelnder Kommunikation im Entwicklungsprozess**

*„Eine Szene aus dem Alltag. Seit Tagen schon wartet man in der Konstruktionsabteilung auf eine Rückmeldung der Kollegen aus dem Bereich Design. Vor einiger Zeit hatte man dort technische Daten angefragt. Später stellt sich heraus, dass man im Design-team viel Zeit in der Übersetzung der Fachtermini der Konstrukteurszunft investieren musste.“ /BAHL03/*

Durch diesen Kommentar wird deutlich, dass mangelnde Kommunikation zu erheblichen Missverständnissen und somit Zeitverzögerungen führen kann. Ein effektiver Informationsaustausch ist unerlässlich, um Abstimmungsfragen schnell zu klären /BULL99/. Abstimmung schafft demzufolge Transparenz und Akzeptanz, da die Schnittstellen zwischen Prozessen wesentlich besser beherrscht beziehungsweise Probleme und deren Ursachen offen gelegt werden können. Um das Problem mangelnder Abstimmung angehen zu können, müssen dessen Ursachen eingehend bekannt sein. Als Hauptproblematiken bei der Kooperation zwischen Projektpartnern nennt Böttge /BÖTT99/

- fehlerhafte Übertragung,
- Medienbrüche,
- fehlende Berechtigungen,
- Sicherheitsrisiken,

- Vernetzungsprobleme,
- fehlende Ansprechpartner / organisatorische Probleme,
- lange Laufzeiten,
- hohes Datenvolumen,
- schlechte Erreichbarkeit und
- Konvertierungsprobleme.

Das anfangs angefügte Beispiel mangelnder Kommunikation kann auf mehrere dieser Punkte zurückgeführt werden. Es besteht in diesem Kontext die Gefahr, dass bei Unverständnis eines Sachverhaltes und fehlenden Kommunikationsflüssen die Entwicklung nicht auf der Basis von konkreten Informationen, sondern mit Annahmen fortgesetzt wird. Dieses kommt logischen Freigaben gleich, obwohl an dieser expliziten Stelle ein prozesssichereres Vorgehen möglich ist. Das Bestreben der Entwicklungsverantwortlichen muss immer darin liegen, die maximal mögliche Überlappung mit der höchstmöglichen Freigabephase zu verknüpfen, um Prozesssicherheit zu erreichen. Das Freigabemanagement dient dem Zweck, in frühen Entwicklungsphasen den Informationsmangel zu kompensieren; besteht jedoch die Möglichkeit in einer höheren Phase, sprich mit abgesicherten Ergebnissen, ohne nennenswerte Zeitverluste arbeiten zu können, soll dieses im Hinblick auf eine geringere Änderungswahrscheinlichkeit realisiert werden (Kapitel 3.3.2).

### **3.7.2 Kommunikationsstrategien**

Vorgaben von Kommunikationsstrategien werden auf oberer Unternehmensebene bestimmt, detaillierte Maßnahmen werden hingegen in den einzelnen Entwicklungsabteilungen „vor Ort“ entschieden. Paasivaara /PAAS02/ favorisiert beispielsweise die Festlegung von wöchentlichen Projektmeetings. Diese können im Zuge einer progressiven Prozessparallelisierung je nach Anwendungsfall aufgeweicht beziehungsweise intensiviert werden. Insbesondere in der Anfangsphase eines Vorhabens können mehr Meetings notwendig sein. Es muss ein reger Informationsfluss zwischen den Abteilungen bestehen, so dass die kleinen Iterationsschritte des Entwicklungsfortschritts in ebenso kleinen Intervallen kommuniziert werden können. Diese Schritte ergeben über der Zeit aufgetragen eine Art Treppe, so dass bei zunehmendem Zeitverzehr der technische Fortschritt wächst und das Entwicklungsziel näher rückt. Diese Treppenschritte müssen so

klein wie möglich gehalten werden, um schließlich das Ideal eines kontinuierlichen Austauschs in Verbindung mit einer größtmöglichen Steigung zu erzielen (Abbildung 39).

Vorteile kleiner Iterationsschritte sind

- kürzere Entwicklungszeit,
- höhere technische Produktreife,
- geringere Änderungswahrscheinlichkeit etc.

Durch kleine Iterationsschritte kann die Entwicklungszeit verkürzt werden, da Ergebnisse den nachfolgenden Prozessen eher zur Verfügung stehen und diese mit kleinen Entwicklungstätigkeiten beginnen können. Insbesondere ist in frühen Freigabephase der Vorhaltebestand von Informationen gering, so dass abhängige Prozesse auf einen regen Informationsfluss generell angewiesen sind. Mit Hilfe von Informationsrückflüssen können zudem die Interessen anderer Entwicklungsabteilungen frühzeitig berücksichtigt werden, so dass ein höherer technischer Produktreifegrad erreicht wird. Schließlich können durch intensive Absprachen in Verbindung mit einer hohen Freigabefrequenz Änderungen präventiv vermieden werden.

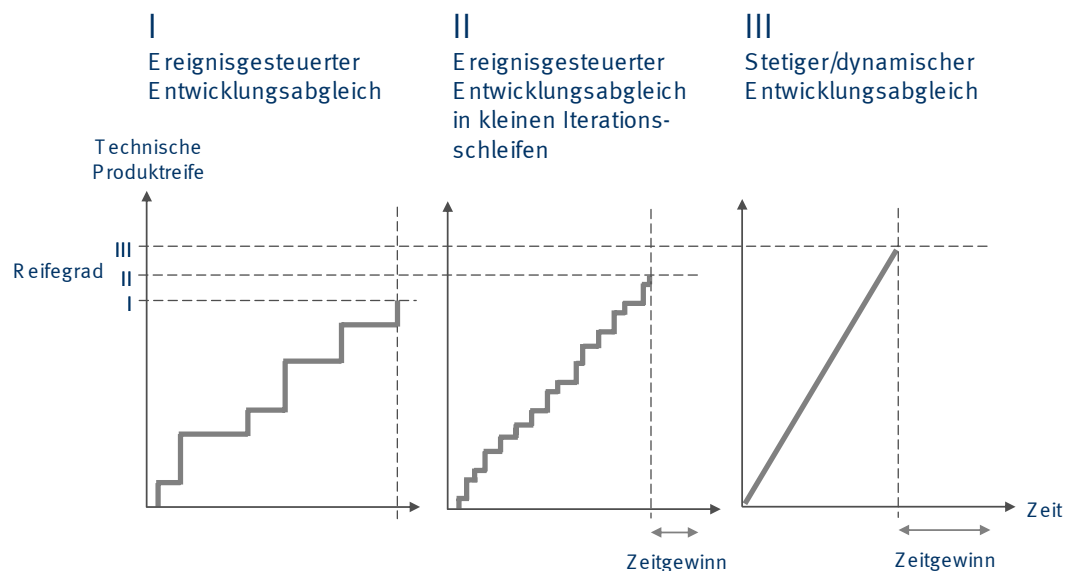


Abbildung 39: Ereignisgesteuerter und stetiger Entwicklungsabgleich

Der Begriff „stetiger Entwicklungsabgleich“ ist in diesem Kontext eher theoretisch geprägt. Eine Kommunikation kann nur in Schritten erfolgen und muss auch hier ein ge-

sundes Maß einhalten. Letztendlich trägt Kommunikation nur sekundär zum Entwicklungsprozess bei und ist somit aus unternehmenslogistischer Sicht ein Stützprozess. Ziel muss es sein, einen Entwicklungsabgleich nicht nur nach Vollendung eines ganzen Prozesses zu vollziehen, sondern gemäß den Detaillierungsebenen auch kleine Aufgaben horizontal zu kommunizieren.

### 3.7.3 Kommunikationsarten

In einem Assistenzsystem können Kommunikationsinstanzen, Kommunikationsart oder die Länge der Intervalle je nach Entwicklungsfall differieren. Nicht zuletzt durch das oft digitale Vorliegen von Dokumenten muss die Art der Kommunikation bedacht werden. Bullinger /BULL99/ sieht in dem Einsatz moderner Kommunikations- und Informationstechnologie eine Pflicht, um der verteilten Produktentwicklung mit interdisziplinärer Teamarbeit in der Produktentwicklung gerecht zu werden.

*„Wer alleine arbeitet, addiert, wer zusammen arbeitet multipliziert.“ /BAUM03/*

Alleine kann heute in industriellen Vorhaben ohnehin nicht mehr entwickelt werden; im übertragenen Sinne liegt daher der Fokus auf dem Zusammenspiel aller Kräfte, da nur so ganzheitlich erfolgreich im Sinne von Zeit, Kosten und Qualität entwickelt werden kann. In diesem Zusammenhang wird der Aspekt Kommunikation immer wichtiger, da durch partielle Entwicklungsauslagerungen auf andere Verantwortlichkeiten neben der räumlichen auch eine ideologische Distanz entsteht. Hierbei kann es notwendig sein, eine persönlichere Art der Kommunikation zu wählen, um Verständnis in Kombination mit Vertrauen und Partnerschaftlichkeit zu setzen.

Den Entwicklern stehen heutzutage vielfältige Möglichkeiten der Kommunikation zur Verfügung. Generell wird nach Springer /SPRI97/ zwischen einer Face-to-Face- und einer technischen Kommunikation unterschieden (Abbildung 40).

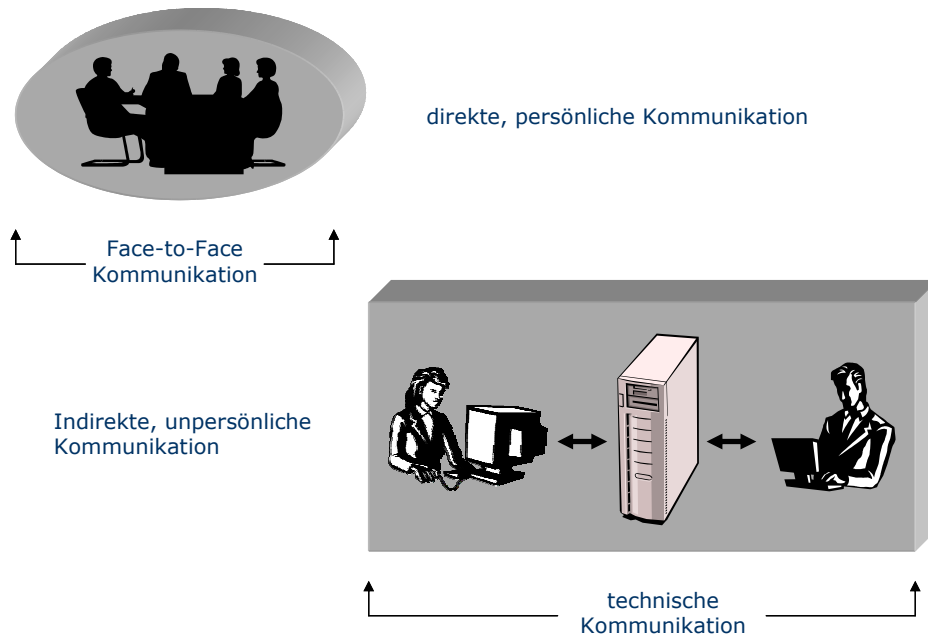


Abbildung 40: Persönliche und technische Kommunikation, i.A. an /ZEUG97/

Das gesprochene Wort kann durch technische Kommunikation über die Distanz angenähert werden. Dennoch sieht ein technischer Informationsaustausch immer ein Medium zwischen den Beteiligten vor, z.B. einen Rechner oder auch ein Telefon. Telefongespräche haben beispielsweise eine persönliche und eine technische Komponente. Bei Telefonaten kann persönlicher Informationsaustausch stattfinden und bei Bedarf auch nachgefragt werden; die Kommunikation via Computer ist dagegen relativ unpersönlich. Bei Letzterer bietet sich allerdings die Möglichkeit, Informationen in Form von Dokumenten direkt auszutauschen. Besser wäre daher eine Kombination aus beidem: zum besseren Verständnis sollen zunächst digitale Unterlagen ausgetauscht und anschließend telefonisch besprochen werden. Ideal ist die Face-to-Face-Kommunikation, da diese alle Vorteile miteinander vereint. Dem Teilnehmer können Unterlagen gereicht und bei Problemen erklärt werden. Zudem ist es möglich, Erläuterungen direkt zu visualisieren, so dass in jedem Fall ein höheres Verständnis des Gegenübers erreicht wird. Nachteil ist bei persönlichen Gesprächen oder Meetings ein hoher Zeitaufwand.

Der Briefverkehr ist besonders im Forschungs- und Entwicklungsbereich zu vernachlässigen. Es werden selten Unterschriften benötigt und Daten können digital übertragen und ausgedruckt werden. Aus gleichem Grund sind auch Faxnachrichten eher zweite Wahl. E-Mails sind indessen das mit am häufigsten genutzte Kommunikationsmittel. Hierauf kann direkt geantwortet und können beliebige Daten angehängt werden. Dadurch ist es möglich, den Kommunikationspartner auf den letzten Stand der Dinge zu

bringen oder mittels eines Verteilers, der mit Hilfe der Design Structure aufgestellt werden kann, mehrere Partner automatisch einzubeziehen.

### **3.7.4 Charakteristik von Kommunikationsarten**

Eine Gliederung der Kommunikationsarten kann nach Zeit und Ort erfolgen (Abbildung 41). Bezüglich der Zeit wird Kommunikation unterschieden, die synchron oder asynchron abläuft. Bei synchroner Kommunikation werden Informationen direkt ausgetauscht, bei zeitversetzter oder asynchroner Kommunikation dem Partner Informationen „hinterlassen“. Durch eine räumlich verteilte Entwicklung kann Kommunikation zudem nur unter Berücksichtigung des Ortes der Kommunikationspartner stattfinden.

Folgende Kommunikationsarten sind im Entwicklungsprozess relevant /LARG02/:

- persönliche Gespräche,
- Meetings,
- Telefongespräche,
- Videokonferenzen und
- E-Mails.

Persönliche Gespräche sind nur bei Anwesenheit beider Gesprächspartner am gleichen Ort und bei synchroner Kommunikation möglich. Gleiche Voraussetzungen gelten für ein Meeting, da es für die Art der Kommunikation zunächst irrelevant ist, wie viele Gesprächspartner teilnehmen. Telefongespräche setzen eine synchrone Kommunikation voraus, im Gegensatz zu einem persönlichen Gespräch sind die Kommunikationspartner aber räumlich getrennt.



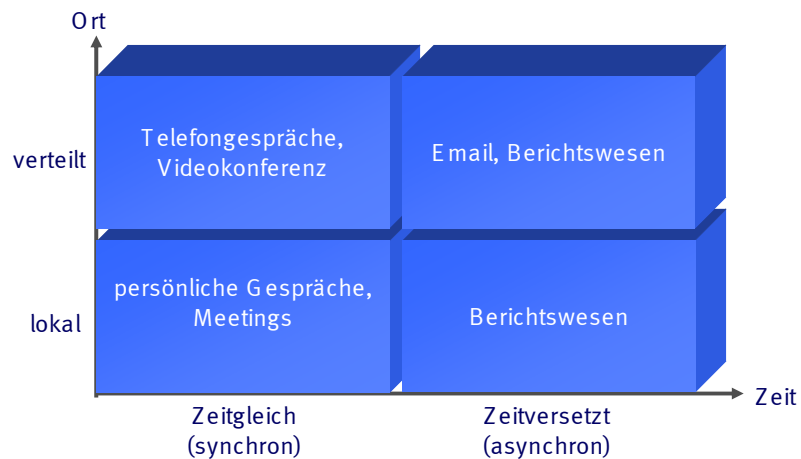


Abbildung 41: Kommunikation in der Entwicklung, i.A. an /BEA95/, /LUCZ99/

Theoretisch sollen Videokonferenzen den Kompromiss aus persönlicher und technischer Kommunikation bieten, sind aber momentan noch nicht vollkommen ausgereift und in der Industrie weltweit noch nicht akzeptiert /LARG02/.

E-Mails dienen der asynchronen Kommunikation an verschiedenen Orten. Darüber hinaus sind für das Assistenzsystem und das interdisziplinäre Entwicklungsteam nachzureichende Berichte relevant. Diese haben den Vorteil, einerseits horizontale Kommunikation auf operativer Ebene zuzulassen, andererseits über das Berichtswesen einen steuernden und kontrollierenden Einfluss zu wahren. Nach Zeugträger /ZEUG97/ sind in der Praxis folgende Berichtsformen üblich:

- Besprechungsprotokolle,
- Liste offener Punkte (Mängelliste),
- Projektstandberichte,
- Abnahme-/ Übergabeprotokolle,
- Projekt-Sonderberichte,
- Abschlußberichte etc.

Diese stellen einen asynchronen Informationsaustausch dar; der Ort des Kommunikationspartners ist hingegen nicht weiter relevant.

Explizit ist im Zuge asynchroner Kommunikation der Online-Zugriff auf CAX-Daten mit entsprechenden Änderungsvermerken zu nennen. So wird gewährleistet, dass mehrere Personen an einem Dokument arbeiten können und die jeweiligen Tätigkeiten und

Änderungen entsprechend dokumentiert werden. Positiver Nebeneffekt ist ein permanenter Datenabgleich der einzelnen Abteilungen.

Beim Austausch von materiellen Gegenständen, z.B. für den Prototypenbau, muss der normalen Kommunikation ein Materialfluss vorangegangen sein.

Die Betrachtung von Kommunikationsflüssen macht eine zusätzliche Differenzierung nach Standard- und Sicherheitskommunikation sinnvoll; hierbei soll der qualitativen Differenzierung nach sicherheitskritischen Teilen im Zuge des Freigabemodells Rechnung getragen werden. Weitere Unterteilungen sind zwar durchaus denkbar aber, um das ohnehin komplexe Kommunikationsgeflecht nicht noch weiter zu verkomplizieren, nicht unbedingt empfehlenswert.

## 4 Einführung der Entwicklungsassistenz

### 4.1 Aufbau des Assistenzsystems

Durch die „chronische Überlastung“ des Managements besteht nach Niemerg /NIEM97/ der Bedarf an Entscheidungsunterstützung in der Produktentwicklung. Assistenzsysteme für Forschung und Entwicklung existieren am Markt nur rudimentär. Frank /FRAN99/ sieht durch Workflows noch genügend Verbesserungspotenzial, insbesondere bei der „Absicherung der Qualität der bereitgestellten Daten“. Hieraus kann direkt auf Freigaben mit dazugehörigen Reifegradmessungen und Quality Gates sowie andere Prozessüberlappungsstrategien geschlossen werden. Schon für logische Freigaben sollen daher Kommunikations-Workflows beschrieben werden, da besonders hier jede Unterstützung den Entwicklungsabteilungen willkommen ist.

Wildemann /WILD97/ sieht den Nutzen einer Entscheidungsunterstützung in der Organisation der Kommunikation und Datenverwaltung zwischen den Abteilungen. Neben Kommunikations-Workflows ist daher besonders die Implementierung von Wissen ein Schlüsselthema des Entwicklungsassistenzsystems. Durch modernes Wissensmanagement und digitale Entwicklungsmethodiken können die Informationen anschaulicher und effektiver zur Verfügung gestellt werden. Einer der Hauptvorteile moderner Produktdatenmanagement (PDM)- und CAX-Systeme ist die Möglichkeit, Informationen den Entwicklern schneller in einheitlicher Weise zu übergeben (Abbildung 42) /BROU00/.

Deutlich zu erkennen ist, dass die Menge an verfügbaren Informationen in frühen Entwicklungsstadien durch digitale Methoden zugenommen hat. Traditionell findet die Weitergabe von Informationen in Papierform, Gesprächen oder durch materielle Objekte, wie z.B. Prototypen, statt. Mit der Berücksichtigung der Produktionsinteressen werden mehr Informationen zu einem früheren Zeitpunkt im Entwicklungsprozess verfügbar gehalten, insbesondere in der Konzeptphase. Viele EDV-Lösungen scheitern jedoch am Entwicklungs- und Pflegeaufwand /HECH00/. Häufig werden nach Kranz /KRAN00/ solche Systeme nur mittels einer „Nachdokumentation“ verwendet und nicht als ein Steuerungstool genutzt. Das im Folgenden erläuterte kommunikations- und entscheidungsunterstützende Assistenzsystem soll keine Systemressourcen und Mitarbei-

terkapazitäten nachhaltig binden, sondern im Gegenteil eine Entlastung im Entwicklungsprozess erreichen. In diesem Zuge ist eine Implementierung in ein EDM-, PDM- oder sonstiges Workflow-Management-System denkbar. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Workflow-Komponente eines PDM Systems nur ein angepasstes, unflexibles E-Mail-System /KRAN00/, das keine Änderungen am zugrunde liegenden Prozessmodell erlaubt /PUFF01/. Demzufolge bedarf es entsprechender Erweiterungen.

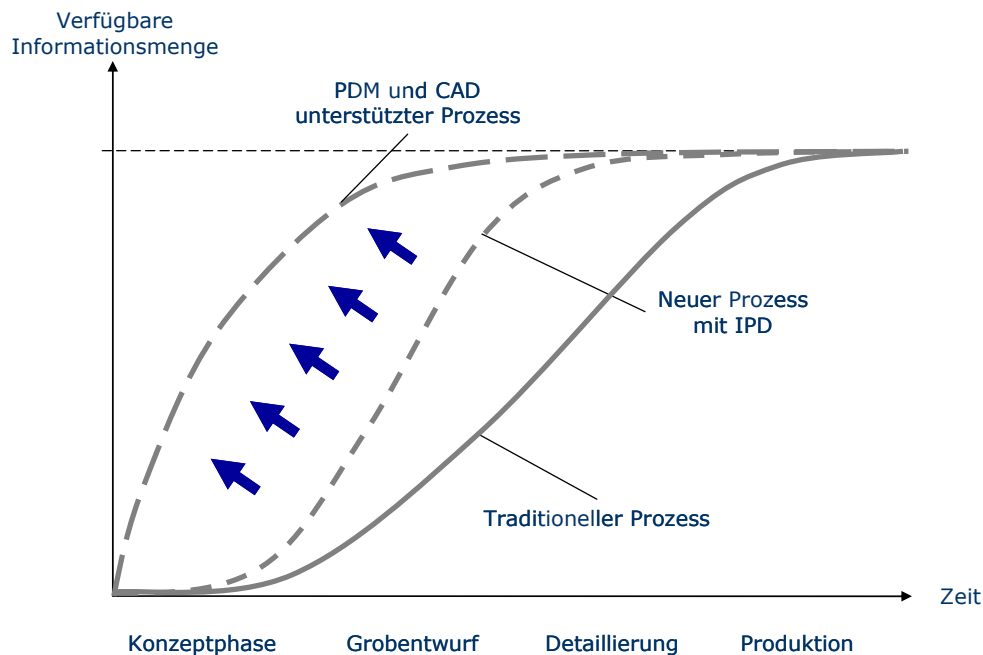


Abbildung 42: Früherer Informationsgewinn durch PDM und CAX, i.A. an /BROU00/

Wie bereits erläutert, muss das Assistenzsystem hybriden Charakter haben und eine Workflow-Komponente sowie eine Wissensdatenbank beinhalten. Bezüglich eines Workflows soll eine freigabeorientierte Kommunikationsassistenz Unterstützung hinsichtlich folgender Faktoren bieten:

- Kommunikationsinstanz,
- Kommunikationsart und
- Kommunikationsintervall.

Die Implementierung von statischem und dynamischem Wissen durch

- Kommunikationsinhalte beziehungsweise verfügbare Daten

beschreibt hingegen die Wissensdatenbank.

Die richtige Wahl der Kommunikationsinstanz bedarf der Unterstützung, damit auf der einen Seite alle involvierten Bereiche mit einbezogen werden können, auf der anderen Seite nicht unnötig personelle Ressourcen blockiert werden. Die Kommunikationsart soll in diesem Zusammenhang die für den jeweiligen Entwicklungsfall adäquate Methode vorschlagen. Mit den Kommunikationsintervallen sind Vorabfreigaben und logische Freigaben im Besonderen gemeint, da hier der rege Austausch erst zur Aufrechterhaltung des Entwicklungsfortschritts beiträgt. Im Zuge der Freigabephase I ist unter den Intervallangaben die Häufigkeit von vorbereitenden Treffen zu verstehen, da die Freigabe an sich nur an einem Termin ausgesprochen werden kann. Diese Freigaben verlangen nach einer akribischen Vorarbeit, welche sich in einem regelmäßigen Austausch niederschlägt.

Durch die Berücksichtigung des Kommunikationsinhalts können Daten dem expliziten Entwicklungsfall entsprechend ausgegeben beziehungsweise eingepflegt werden. Statische Daten sollen durch einmaligen Aufwand zu Beginn eines Projekts verfügbar sein. Der dynamische Anteil muss kontinuierlich während des Entwicklungsprozesses in das Assistenzsystem eingepflegt werden, so dass eine allgemeine Zugänglichkeit ermöglicht wird. Die Verfügbarkeit und Aktualität von Daten ist insbesondere für frühe Freigabephasen notwendig, um Annahmen zu unterstützen. Die Quantität an Informationen und die Qualität an Freigaben, Vorabfreigaben und logischen Freigaben wird sich zwangsläufig in der Quantität und Schärfe der Workflows widerspiegeln, welche in den Assistenzmatrizen ihren Niederschlag finden (Abbildung 45 und Anhang).

Zur Nutzung des Assistenzsystems ist auch durch die Möglichkeit des Einpflegens von Daten den Nutzern eine notwendige Autonomie zu gewähren, die mit der Kontrolle und Steuerung in Opposition steht. Wiederum muss hier durch einen nachzureichenden Bericht bei höheren Instanzen, wie dem interdisziplinären Entwicklungsteam, Abhilfe geschaffen werden.

#### **4.1.1 Einsatzbereich eines Assistenzsystems**

Um die zur Realisierung eines Workflows benötigte Trennung zwischen Freigaben und Änderungen zu definieren, ist deren zeitlicher Einsatzbereich in einem Entwicklungsvorhaben festzustellen. Dabei ist der Ankerpunkt ein Ereignis beziehungsweise ein Problem, um das herum Freigabephasen und Änderungen angeordnet werden. Daher kann die Handhabung von Ereignissen auf zwei Arten erfolgen:

- präventive Vorgehensweise und
- Reaktion auf bereits aufgetretene Unregelmäßigkeiten.

Eine Prävention von Problemen ist anzustreben, Unregelmäßigkeiten in Form von Änderungen sind aber nicht vollkommen vermeidbar. Ziel von Freigaben ist auf der einen Seite die Erhöhung der Entwicklungsqualität und daher eine nachhaltige Reduktion der Änderungsanzahl, auf der anderen Seite eine effektive Abwicklung von Änderungen mittels Freigaben. Hierbei gehören wiederum Freigaben, Vorabfreigaben und logische Freigaben zu den Präventivmaßnahmen beziehungsweise die Handhabung von Änderungen zur reagierenden Vorgehensweise. Freigaben und Änderungen umschließen demzufolge ein Ereignis (Abbildung 43).

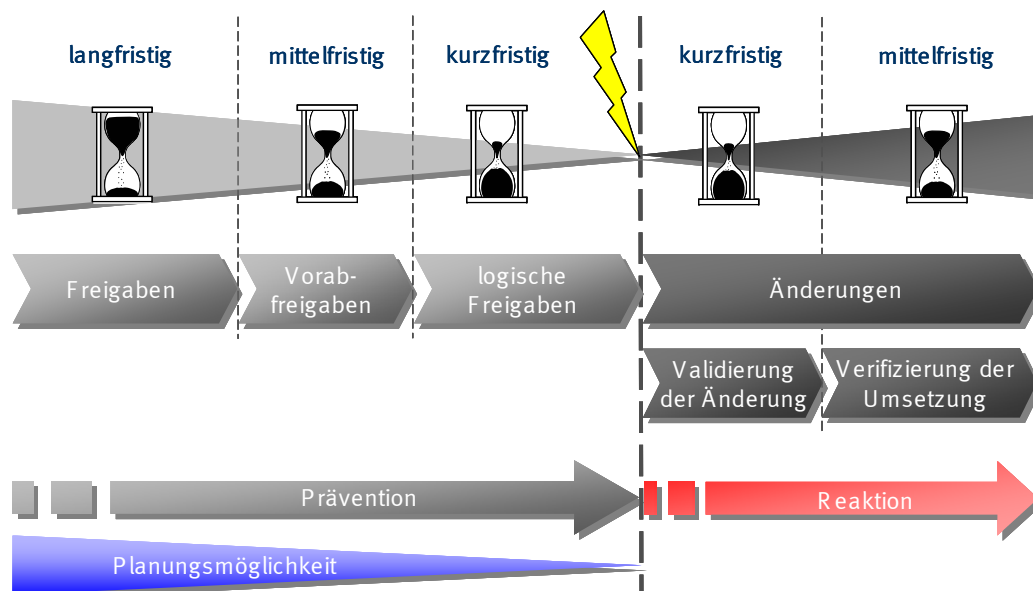


Abbildung 43: Zeitlicher Einsatzbereich eines Assistenzsystems

Freigaben sind Maßnahmen, die lang-, mittel- bis kurzfristig geplant werden können. Diese zeitlich definierten Schritte können gemäß den Freigabephasen weiter detailliert werden. So sind langfristige Maßnahmen als Hauptprozess- oder Teilfreigaben zu verstehen. In einem organisierten Projekt sind die zu durchlaufenden Milestones beziehungsweise Quality Gates vorab definiert und damit ebenfalls langfristig geplant. An dieser Stelle wird selten auf aktuelle Entwicklungssituationen eingegangen, um nicht den gesamten Projekterfolg zu gefährden. Bezüglich eines Assistenzsystems können für langfristig geplante Freigaben explizite Vorgänge definiert werden, die genaue Prüfkriterien und Handlungsaufforderungen enthalten.

Durch mittelfristige Maßnahmen werden Vorabfreigaben von konkreten Dokumenten berücksichtigt. Fritsche /FRIT97/ sieht für mittelfristige Maßnahmen einen Zeithorizont von bis zu 16 Wochen, wobei dieser Wert projektabhängigen Schwankungen unterliegen kann. Die Ergebnisse und Informationen sind nur bedingt zu Projektbeginn in einem Meilenstein definierbar. Zum einen können nicht alle Entwicklungsdetails vorab genau erfasst werden und die Vorhersagbarkeit von Entwicklungsarbeiten ist nicht immer gegeben. Vorabfreigaben resultieren somit in den meisten Fällen aus dem Projektverlauf und sind nur eingeschränkt im Zuge von Teilzielen planbar. Zum anderen handelt es sich bei Detailergebnissen meistens um abteilungs- und bereichsinterne Angelegenheiten, die nur mit wenigen Personen und nicht mit der gesamten Entwicklungshierarchie kommuniziert werden müssen. Besonders hier soll das Assistenzsystem entscheidungsunterstützend herangezogen werden können.

Kurzfristige Maßnahmen stellen, äquivalent zur Freigabephase III, den schwierigsten Fall bezüglich eines Assistenzsystems dar. Hier muss besonders schnell auf die momentane Umgebung des Entwicklungsprozesses reagiert werden. Planbarkeit existiert bei logischen Freigaben kaum, da vorliegende Ergebnisse nur sehr spärlich und zeitlich kaum quantifizierbar sind. Auch hier müssen Lösungswege in einem Assistenzsystem vorgegeben sein.

Wird die Planungssicherheit über der Zeit aufgetragen, zeigt sich, dass ein Maximum bei langfristigen Maßnahmen besteht. Dieser Wert sinkt über mittel- bis kurzfristige Maßnahmen, so dass schließlich bei Eintreffen eines Ereignisses beziehungsweise Problems keinerlei Planung mehr möglich ist. Eine Planungssicherheit der Freigabe von Änderungen ist aufgrund des plötzlichen Auftretens selten gegeben. Die Freigabe zur Validierung ist kritisch, da hier schnell über den Änderungsantrag an sich entschieden werden muss. Vorbereitungen für die spätere Verifizierung können hingegen schon während der Änderungsumsetzung beginnen, so dass unmittelbar im Anschluss an die Änderungsumsetzung freigegeben werden kann. Die geringe Planungsmöglichkeit ist nur durch schnelle Reaktion und definierte Vorgehensweisen aufzufangen, deren sich Workflows annehmen.

#### **4.1.2 Inhalt des Assistenzsystems**

Änderungen und Freigaben gemeinsam ist die notwendige Kommunikation vor einem möglichen Problem oder nach dessen tatsächlichen Auftreten. Dabei sollen folgende vier Fragen von einem Assistenzsystem beantwortet werden:

1. Wer muss einbezogen werden (*Kommunikationsinstanz*)?
2. Wie soll der Kontakt aufgebaut werden (*Kommunikationsart*)?
3. In welchem Intervall soll kommuniziert werden (*Kommunikationsintervall*)?
4. Welche Inhalte können bezüglich des angefragten Entwicklungsfalls bereitgestellt werden (Wissen)?

Diese Fragen sind im Folgenden detailliert zu erläutern.

#### 4.1.2.1 Kommunikationsinstanz

Als erste Instanz ist der Vorstand in einem Entwicklungsvorhaben zu nennen. Dieser ist nur bedingt ein aktiver Bestandteil der Projektstruktur, muss aber bei wichtigen Fragen konsultiert werden. Der Vorstand wird nur bei sehr wenigen Fragen einbezogen, ausschließlich vom interdisziplinären Entwicklungsteam kontaktiert und nur in großen Abständen mittels eines Fortschritts- und Ergebnisberichts informiert.

Aktive obere Instanz ist das interdisziplinäre Entwicklungsteam. Dieses kann in Problemfällen auch von allen Entwicklungsbeteiligten kontaktiert werden. Die Meetings des interdisziplinären Entwicklungsteams finden ausschließlich im Rahmen des jeweiligen Projekts regelmäßig statt. Das Intervall der Treffen kann der jeweiligen Entwicklungssituation angepasst werden.

Die nächst tiefere Ebene wird durch Abteilungsleiter repräsentiert, denen bezüglich der frühen Freigabephase eine Schlüsselfunktion, insbesondere zur Realisierung der horizontalen Kommunikation, obliegt. Diese stehen einer Entwicklungsabteilung vor und kontaktieren beziehungsweise berichten ihrerseits dem interdisziplinären Entwicklungsteam. Mittels der Design Structure ist es den Verantwortlichen möglich, die einzelnen Abteilungen zu steuern und den direkten Kontakt zu den Schnittstellen herzustellen. Nur in Ausnahmen, z.B. bei sicherheitsrelevanten Komponenten auf hoher Produktdetaillierungsebene, sind die Abteilungsleiter von ihrer Verantwortung entbunden.

Durch die Definition von logischen Freigaben wird zudem den Abteilungsmitarbeitern Autonomie eingeräumt. Diese können über kleine Aufgaben selbständig entscheiden und mit den Schnittstellen in Kontakt treten. Ähnlich den anderen Entwicklungsinstanzen müssen die Mitarbeiter dem jeweiligen Vorgesetzten regelmäßig einen informellen Bericht erstatten. Bei schwerwiegenden Problemen kann eine Vorladung vor dem inter-



disziplinierten Entwicklungsteam jederzeit möglich sein, was aber nicht die Regel sein soll.

Auf unterster Stufe können die Design Structure und das Assistenzsystem selbst als Kommunikationseinheit gesehen werden. Einfache Aufgaben können mit diesen Hilfsmitteln bewältigt und vor allem durch das Festlegen von Kommunikationsrichtungen Blindprozesse vermieden werden, die keinerlei Wertschöpfung in sich tragen.

#### 4.1.2.2 Kommunikationsart

An die Definition der Entwicklungsinstanzen fügt sich nahtlos die Notwendigkeit der Bestimmung von Kommunikationsarten an. In Kapitel 3.7.3 wurden bereits die für die Entwicklung relevanten Kommunikationsarten vorgestellt.

Wichtigste Kommunikationsart sind Meetings, da hier mehrere Personen teilnehmen können und ein direkter Gedankenaustausch möglich ist. Beispielsweise ist die Kommunikation mit dem interdisziplinären Entwicklungsteam neben Berichten und Dokumentationen nur durch Meetings möglich.

Persönliche Gespräche finden häufig statt, wenn die Verantwortung eines Entwicklungsbereichs auf jeweils eine Person konzentriert ist. So können sich beispielsweise Abteilungsleiter untereinander oder auch mit den jeweiligen Teammitgliedern optimal austauschen.

Sind die Entwicklungsaufgaben räumlich voneinander getrennt, müssen nicht alle Absprachen im Zuge persönlicher Anwesenheit erfolgen. Meetings und persönliche Gespräche können für den reinen Gedankenaustausch via Telefon gehalten werden. Hierzu ist jedoch zu beachten, dass die ideologischen, sprachlichen und zeitlichen Differenzen durch ein Telefonat nicht noch weiter verstärkt werden.

Die einfachste Art der Mitteilung sind E-Mails. Hierbei sind Ort und Zeit der Kommunikation irrelevant. Großer Vorteil der Kommunikation via Internet ist zudem, dass beliebige Dokumente an eine E-Mail angehängt werden können und der Empfänger alle Daten digital vorliegen hat. Damit ist im Gegensatz zu anderen Kommunikationsarten der Aufwand bezüglich Nacharbeit und Aufbereitung gering.

Sollen die zur Verfügung stehenden Entwicklungsressourcen geschont werden, kann eine horizontale Kommunikation zunächst durch autonome Entscheidungen erfolgen. Hierdurch soll das Berichtswesen zur nachträglichen Kontrolle im Assistenzsystem seine Berücksichtigung finden.

Schließlich gibt es Bereiche, in denen keine Kommunikation definiert werden kann. In Phase III.b ist dieses der Fall, da in diesem frühen Stadium keinerlei Informationen von Außen zu erwarten sind.

#### 4.1.2.3 Kommunikationsintervall

Sind Kommunikationsart und -partner bestimmt, fehlt nur noch die Festlegung der Häufigkeit des Kontakts, um eine vollständige Kommunikationsunterstützung leisten zu können. Dabei sind diese Angaben als Anhaltswerte zu verstehen, um den quantitativen Kommunikationsbedarf vorab abschätzen zu können. Das tatsächliche Intervall gibt Hinweise auf Wichtigkeit und Schärfe der Informationen. Sind Informationen sehr wichtig, wird sich das auch in kurzen Intervallen widerspiegeln. Bei unscharfen Daten ist zudem ein intensiver und regelmäßiger Austausch unumgänglich, da kontinuierliche Absprachen erforderlich sind.

Die Unterscheidungen im Assistenzsystem sind zunächst in tägliche, wöchentliche und monatliche Kommunikation unterteilt. Dabei sind Zwischenintervalle von beispielsweise zwei Wochen durchaus möglich, um der jeweiligen Entwicklungssituation gerecht zu werden. Handelt es sich, wie bei einer Hauptprozessfreigabe, um ein einmaliges Ereignis, sind die angegebenen Werte für Vorbereitungen angedacht. Besteht keine Notwendigkeit, hindert Kommunikation den Ingenieur bei seinen primären Tätigkeiten und führt zu keinem nutzbaren Ergebnis. Treffen bei weniger akuten Informationen können daher nach Bedarf stattfinden.

Einmalige Ereignisse, wie z.B. das Festlegen des Entwicklungsbereichs mittels der Design Structure, bedürfen auch nur einer einmaligen Kommunikation. Im Falle einer endgültigen Produktfreigabe durch den Vorstand muss ebenfalls nur eine einmalige Kommunikation vorgesehen werden, da alle notwendigen Vorarbeiten durch andere Freigaben bereits geleistet worden sind und demnach nicht bei den Kommunikationsintervallen berücksichtigt werden müssen. Folglich sind die Freigaben zu einer Gesamtfreigabe zu kumulieren.

#### 4.1.2.4 Wissen

Die statischen und dynamischen Informationen, die den jeweiligen Entwicklungsfällen zugewiesen werden müssen, sind über die Eingabemaske des Assistenzsystems abrufbar. Durch die Kommunikationskriterien wird eine Vorauswahl getroffen und werden nur relevante Daten angezeigt.

Statische Informationen sind vorab einzupflegen. Dynamische Informationen sind die einzigen Daten, die in das Assistenzsystem bei laufendem Projekt eingepflegt werden müssen. Die Vorgehensweise hierzu entspricht einer umgekehrten Abfrage: die einzelnen Kriteriengruppen werden bestimmt und dadurch der jeweilige Prozess charakterisiert. Anschließend werden Daten entsprechend der getätigten Vorauswahl hochgeladen und gespeichert. Dieser Vorgang muss nach dem Vorliegen von Informationen und Dokumenten umgehend vollzogen werden, da die Aktualität des Assistenzsystems gewährleistet werden muss (Abbildung 47).

### 4.1.3 Freigabe-Assistenzmatrizen

Zur Veranschaulichung der Strukturen innerhalb des Assistenzsystems können so genannte Entscheidungsmatrizen dienen. Diese sollen bezüglich der drei Gesichtspunkte

- Kommunikationsinstanzen/-partner,
- Kommunikationsart und
- Kommunikationsintervall.

jeweils für das Freigabemanagement und das Änderungsmanagement aufgestellt werden, so dass insgesamt sechs Matrizen entstehen. Für Freigaben werden die aus dem Freigabemodell bekannten Kriterien

- Freigabephase,
- Zulieferebene und
- qualitative Freigabedifferenzierung

aufgestellt und um die Kriterien

- Produkthierarchie
- und projektspezifische Funktionsgruppe

ergänzt. In der Praxis der Entwicklung ist die Produkthierarchie zur genauen Prozesscharakterisierung notwendig und soll hier ihre Berücksichtigung finden. Zudem dient diese als Grundlage für projektspezifische Funktionsgruppen. Als einzige anwendungsbezogene Kriteriengruppe bedürfen projektspezifische Funktionsgruppen einer Anpassung des Anwenders zu Beginn jedes Entwicklungsvorhabens.

Alle fünf Gruppen werden auf Abszisse und Ordinate aufgetragen. Hierdurch entsteht ein Raster, mit dem die einzelnen Teilkriterien in Bezug zueinander gesetzt werden. Da



Kriteriengruppen	Freigabephase					Zuliefererebene					qualitatives Kriterium						Schnittstellen		Produkthierarchie				projektspezifische Funktionsgruppen				
	Phase I.a. Prozessgesamtfreigabe	Phase I.b. Teilfreigabe	Phase II. Vorabfreigabe	Phase III.a. logische Freigabe	Phase III.b. logische Freigaben	OEM	Modullieferant	2nd tier	3rd tier	nth tier	sicherheitsrelevant	änderungsintensiv	optisch	geometrisch	funktional	materiell	übergreifend	lokal / autonom	Produkt	Funktionsgruppe	Teilsystem	Baugruppe	Komponente				
Freigabephase	Phase I.a. Prozessgesamtfreigabe					V	V	nd	nd	nd	IE	IE	V	IE	IE	IE	IE	nd	nd	V	IE	nd	nd				
	Phase I.b. Teilfreigabe					IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	nd	IE	IE	IE	IE				
	Phase II. Vorabfreigabe					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	nd	AL	AL	AL	AL					
	Phase III.a. logische Freigabe					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	TM	AL	AL	AL	TM	nd	AL	AL	TM	TM				
	Phase III.b. logische Freigabe					TM	TM	TM	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	TM	TM	TM	nd	TM	TM	TM	TM		nd	nd	nd
Zuliefererebene	OEM	V	IE	AL	AL	TM					IE	IE	V	AL	IE	IE	AL	nd	IE	IE	IE	AL					
	Modullieferant	V	IE	AL	AL	TM					IE	IE	IE	AL	IE	IE	AL	nd	IE	AL	AL	AL					
	2nd tier	nd	IE	AL	AL	TM					IE	AL	AL	AL	AL	AL	IE	TM	nd	IE	AL	AL	TM				
	3rd tier	nd	IE	AL	AL	TM					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	TM	nd	nd	AL	TM	TM				
	nth tier	nd	IE	AL	AL	TM					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	TM	nd	nd	AL	TM	TM				
qualitatives Kriterium	sicherheitsrelevant	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	AL	AL						IE	IE	nd	IE	IE	IE	AL				
	änderungsintensiv	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL						IE	IE	nd	IE	IE	AL	AL				
	optisch	V	IE	AL	AL	TM	V	IE	AL	AL	AL						IE	AL	nd	IE	IE	AL	TM				
	geometrisch	IE	IE	AL	TM	TM	AL	AL	AL	AL	AL						IE	TM	nd	AL	AL	TM	TM				
	funktional	IE	IE	AL	AL	TM	IE	IE	AL	AL	AL						IE	AL	nd	IE	IE	AL	TM				
	materiell	IE	IE	AL	AL	TM	IE	IE	AL	AL	AL						IE	AL	nd	IE	IE	AL	TM				
Schnittstellen	übergreifend	IE	IE	IE	AL	TM	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	IE	IE			nd	IE	IE	IE	AL				
	lokal / autonom	nd	IE	AL	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	IE	IE	AL	TM	AL	AL		nd	AL	TM	TM	TM				
Produkt Hierarchie	Produkt	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd						nd	nd	nd	nd
	Funktionsgruppe	V	IE	AL	AL	TM	IE	IE	IE	nd	nd	IE	IE	IE	AL	IE	IE	IE	AL								
	Teilsystem	IE	IE	AL	AL	TM	IE	AL	AL	AL	AL	IE	IE	IE	AL	IE	IE	IE	TM								
	Baugruppe	nd	IE	AL	TM	TM	AL	AL	AL	TM	TM	IE	AL	AL	TM	AL	AL	IE	TM								
	Komponente	nd	IE	AL	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	TM	AL	TM								
projektspezifische Funktionsgruppen																			nd								
																			nd								
																			nd								
																			nd								

**Legende**

V	Vorstand
IE	Interdisziplinäres Entwicklungsteam
AL	Abteilungsleiter
TM	Teammitglied
nd	nicht definiert

Abbildung 45: Assistenzmatrix für Kommunikationsinstanzen

Das Vorgehen nach Zeilen oder Spalten ist in den Matrizen beliebig, da sich die Ergebnisse an der Diagonalen spiegeln. Durch die Zeilen- und Spaltengruppierungen kann auch von Blöcken gesprochen werden. In diesem Fall soll zeilenweise vorgegangen werden. Die Betrachtung von Freigabephasen kann erst in der zweiten Zeilengruppe beginnen, da die erste Zeile mit der ersten Spalte einen nicht definierten Bereich ergibt. Somit wird in der zweiten Zeile die Kriteriengruppe Zuliefererebene auf die Kriteriengruppe Freigabephase projiziert. Dabei ist beispielsweise schon früh definiert worden, dass Hauptprozessfreigaben neben dem OEM nur vom Modullieferanten durchgeführt werden können und somit ab dem 2<sup>nd</sup> tier die Phase I.a nicht definiert ist. Für Hauptpro-

zessfreigaben der Phase I.a muss zudem beim Modullieferanten der Vorstand des OEM die endgültige Freigabe erteilen, da es sich hier um einen substanziellen Prozess für das Projekt handelt. Bei Teilfreigaben wird nicht mehr der Vorstand, sondern das interdisziplinäre Entwicklungsteam konsultiert. Dieses ist auch bis zu unteren tiers der Fall, obwohl die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Teilfreigabe mit jeder tieferen Ebene schwindet. Vorabfreigaben obliegen meistens dem Abteilungsleiter, der den Kontakt mit involvierten Abteilungen suchen muss. Dieses ist möglich, da einer Vorabfreigabe noch eine Teil- beziehungsweise Hauptprozessfreigabe folgen muss, die Ergebnisse demzufolge noch ausreichend verifiziert werden. Das Vorgehen in der Phase III.a ist in diesem Kontext mit den Vorabfreigaben identisch. In der Phase III.b findet keine Kommunikation statt; der jeweilige Teammitarbeiter ist auf sich alleine gestellt und muss selbständig logische Annahmen treffen. Sind die Entwicklungsergebnisse so weit gediehen, dass eine Kommunikation mit anderen Entwicklungsabteilungen notwendig ist, also Phase III.a erreicht wird, muss der Abteilungsleiter ohnehin laut Assistenzsystem wieder angesprochen werden.

Bei Betrachtung qualitativer Kriterien zeigen sich ambivalente Ergebnisse, da diese vorab keiner Gewichtung unterzogen sind und daher unterschiedliche Wechselwirkungen mit den anderen Kriteriengruppen aufweisen. Sicherheitsrelevante und änderungsintensive Teile werden gleichermaßen bis einschließlich einer Vorabfreigabe vom interdisziplinären Entwicklungsteam betreut. Daran anknüpfend wird die Autonomie an den Abteilungsleiter übertragen. Formgebende/optische Merkmale werden auf der Ebene einer Hauptprozessfreigabe vom Vorstand gehandhabt, Teilfreigaben vom interdisziplinären Entwicklungsteam. Dieses ist notwendig, weil das Design eines Produkts großen Einfluss auf den späteren wirtschaftlichen Erfolg hat. Bei Freigaben bezüglich der geometrischen Abmessungen ist wiederum das interdisziplinäre Entwicklungsteam einzubeziehen, da hierzu eine ganzheitliche Betrachtungsweise erforderlich ist. Funktionale und materielle Freigaben bedürfen hier ähnlich hoher Instanzen, da diese Freigaben aufgrund der verschiedenen Fachkompetenzen sehr komplex sind. Die Unterscheidung nach schnittstellenübergreifenden Freigaben zeigt die größten Unterschiede. Lokale Freigaben sind bei Hauptprozessen nicht definiert, da hier aufgrund des Umfangs immer Schnittstellen zu anderen Prozessen bestehen. Teilfreigaben bedürfen eines interdisziplinären Entwicklungsteams, darunter sind alle Entscheidungen horizontal zu treffen. Bei schnittstellenübergreifenden Freigaben sind meistens höhere Instanzen mit

einzubinden. Eine Ausnahme bildet hier wiederum die Freigabephase III.b, da hier keine Kommunikation stattfindet.

Werden die Freigabephasen mit den Produktdetaillierungsebenen in Verbindung gebracht, muss festgestellt werden, dass keine der definierten Freigabephasen ein Produkt freigeben kann. Hierzu ist die Produktionsfreigabe angedacht, die nicht Bestandteil der vorgestellten Freigabephasen ist. Freigaben von Funktionsgruppen sind hingegen für den wirtschaftlichen Erfolg des Produkts entscheidend, so dass der Vorstand zustimmungspflichtig ist. Hierzu ist nach akribischer Vorarbeit des interdisziplinären Entwicklungsteams der Vorstand mit einzubinden. Eine Hauptprozessfreigabe ist zudem unterhalb eines Teilsystems in der Produkthierarchie nicht definiert. Die Produkthierarchie ist ihrerseits der Reihe nach gewichtet, so dass sich eine zweidimensionale Clusterung erkennen lässt. Die Entscheidungsinstanzen fallen demnach mit den Produktdetaillierungs- und Freigabeebenen.

Die Projektionen der anderen Kriteriengruppen ergeben ähnliche zweidimensionale Gefälle, da diese der Reihe nach gewichtet sind (außer den qualitativen Kriterien).

Die Zusammenhänge der Kriteriengruppen mit projektspezifischen Funktionsgruppen können durch den anwendungsbezogenen Charakter nicht für die allgemeingültigen Matrizen eingetragen werden. Zur Veranschaulichung wird hierauf noch näher im abschließenden Praxisbeispiel eingegangen.

#### **4.1.5 Änderungs-Assistenzmatrizen**

Aufgrund der Wichtigkeit für den Produktentwicklungsprozess und die betrachteten Prozessparallelisierungsbestrebungen werden Änderungen mit in das Assistenzsystem implementiert. Zwar hängen Änderungen direkt mit Freigaben zusammen, sind aber nur mit den Freigabekriterien nicht exakt bestimmbar. Zur praxisorientierten Umsetzung eines Assistenzsystems müssen daher auch Änderungsmatrizen entwickelt werden.

Die Kommunikationsinstanzen ergeben sich für Änderungen ähnlich. Die Werte auf der Abszisse werden den Assistenzmatrizen für Freigaben entliehen. Die Inhalte der Ordinate ergeben sich aus den in Kapitel 3.6.2 benannten qualitativen Änderungskriterien

- Änderungsgrund,
- Änderungslösung,
- Änderungszeit,

- struktureller Änderungsbereich

und werden um die Kriterien

- projektspezifische Funktionsgruppen und
- Art der Freigabe

ergänzt.

Durch die unterschiedlichen Kriterien auf beiden Achsen ergibt sich keine Diagonale aus nicht definierbaren Bereichen. Lediglich die Kriterien „Art der Freigabe“ und „projektspezifische Funktionsgruppe“ sind auf beiden Achsen aufgetragen und ergeben daher nicht definierte Bereiche.

Bezüglich des Schnittstellenverhaltens sind Besonderheiten bei Änderungen vorgestellt worden und mit den Kriteriengruppen Änderungszeit und Änderungsbereich dem Änderungsmodell entnommen (Abbildung 35).

Projektspezifische Funktionsgruppen müssen auch bei den Änderungsmatrizen als Platzhalter zur anwendungsbezogenen Anpassung berücksichtigt werden.

Die Art der Freigabe ist als Kriterium nur bei den Änderungsmatrizen eingefügt, da hier änderungsspezifisch zwischen der Validierung und der Verifikation unterschieden wird. Die Validierung bedarf dabei oft einer Involvierung höherer Instanzen, da hier über die Richtigkeit eines Änderungsantrages geurteilt werden muss. Die Umsetzung der Änderung erfolgt meist auf operativer Ebene.

Durch die Verknüpfung von Freigabekriteriengruppen auf der Abszisse mit Änderungskriteriengruppen auf der Ordinate wird die enge Zusammengehörigkeit von Freigaben und Änderungen unterstrichen. Die Berücksichtigung der Differenzierung von Änderungen ermöglicht die genaue Charakterisierung von Änderungsfällen und rechtfertigt daher ein getrenntes Aufstellen von Änderungsmatrizen.

## 4.2 Entwicklungsassistenz in der Praxis

Eine im Assistenzsystem hinterlegte Wissensdatenbank ist explizit von der Substanz und Qualität des vorliegenden statischen Wissens abhängig. Kann dieses einfach aufbereitet werden, ist eine Wissensdatenbank schnell realisierbar. Durch eine schlechte Verfügbarkeit von Wissen ist der Aufbau eines Wissensspeichers schwierig und nur langfristig sinnvoll. Im Idealfall kann statisches Wissen archiviert werden, ohne dass zu des-



sen Beschaffung Kommunikation notwendig ist. In den meisten Entwicklungsvorhaben ist jedoch nicht das statische Wissen Hauptinformationsquelle. Es entsteht im Verlauf des Projekts eine Vielzahl an Dokumenten, die es auszutauschen gilt. Für dieses dynamische Wissen ist Kommunikation unvermeidbar und explizit zu fördern. Soll Wissen daher in einem Assistenzsystem verfügbar gemacht werden, muss dieses unweigerlich mit einer Kommunikationsunterstützung Hand in Hand gehen.

Für die Einführung eines kommunikations- und entscheidungsunterstützenden Systems in der Entwicklung muss vor allem die Realisierbarkeit betrachtet werden, um Akzeptanz bei Entscheidungsträgern und Entwicklungsmitarbeitern zu erlangen. Zum einen darf auf die Unternehmen bei der Einführung und Einrichtung eines Assistenzsystems kein großer Aufwand zukommen, zum anderen muss die Nutzung für die Mitarbeiter möglichst selbsterklärend und einfach sein. In einem softwarebasierten Assistenzsystem sollen in beiden Fällen, für Freigaben und Änderungen, spezifische Kommunikationsvorschläge durch die Abfrage der einzelnen Kriterien ausgelöst werden können.

Die zu bestimmenden Kriterien sind für allgemeine Entwicklungsszenarien beschrieben und decken die meisten Fälle ab. Insbesondere mit Hilfe der qualitativen Freigabekriterien sind die Entwicklungsprozesse nicht immer genau bestimmbar. Um hier so präzise wie möglich die Prozesseigenschaften einzugrenzen, können verschiedene qualitative Kriterien miteinander kombiniert werden. Die Ergebnisse des Assistenzsystems sind daher nicht unumstößlich, sondern Anhaltswerte, an denen sich das Entwicklungspersonal orientieren kann – eine Assistenz. Durch detaillierte, anwendungsbezogene Anpassung des Assistenzsystems mittels projektspezifischer Funktionsgruppen können die Ergebnisse geschärft werden.

Diese Anhaltswerte sind dem Vorhaben der Entwicklungszeitverkürzung dienlich, da so Kommunikation in den Vordergrund rückt und nicht zuletzt ein Bewusstsein seitens des Entwicklungspersonals hinsichtlich horizontaler Kommunikation aufgebaut und gefördert wird. Zudem verlangt das Assistenzsystem die Bestimmung der Freigabephase, was dazu führt, dass sich die Entwickler mit der Thematik der progressiven Prozessüberlappung auseinandersetzen müssen. Durch die höhere Prozessintegration, basierend auf direkten Kommunikationsrückflüssen, können funktional nachgelagerte Prozesse früh berücksichtigt und kann eine höhere Entwicklungsqualität erreicht werden. Gelingt dieses, sind kürzere Prozessdurchläufe und höhere Überlappungsgrade möglich.

### 4.2.1 Vorgehen zur Einführung des Assistenzsystems

Zur Einführung eines Entwicklungsassistenzsystems sind verschiedene Vorarbeiten notwendig. Hiermit wird das Ziel verfolgt, das Assistenzsystem optimal auf das jeweilige Projekt auszurichten und den späteren Pflegeaufwand zu minimieren. Zunächst müssen dazu entsprechende Anpassungen vorgenommen und Daten ermittelt werden. Die Reihenfolge der zu ermittelnden Daten hängt dabei von deren Verfügbarkeit ab. Folgender Ablauf ist zur Bestimmung aller relevanten Informationen zweckmäßig:

1. Bestimmung der Zulieferstruktur,
2. Bestimmung der Produkthierarchie,
3. Bestimmung der Schnittstellen / Aufstellen der Design Structure,
4. Zuordnung der qualitativen Freigabekriterien und
5. Bestimmung der Freigabephasen.

Zunächst sind die Zulieferer und deren Kompetenz für ein Entwicklungskonsortium zu bestimmen. Teilweise werden weitere Zulieferer im Zuge der fortschreitenden Produktplanungen ausgemacht. Die Grenzen bei der Bestimmung der Zulieferstruktur und der Produktebenen sind daher fließend. Mit den Kompetenzen der Zulieferer können die Produktebenen bestimmt werden – andererseits müssen Produktebenen auch bekannt sein, um entsprechend Zulieferer zu bestimmen. Die Punkte eins und zwei sind daher teilweise überlappt angeordnet. Aus der Bestimmung der Funktionsgruppen in der Produkthierarchie ergeben sich die projektspezifischen Funktionsgruppen, die direkt in das Assistenzsystem übernommen werden können.

Die ersten beiden Punkte ergeben bereits vielfältige Abhängigkeiten beziehungsweise Schnittstellen für die Design Structure, so dass hier Synergien genutzt werden können. Die Feinheiten der Schnittstellen sind nicht aus den Fachkonzepten und Pflichtenheften ersichtlich, zumal diese Dokumente in frühen Entwicklungsphasen nicht immer existieren. Die Festlegung der Schnittstellen muss interdisziplinär gelöst werden. Dieses soll mit den Zulieferern zusammen geschehen, um schon vorab Schwierigkeiten basierend auf mangelnder Kapazität oder Kompetenz zu begegnen.

Um die qualitativen Freigabekriterien den entsprechenden Produktbereichen zuordnen zu können, ist Erfahrung und eine ganzheitliche Abstimmung erforderlich. Dennoch kann nicht immer vorab klassifiziert werden. Auch hier ist dem jeweiligen Entwickler auf tieferer Produktdetaillierungsebene Entscheidungsfreiheit einzuräumen, um Pro-

duktbereiche während des Projektvorhabens qualitativ zuzuordnen. Über die Eingabemaske des Assistenzsystems besteht die Möglichkeit der Variation von Parametern, um Auswirkungen verschiedener qualitativer Differenzierungen einzusehen. Dieses dient ebenfalls einer Sensibilisierung der Mitarbeiter.

Schließlich müssen die Freigabephasen bestimmt werden. Hierbei handelt es sich um die Freigabephase I, da nur diese langfristig geplant wird und zu Beginn eines Entwicklungsprojekts zu bestimmen ist. Diese Aufgabe muss auch im Kollektiv gelöst werden. Logische Freigaben und auch Vorabfreigaben werden nur kurz- und mittelfristig festgesetzt und ergeben sich aus der Dynamik des Projekts (Kapitel 4.1.1).

Der Forderung nach einer möglichst aufwandarmen Einführung eines kommunikationsorientierten und entscheidungsunterstützenden Assistenzsystems muss beim Durchlaufen dieses 5-Punkte-Plans Rechnung getragen werden. Insbesondere durch den ganzheitlichen Charakter der Treffen mit vielen involvierten Instanzen bedarf es einer sorgfältigen Vorbereitung der Treffen. Die Treffen müssen, ähnlich denen des späteren interdisziplinären Entwicklungsteams, rein administrativer Art sein, wobei allein Absprachen und Entscheidungen im Mittelpunkt stehen.

#### **4.2.2 Oberfläche des Assistenzsystems**

Sind die Vorarbeiten zu Beginn eines Entwicklungsvorhabens durchlaufen, müssen diese Ergebnisse in die Datenbanken des Assistenzsystem eingepflegt und schnell verfügbar gemacht werden.

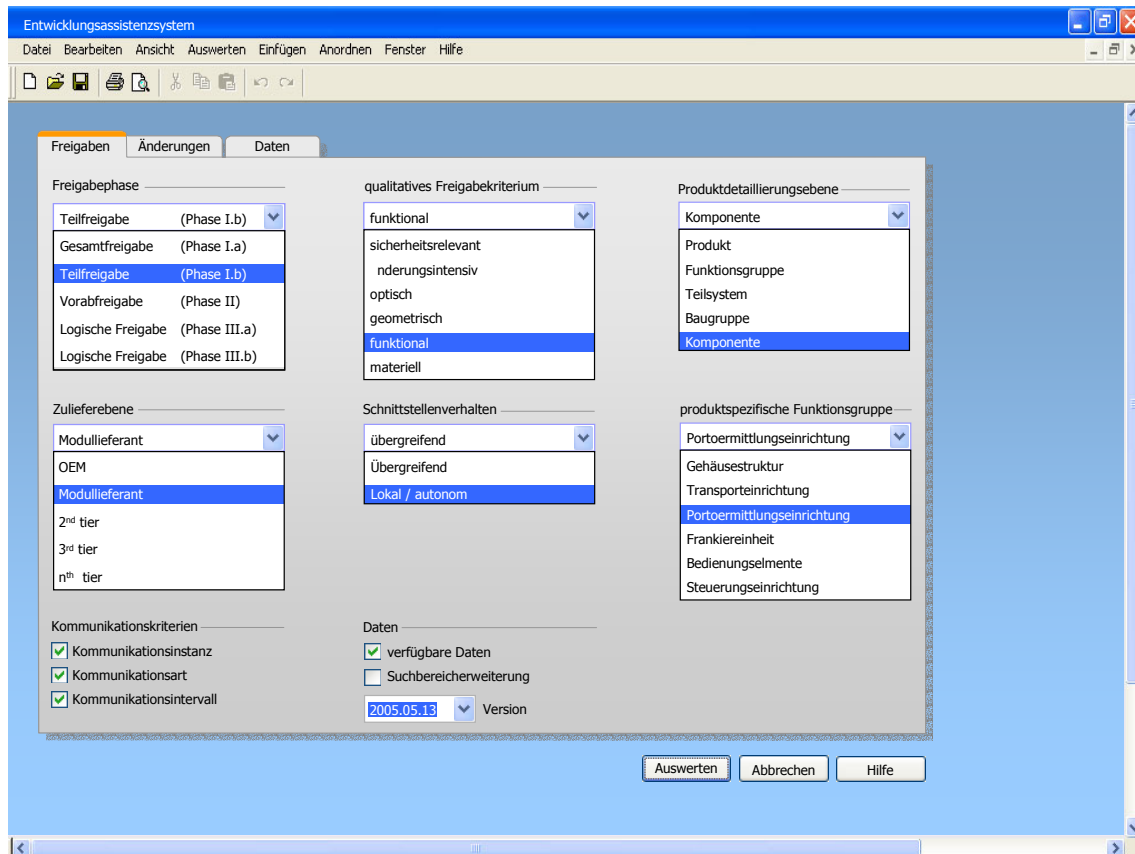


Abbildung 46: Oberfläche des Assistenzsystems

Beim Starten der Entwicklungsassistenz wird eine selbsterklärende Maske geöffnet, die zunächst nach bereits getätigten Unterscheidungen in Freigaben, Änderungen und einem Datenupload katalogisiert ist (Abbildung 46). Hierbei werden die einzelnen Kriteriengruppen mit den Teilkriterien abgefragt. Ist ein Prozesskriterium nicht bestimmbar, kann dieses ausgelassen werden. Mindestens eine Angabe ist jedoch notwendig, um ein Ergebnis ausarbeiten zu lassen. Hierbei sollen so viele Felder wie möglich angegeben werden, da so die Ergebnisse weiter abgesichert werden können. Sind alle Felder definiert, werden je Kommunikationskriterium seitens des Programms für Freigaben 15 Werte, für Änderungen 34 Werte mit Hilfe der hinterlegten Matrizen bestimmt. Diese Zahlen resultieren dabei aus der Anzahl der bestimmaren Felder in einer Matrix. Um den Entwicklern weitere Arbeit zu ersparen, werden diese nicht einzeln angezeigt, sondern zu einem Wert zusammengefasst. Hierbei ist das jeweils sicherste Vorgehen ausschlaggebend; werden beispielsweise als Kommunikationsinstanz siebenmal „Abteilungsleiter“ und nur dreimal „interdisziplinäres Entwicklungsteam“ ermittelt, wird dennoch Letzteres vorgeschlagen, um der Forderung nach einer hohen Prozesssicherheit und Entwicklungsqualität nachzukommen. Hierzu liegt die Sensibilitätsschwelle bei

drei Nennungen, um ein sicheres Ergebnis gegen die Mehrheit aller Ergebnisse durchzusetzen. Darunter entscheidet jeweils die Mehrheit an Ergebnissen. Durch die Zusammenfassung der Angaben wird zudem gewährleistet, dass der Entwickler durch das Assistenzsystem nicht überfordert wird und dieses auch regelmäßig nutzt.

Bis auf projektspezifische Funktionsgruppen dienen alle Kriterienfelder der Bestimmung allgemeiner Entwicklungsszenarien. Erst durch die Anpassung zu Beginn eines Projektes können mit dem Feld „projektspezifische Funktionsgruppe“ anwendungsbezogene Daten abgefragt werden. Hierbei ist es den jeweiligen Anwendern überlassen, ob nur die projektspezifischen Funktionsgruppen oder noch weitere Produktdetaillierungsebenen angepasst werden.

Bei der Nutzung des Programms besteht die Möglichkeit, alle drei Kommunikationskriterien anzeigen zu lassen. Standardisiert sind diese drei Häkchen gesetzt. Des Weiteren können hinterlegte Daten ausgegeben werden, die den getroffenen Angaben entsprechen. Hierbei kann der Entwickler schnell überblicken, welche statischen Daten für ihn relevant sind beziehungsweise welche aktuellen Ergebnisse in Form von dynamischen Daten vorliegen. Da bei einer Vielzahl von Daten die Sichtung der Dateien schwierig ist, kann mit der Entwicklungsassistentz formatneutral durch eine View-Funktion ein schneller Überblick ermöglicht werden. Dieses hat den entscheidenden Vorteil, dass nicht für jede Datei das entsprechende Programm geöffnet werden muss, was einen hohen Zeitaufwand bedeuten würde.

Das Einpflegen der statischen und dynamischen Daten geschieht auf ähnliche Art und Weise (Abbildung 47). Hierzu ist das Menü „Upload“ vorgesehen. Zunächst müssen die Dateien angegeben werden, die in das Assistenzsystem eingepflegt werden sollen. Anschließend muss der Nutzer seine Kontaktdaten bereitstellen, damit andere Abteilungen ihrerseits bei Änderungen oder neuen Informationen den Kontakt aufnehmen können. Ähnlich der Bestimmung der Kommunikationskriterien müssen auch hier die Prozesse, für die die Daten bestimmt sind, charakterisiert werden, damit diese bei zukünftigen Anfragen entsprechend zugeordnet werden können. Durch die Funktion „Hochladen“ werden die Daten entsprechend den gewählten Kriterien in die Datenbank eingepflegt und sind sofort verfügbar.

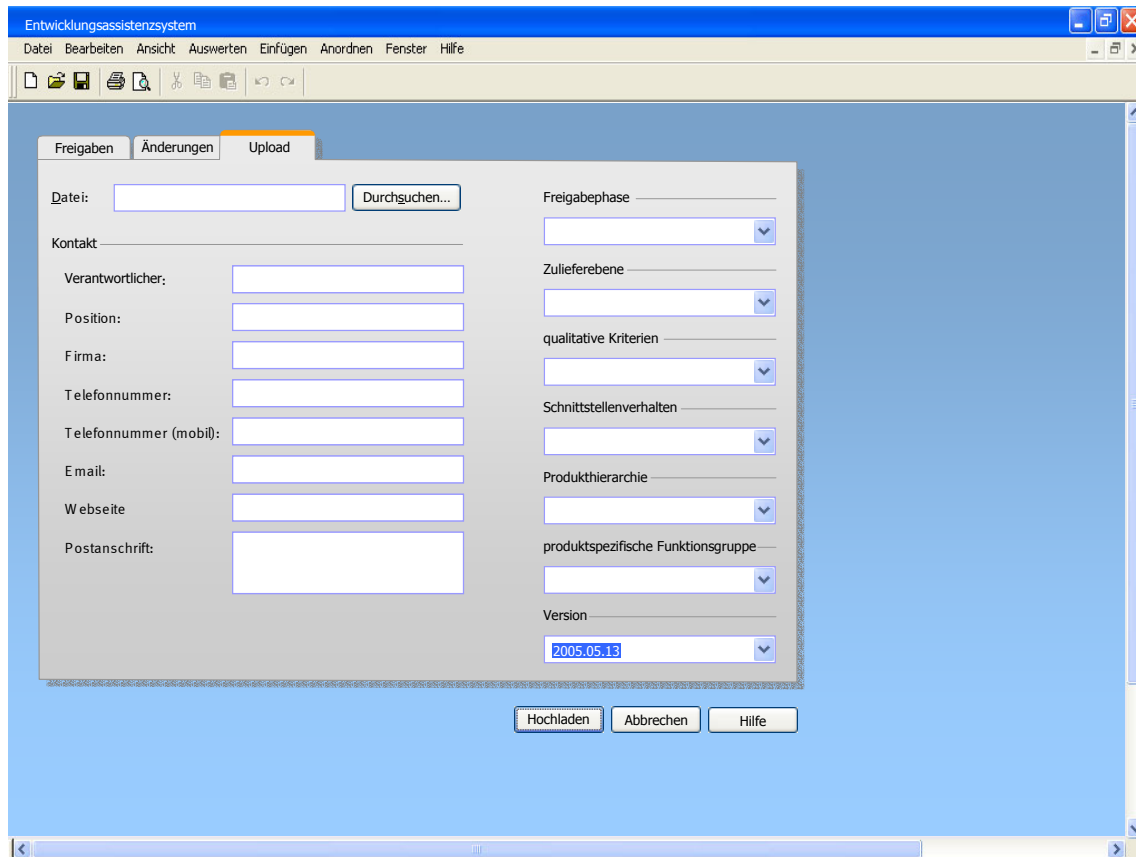


Abbildung 47: Datenupload im Assistenzsystem

Denkbar ist zudem die Implementierung einer automatischen Benachrichtigung involvierter Bereiche. Hierzu müssen möglichst viele Informationen über die jeweiligen Kontaktpersonen in den Entwicklungsabteilungen vorab bestehen, damit die Daten gezielt verteilt werden können. In der Praxis kann individuell entschieden werden, ob eine automatische Benachrichtigung oder das selbständige Abrufen der Daten über das Assistenzsystem favorisiert wird.

### 4.3 Eingliederung des Assistenzsystems in die Organisationsstruktur

Komplexe Verantwortungsstrukturen sind in der Entwicklung durch hohen koordinativen Zeitaufwand handlungslähmend. Der Anteil an Blindprozessen und Fehlprozessen steigt. Dieses hat in der Industrie während der letzten Jahre zu einer Enthierarchisierung geführt, die von der japanischen Industrie im Zuge des Lean Management angestoßen wurde. Besonders im Entwicklungsprozess, in dem keine direkte Wertschöpfung stattfindet und der durch eine zunehmende Komplexität der Produkte und der Koordina-

tion von ausgelagerten Entwicklungstätigkeiten geprägt ist, sind Umstrukturierungen notwendig, um das Potenzial der Mitarbeiter auf das Wesentliche zu konzentrieren. Diesbezüglich muss das Verständnis der Menschen berücksichtigt und ein Verantwortungsgefühl entwickelt werden. Ein willkürlicher Abbau dieser Strukturen ist in Anbetracht des Entwicklungsgleichgewichts nicht sinnvoll, da mangels Koordination nachhaltige Probleme durch späte und somit teure Änderungsanträge zu erwarten sind. Hierfür ist ein interdisziplinäres Entwicklungsteam heranzuziehen. Aufgabe dieser Instanz ist es, die verschiedenen Meinungen und Ansichten zu sammeln, zu beraten, zu entscheiden und letztendlich an alle betroffenen Stellen zu kommunizieren. Bei Bedarf kann Entwicklungspersonal zu einem Treffen des interdisziplinären Teams eingeladen werden, um Probleme im direkten Gespräch zu lösen.

Für periodische Zusammentreffen des interdisziplinären Entwicklungsteams ist in jedem Fall über die vollzogenen Freigaben, Änderungen und allgemeinen Entwicklungsschritte zu berichten. Für die kontinuierliche Information müssen horizontale Jour Fixes in regelmäßigen Abständen erfolgen und dokumentiert werden, so dass Gremien, Lenkungsebenen, interdisziplinäre Teams etc. über den aktuellen Entwicklungsstand und geplante Vorgänge informiert sind. Hierzu dient auch das bereits angesprochene Berichtswesen. Im allgemeinen Berichtsfall an das interdisziplinäre Entwicklungsteam oder sogar an den Vorstand müssen diese Berichtsformen auch Detailfragen beantworten, sind jedoch zur generellen Information höherer Instanzen zu vereinfachen und nur an relevanten Stellen auszuformulieren.

#### **4.3.1 Das interdisziplinäre Entwicklungsteam**

*„Erhebliche Verluste in der Projektarbeit ergeben sich durch unklare Aufgaben sowie durch nicht eindeutig festgelegte Kompetenzen und Verantwortlichkeiten.“ /BULL04/*

Durch die hohe Technologisierung der Produkte bedarf es im Entwicklungsprozess verstärkt interdisziplinärer Denkweise. Die Verfeinerung der konventionellen Kernkompetenzen und die zunehmende Technologisierung verlangen Spezialisten, die sich in den individuellen Abteilungen fachlich immer weiter voneinander entfernen und auf einer sehr tiefen Detaillierungsebene arbeiten. Durch die Spezialisierung wachsen Schnittstellen und Kommunikationsflüsse versiegen. Dieser Tatbestand kann fatale Folgen haben, was sich angesichts der hohen Anzahl an Rückrufaktionen oder ganzheitlichen Fehlkonstruktionen, wie bei der ursprünglichen Mercedes A-Klasse und dem anfänglich ausgelieferten Audi TT, gezeigt hat. Hier waren die zu vollziehenden Nachbesserungen teuer

oder im letzten Fall sogar menschliche Verluste aufgrund sicherheitstechnischer Defizite zu beklagen. In den beiden genannten Fällen wurde jeweils ein Troubleshooting-Team eingerichtet, das sich des Problems in möglichst kurzer Zeit angenommen hat. Hierfür wurden Vertreter aus allen Entwicklungsbereichen einberufen, die das Problem charakterisierten und entsprechende Abstellungsmaßnahmen einleiten sollten.

Diese Extremfälle verfehlter Kommunikation und uneinheitlicher Betrachtungsweise zeigen die Bedeutsamkeit des Schnittstellenmanagements. Daraus folgernd ist eine ganzheitliche Betrachtungsweise anzustreben, um angesprochenen Eskalationen präventiv zu begegnen. Mittels eines interdisziplinären Entwicklungsteams müssen die Interessen der einzelnen Bereiche und Entwicklungsabteilungen gewahrt bleiben und das effektive Zusammenspiel aller Kräfte gewährleistet sein.

Hierbei trifft Fischer /FISC03/ zunächst eine Unterscheidung in sieben Unternehmensbereiche (Abbildung 48). Die Verfolgung einer interdisziplinären Arbeitsweise mit prozessorientiertem Denken und Handeln sowie die Verwirklichung eines Gesamtziels anstatt mehrerer Teilziele machen die Involvierung der verschiedenen Kompetenzen notwendig. Beispielsweise kann durch die frühe Berücksichtigung der Produktion eine fertigungsgerechte Konstruktion verfolgt werden.

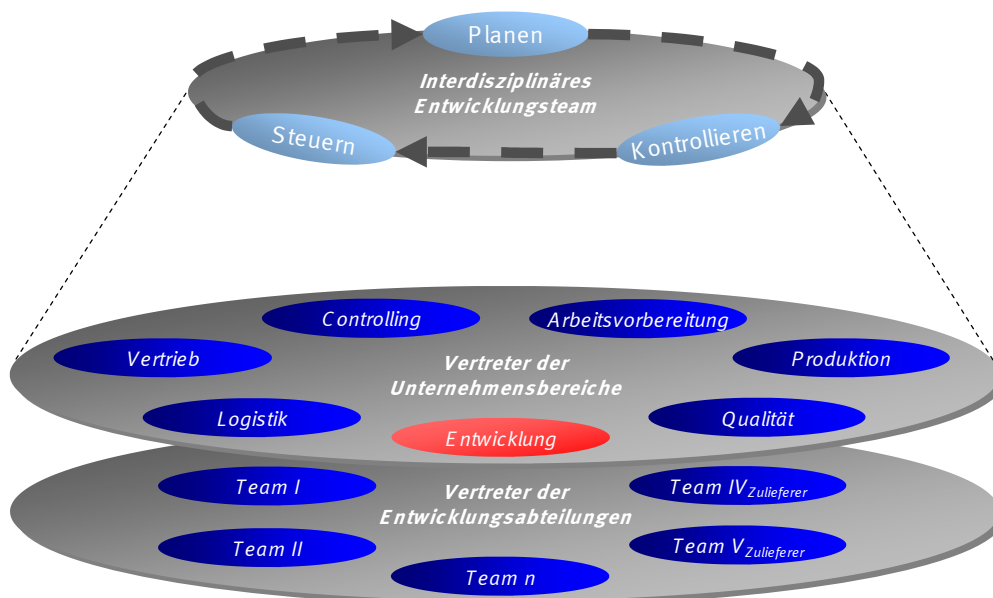


Abbildung 48: Aufbau eines interdisziplinären Entwicklungsteams

Der Bereich Entwicklung erfordert eine weitere Detaillierung. Die verschiedenen Entwicklungsabteilungen müssen gesondert einen Vertreter, meist in Person des Abtei-



lungsleiters, benennen. Durch die Organisation in Abteilungen müssen auch Entwicklungsspezialisten, externe Komponenten- und Systemlieferanten, Betriebsmittelhersteller und Kunden explizit ihre Berücksichtigung finden /IHDE96/. Hierbei sind die einzelnen Teamabgesandten nicht den anderen Bereichen unterstellt, sondern absolut gleichberechtigt. Daher besteht das interdisziplinäre Entwicklungsteam in der Regel aus 6 Vertretern der Nicht-Entwicklungsbereiche sowie jeweils einem Vertreter jeder Entwicklungsabteilung. Laut Gerpott /GERP96/ werden 5-10 Vertreter des Produktentstehungsprozesses involviert. Dieses ist stark von dem jeweiligen Entwicklungsvorhaben beziehungsweise von der Komplexität des zu entwickelnden Produkts abhängig. Zudem bedarf es noch eines Vorsitzenden einschließlich Vertreters, die nach den in Kapitel 2.10 dargelegten Methoden eher moderieren und nur in Konfliktsituationen einschreiten sollen. Wird bei Streitfragen keine Einigung erreicht, ist der Leiter des interdisziplinären Teams befugt, nach dem ihm zur Verfügung stehenden Kenntnisstand eine Entscheidung zu fällen. Dieser Vorgang muss explizit dem Vorstand gemeldet und von diesem zum weiteren Vorgehen bestätigt werden.

Die Häufigkeit des Zusammentreffens eines interdisziplinären Entwicklungsteams ist nicht pauschal quantifizierbar, hängt von der jeweiligen Entwicklungssituation ab und ist dem Assistenzsystem zu entnehmen. Vorab soll ein statisches Intervall festgelegt werden, welches der Situation angepasst werden kann. Beispielsweise ist eine höhere Frequenz der Treffen zu Bedarfszeiten in der Anfangs- und Endphase eines Entwicklungsvorhabens denkbar. Nach Bullinger /BULL04/ werden Projekttreffen durchschnittlich ein- bis viermal monatlich durchgeführt. Hingegen lassen Änderungen nur bedingt eine Vorabplanung der Meetings zu, so dass auch an dieser Stelle eine flexible Gestaltung erforderlich ist. Hierbei können auch Bedarfsmeetings einberufen werden, die keiner starren Intervallvorgabe unterliegen.

In regelmäßigen Treffen werden mit den Zulieferern die erreichten Zwischenstände diskutiert, Teilreifegrade geprüft und Maßnahmen abgeleitet /PLET01/. In diesem Sinne werden auch Quality Gates betrachtet und Freigaben ausgesprochen. Änderungen, die einer Freigabe bedürfen, werden durch das interdisziplinäre Entwicklungsteam gehandhabt. Die Aufgaben dieser Instanz sind jedoch rein administrativer Art und befassen sich nicht mit der Umsetzung der Entscheidungen; diese werden später über das Berichtswesen nachträglich geprüft. Nach Müller /MÜLL82/ muss das Subsidiaritätsprinzip angewendet werden: dieses sieht vor, dass *„übergeordnete Einheiten nur solche Aufgaben übernehmen sollen, zu deren Wahrnehmung untergeordnete Einheiten nicht*

*in der Lage sind.*“ Ein anderes Vorgehen ist aufgrund der teilweise für den Entwicklungsprozess groben Intervalle der Treffen und der primären Aufgaben der Mitglieder in den eigenen Abteilungen nicht möglich.

### 4.3.2 Interdisziplinäre Entwicklungsteams in der Unternehmensorganisation

Durch das interdisziplinäre Entwicklungsteam ist ein Schritt zum Abbau der Hierarchie und Abbau horizontaler Kommunikation geschaffen, effektiv jedoch noch keine Unternehmensebene abgebaut worden. Dieses Team muss daher in die gesamte Entwicklungsstruktur eingegliedert, beziehungsweise die Entwicklungsorganisation dem interdisziplinären Entwicklungsteam angepasst werden.

Als oberste Entscheidungsgewalt ist der Vorstand der interdisziplinären Projekteinheit übergeordnet. Dieser kann sämtliche getroffenen Entscheidungen bestätigen oder evtl. annullieren. Da es im Normalfall allerdings nicht dazu kommen darf, soll der Vorstand mit den ihm zur Verfügung stehenden Informationen weitgehend nur kontrollierend verstanden sein.

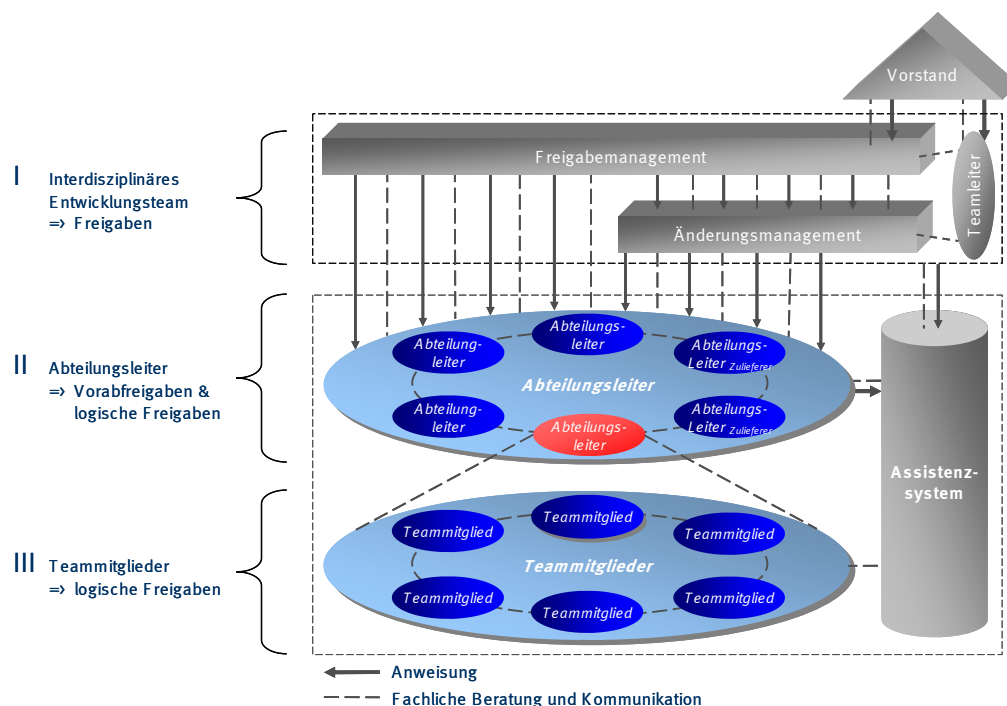


Abbildung 49: Kommunikationsstrukturen in komplexen PEP- und Anlauf-Netzwerken

Das interdisziplinäre Entwicklungsteam unterteilt sich weiter in Bereiche des Freigabe- und des Änderungsmanagements. Diese Ebenen werden nicht explizit von Personen vertreten, sondern stellen vielmehr die Hauptaufgaben des gesamten Teams dar. Dabei konzentriert sich diese Instanz auf den Vollzug und die Abnahme der Freigabephase I, also der Hauptprozess- und Teilfreigaben. Die anderen Phasen werden nur bei gravierenden Problemen oder gesonderter Relevanz von dieser Stelle aus gesteuert, da die meisten Unregelmäßigkeiten und Probleme horizontal auf operativer Ebene gelöst werden sollen.

Unterhalb des interdisziplinären Entwicklungsteams sind zunächst die Abteilungsleiter vertreten, die für ein ganzes Entwicklungsteam stehen. Die Abteilungen müssen zwischen OEM-internen und bei Zulieferern ansässigen unterschieden werden, wobei beide gleichberechtigt sind. Durch die räumliche Distanz und unterschiedliche Firmenphilosophien und -strukturen ergeben sich jedoch signifikante Unterschiede. Vorabfreigaben und unter Umständen auch logische Freigaben werden in dieser Ebene gehandhabt. Lediglich in Ausnahmefällen, wie bei sicherheitskritischen oder änderungsintensiven Teilen, ist das interdisziplinäre Entwicklungsteam mit zu involvieren. Ansonsten muss nur ein abschließender Bericht angefertigt werden.

Auf der Ebene der Teammitarbeiter werden logische Freigaben in Kenntnis des Vorgesetzten durchgeführt. Logische Freigaben ohne Informationen anderer Teams beziehungsweise innerhalb eines autonomen Entwicklungsbereichs sind vollständig von den Teammitarbeitern durchführbar.

Alle Instanzen haben Zugriff auf das Assistenzsystem und können dynamische Daten einpflegen. Die Inhalte des Assistenzsystems sind bis auf aktuelle Entwicklungsergebnisse vorab aufgestellt und verifiziert, bedürfen daher keiner weiteren Kontrolle. Genauere Unterscheidungen der Zuordnung von Freigaben und Änderungen zu den verschiedenen Verantwortlichkeiten sind dem Assistenzsystem zu entnehmen (Anhang).

Zur Veranschaulichung der erarbeiteten Ergebnisse soll ein Beispiel aus der Praxis angeführt werden

## 5 Anwendungsbeispiel

Die vorliegende Arbeit basiert vornehmlich auf den Entwicklungen und Prozessen der Automobilindustrie. Dieses ist nicht zufällig, da die Automobilindustrie die Rolle einer Leitbranche für die industrielle Produktion bekleidet /SCHM00/. Die wirtschaftliche Position rührt aus folgenden Charakteristika her:

- Vereinigung einer Vielzahl an Technologien in einem Produkt,
- hoher Innovationsgrad,
- hohe Qualitätsanforderungen,
- Steuerung ganzer Zuliefernetzwerke,
- hohe Individualität,
- hohe Preissensibilität des Kunden,
- kürzer werdende Produktlebenszyklen,
- etc.

Viele Beispiele sind zur Veranschaulichung genannt und das Assistenzsystem ist mit Hilfe mehrerer Anleihen aus der Automobilindustrie erstellt worden. Die daraus erarbeiteten Ergebnisse sind jedoch allgemeingültig formuliert und nicht rein auf die Automobilindustrie zugeschnitten. Um dieses zu unterstreichen, wird die Umsetzung des Assistenzsystems im Folgenden an einem Industrieprojekt aus einer anderen Branche verdeutlicht.

### 5.1 Entwicklung eines Gewerbekundenbriefkastens

Im Zuge eines Projekts bei einem großen Briefdienstleister bestand die Aufgabe darin, die Lücke zwischen der Sendungsaufgabe am Schalter und dem Abholservice zu schließen. Zu diesem Zweck sollte ein existierender Privatkundenbriefkasten zu einem automatisierten Gewerbekundenbriefkasten (GKBK) weiterentwickelt werden (Abbildung 50). Zur Annahme von Sendungen muss dieser folgende Schritte vollziehen:

- Einzug der Sendungen über Papierzuführung,
- Orientierungsprüfung mittels Kamera,

- Bestimmung der Sendungsvolumina,
- dynamische Wiegung,
- automatische Frankierung und
- Transport in die Einhängetasche.

Der Kunde bedient den GKBK über einen Touchscreen und muss nach Aufforderung die Sendungen in den Papierzuführung legen. Durch den beschriebenen technischen Ablauf werden die Sendungen vollständig aufgegeben und gelten rechtlich als angenommen, da die Einhängetasche dem Bediener nicht mehr zugänglich ist.



Abbildung 50: Gewerbekundenbriefkasten

Um das Projekt entsprechend dem Entwicklungsgleichgewicht durchzuführen und das Assistenzsystem anzuwenden, müssen zunächst die in Kapitel 4.2.1 vorgestellten Schritte durchlaufen werden.

### 5.1.1 Aufbau der Zulieferstruktur

Zum Aufstellen des Assistenzsystems ist vor allem der Projektaufbau und -ablauf relevant. Die Rahmenbedingungen werden seitens des Briefdienstleisters und Auftraggebers mittels Fachkonzept und Pflichtenheft festgelegt. Hersteller ist eine koreanische Firma, die den Automaten vollständig entwickelt und fertigt und somit den OEM darstellt. Hierbei kann man sich auf Erfahrungen aus dem Projekt Privatkundenbriefkasten stützen, das bereits von den Koreanern durchgeführt wurde. Neben der Automatenstruktur, dem internen Sendungstransport (außer Wiege- und Frankiereinheit) und der Montage

aller Komponenten liegt die Kernkompetenz des Herstellers in der elektronischen Vernetzung und Datenanbindung.

Ein deutscher Frankiermaschinenhersteller repräsentiert einen Modullieferanten, der für die Frankiereinheit mit zugehörigen Transportbändern, dynamischer Wiegeeinheit und Flächenvermessung verantwortlich ist. Hierbei handelt es sich um einen Wertschöpfungspartner, der entsprechende Elemente ausschließlich für dieses Projekt entwickelt. Darüber hinaus wird der Hersteller dieser Rolle gerecht, da er angehalten ist, Wartungspläne und detaillierte technische Details für die spätere Zulassung zu erbringen.

Ein weiterer Zulieferer ist wiederum für die substanziellen Elemente der Wiegeeinheit verantwortlich. Dieser stellt einen Entwicklungspartner dar, der ausschließlicher Sublieferant des Frankiermaschinenherstellers ist. Von diesem erhält er Vorgaben, auf deren Basis angepasste Komponenten geliefert werden.

Durch die weitere Integration von Standardelementen, Rohmaterial, DIN- und Normteillieferanten wird zudem der in der PSI-Strategie geforderten Standardisierung Rechnung getragen. Von diesen Standardlieferanten, die nicht direkt mit in die Entwicklung einbezogen sind, beziehen alle übergeordneten Ebenen direkt oder indirekt Komponenten.

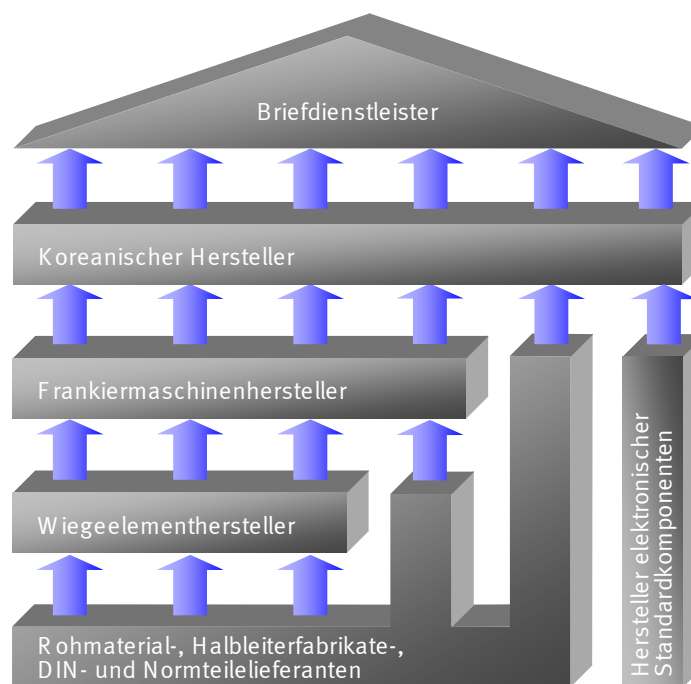


Abbildung 51: Das Entwicklungskonsortium

Ein Lieferant elektronischer Standardkomponenten muss gesondert aufgeführt werden. Dieser beliefert den koreanischen Hersteller mit technischen Komponenten wie Überwachungskameras und einem Endlos-Videorekorder, die nicht dem GKBK angepasst werden.

Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, müssen Zulieferer und Produktebenen teilweise parallel beschrieben werden. In diesem Projekt wurde gleichermaßen gehandelt. Die Bestimmung der Zulieferstruktur und der Produktebenen wird hier aber notwendigerweise sequentiell aufgeführt.

### **5.1.2 Bestimmung der Produktebenen**

Zweiter Schritt zum Aufbau des Assistenzsystems ist die Bestimmung der Produktebenen. Der oben beschriebene technische Ablauf bedingt verschiedene Funktionsgruppen. So wurde nach

- der Gehäusestruktur,
- Transporteinrichtungen,
- Portoermittlungseinrichtungen,
- der Frankiereinheit,
- Bedienungselementen und
- Steuerungseinrichtungen

unterschieden. Die Gehäusestruktur beinhaltet die Außenhaut, wie auch die inneren Verstreben und Befestigungselemente. Durch die Transporteinrichtungen werden alle Elemente beschrieben, die die Sendungen vom Einzug bis zur Einhängetasche durch den GKBK fördern. Lediglich die Bänder der Wiegeeinheit und der Frankiereinheit werden vom Frankiermaschinenhersteller entwickelt und fallen daher unter die Funktionsgruppe Portoermittlungseinrichtung beziehungsweise Frankiereinheit. Die Portoermittlungseinrichtung schließt alle notwendigen Implementierungen zur Gewichts- und Volumenbestimmung mit ein. Mit Hilfe dieser Daten können die Sendungen automatisch freigemacht werden. Die Komplexität und Wichtigkeit dieser Einheit rechtfertigt die gesonderte Berücksichtigung als Funktionsgruppe. Durch die Bedienungselemente werden sämtliche Schnittstellen zum Kunden berücksichtigt. Hierunter fallen Touchscreen, Kartenlesegerät, Quittungsdrucker, allgemeine Ergonomie und Haptik. Den komplexesten Bereich stellen die Steuerungseinrichtungen dar. Datenver-

arbeitungseinrichtungen wie der implementierte Computer, Überwachungssensoren oder Kommunikationseinrichtungen zählen zur digitalen Übermittlung von Daten.

Mit den allgemeinen Funktionsgruppen sind hier bereits die projektspezifischen Funktionsgruppen erstellt und der erste Schritt in Richtung Design Structure vollzogen. Um das Anwendungsbeispiel nicht zu komplizieren, soll an dieser Stelle nur für das Beispiel der Portoermittlungseinrichtung näher auf tiefere Ebenen eingegangen werden.

Zur Bestimmung des passenden Portos sehen die AGBs des Briefdienstleisters die Kriterien Sendungsgewicht und -volumen vor. Implementiert sind zu diesem Zweck

- eine dynamische Wiegeeinheit,
- eine Volumenbestimmungseinheit und
- eine Andrückrolle.

Mittels eines gesonderten Transportbandes werden die Sendungen dynamisch gewogen. Vorteil ist hierbei, dass Einschwingzeiten nicht weiter relevant sind. Allerdings darf zu keiner Zeit mehr als eine Sendung auf dem Band sein, um Falschmessungen zu vermeiden; ein so genannter Schuppenstrom, in dem Sendungen überlappt transportiert werden, ist daher nicht möglich. Die Volumenbestimmungseinheit ermittelt die Fläche und die Dicke der Sendungen getrennt. Hierzu sind auf der Ebene der Baugruppen Flächenvermessungssensoren implementiert, die die absoluten Abmessungen in der Ebene ermitteln. Anders wird bei der Dickenmessung mit Lichtschranken gearbeitet. Diese befinden sich an der jeweils oberen Dickengrenze eines Formats. Wird der Lichtstrahl unterbrochen, handelt es sich um das nächst größere Format. Hinzu kommt eine Andrückrolle, die Luft aus den Sendungen drückt, um die tatsächlichen Abmessungen zu ermitteln. Dieses Vorgehen ist gegenüber der gängigen Schalterannahme sogar ein Vorteil für den Kunden.

Die verschiedenen Ebenen der Produkthierarchie in Verbindung mit den Verantwortlichen müssen in der folgenden Design Structure in Beziehung gesetzt werden, um die Schnittstellen zu ermitteln. Auch hier wird nur exemplarisch im Zuge der Portoermittlungseinrichtung auf tiefere Detaillierungsebenen eingegangen.

### **5.1.3 Bestimmung der Design Structure**

Der Aufbau der Design Structure ist zunächst durch das Produkt, den GKBK an sich, auf oberster Abstraktionsebene definiert. Da in diesem Fall nur ein Produkt, keine Pro-



duktpalette mit Varianten und Derivaten, betrachtet wird, sind keine weiteren Unterscheidungen zu treffen.

Im zweiten Schritt werden die in Kapitel 5.1.2 beschriebenen Funktionsgruppen aufgetragen. Hierbei zeigt sich, dass auf diesem hohen Abstraktionsniveau vielfältige Abhängigkeiten bestehen.

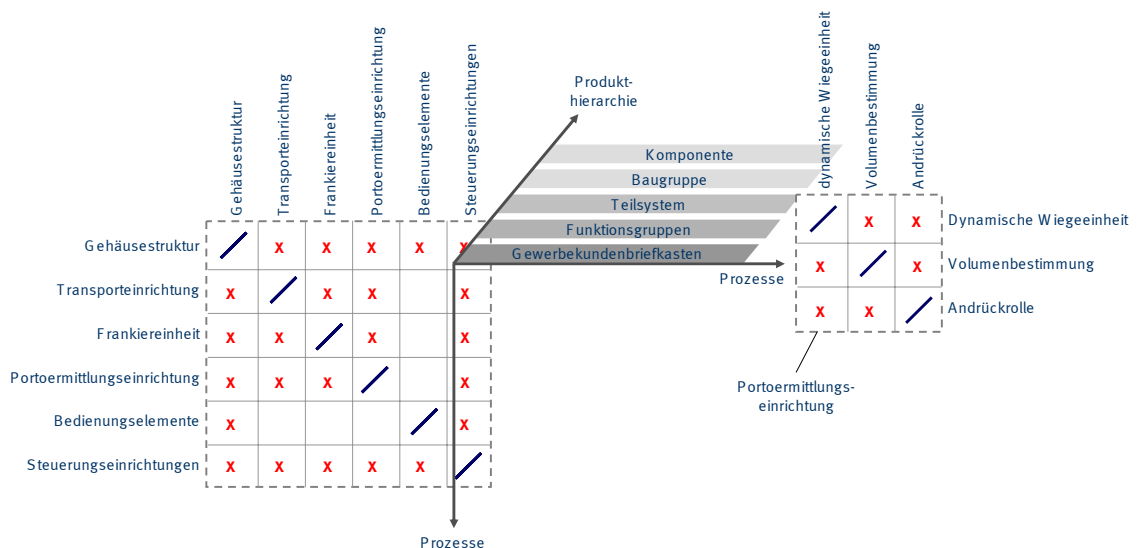


Abbildung 52: Design Structure des Gewerbekundenbriefkastens

Als weitere Produktebene wird das Teilsystem Portoermittlungseinrichtung exemplarisch näher betrachtet. Vielfältige Abhängigkeiten sind erkennbar, die jedoch weitgehend auf den physischen Sendungsanforderungen und der elektronischen Vernetzung der Systeme beruhen.

Ein autonomer Entwicklungsbereich ist am Beispiel des Zulieferers der Frankiereinheit teilweise realisiert. Seitens des Briefdienstleisters werden nur Bedingungen bezüglich des materiellen In- und Outputs, der Baugröße sowie informatorischer Schnittstellen zu anderen Bauelementen und Datensätzen gestellt. Der Hersteller hat bei der Realisierung bis auf diese Prozessgrößen und Parameter freie Hand; der vorliegende Entwicklungsbereich ist daher semiautonom.

#### 5.1.4 Bestimmung der qualitativen Freigabekriterien

Die allgemein formulierten qualitativen Freigabekriterien müssen für das aktuelle Entwicklungsprojekt differenziert werden. Sicherheitsrelevante Teile gibt es am GKBK in im herkömmlichen Sinne nicht. Es müssen Vorschriften, wie z.B. das Gerätesicher-

heitsgesetz (GSGV), eingehalten werden; wirkliche Sicherheitsmerkmale, beispielsweise die Bremsen an einem Automobil, gibt es bei dem betrachteten Entwicklungsvorhaben nicht.

Die meisten Implementierungen hängen direkt oder indirekt voneinander ab. Insbesondere die Gehäusestruktur kann als änderungsintensives Teil charakterisiert werden, da alle Änderungen hier zu berücksichtigen sind; während des Projekts wuchsen die Außenabmessungen auf mehr als das Doppelte an. Durch die Tatsache, dass die Struktur des Automaten modular und mit vielen Verstellmöglichkeiten aufgebaut ist und das Gehäuse zunächst nur virtuell entwickelt wurde, haben Änderungen keine signifikanten Auswirkungen auf die Gehäusestruktur.

Die Verkleidung des GKBK muss optischen Richtlinien sowie Anforderungen an Ergonomie und Haptik genügen. Hierzu bedarf es der Zustimmung der Designabteilung und der Meinung des Entwicklungsteams. Auf der Softwareseite muss besonders die Menüstruktur den Kunden im Fokus haben und leicht verständlich und grafisch anschaulich aufgebaut sein.

Formgebende/optische Kriterien müssen bei dem Design des Automaten hinsichtlich der Corporate Identity des Briefdienstleisters eingehalten werden und sind von der Designabteilung zu bestätigen.

Geometrische Restriktionen sind durch die äußeren Maße gegeben, die möglichst klein gehalten werden sollen. Intern wirkt sich dieses durch ein geringes Volumen aus und ist zusätzlich durch den internen Sendungstransport eingeschränkt.

Eine funktionale Charakteristik ist bei den Transporteinrichtungen, der Portoermittlungseinrichtung, der Frankiereinheit und den Steuerungselementen gegeben. Allen gleich sind die komplexe Vernetzung untereinander und die komplizierten Ablaufprozesse. An dieser Stelle wurde im Projekt zunächst im Fachkonzept ausführlich modelliert und anschließend im intensiven Austausch zwischen Auftraggeber und dem koreanischen Hersteller programmiert.

Explizite Anforderungen an das Material sind nur hinsichtlich äußerer Einflüsse gesetzt. So muss die Konstruktion und Verkleidung Gewalteinflüssen und Witterungsbedingungen widerstehen.

Autonome Entwicklungsbereiche und schnittstellenübergreifende Elemente sind im Zuge der Design Structure bestimmt worden.

### 5.1.5 Bestimmung der Freigabephasen

Bei der Entwicklung des GKBK wurden Hauptprozessfreigaben und Teilfreigaben vorab definiert, um Meilensteine zwecks zeitlicher und technologischer Orientierung zu bestimmen. Hauptprozessfreigaben wurden für folgende Projektschritte definiert:

- Fachkonzept,
- Pflichtenheft
- Gehäusestruktur,
- Transporteinrichtungen,
- Portoermittlungseinrichtungen,
- Frankiereinheit,
- Bedienungselemente und
- Steuerungseinrichtungen.

Abschließend folgt die Produktfreigabe, mit der die Fertigung ausgelöst wird.

Die Möglichkeit des Absicherns von Abhängigkeiten der Funktionsgruppen durch Rahmenbedingungen bezüglich der Baugröße, Datenschnittstellen und mechanischen Schnittstellen war Voraussetzung, um die Prozessüberlappung deutlich zu erhöhen und die Entwicklungsqualität zu sichern. Via Fachkonzept und Pflichtenheft findet eine theoretische, durch die restlichen Freigaben eine physische Abnahme statt. Dabei ist es kein Zufall, dass die Hauptprozessfreigaben die Funktionsgruppen der Design Structure beinhalten, da es sich hier um substantielle Prozesse handelt. Teilfreigaben erstrecken sich über viele Teilsysteme, sollen hier aber nicht weiter erläutert werden. Vorab- und logische Freigaben können ohnehin nicht zu Beginn des Projekts aufgestellt werden, sondern ergeben sich in dessen Verlauf.

Besonderheit bei dem Entwicklungsvorhaben GKBK war die relativ späte Fertigstellung des Fachkonzepts und daran anknüpfend des Pflichtenhefts. Hierdurch wurde der Anteil von Vorab- und logischen Freigaben erhöht. Besonders der koreanische Hersteller arbeitete oft auf der Basis von Annahmen, so dass vermehrt Änderungen zu erwarten waren und auch tatsächlich eintraten. Da von vornherein durch fehlen scharfer Daten ein änderungsintensiver Prozess angenommen wurde, konnte durch großzügige und variable Auslegung änderungsintensiver Bereiche das Problem später Änderungen mit schnittstellenübergreifenden Gründen und Lösungen entschärft werden. Bei Erhalt des Fach-

konzepts und Pflichtenhefts waren die meisten Konstruktionen vollzogen und schon einige Komponenten gefertigt. Aus diesem Grund konnten die für die Pilotphase geforderten drei Automaten acht Wochen nach Abgabe des Fachkonzepts fertig gestellt werden.

Möglich war diese extrem kurze Entwicklungszeit nur durch intensive Vorarbeiten und viele Vorabfreigaben, die dem Hersteller den Beginn seiner Entwicklungsarbeiten ermöglichten. Zudem bewegte sich der koreanische Hersteller ohne Kommunikation mit dem Auftraggeber oft in der Freigabephase III.b, um die Entwicklung möglichst schnell voranzutreiben.

### **5.1.6 Das interdisziplinäre Entwicklungsteam**

Entsprechend den Forderungen des Freigabemanagements musste ein interdisziplinäres Entwicklungsteam einberufen werden. Dieses bestand fest aus

- einem verantwortlichen Abteilungsleiter (Briefdienstleister),
- einem Betriebswirt (Briefdienstleister),
- einem Ingenieur (Briefdienstleister),
- einem Vertreter des koreanischen Herstellers und
- einem externen technischen Berater.

Diese fünf Personen bildeten das Kernteam des interdisziplinären Entwicklungsteams, das alle zwei Wochen tagte. Je nach Bedarf wurden weitere Fachleute aus den Bereichen

- Transport (Briefdienstleister),
- Kundenkarte (Briefdienstleister),
- Immobilien (Briefdienstleister),
- IT (Briefdienstleister),
- vergangene Projekte (Briefdienstleister),
- Marketing (Agentur) und
- Freimachung (Frankiermaschinenhersteller)

mit zu den Projektteamsitzungen eingeladen. Alle anderen Absprachen fanden bilateral auf operativer Ebene statt. Mindestens ein festes Mitglied des interdisziplinären Ent-

wicklungsteams musste immer über relevante Entscheidungen informiert sein, so dass beim nächsten Projektmeeting darüber berichtet und debattiert werden konnte.

Die vom Assistenzsystem geforderte Definition von Abteilungsleitern und Entwicklungspersonal ergab sich aus der Zulieferstruktur.

### **5.1.7 Anwendung des Assistenzsystems**

Mit den beschriebenen Vorkehrungen ist das Assistenzsystem projektspezifisch aufgestellt. An einem Beispiel soll die Nutzung im Zuge des GKBK-Projekts erläutert werden.

Zunächst ist die Haupteingabemaske des Assistenzsystems aufzurufen. Soll beispielsweise eine Anfrage für die Flächenvermessungssensoren erfolgen, so ist aus den beschriebenen Ausführungen bekannt, dass es sich bezüglich der Produkthierarchie um eine Baugruppe handelt. Die Sensoren werden von dem Frankiermaschinenhersteller als ein Standardteil bezogen und entsprechend den Anforderungen angepasst. Somit ist als Zulieferebene „3<sup>rd</sup> tier“ anzugeben (Abbildung 51). Die Einzelkriterien „Baugruppe“ und „3<sup>rd</sup> tier“ sind explizit mit der Design Structure und der Kenntnis der Projektorganisation anzugeben. Die folgenden Kriterien sind hingegen nur mit ausreichender Projektkennntnis ermittelbar.

Als qualitatives Freigabekriterium kommt im Zuge der Funktionsgruppe Portoermittlung das Kriterium „funktional“ in Frage, da weder formgebende/optische noch geometrische oder materielle Kriterien nennenswert berücksichtigt werden müssen. Insbesondere wird durch den funktionalen Charakter auch die Relevanz der Sensoren im Hinblick auf die Portoermittlung hervorgehoben, für die schließlich auch eine Bauartzulassung erteilt werden muss. Zudem sind die Sensoren im Zuge der Bestimmung von Sendungsvolumina als schnittstellenübergreifend einzustufen. Im Kontext der Freigabeebenen sind die Sensoren als Standardteil bereits vom Zulieferer geprüft und werden im Zuge der Portoermittlungseinrichtung noch durch eine Teilfreigabe mit abgenommen. Daher wird hier eine Vorabfreigabe gewählt, mit welcher das Zusammenspiel der Komponenten erprobt wird.

Die projektspezifischen Funktionsgruppen müssen gesondert betrachtet werden, da diese eigens für das GKBK-Projekt aufgestellt worden sind. Als projektspezifische Funktionsgruppe wird in diesem gesonderten Fall die Portoermittlungseinrichtung bestimmt,

die der Funktionsgruppe äquivalent ist. Weitere projektspezifische Produktdetaillierungsebenen sind in diesem Projekt nicht definiert worden.

Mit diesen 6 Kriterien können nun die Kommunikationsinstanz, die Kommunikationsart und das Kommunikationsintervall anhand der Freigabematrizen bestimmt werden (Tabelle 2).

<i>Wechselwirkung der Kriterien</i>	<i>Kommunikationskriterium</i>		
	<i>Kommunikationsinstanz</i>	<i>Kommunikationsart</i>	<i>Kommunikationsintervall</i>
3rd tier mit Vorabfreigabe	Abteilungsleiter	persönliches Gespräch	monatlich
Funktional mit Vorabfreigabe	Abteilungsleiter	persönliches Gespräch	wöchentlich
Schnittstellenübergreifend mit Vorabfreigabe	interdisziplinäres Entwicklungsteam	Meeting	täglich
Baugruppe mit Vorabfreigabe	Abteilungsleiter	persönliches Gespräch	monatlich
Funktional mit 3rd tier	Abteilungsleiter	Telefongespräch	monatlich
Schnittstellenübergreifend mit 3rd tier	interdisziplinäres Entwicklungsteam	persönliches Gespräch	wöchentlich
Baugruppe mit 3rd tier	Abteilungsleiter	Email	nach Bedarf
Schnittstellenübergreifend mit funktional	interdisziplinäres Entwicklungsteam	Meeting	wöchentlich
Baugruppe mit funktional	Abteilungsleiter	persönliches Gespräch	monatlich
Baugruppe mit schnittstellenübergreifend	interdisziplinäres Entwicklungsteam	persönliches Gespräch	wöchentlich
projektspezifische Funktionsgruppe mit Voabfreigabe	Abteilungsleiter	Telefongespräch	monatlich
projektspezifische Funktionsgruppe mit 3rd tier	Abteilungsleiter	Email	nach Bedarf
projektspezifische Funktionsgruppe mit funktional	Abteilungsleiter	persönliches Gespräch	wöchentlich
projektspezifische Funktionsgruppe mit schnittstellenübergreifend	interdisziplinäres Entwicklungsteam	persönliches Gespräch	wöchentlich
projektspezifische Funktionsgruppe mit Produkthierarchie	Teammitglied	Email	nach Bedarf
<b>Ergebnis</b>	interdisziplinäres Entwicklungsteam	persönliches Gespräch	wöchentlich

Tabelle 2: Bestimmung der Kommunikationskriterien

Entsprechend dem Mittelwertverfahren bezüglich der Kommunikationsinstanzen ist der Abteilungsleiter für die Vermessungssensoren zuständig; im Zuge der Qualitätsbestrebungen muss hier aber das interdisziplinäre Entwicklungsteam involviert werden, da dieses mehr als dreimal ermittelt wurde. Seitens der Kommunikationsart ist das Ergebnis hinsichtlich der Angabe „persönliches Gespräch“ eindeutig. In Verbindung mit dem interdisziplinären Entwicklungsteam muss dazu ein Mitglied den persönlichen Kontakt zu den Teammitarbeitern oder den Abteilungsleitern suchen, um sich über den aktuellen Stand der Entwicklung zu informieren. Die Bestimmung des Kommunikationsintervalls besteht ebenfalls aus ambivalenten Ergebnissen. Da wöchentlich mehr als dreimal ge-

nannt wurde, muss hier der Prozesssicherheit entsprechend ein wöchentliches Gespräch stattfinden. Die Einfachnennung eines täglichen Intervalls wird vernachlässigt.

Das Vorgehen bei Änderungen wurde im ähnlichen Stil mit Hilfe der Änderungsmatrizen vollzogen und soll an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden.

### **5.1.8 Erfahrung aus dem Projekt**

Die Erfahrungen aus dem GKBK-Projekt haben gezeigt, dass entsprechend dem Freigabemanagement große Entwicklungszeitverkürzungen möglich sind. Trotz kurzer Entwicklungszeit ist zudem eine hohe Produktqualität erreicht worden. Durch den großen Anteil an Standardteilen war ein niedriger Produktpreis möglich, der bei einer Serienfertigung mit einer deutlichen Stückzahlerhöhung noch drastisch fallen wird. Hierzu sind weitere Standardisierungsbestrebungen angedacht. Die Kosten seitens des Briefdienstleisters für die Strukturierung der internen IT-Architektur sind nur schwer bezüglich des Entwicklungsprojekts zu quantifizieren, da diese vorher in keiner Weise existierten und auch für kommende Produkte Verwendung finden können. Somit wurde auch in diesem Bereich Pionierarbeit geleistet.

Das seitens des Assistenzsystems angestrebte Einpflegen von statischem und evtl. dynamischem Wissen gelang nur bedingt. Die Implementierung von statischem Wissen war insofern schwierig, als viele notwendige Unterlagen gar nicht oder in ungeeignetem Format vorlagen. Dieser Missstand wurde im Laufe des Projekts mit Erstellung des Fachkonzepts teilweise ausgemerzt. Statische und dynamische Daten wurden den Mitgliedern des interdisziplinären Entwicklungsteams in Form eines Versions-Updates des Fachkonzepts im 2-Wochen-Rhythmus zur Verfügung gestellt. Allerdings versäumte es der Briefdienstleister, dem koreanischen Hersteller rechtzeitig Unterlagen im Zuge einer Vorabfreigabe des Fachkonzepts zukommen zu lassen. Dieses wurde aufgrund von Abstimmungs- und Geheimhaltungsgründen bezüglich Patentanmeldungen vermieden. So musste der Hersteller unnötig lange in der Freigabephase III „verharren“. Es bleibt daher noch Optimierungspotenzial bestehen.

## 6 Zusammenfassung

Zunächst wird die Bedeutung der Entwicklung bezüglich des Einflusses auf den Produktlebenszyklus und somit den wirtschaftlichen Erfolg eines Produkts erläutert. Insbesondere sind hierbei erste Probleme in Form von Ineffektivitäten in der Arbeit von Entwicklern und in der niedrigen Anzahl an Forschungskräften in Deutschland ersichtlich. Der Untersuchungsraum der vorliegenden Arbeit wird durch die Abgrenzung der Entwicklung von der Forschung verkleinert, da Letztere durch die schlechte Planbarkeit nicht berücksichtigt werden kann. Als Benchmark werden Besonderheiten des japanischen Produktentwicklungsprozesses vorgestellt.

Zur Realisierung des eigentlichen Ziels, der Verkürzung der Time-to-Market, werden Methoden benannt und das Simultaneous Engineering durch die Prozessparallelisierung als maßgeblich definiert. Demzufolge werden verschiedene Parallelisierungsfälle und Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Prozessen erläutert. Durch die Vorstellung von Freigaben wird die Möglichkeit aufgezeigt, mittels einer Prozessabsicherung eine hohe Entwicklungsqualität zu erreichen, die im Falle von Teilfreigaben auch zu einer Prozessparallelisierung genutzt werden kann. Um die Prozessparallelisierungsbestrebungen weiter zu unterstützen, werden Informationshandhabungen außerhalb von Freigaben diskutiert, so dass höhere Prozessüberlappungsraten möglich sind. Angedacht wird eine Just-in-Time-Informationsweitergabe, so dass nachfolgende Prozesse mit nicht freigegebenen Ergebnissen gestartet und kontinuierlich durchgeführt werden können. Zu diesem Zweck muss die Informationshandhabung in der Entwicklung näher betrachtet werden. Neben den Grundlagen von Informationen werden Workflow-Management-Systeme angedacht, die den Entwicklungsprozess unterstützen sollen und außerhalb von Freigaben stabile Abläufe ermöglichen. Um der geforderten frühen Informationsweitergabe nachzukommen, wird die Thematik des Wissensmanagements aufgegriffen und statisches von dynamischem Wissen unterschieden.

Eine weitere Herausforderung ergibt sich zudem aus der zunehmenden Virtualität im Entwicklungsprozess, wodurch Prozesse früher Informationshandhabung zusätzlich forciert werden können. An dieser Stelle wird auf Inkonsistenzen aufgrund fehlender Kompatibilität der einzelnen softwarebasierten Systeme hingewiesen. Schließlich wird



der Faktor Mensch hinsichtlich einer progressiven Parallelisierungsstrategie betrachtet und dessen Bedürfnisse erläutert.

Mit der Design Structure werden die Prozessschnittstellen bestimmt und durch die Einführung von Produkthierarchieebenen als dritte Achse eine genaue Trennung von Entwicklungsaufgaben ermöglicht. Daher können Subebenen beschrieben werden, die keine Schnittstellen zu anderen Bereichen haben – so genannte autonome Entwicklungsbereiche. Durch die Bestimmung der Schnittstellen kann der Forderung nach einer weiteren Differenzierung der Freigabephasen entsprochen werden. Zu den bekannten Freigaben werden Vorab- und logische Freigaben definiert, so dass die frühe Informationshandhabung gesondert berücksichtigt werden kann. Durch Aufstellen der insgesamt drei Freigabephasen wird der Grundstein für ein Freigabemanagement gelegt. Die Teilung von Freigaben macht die Notwendigkeit eines Kapazitätsmanagements deutlich. Zur Bestimmung der idealen Freigabephase wird ein Optimum aus der Addition des Zeitverlusts durch resultierende Änderungen und des Zeitgewinns durch Prozessparallelisierungen ermittelt.

Mit den beschriebenen Freigabephasen kommt der zusätzliche Bedarf einer individuellen Prozessbetrachtung auf, um die verschiedenen Freigaben entsprechend anzupassen. Demnach werden Kriterien eingeführt, um Freigaben zu klassifizieren. Die Betrachtung der Design Structure in Detaillierungsebenen und die Differenzierung von Freigaben und frühen Informationshandhabungen stellen als quantitative Unterscheidung die erste Achse des Freigabemodells dar. Um der zunehmend verteilten Entwicklungsstruktur zu entsprechen, werden die Zulieferebenen als zweite Achse implementiert. Die Unterscheidung nach qualitativen Merkmalen lässt eine Unterscheidung nach dem Prozesscharakter zu. Aus diesen drei Differenzierungen wird ein Freigabemodell entwickelt, das dem späteren Assistenzsystem als Basis dienen soll.

Um Prozesse freigegeben zu können, erfordert es eine Bestimmung der Reife und Qualität. Hierzu werden Quality Gates und Reifegrade vorgestellt und für Freigaben der ersten Phase ein Regelkreis mit Hilfe eines Ampelsystems aufgestellt. Für die anderen beiden Freigabephasen ist ein entsprechend vereinfachter Regelkreis gestaltet.

Da eine Prozessparallelisierung auf der Basis nicht freigegebener Ergebnisse Risiken in Form anschließender Änderungen birgt, muss das Änderungsmanagement explizit betrachtet werden. In diesem Zuge wird festgelegt, dass ein Änderungsantrag zunächst validiert und nach dessen Umsetzung verifiziert werden muss. So kommt es zu einer

Doppelfreigabe von Änderungen. Da Änderungen nach einer ähnlich individualisierten Handhabung wie Freigaben verlangen, werden ebenfalls entsprechende Kriterien entwickelt und ein Änderungsmodell aufgestellt.

Zu dem angestrebten Ziel einer Verkürzung der Time-to-Market werden Kommunikationsstrategien aufgezeigt und hinsichtlich des Freigabemanagements bewertet. Für das Assistenzsystem werden Kommunikationsarten bestimmt, die später in Bezug auf den jeweiligen Entwicklungsfall einzusetzen sind.

An dieser Stelle sind alle Methoden erläutert oder entwickelt, um das Assistenzsystem aufzustellen. Zunächst wird der Einsatzbereich des Assistenzsystems bezüglich Freigaben und Änderungen festgelegt. Die Inhalte umfassen Angaben zu Kommunikationsinstanzen, Kommunikationsart und Kommunikationsintervall. Hieraus werden Matrizen für die Workflow-Komponente des Assistenzsystems erstellt, visualisiert und beispielhaft erläutert. Diese bilden mit der implementierten Wissensdatenbank eine hybride Struktur der Entwicklungsassistenz, welche die Grundlage der späteren Software bildet, die mittels Screenshots visualisiert wird. Zur praxisgerechten Umsetzung des Assistenzsystems werden schließlich explizite Schritte zur Einführung aufgelistet und beschrieben.

Begleitet wird das Freigabemanagement mit dem Bestreben des Abbaus von Hierarchiestufen durch ein interdisziplinäres Entwicklungsteam. Dieses setzt sich aus Vertretern der Unternehmensbereiche und Entwicklungsabteilungen zusammen. Anschließend wird das Assistenzsystem in die Projektstruktur mit insgesamt vier Projektebenen implementiert. Durch diese knapp bemessene Struktur werden Kommunikationswege gekürzt, horizontale Kommunikation gefördert und generell das Kommunikationsbewusstsein bei den Beteiligten angeregt.

Im anschließenden Fallbeispiel eines Projekts bei einem großen Briefdienstleister, sollen das Freigabemanagement, der Aufbau und schließlich die Nutzung des Assistenzsystems anschaulich erläutert werden.

## **6.1 Fazit und Ausblick**

Durch immer weiter reduzierte Gewinnmargen der Unternehmen im internationalen Wettbewerb ist gegenüber Billiglohnländern in Zukunft neben Innovationen maßgeblich ihre Realisierungszeit von Bedeutung. Eine Verkürzung der Time-to-Market macht heute schon einen Großteil des Erfolges eines Produkts aus, was in Zukunft noch mehr an

Bedeutung gewinnen wird. Besonderheit der vorliegenden Arbeit ist die Schaffung von Instrumenten zur Handhabung der direkten Verkoppelung des Hauptziels Entwicklungszeitverkürzung im Einklang mit den Faktoren Qualität und Kosten.

Das Freigabemanagement mit den einzelnen Phasen und das daraus entwickelte Modell dienen als Grundlage tief greifender Maßnahmen bezüglich einer Verkürzung der Time-to-Market. Die effektive Handhabung von Freigaben und die Entwicklung verschiedener Phasen bestimmen maßgeblich eine Entwicklungszeitverkürzung durch die progressive Parallelisierung von Prozessen. Insbesondere die Differenzierung der frühen Informationshandhabung in Gestalt logischer Freigaben forciert das Bestreben nach Prozessüberlappungen. Durch die Verbindung der Design Structure mit dem Assistenzsystem wird auf der einen Seite den operativen Ebenen Autonomie zugesprochen und das Bewusstsein bei Mitarbeitern hinsichtlich einer frühen Kommunikation und des kontinuierlichen Austauschs forciert. Auf der anderen Seite ist mit der expliziten Definition von Schnittstellen und nicht zuletzt durch die Kommunikationsassistentz und die Wissensdatenbank des Assistenzsystems eine ausreichende Steuerung und genügende Kontrolle gegeben. Das Risiko später Änderungen kann so deutlich gemindert werden. Änderungen wurden als Hauptindikator der Entwicklungsqualität herausgestellt. Deren Anzahl wird durch das Freigabemanagement im Zuge von Integration und Kommunikation präventiv reduziert.

Die entwickelten Entscheidungsmatrizen sind allgemein formuliert und können aufgrund der Verschiedenheit und zunehmenden Komplexität heutiger Produktentwicklungsvorhaben bei Bedarf branchenspezifisch angepasst werden. Mit den projektspezifischen Funktionsgruppen ist eine erste anwendungsbezogene Berücksichtigung bereits umgesetzt worden. Im gleichen Sinne sind detaillierte Unterscheidungen bezüglich einer individuellen Produktgruppe denkbar, welche von verantwortlicher Stelle zu entwickeln und dem Entwicklungspersonal zur Verfügung zu stellen sind. Dieses kann eine Aufgabe zukünftiger Forschergenerationen darstellen.

Förderlich wird in Zukunft die Implementierung der Entwicklungsassistentz in ein bestehendes System sein, damit die vorgestellten Maßnahmen keine isolierte Lösung darstellen. Hierdurch können Synergien zwischen den einzelnen Systemen genutzt und die Akzeptanz deutlich gesteigert werden.

Durch das kommunikations- und entscheidungsunterstützende Assistenzsystem können schließlich Entscheidungsebenen abgebaut werden, so dass trotz zunehmender Autono-

mie auf operativer Entwicklungsebene Prozesse mit dem Assistenzsystem besser kontrolliert und gesteuert werden können. Durch diese Tatsache ist eine Verkürzung der Time-to-Market in Kombination mit einem Abbau von Hierarchieebenen und einer hohen Produktentwicklungsqualität zu vereinbaren.

Die Verringerung der Änderungsanzahl, der Abbau von Hierarchieebenen und die beschriebenen Vorteile eines früheren Markteintritts beeinflussen zudem den Faktor Kosten nachhaltig positiv. Somit können Gelder für weitere Entwicklungskapazitäten genutzt werden. Die Wettbewerbsfähigkeit des entwickelten Produkts und folglich des Unternehmens wird gesteigert.

## 7 Literaturverzeichnis

- /ABEC00/ Abecker, A. u.a.:  
Information Supply for Business Processes. Coupling Workflow with Document Analysis and Information Retrieval. Knowledge-Based Systems, Jahrgang 13 (2000) 5, S 271-284
- /ABEL03/ Abele, E.; Elzenheimer, J.; Rüstig, A.:  
Anlaufmanagement in der Serienproduktion. ZWF, 98 (2003) 4, S. 172-176
- /ABRA93/ Abramovici, M.; Bickelmann, S.:  
Engineering Daten Management (EDM) Systeme - Anforderungen, Stand der Technik und Nutzenpotentiale. CIM Management, 9 (1993) 5, S. 20-28
- /AHRE99/ Ahrens, G. u.a.:  
Ein Ansatz zur effizienten Handhabung von Informationen im Produktentstehungsprozess. VDI Berichte, 1497 (1999), S. 471
- /ALBA89/ Albach, H.:  
Innovationen als Fetisch und Notwendigkeit. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 59 (1989) Ergänzungsheft 1, S. 97-107
- /ALBE91/ Albers, S.; Eggers, S.:  
Organisatorische Gestaltung von Produktinnovationsprozessen – führt der Wechsel des Organisationsgrades zu Innovationserfolg? Zfbf, 43 (1991) 1, S.44-46

- /ASLA03/ Aslanidis, S.; Korell, M.:  
Ihre Kunden wissen mehr als Sie! io new management; 72 (2003) 10,  
S. 10-16
- /AUGU90/ Augustin, S.:  
Information als Wettbewerbsfaktor. Informationslogistik – Herausforderung für das Management. Verlag Industrielle Organisation, Zürich 1990
- /BAHL03/ Bahle, W.:  
Verstehen mit System - Knowledge Management. Form+Werkzeug. 5 (2003), S. 30-31
- /BART03/ Bart, V. J. In Rothenberg, M.:  
Chancen nutzen in Fernost. In VDI Nachrichten. Nr. 6 vom 06.02.2004, Düsseldorf, S. 7
- /BAUM01/ Baumgarten, H.; Risse, J.:  
Logistikbasiertes Management des Produktentstehungsprozesses. In: Hossner, R. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 2001. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf 2001, S. 150-156
- /BAUM03/ Baumann, E.:  
Wirtschaft und Bildung – Wettbewerbsfaktor und gesellschaftliche Aufgabe. <http://www.freiheit-und-verantwortung.de/download/WebBauman.pdf>. 12.09.2004
- /BEA95/ Bea, F.X.; Schnaitmann, H.:  
Begriff und Struktur betriebswirtschaftlicher Prozesse. WIST-Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 24 (1995) 6, S.278-282

- /BECK00/     Becker, H.:  
  
Zulieferindustrie unter Anpassungsdruck. Branchenreport 2000 – Automobilzulieferer. B&K MedienPartner und AD HOC PR GmbH, Stadecken-Elsheim und Gütersloh, 2000, S. 18-19
- /BECK02/     Becker, J.; Neumann, S.; Serries, T.:  
  
Integration von Workflow- und Wissensmanagement zur Flexibilisierung industrieller Geschäftsprozesse. Industrie-Management, 18 (2002) 3, S. 23-27
- /BEND03/     Bender, K.; Bindbeutel, K.; Karcher, A.:  
  
Integration von Rechnerwerkzeugen der Produktentwicklung mit Rahmensystem. [http://www.itm.tum.de/Forschung/em/wissenschaft/forschungsschwerpunkte/Rahmensysteme/gi\\_97.pdf](http://www.itm.tum.de/Forschung/em/wissenschaft/forschungsschwerpunkte/Rahmensysteme/gi_97.pdf). 16.10.2003
- /BEYE03/     Beyer, H.-T.:  
  
Synergien durch kundenorientierte Wertschöpfungspartnerschaften. [http://fk.hypovereinsbank.de/pdf/br\\_auto2010\\_studie.pdf](http://fk.hypovereinsbank.de/pdf/br_auto2010_studie.pdf). 21.08.2003
- /BEYE92/     Beyeler, A.:  
  
Produktpflichtenheft bringt kürzere Entwicklungszeit und vermehrte Marktorientierung. Management Zeitschrift, 61 (1992) 1, S.52-55
- /BIHL02/     Bihler, S.:  
  
Grenzenlose Zusammenarbeit. MM Das IndustrieMagazin, 19 (2002), S.58-60
- /BIRK80/     Birkhofer, H.:  
  
Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte. VDI Zeitschrift, 122 (1980) 17, S. 704

- /BLEI90/      Bleicher, K.:  
Effiziente Forschung und Entwicklung: personelle, organisatorische und fertigungstechnische Instrumente. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1990
- /BLEI97/      Bleicher, K.:  
Management - kritische Kernkompetenz auf dem Weg zur virtuellen Unternehmung. In: Schuh, G.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Komplexität und Agilität. Springer-Verlag, Berlin 1997, S. 11-24
- /BLEY00/      Bley, H.; Franke, C.:  
Integration von Produkt - und Produktionsmodell mit Hilfe der Digitalen Fabrik. Produkte entwickeln im realen Umfeld. VDI-Berichte, Band 1569 (2000), S. 181-197
- /BLEY03/      Bley, H.; König, H.; Roth, N.:  
Die Fabrik der Gegenwart - ein weltumspannendes Netzwerk. ZWF, 98 (2003) 11, S. 583-588
- /BLIT91/      Blitzer, M.R.:  
Zeitbasierte Wettbewerbsstrategien – die Beschleunigung von Wertschöpfungsprozessen in der Unternehmung. Dissertation, Universität Gießen 1991
- /BOEL92/      Boelter, A.:  
Ein Beitrag zur Kontrolle und Darstellung des Leistungsgrades von Projektleitern unter Einbeziehung der Projektkomplexität. Dissertation, Universitäts-Gesamthochschule Siegen 1992



- /BORO01/ Borowski, R.; Scheer, A.-W.:  
Wissensmanagement mit Portalen. Information Management & Consulting, Jahrgang 16 (2001) 1, S. 62-67
- /BÖTT99/ Böttge, U.; v. Lukas, U.; Scheinhof, E.:  
Requirements and concepts for the collaborative virtual product realization. Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Symposium on 'Concurrent Multidisciplinary Engineering' (CME 99), Congress Centrum Bremen, 14.-15.09.1999
- /BROC88/ Brockhoff, K; Urban, C.:  
Die Beeinflussung der Entwicklungsdauer. ZfbF, Sonderheft 23 (1988), S. 1-42
- /BROC92/ Brockhaus, R.:  
Informationsmanagement als ganzheitliche , informationsorientierte Gestaltung von Unternehmen – organisatorische, personelle und technologische Aspekte. Unitext-Verlag, Band 5, Göttingen, 1992
- /BROC94/ Brockhoff, K.:  
Forschung und Entwicklung. Planung und Kontrolle. 4. Auflage, Oldenbourg Verlag, München Wien 1994
- /BROW87/ Browa, H.:  
Wie leistungsfähig ist das deutsche Forschungsmanagement? Harvard Manager, 01 (1987), S. 116-119
- /BROY03/ Broy, M. u.a.:  
Software Engineering. Foresoft II. Abschlussbericht 2003.  
<http://www.forsoft.de/publikationen/bericht02.pdf>. 07.09.2004

- /BULL01/ Bullinger, H.-J.; Hauß, I.; Aslanidis, S.:  
Nutzung von Erfahrungswissen in den frühen Phasen der Produktentwicklung. *Industrie Management*, 17 (2001) 3, S. 20-24
- /BULL04/ Bullinger, H.-J.; Kiss-Prüßinger, E.; Spath, D. (Hrsg.):  
Automobilenwicklung in Deutschland – wie sicher in die Zukunft. Chancen, Potenziale und Handlungsempfehlungen für 30 Prozent mehr Effizienz. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2003
- /BULL90/ Bullinger, H.-J.:  
Integrierte Produktentwicklung als kritischer Erfolgsfaktor. 2. F&E-Management Forum November, Tagungsband, Frankfurt/Main 1990, S. 7-30
- /BULL92/ Bullinger, H.-J.:  
Neue Produktionsparadigmen als betriebliche Herausforderung. *IPA-IAO-FhG Forschung und Praxis*, 26 (1992), S. 9-25
- /BULL95/ Bullinger, H.-J.; Warschat, J.:  
Concurrent Simultaneous Engineering Systems. Springer Verlag, London u.a. 1995
- /BULL97/ Bullinger, H.-J.; Bading, A.; Warschat, J.:  
Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, rapid product development. Teubner Verlag, Stuttgart 1996
- /BULL99/ Bullinger, H.-J.; Böcker, A.; Wagner, F.:  
Die verteilte Produktentwicklung im Zusammenhang von DMU, VR und EDMS. *VDI BERICHTE*, 1497 (1999), S. 3 -

- /BÜR95/ Bürgel, D.H.; Haller, C.; Binder, M.:  
Die japanische Konkurrenz. Anstöße für Überlegungen zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung des westlichen F&E-Prozesses. Zeitschrift-für-Betriebswirtschaft, 110 (1995) 1 Ergänzungsheft, S.1-25
- /BUR90/ Burt, D.N.:  
Hersteller helfen ihren Lieferanten auf die Sprünge : zur Senkung der Gesamtkosten sind Produzenten bei Just-in- Time auf wenige, aber tüchtige Zulieferer angewiesen. Harvard manager, 12 (1990) 1, S. 72-79
- /BUSC85/ Busch, U.:  
Konzeption betrieblicher Informations- und Kommunikationssysteme. Schmidt-Verlag, Berlin 1995
- /CHRI98/ Christopher, M.:  
Logistics and supply chain management : strategies for reducing cost and improving service. 2. Auflage, Financial Times Prentice Hall, London et al. 1998
- /CLAR91/ Clark, K., Fujimoto, T.:  
Product development performance : strategy, organization, and management in the world auto industry. Harvard Business School Press, Boston 1991
- /CLAR92/ Clark, K., Fujimoto, T.:  
Automobilentwicklung mit System : Strategie, Organisation und Management in Europa, Japan und USA. Campus-Verlag, Frankfurt am Main, New York 1992

- /CORS93/ Corsten, H.:  
Simultaneous Engineering als Managementkonzept für Anlauf- und Änderungsprozesse. In Horváth, P. (Hrsg.): Integrationsmanagement für neue Produkte. Schäffer-Poeschel-Verlag, Stuttgart 1998, S. 123-166
- /CUSU00/ Cusumano, M.A.:  
Making Large Teams Work like Small Teams: Product Development at Microsoft. In Jürgens, U. (Hrsg.): New product development and production networks. Springer-Verlag, Berlin u.a. 2000, S.85-104
- /CUSU85/ Cusumano, M.A.:  
The Japanese automobile industry. Technology and management at Nissan and Toyota. Harvard University Print, Cambridge u.a. 1985
- /CZAP97/ Czap, H.; Reiter, J.:  
Offene und verteilte betriebswirtschaftliche Anwendungssysteme. In: Telekooperation in Unternehmen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1997, S.245-264
- /DAUM03/ Daum, B.; Merten, U.:  
System Architecture with XML. dpunkt Verlag, Heidelberg 2003
- /DENK03/ Denkena, B. u.a.:  
Generisches Wissensmanagement für modulare Unternehmensanwendungen. Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 7-8 (2003), S. 371-374
- /DEPA95/ De Pays, D.:  
Organisationsmaßnahmen zur Verkürzung der Innovationszeit europäischer Unternehmen. In Altbach, H. (Hrsg.): Effizienzsteigerung im Innovationsprozess, ZfB, 1995 Ergänzungsheft Nr. 1, S. 77-102

- /DGQ93/ DGQ-Schrift Nr. 11-04:  
Begriffe zum Qualitätsmanagement. 5. Auflage, Beuth, Berlin, Köln  
1993
- /DIN199T4/ N.N.:  
DIN 199-T4: Begriffe im Zeichnungs- und Änderungswesen. Beuth  
Verlag, Berlin 2003
- /DIN6789/ N.N.:  
DIN 6789-5: Dokumentationssystematik – Teil 5: Freigabe in der  
technischen Produktdokumentation. Beuth Verlag, Berlin 2003
- /DRAT03/ Drath, R.; Fay, A.:  
Konzept und Anwendung einer werkzeugneutralen Beschreibung von  
Anlagen-Engineering-Information. In: EKA (Entwurf komplexer  
Automatisierungssysteme), Braunschweig, 11.-13. Juni 2003, S. 111-  
134.
- /DYLA00/ Dyla, A.; Höhn, B.-R., Steingröver, K.:  
Integrierte Entwicklung von Getrieben: Praxisanwendung und Visio-  
nen. VDI-Berichte, 1569 (2000), S. 115-135
- /EGGE03/ Eggers, T.; Kinkel, S.:  
Controlling des Kooperationserfolgs. ZWF, 98 (2003) 12, S. 666-671
- /EHRL95/ Ehrlenspiel, K.:  
Integrierte Produktentwicklung - Methoden für Prozessorganisation,  
Produkterstellung und Konstruktion. Carl Hanser Verlag, München,  
Wien 1995

- /EPPI94/ Eppinger, S. u.a.:  
A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development. Springer Verlag, Cambridge 1994
- /ERDW04/ Erdwig, K.; Schneider, P.:  
Plattformstrategien – Wettbewerbsstrategien im internationalen Unternehmensverbund internationalen Unternehmensverbund.  
<http://www.personal.euv-frankfurt-o.de/de/personal/lehre/veranstaltungen/aktuell/Automobil/plattformen.pdf>. 06.09.2004
- /ERNS92/ Ernst, A.:  
Forscher und Entwickler in Japan und Deutschland. Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung. Wochenberichte, 45 (1992) 4-5, S. 25-42
- /EVER02/ Eversheim, W. u.a.:  
Produktionstechnik für die luk-Technologien. [http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/4\\_veroeff/4\\_tools/02\\_02.pdf](http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/4_veroeff/4_tools/02_02.pdf). 07.09.2004
- /EVER95/ Eversheim, W.; Bochtler, W.; Laufenberg, L.:  
Simultaneous Engineering – Erfahrungen aus der Industrie für die Industrie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1995
- /FAUT99/ Fauth, G. u.a.:  
Den Anlauf im Griff – Quality Gates in der Produktion sichern Marktqualität. QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 44 (1999) 6, S. 756-760
- /FEIC03/ Feicht, J.E.:  
Product Development in Industry. <http://www.lkn.ei.tum.de/studium/veranstaltungen/pro/Abschnitt7.pdf>. 15.10.2003

- /FEIG97/ Feige, A.; Wolters, H.:  
Der Schlüssel zum überleben. Automobil-Entwicklung, 10 (1997) 9,  
S. 132-134
- /FISC03/ Fischer, J.O.:  
Simultaneous Engineering – Senken der Produktkosten durch integra-  
tives Projektmanagement. [http://www.konstruktions-controlling.com/  
GKP\\_Kostenorientierte%20Produktentwicklung.pdf](http://www.konstruktions-controlling.com/GKP_Kostenorientierte%20Produktentwicklung.pdf). 10.09.2004
- /FORZ03/ Forzi, T.; Winkelmann, K.:  
Wissensmanager im Netzwerk der Zukunft. FIR+IAW, 3 (2003), S.  
24-25
- /FRAN99/ Frank, J.; Wagner, T.:  
Integration eines PDM-Systems in die Produktentstehungsprozesse  
eines Automobil-Zulieferers. VDI Berichte, 1497 (1999), S. 227 -
- /FRAS93/ de Frascati, M.:  
Main Science and Technology Indicators. OECD, Datenbank PIST,  
Division STI/EAS, Paris 2001
- /FREU99/ Freudenberg, T.; Klenk, U.:  
Strategische Veränderungen in der Zulieferpyramide der Automobil-  
industrie. In Hahn, D.; Kaufmann, L. (Hrsg.): Handbuch industrielles  
Beschaffungsmanagement: internationale Konzepte – innovative In-  
strumente – aktuelle Praxisbeispiele. Wiesbaden 1999, S. 123-134
- /FRIT97/ Fritsche, R.:  
Bewertung und Verkürzung von Anlaufprozessen für Betriebsmittel.  
Dissertation, TU Berlin 1997

- /FUNC04/ Funck, T.:  
Tolerant in Maßen – Toleranzmanagement in der Automobilindustrie.  
QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49 (2004) 4, S.34-35,
- /GEBH00/ Gebhardt, A.:  
Rapid Prototyping: Werkzeuge für die schnelle Produktentwicklung.  
2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München Wien 2000
- /GEMM95/ Gemmerich, M.:  
Technische Produktänderungen – betriebswirtschaftliche und empiri-  
sche Modellanalyse. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden,  
1995
- /GENT94/ Gentner, A.:  
Entwurf eines Kennzahlensystems zur Effektivitäts- und Effizienz-  
steigerung von Entwicklungsprojekten. Dissertation, Universität  
Stuttgart 1994
- /GERP96/ Gerpott, T.J.:  
Simultaneous Engineering. Zeitschrift für Planung, 7 (1996) 2, S.  
131-150
- /GES93/ Geschka, H.:  
Wettbewerbsfaktor Zeit – Beschleunigung von Innovationsprozessen.  
Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech 1993
- /GIES00/ Giesel, J.:  
Ändern mit System - Konfigurationsmanagement zur schnelleren  
Produktentwicklung und besseren Dokumentation. QZ Qualität und  
Zuverlässigkeit, 45 (2001) 4, S.446-451



- /GISS99/ Gissler, A.:  
Wissensmanagement – Steigerung der Entwicklungseffizienz durch eine modellbasierte Vorgehensweise zur Umsetzung von Wissensmanagement in der Produktentwicklung. Dissertation, Universität Kaiserslautern 1999
- /GRAB00/ Grabowski, H. u.a.:  
Zugriff auf Erfahrungswissen durch die automatische Klassifikation von Produkten. VDI Berichte, 1569 (2000), S. 9-24
- /GRAF00/ Graf, H.:  
Beschaffungslogistik in einem Fahrzeugmontagewerk mit E-Business. VDI Berichte, 1571 (2000), S. 5-20
- /GRÄS94/ Grässler, D.; Hellmich, K.:  
Kostenreduzierung durch verkürzte Produktentwicklung und Markteinführung. Transfil Europe, 28 (1994), S. 69-72
- /GREG04a/ Gregorzik, S.:  
Brücken statt Lücken. Form + Werkzeug, 2 (2004), S.30-31
- /GREG04b/ Gregorzik, S.:  
Schneller und mit gesicherter Qualität im Markt.  
[http://www.competence-site.de/automobil.nsf/5F142A86B6243FF1C1256E6600497DC9/\\$File/mercedes\\_benz\\_chorus.pdf](http://www.competence-site.de/automobil.nsf/5F142A86B6243FF1C1256E6600497DC9/$File/mercedes_benz_chorus.pdf). 03.09.2004
- /HAGE88/ Hage, J.; Kluge, J.:  
Komplexität im Produktdesign – lieb und oft zu teuer. Blick durch die Wirtschaft, 31 (1988) 7.12.1988, S.7

- /HAIN97/ Hain, K.:  
Automatische Gewinnung von Merkmalen und Klassifizierungseigenschaften für Produkte auf Basis eines integrierten Produktmodells. Dissertation TU Karlsruhe, 1997
- /HALS02/ Halscheid, M.:  
IT im Engineering: Chancen nutzen! HighQFocus, 1 (2002) August, S.8-9
- /HAME92/ Hamel, G.:  
Interview von Dieter Claasen mit Gary Hamel. Große Sorge. In: Wirtschaftswoche, Nr. 49 vom 17.11.1992, Düsseldorf, S.88-91
- /HARM94/ Harmon, R. L.:  
Das Management der neuen Fabrik : lean production in der Praxis. 2. Auflage, Campus-Verlag, Frankfurt u.a. 1994
- /HAWL02/ Hawlitzky, N.:  
Integriertes Qualitätscontrolling von Unternehmensprozessen: Methodische Gestaltung eines Quality-Gates-Konzeptes - Planung, Steuerung, Messung der Prozessqualität. Dissertation, Technische Universität München 2002
- /HECH00/ Hechtle, D.; Hagen, G.:  
Heureka – Konfigurations- und Wissensmanagement, ein Erfahrungsbericht aus der Praxis. Produkte entwickeln im realen Umfeld. VDI Berichte, 1569 (2000), S. 137-149

- /HEIM94/ Heim, W.:  
Outsourcing – wettbewerbsfähiger durch optimale Nutzung der Potenziale von Zulieferern. io Management Zeitschrift, 07/08 (1994), S.: 28-33
- /HENT03/ Hentschel, U.:  
Ungeliebte Pflicht - die technische Dokumentation ist unverzichtbarer Bestandteil im Produktlebenszyklus. MM Das Industriemagazin, 50 (2003), S. 60-61
- /HESS99/ Hesse, R. u.a.:  
Produktentstehungsprozess mit System; Modellwechsel durch Simultaneous Engineering. GfA-Herbstkonferenz, Bremen 1999
- /HILL97/ Hiller, F.:  
Ein Konzept zur Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung. Dissertation, Universität Kaiserslautern 1997
- /HINK04/ Hinkelmann, K.:  
Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement.  
<http://www.hsw.fhso.ch/hinkelmann/IWM/IWM3.5.3-gpoWM.pdf>  
05.09.2004
- /HOFF99/ Hoffmann, M.:  
Integratives Konstruktionssystem für die kooperative, verteilte Produktentwicklung in multimedialen Konstruktionskonferenzen. Ein Beitrag zum Simultaneous Engineering. Dissertation, TU Berlin 1999
- /HUBK76/ Hubka, V.:  
Theorie des Konstruktionsprozesses. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1976

- /HUMB00/ Humbert, A.:  
Einführung von 3D-Cad und PDM im Spezialmaschinenbau: Theorie ≠ Praxis?! - Ein Erfahrungsbericht. Produkte entwickeln im realen Umfeld. VDI-Berichte, 1569 (2000), S. 87-98
- /IHDE96/ Ihde, G.B.:  
Lieferantenintegration. In Kern, W. (Hrsg.): 2. Auflage, Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Stuttgart 1996, S. 1086-1095
- /JABL97/ Jablonski, S.; Böhm, M.; Schulze, W.:  
Workflow-Management – Entwicklung von Anwendungen und Systemen. Dpunkt-Verlag, Heidelberg 1997
- /JAKO03/ Jakob, R.:  
Extreme Communications – ein radikaler Neubeginn. IO New Management, 72 (2003) 7/8, S. 59-61
- /KABE01/ Kabel, D.-S.:  
Entwicklung eines prozessbasierten Effizienzmodells für Concurrent Engineering Teams. Dissertation, RWTH Aachen 2001
- /KADE88/ Kaden, W.:  
Bau und Betrieb von Anlagen. In Masing, W. (Hrsg.): Handbuch der Qualitätssicherung. Carl Hanser Verlag, München, 1988
- /KAHM99/ Kahmeier, M.:  
Anlaufmanagement Porsche 996. VDI Berichte, 1469 (1999), S. 147-158

- /KEMP98/ Kempis, R.-D.; Rinbeck, J.:  
Do it smart: Chefsache Informationstechnologie. Ueberreuter, Wien  
1998
- /KLEE98/ Kleedörfer, R.:  
Prozess- und Änderungsmanagement der integrierten Produktent-  
wicklung. Dissertation, TU München 1998
- /KLIN02/ Klinker, R.; Risse, J.:  
Time-to-Market-Management im Maschinenbau. Logistik heute, 24  
(2002) 3, S. 38-39
- /KLOC96/ Klocke, F.:  
Prozessketten denken und handeln. In: Zeugträger, K.: Anlaufmana-  
gement für Großanlagen. Dissertation, Universität Hannover, 1997
- /KOPE03/ Kopelent, M.:  
Fressen oder gefressen werden. MM Das Industriemagazin, 39  
(2003), S.48-49
- /KOYT99/ Koytek, T.:  
Virtuelles Prototyping mit Digital Mockup. Industrie Management,  
13 (1997) Heft Special Engineering Management, S. 23-26
- /KPMG04/ KPMG Consulting AG:  
Knowledge Management im Kontext von E-Business.  
<http://www.community-of-knowledge.de/pdf/kpmg.pdf>. 07.09.2004
- /KRAN00/ Kranz, U.; Goltz, M.:  
Concurrent Engineering Workflow. Bericht über das INCO-COP  
96/0234 Projekt. VDI Berichte, 1569 (2000), S. 315-328

- /KRAU01/ Krause, F.-L. u.a.:  
Innovationspotenziale in der Produktentstehung. *Industrie Management*, 17 (2001) 3, S. 14-19
- /KRAU97/ Krause, F.-L.; Mattes, W.:  
Informationstechnik für die Produktentwicklung. In: Grabowski, H.; Geiger, K. (Hrsg.): *Neue Wege zur Produktentwicklung*. Stuttgart, Berlin, Bonn 1997, S. 49-64
- /KRIS93/ Krishnan, V.; Eppinger, S. D.; Whitney, D. E.:  
Iterative overlapping: accelerating product development by preliminary information exchange. *ASME/DE (American Society of Mechanical Engineers)*, 53 (1993), S. 223-231
- /KROT95/ Krottmaier, J.:  
*Leitfaden des Simultaneous Engineering*. Springer Verlag, Berlin 1995
- /KUHN01/ Kuhn, A.; Ziems, D.:  
Auswirkungen des e-Commerce auf industrielogistische Strukturen. In: *Logistikplanung im e-Zeitalter – 7. Magdeburger Logistik-Tagung*. Magdeburg 2001
- /KUHN02/ Kuhn, A.:  
*Fast Ramp-Up – Schneller Produktionsanlauf von Serienprodukten*. Verlag Praxiswissen, Dortmund 2002
- /KUHN95/ Kuhn, A.:  
*Prozessketten in der Logistik. Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien*. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1995

- /LAAK96/ Laakmann, J.; Heiderich, T.:  
Entwicklung einer Handlungsanleitung zur Konzeption einer EDV-gestützten Planung und Steuerung der Außenmontage: Schlussbericht zum AIF-Forschungsvorhaben 9457, Aachen 1996
- /LAIK01/ Laick, T. u.a.:  
Erfahrungssicherung bei der Fabrikplanung. ZWF, 96 (2001) 8, S. 365-368
- /LAND04/ Landwehr, R. u.a.:  
Workshop am 18.08.2000. Thema: Quality Gates. Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, Technische Hochschule Karlsruhe. [http://www.saxonia-karlsruhe.de/seminararbeiten/24\\_Quality\\_Gate\\_Management.pdf](http://www.saxonia-karlsruhe.de/seminararbeiten/24_Quality_Gate_Management.pdf). 07.09.2004
- /LAU02/ Lau, T.; Sure, Y.:  
Introducing Ontology based Skills Management at a large Insurance Company. [http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/ysu/publications/2002\\_modellierung\\_thlaysu.pdf](http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/ysu/publications/2002_modellierung_thlaysu.pdf). 20.11.2002
- /LAY04/ Lay, G.:  
Erhebung "Innovationen in der Produktion". [http://www.isi.fraunhofer.de/pi/projekte/erhebung\\_pi.htm](http://www.isi.fraunhofer.de/pi/projekte/erhebung_pi.htm). 03.09.2004
- /LAY04/ Lay, G.:  
Verlagerung genau abwägen. MM Das IndustrieMagazin, 16 (2004), S. 15

- /LEWA00/ Lewandowski, S.; Lewandowski, A.; Herzberg, J.:  
Integriertes Teilemanagement in 3D-Konstruktionsumgebungen. Prozessorientierte Kopplung von ERP/PPS-, EDM/PDM-, CAD- und Normteilesystemen am Fallbeispiel des Adtranz-Konzerns. VDI Berichte, 1569 (2000), S. 167-180
- /LIND00/ Lindemann, U. u.a.:  
Flexible Integration von Produktentwicklung und Montageplanung. Industrie Management, 16 (2000) 1, S. 23-27
- /LIND04/ Lindemann, U. u.a.:  
Erfolgreich Entwicklungsprojekte planen. Auswahl, Anpassung und Implementierung von Methoden zur Planung von Entwicklungsprojekten bei LEWA. ZWF, 99 (2004) 6, S. 296-301
- /LIND98/ Lindemann, U.; Reichwald, R.:  
Integriertes Änderungsmanagement. Springer, Berlin u.a. 1998
- /LISC92/ Lischke, C.:  
Abstimmung und Koordinierung von unternehmensübergreifenden Prozessen der Produktentwicklung. Dissertation, Universität Bremen 1992
- /LITK95/ Litke, H.-D.:  
Projektmanagement – Methoden, Techniken, Verhaltensweisen. 3. Auflage, Carl Hanser-Verlag, München u.a. 1995
- /LOSA03/ Losada, F.:  
Mit Tradition und Moderne in die Zukunft. <http://www.it-production.com/22000akt1.html>. 17.12.2003



- /LOUK02/ Loukmidis, G.; von Wrede, P.; Bruckner, A.:  
Vernetzte Produktionsplanung bei international verteilten Standorten.  
ZWF, 97 (2002) 12, S. 615-619
- /LUCZ99/ Luczak, H.; Eversheim, W.:  
Telekooperation – Industrielle Anwendungen in der Produktentwicklung. Springer Verlag, Berlin 1999
- /LUHM80/ Luhmann, N.; Grochla, E.:  
Handwörterbuch der Organisation. 2. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1980
- /MANS88/ Mansfield, E.:  
The Speed and Cost of Industrial Innovation in Japan and the United States: External vs. Internal Technology. Management Science, 34 (1988) 10, S. 1157-1168
- /MASS43/ Maslow, A.H.:  
A Theory of Human Motivation. Psychological Review, 50 (1943), S. 370-
- /MEER94/ Meerkamm, H.; Krause, D.:  
Von der Wirkstruktur zum Entwurf - Wissensbereitstellung durch Lösungskataloge. Vortrag auf der CAD '94, Paderborn 17./18.3.1994
- /MEER94/ Meerkamm, H.:  
Design for X – the Interference between Product and Process – a Potential for Engineering Network. 13. Workshop WDK (MeKoMe-Gruppe), Rigi-Kaltbach 1995

- /MEIE04/ Meier, H.; Golembiewski, M.; Zoller, C.S.:  
Systematik für Produktionsnetzwerke im Supply Chain Management.  
ZWF, 99 (2004) 3, S. 86-89
- /MIER95/ Mierzwa, M.:  
Methodengestützte Produktentstehungsprozesse: Eine theoretische  
und empirische Analyse unter besonderer Berücksichtigung quali-  
tätsgestaltender Instrumente. Europäische Hochschulschrift, Frank-  
furt/Main 1995
- /MILB92/ Milberg, J.; Amann, W.; Raith, P.:  
Beschleunigte Inbetriebnahme von Produktionsanlagen durch geteste-  
te Ablaufvorschriften. VDI Zeitung, 134 (1992) 2, S. 32-37
- /MÜLL03/ Müller, M.; Seuring, S.; Goldbach, M.:  
SupplyChain Management - Neues Konzept oder Modetrend? Be-  
triebswirtschaft, 63 (2003) 4, S. 419-439
- /MÜLL82/ Müller, W.:  
Duden Fremdwörterbuch. 4.Auflage, Bibliographisches Institut,  
Mannheim 1982
- /MÜLL95/ Müller, T.:  
Featurebasierte Konstruktion. CAD-CAM-Report, 14 (1995) 3, S.44-  
54
- /MÜND00/ Mündemann, S.-O.:  
Ein Konzept für die Prozessgestaltung des Änderungsmanagements  
von PKW-Plattformen. Dissertation, TU Clausthal 2000

- /NEUG02/ Neugebauer, R.; Tassi, E.:  
Modellierung von Produktdaten – Produktentwicklung in der frühen Phase auf STEP-Basis. ZWF, 97 (2002) 12, S. 620-622
- /NICH91/ Nichols, K.:  
Profit by Design. TQM Magazin, 3 (1991) 2, S. 105-110
- /NIEM97/ Niemerg, J.-I. C.:  
Änderungskosten in der Produktentwicklung. Dissertation, TU München 1997
- /NÖKE98/ Nöken, S.:  
Ganzheitliches Denken und Handeln sichert Position auf dem Weltmarkt. MM Das IndustrieMagazin, 104 (1998), S. 24-26
- /NONA97/ Nonaka, I.; Takeuchi, H.:  
Die Organisation des Wissens – Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen. Campus Verlag, Frankfurt/Main u.a. 1997
- /NORT98/ North, K.:  
Wissensorientierte Unternehmensführung, Gabler, Wiesbaden 1998
- /OELT04/ Oeltjenbruns, H.: Projektsteuerung mit Quality Gates – Erfahrungen eines Baureihenleiters der DaimlerChrysler AG. [http://www.imab.tu-clausthal.de/files/anlagenprojektierung/aktuelles/2\\_Vortrag%20Oeltjenbruns.pdf](http://www.imab.tu-clausthal.de/files/anlagenprojektierung/aktuelles/2_Vortrag%20Oeltjenbruns.pdf). 07.09.2004

- /PAAS01/ Paasivaara, M.; Lassenius C.:  
Communication in New Product Development Networks - A Case Study. In Proceedings of 8th International Product Development Management Conference. 11.-12. Juni, Enschede 2001
- /PAAS02/ Paasivaara, M.; Lassenius, C.:  
Communication in new product development networks - a case study.  
<http://www.soberit.hut.fi/prodoku/publications/ipdm-paperi.pdf>.  
16.12.2002
- /PAHL93/ Pahl, G.; Beitz, W.:  
Konstruktionslehre. 3. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993
- /PERI95/ Perillieux, R.:  
Technologietiming. In Zahn, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Schäffer-Poeschel-Verlag, Stuttgart 1995, S. 267-284
- /PEST04/ Pester, W.:  
Vernetzung schafft Freiräume. In: VDI Nachrichten, Nr. 24 vom 11.06.2004, Düsseldorf, S. 14
- /PICO01/ Picot, A.; Reichwald, R.; Wiegand, R.:  
Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management. Gabler Verlag, Wiesbaden 2001
- /PLET01/ Pletschen, B. u.a.:  
Durch Schnittstellenmanagement komplexe Projekte erfolgreich machen. Automobiltechnische Zeitschrift, 103 (2001) 10, S. 109-111

- /PRAH91/ Prahalad, C.K.; Hamel, G.:  
Nur Kernkompetenzen sichern das Überleben. Harvard Manager, 2 (1991), S. 66-80
- /PROB98/ Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.:  
Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. Wissen managen. 2. Auflage, Gabler-Verlag, Wiesbaden 1998
- /PROB99/ Probst, G.; Raub, S.; Romhard, K.:  
Wissen Managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. Gabler Verlag, Wiesbaden 1999
- /PSCH04/ Pschera, Alexander:  
Zulieferer-Vernetzung als Erfolgsfaktor. Werkstatt und Betrieb, 137 (2004) 4, S. 44-47
- /PUFF01/ Puffaldt, J.:  
Collaborative PEP – IT-gestützte partnerschaftliche Produktentwicklung. Industrie Management, 17 (2001) 3, S.25-28
- /PUHR90/ Puhr-Westerheide, J.:  
Beschaffung und Abwicklung komplexer Montageanlagen – ein Erfahrungsbericht. VDI-Berichte, 871 (1990), S. 15-41
- /RADT95/ Radtke, M.:  
Konzept zur Gestaltung prozess- und integrationsgerechter Produktmodelle. Dissertation, Universität Kaiserslautern 1995
- /REIN98/ Reinertsen, D.G.:  
Die neuen Werkzeuge der Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München Wien 1998

- /RELE51/ Releaux, F.:  
„Construktionslehre für den Maschinenbau“. Vieweg-Verlag, Braunschweig 1851
- /RIEM97/ Riemp, G.; Nastansky, L.:  
Workflow management between distributed organizations: a wide area groupflow approach. Telekooperation in Unternehmen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden u.a. 1997, S. 265-281
- /RISS02/ Risse, J.:  
Time-to-Market-Management in der Automobilindustrie. Dissertation, TU Berlin 2002
- /ROGE62/ Rogers, E.M.:  
Diffusion of Innovations. Free Press, New York 1962
- /ROTH00/ Roth-Koch, S.:  
Generating CAD Models from Sketches. Proc. IFIP WG 5.2 Seventh Workshop on Geometric Modelling: Fundamentals and Applications, Parma 2000, S.27-219
- /SCHA98/ Schaller, T.W.:  
Organisationsverwaltung in CSCW-Systemen. Dissertation, Universität Bamberg 1998
- /SCHL96/ Schlichter, J.:  
Skriptum zur Vorlesung „Computergestützte Gruppenarbeit“. TU München 1996

- /SCHM00/ Schmidt, B.:  
Automobilindustrie – Leitbranche für die Produktionstechnik. Phi, 2 (2000), S. 4-8
- /SCHM01/ Schmahls, T.:  
Beitrag zu Effizienzsteigerung während Produktionsanläufen in der Automobilindustrie. Dissertation, Technische Universität Chemnitz 2001
- /SCHM03/ Schmidberger, R.:  
Technik für den Erfolg der Bahn. bahntech, 3+4 (2003), S. 5
- /SCHM88/ Schmelzer, H. J.; Buttermilch, K.-H.:  
Reduzierung der Entwicklungszeiten in der Produktentwicklung als ganzheitliches Problem. In Brockhoff, K.; Picot, A.; Urban, C. (Hrsg.): Zeitmanagement in Forschung und Entwicklung. zbf-Sonderheft 23 (1988), S.43-73
- /SCHO96/ Schott, H.; Birkhofer, H.:  
Global Engineering Network – Applications for Green Design. Proceedings of the IFIP WG5.3 international conference on life-cycle modelling for innovative products and processes, Chapman & Hall, Berlin 1996
- /SCHÖ99/ Schönherr, M.:  
Wissensmanagement im Unternehmen: in Kallmann, H.; Frank, H.; Gronau, N. (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen: Partizipative Vorgehensmodelle, objekt- und prozessorientierte Analysen, flexible Organisationsarchitekturen. 3. Auflage, München Wien Oldenburg 1999, S. 319-345

- /SCHR94/ Schröder, H.-H.:  
Die Parallelisierung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten als Instrument zur Verkürzung der Projektdauer in Lichte des „Magischen Dreiecks“ aus Projektdauer, Projektkosten und Projektergebnisse. In: Technologiemanagement und Technologien für das Management. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1994, S. 289-323
- /SCHU03/ Schulten, M.:  
Produktionsunterstützung für den Schiffbau und Integration von Konstruktions- und Planungsdaten. Dissertation, RWTH Aachen 2003
- /SCHU88/ Schuh, G.: Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten. Dissertation, RWTH Aachen 1988
- /SCHU94/ Schuhmann, G.:  
Adaptive Planung des Produktentstehungsprozesses. Dissertation, TU Berlin 1994
- /SCHW03/ Schwarz, P.; Volmer, M. im Interview mit Kluge, J.:  
Raus aus dem Windschatten. VDI Nachrichten, Nr. 51/52 vom 19.12.2003, Düsseldorf, S. 2
- /SEND97/ Sandler, U.:  
Folgestudie Mechanik CAD 1997, Presseinformation Nr. 3, CAD-Circle, München 1997
- /SENG96/ Senge, P.:  
Die fünfte Disziplin. Kunst und Praxis der lernenden Organisation. Klett-Cotta Verlag, Stuttgart 1996



- /SEUR02/ Seuring, S.:  
Entscheidungsfelder im Supply-Chain-Management - Nutzung der Produkt- Kooperations-Matrix als Gestaltungsrahmen. Zfo, 72 (2003) 6, S. 324-329
- /SPAT01/ Spath, D. u.a.:  
Tore öffnen – Quality-Gate-Konzepte für den Produktentstehungsprozess. QZ , 46 (2001) 12, S. 1544-1549
- /SPAT04a/ Spath, D.:  
Forschungs- und Technologiemanagement : Potenziale nutzen - Zukunft gestalten. Carl Hanser Verlag, München, Wien 2004
- /SPAT04b/ Spath, D.; Richter, M.; Raschke, D.:  
Projekte und Prozesse in der Automobilentwicklung. Eine Studie über Chancen und Potenziale für die Automobilentwicklung in Deutschland. ZWF, 99 (2004) 4, S.168-172
- /SPOR99/ Spors, K.; Henning, H.:  
Verwaltung von bauteilübergreifenden Feature-Informationen. VDI-Berichte, 1497 (1999), S. 153-170
- /SPRI97/ Springer, J.; Depolt, J.; Schlick, C.:  
Telekooperation – Anforderungen und Potenziale in der Automobilindustrie. Hüthig-Verlag, Heidelberg, 1997
- /STÄH03/ Stähler, D.:  
Daten als Profitcenter. MM Das IndustrieMagazin 10 (2003), S. 48-49

- /STAH04/ Stahuber, A.:  
Engineering als Hebel. Form+Werkzeug, 1 (2004), S. 32-35
- /STAL90/ Stalk, jr. G.; Hout, T.:  
Zeitwettbewerb: Schnelligkeit entscheidet auf den Märkten der Zukunft. Campus-Verlag, Frankfurt/Main u.a. 1990
- /STEM93/ Stempfle, R.:  
Integrationsanforderungen im Produktentstehungsprozess in der Unternehmenspraxis. Schmalenbachgesellschaft/Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Köln 1993
- /STEN02/ Stender, S.; Bischoff, J.:  
Fabrikplanung und Anlagenwirtschaft – Vorlesung Anlaufmanagement. Universität Stuttgart 2002
- /STRA04/ Straube, F.:  
Globalisierung und Outsourcing – die neue Rolle der Logistik für Automobilzulieferer. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 14.09.1999, Beilage "Automobilzulieferer"
- /STUF94/ Stuffer, R.; Solbach, F.; Braunsperger, M.:  
Erfolgsorientierte Planungs- und Steuerungsmethoden. VDI Berichte, 1136 (1994), S. 41 -
- /TABR97/ Tabrizi, B.; Walleigh, R.:  
Defining Next Generation Products: An Inside Look. Harvard Business Review, 6 (1997), S. 116-124

- /TEUF95/ Teufel, S.; Sauter, C.; Bauknecht, K.:  
Computerunterstützung für die Gruppenarbeit. Addison-Wesley-Verlag, Bonn 1995
- /THOM99/ Thomke, S.; Nimgade, A.:  
The Digital Auto Project. Harvard Business School Press, Cambridge 1998
- /VANJ99/ Vanja, S.:  
Die neue Richtlinie VDI 2219: Praxiserprobte Hinweise zu Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen. VDI-Berichte, 1497 (1999), S. 25-42
- /VDA04/ Verband Deutscher Automobilindustrie e.V.:  
Auto 2000 – Jahresbericht. [http://www.vda.de/de/service/jahresbericht/files/vda\\_2000.pdf](http://www.vda.de/de/service/jahresbericht/files/vda_2000.pdf). 10.09.2004
- /VDI2221/ VDI-Richtlinie 2221:  
Methodik zum Entwickeln und Konstruieren Technischer Systeme und Produkte. VDI-Verlag, Düsseldorf 1986
- /VDMA95/ VDMA (Hrsg.):  
Kennzahlenkompass – Informationen für Unternehmer und Führungskräfte. Ausgabe 1995, Maschinenbau Verlag, Frankfurt 1995
- /VOIG98/ Voigt, K.-L.:  
Strategien im Zeitwettbewerb – Optionen für Technologiemanagement und Marketing. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1998

- /WADE92/ Wade, F.: Morgan, B.D.:  
New mental models of improving new product introduction. Concurrent Engineering, 59 (1992), S. 453-461
- /WAGE02/ Wagenknecht, C.; Kaiser, S.; Aurich, J.C.:  
Modelle unternehmensübergreifender Prozesse. ZWF, 97 (2002) 12, S. 623-626
- /WAGN02/ Wagner, F.:  
CAD/PDM Informationssysteme in der Produktentwicklung – Geschäftsprozesse in der Produktentwicklung. Vorlesung WS 02/03, Universität Stuttgart 2002
- /WEBE97/ Weber, J.:  
Konzept eines rechnerunterstützten Assistenzsystems für die Entwicklung umweltgerechter Produkte. Dissertation, Universität Erlangen 1997
- /WEBE99/ Weber, J.:  
Optimierung des Serienanlaufes in der Automobilproduktion. VDI-Z, 11/12 (1999), S. 23-25
- /WELL95/ Wellniak, R.:  
Das Produktmodell im rechnerintegrierten Arbeitsplatz. Carl Hanser-Verlag, München 1995
- /WEND96/ Wendel, T.:  
Computerunterstützte Teamarbeit, Konzeption und Realisierung eines Teamarbeitssystems. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1996

- /WEST01/ Westkämper, E.; Roth-Koch, S.; Koch, K.U.:  
Gelingt die Integration klassischer Entwurfstechniken in moderne Produktentwicklungsstrategien? *Industrie Management*, Band 17 (2001) 3, S. 9-13
- /WHEE92/ Wheelwright, S.C.; Clark, K.B.:  
Revolutionizing Product Development. Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality. Free Press, New York u.a. 1992
- /WIEN92/ Wiendahl, H.-P.; Walenda, H.:  
Montageanlagen besser nutzen, *VDI-Z* 134 (1992) 4, S. 85-90
- /WILD03a/ Wildemann, H.:  
Unternehmensnetzwerke als Ausweg aus der Bedrohung des Ausverkaufs in der Zuliefererindustrie. Transfer-Centrum Verlag, TU München 2003
- /WILD03b/ Wildemann, H.:  
Handlungsorientiertes Monitoring des Erfolgs von F&E-Projekten. *ZWF*, 98 (2004) 4, S. 134-140
- /WILD92/ Wildemann, H.:  
Simultaneous Engineering als Baustein für Just-in-time in Forschung, Entwicklung und Konstruktion. *VDI-Z*, 134 (1992) 12, S. 18-23
- /WILD96/ Wildemann, H.:  
Logistikstrategien. In Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): 7. Auflage, *Produktion und Management*, Berlin Heidelberg New York 1996, S. 15-69

- /WILD97/ Wildemann, H.:  
Änderungsmanagement – Leitfaden zur Einführung eines effizienten Managements technischer Änderungen. Transfer-Centrum GmbH, München 1997
- /WILD98/ Wildemann, H.:  
Entwicklungs-, Produktions- und Vertriebsnetzwerke in der Zuliefererindustrie – Ergebnisse einer Delphi-Studie. Transfer-Centrum GmbH, München 1998
- /WINT91/ Winter, R.:  
Mehrstufige Produktionsplanung in Abstraktionshierarchien auf der Basis relationaler Informationsstrukturen. Springer Verlag Berlin, Heidelberg 1991
- /WISS00/ Wißler, F.E.:  
Reife Produkte durch effiziente Qualitätslenkung in Entwicklungsprojekten. VDI BERICHTE, 1558 (2000), S. 69-84
- /WOMA94/ Womack, J.P. u.a.:  
Die zweite Revolution in der Automobilindustrie: Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology. 8. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt/Main u.a. 1994
- /WOMA97/ Womack, J.P.; Jones, D.T.:  
Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen. Lean Thinking. Campus-Verlag, Frankfurt/Main u.a. 1997

- /ZECH02/      Zechmann, B.:  
CPC im Visier (Produktdaten Management). Integration von PDM-Systemen, Product Lifecycle Management (PLM), Collaborative Product Commerce (CPC)". Automobil Entwicklung. 3 2002, S.40-41
- /ZEUG97/      Zeugträger, K.:  
Anlaufmanagement für Großanlagen. Dissertation, Universität Hannover, 1997
- /ZIMM95/      Zimmer, W; Köhl, M.:  
Ganzheitlich betrachtet. Simultaneous Engineering erfordert leistungsfähige IT. Die Arbeitsvorbereitung, 32 (1995) 4, S. 285-287





# 8 Anhang

## 8.1 Assistenzmatrizen

### 8.1.1 Kommunikationsinstanz

Kriteriengruppen	Freigabephase					Zuliefererebene				qualitatives Kriterium						Schnittstellen		Produktkthierarchie				projektspezifische Funktionsgruppen						
	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe	Phase I.b: Teilfreigabe	Phase II: Vorabfreigabe	Phase III.a: logische Freigabe	Phase III.b: logische Freigaben	OEM	Modullieferant	2nd tier	3rd tier	nth tier	sicherheitsrelevant	änderungsintensiv	optisch	geometrisch	funktional	materiell	übergreifend	lokal / autonom	Produkt	Funktionsgruppe	Teilsystem	Baugruppe	Komponente					
Freigabephase	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe					V	V	nd	nd	nd	IE	IE	V	IE	IE	IE	IE	nd	nd	V	IE	nd	nd					
	Phase I.b: Teilfreigabe					IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	nd	IE	IE	IE	IE					
	Phase II: Vorabfreigabe					AL	AL	AL	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	AL	AL	nd	AL	AL	AL	AL					
	Phase III.a: logische Freigabe					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	TM	AL	AL	AL	TM	nd	AL	AL	TM	TM					
	Phase III.b: logische Freigabe					TM	TM	TM	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	TM	TM	TM	nd	TM	TM	TM	TM	nd	nd	nd	nd	
Zuliefererebene	OEM	V	IE	AL	AL	TM					IE	IE	V	AL	IE	IE	IE	AL	nd	IE	IE	AL	AL					
	Modullieferant	V	IE	AL	AL	TM					IE	IE	IE	AL	IE	IE	IE	AL	nd	IE	AL	AL	AL					
	2nd tier	nd	IE	AL	AL	TM					IE	AL	AL	AL	AL	AL	AL	IE	TM	nd	IE	AL	AL	TM				
	3rd tier	nd	IE	AL	AL	TM					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	TM	nd	nd	AL	TM	TM				
	nth tier	nd	IE	AL	AL	TM					AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	TM	nd	nd	AL	TM	TM				
qualitatives Kriterium	sicherheitsrelevant	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	AL	AL							IE	IE	nd	IE	IE	IE	AL				
	änderungsintensiv	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL							IE	IE	nd	IE	IE	AL	AL				
	optisch	V	IE	AL	AL	TM	V	IE	AL	AL	AL							IE	AL	nd	IE	IE	AL	TM				
	geometrisch	IE	IE	AL	TM	TM	AL	AL	AL	AL	AL							IE	TM	nd	AL	AL	TM	TM				
	funktional	IE	IE	AL	AL	TM	IE	IE	AL	AL	AL							IE	AL	nd	IE	IE	AL	TM				
	materiell	IE	IE	AL	AL	TM	IE	IE	AL	AL	AL							IE	AL	nd	IE	IE	AL	TM				
Schnittstellen	übergreifend	IE	IE	IE	AL	TM	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	IE	IE	IE		nd	IE	IE	IE	AL					
	lokal / autonom	nd	IE	AL	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	IE	IE	AL	TM	AL	AL		nd	AL	TM	TM	TM					
Produktkthierarchie	Produkt	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Funktionsgruppe	V	IE	AL	AL	TM	IE	IE	IE	nd	nd	IE	IE	IE	AL	IE	IE	IE	AL									
	Teilsystem	IE	IE	AL	AL	TM	IE	AL	AL	AL	AL	IE	IE	IE	AL	IE	IE	IE	TM									
	Baugruppe	nd	IE	AL	TM	TM	AL	AL	AL	TM	TM	IE	AL	AL	TM	AL	AL	IE	TM									
	Komponente	nd	IE	AL	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	AL	AL	TM	TM	TM	TM	AL	TM									
projektspezifische Funktionsgruppen																		nd										
																		nd										
																		nd										

Legende

V	Vorstand
IE	Interdisziplinäres Entwicklungsteam
AL	Abteilungsleiter
TM	Teammitglied
nd	nicht definiert

### 8.1.2 Kommunikationsart

Kriteriengruppen	Freigabephase					Zuliefererebene					qualitatives Kriterium						Schnittstellen		Produktthierarchie					projektspezifische Funktionsgruppen				
	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe	Phase I.b: Teilfreigabe	Phase II: Vorabfreigabe	Phase III.a: logische Freigabe	Phase III.b: logische Freigaben	OEM	Modullieferant	2nd tier	3rd tier	nth tier	sicherheitsrelevant	änderungsintensiv	optisch	geometrisch	funktional	materiell	übergreifend	lokal/ autonom	Produkt	Funktionsgruppe	Teilsystem	Baugruppe	Komponente					
Freigabephase	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe					M	M	nd	nd	nd	M	M	M	M	M	M	M	M	nd	nd	M	M	nd	nd				
	Phase I.b: Teilfreigabe					M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	nd	nd	M	M	M	M				
	Phase II: Vorabfreigabe					PG	PG	PG	PG	PG	M	M	PG	PG	PG	PG	M	nB	nd	nd	M	PG	PG	PG				
	Phase III.a: logische Freigabe					PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	PG	nB	nd	nd	PG	TG	E	E				
	Phase III.b: logische Freigabe					nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nd	nd	nB	nB	nB	nB	nd	nd	nd	nd
Zuliefererebene	OEM	M	M	PG	PG	nB					M	M	M	PG	M	M	M	PG	nd	nd	M	M	PG	PG				
	Modullieferant	M	M	PG	PG	nB					M	M	M	PG	M	M	M	E	nd	nd	M	PG	TG	E				
	2nd tier	nd	M	PG	PG	nB					M	PG	PG	TG	PG	PG	M	nB	nd	nd	M	TG	TG	E				
	3rd tier	nd	M	PG	PG	nB					PG	PG	TG	E	TG	TG	PG	nB	nd	nd	nd	TG	E	E				
	nth tier	nd	M	PG	PG	nB					TG	TG	E	E	E	E	TG	nB	nd	nd	nd	E	E	E				
qualitatives Kriterium	sicherheitsrelevant	M	M	M	PG	nB	M	M	M	PG	TG							M	M	nd	M	M	M	PG				
	änderungsintensiv	M	M	M	PG	nB	M	M	PG	PG	TG							M	M	nd	M	M	PG	PG				
	optisch	M	M	PG	PG	nB	M	M	PG	TG	E							M	PG	nd	M	M	PG	E				
	geometrisch	M	M	PG	PG	nB	PG	PG	TG	E	E							M	nB	nd	M	PG	TG	E				
	funktional	M	M	PG	PG	nB	M	M	PG	TG	E							M	nB	nd	M	M	PG	TG				
	materiell	M	M	PG	PG	nB	M	M	PG	TG	E							M	nB	nd	M	M	PG	TG				
Schnittstellen	übergreifend	M	M	M	PG	nB	M	M	M	PG	TG	M	M	M	M	M	M		nd	M	M	PG	TG					
	lokal / autonom	nd	M	nB	nB	nB	PG	E	nB	nB	nB	M	M	PG	nB	nB	nB	nd	nd	PG	TG	TG	E					
Produktthierarchie	Produkt	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd					nd	nd	nd	nd	
	Funktionsgruppe	M	M	M	PG	nB	M	M	M	nd	nd	M	M	M	M	M	M	PG										
	Teilsystem	M	M	PG	TG	nB	M	PG	TG	TG	E	M	M	M	PG	M	M	TG										
	Baugruppe	nd	M	PG	E	nB	PG	TG	TG	E	E	M	PG	PG	TG	PG	PG	PG	TG									
	Komponente	nd	M	PG	E	nB	PG	E	E	E	E	PG	PG	E	E	TG	TG	TG	E									
projektspezifische Funktionsgruppen																			nd									
																			nd									
																			nd									
																			nd									

Legende

M	Meetings
PG	persönliche Gespräche
TG	Telefongespräche
E	E-Mails
nB	nachzureichender Bericht
nd	nicht definiert

### 8.1.3 Kommunikationsintervall

Kriteriengruppen		Freigabephase					Zuliefererebene					qualitatives Kriterium					Schnittstellen		Produkthierarchie					projektspezifische Funktionsgruppen					
Einzelkriterien		Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe	Phase I.b: Teilfreigabe	Phase II: Vorabfreigabe	Phase III.a: logische Freigabe	Phase III.b: logische Freigaben	OEM	Modullieferant	2nd tier	3rd tier	nth tier	sicherheitsrelevant	änderungsintensiv	optisch	geometrisch	funktional	materiell	übergreifend	lokal / autonom	Produkt	Funktionsgruppe	Teilsystem	Baugruppe	Komponente					
Freigabephase	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe						d	d	nd	nd	nd	d	d	d	d	d	d	d	nd	nd	d	d	nd	nd					
	Phase I.b: Teilfreigabe						d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	w	nd	d	d	d	d					
	Phase II: Vorabfreigabe						w	w	m	m	m	d	d	w	m	w	w	d	nB	nd	w	w	m	m					
	Phase III.a: logische Freigabe						nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nB	nd	nB	nB	nB	nB					
	Phase III.b: logische Freigabe						nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zuliefererebene	OEM	d	d	w	nB							d	d	d	w	d	d	d	w	nd	d	d	w	m					
	Modullieferant	d	d	w	nB	nd						d	d	d	w	d	d	d	m	nd	d	w	m	nB					
	2nd tier	nd	d	m	nB	nd						d	d	w	m	w	w	d	nB	nd	d	m	nB	nB					
	3rd tier	nd	d	m	nB	nd						w	w	w	nB	m	m	w	nB	nd	nd	nB	nB	nB					
	nth tier	nd	d	m	nB	nd						w	w	m	nB	nB	nB	m	nB	nd	nd	nB	nB	nB					
qualitatives Kriterium	sicherheitsrelevant	d	d	d	nB	nd	d	d	d	w	w								d	d	nd	d	d	d	w				
	änderungsintensiv	d	d	d	nB	nd	d	d	d	w	w								d	d	nd	d	d	d	w				
	optisch	d	d	w	nB	nd	d	d	w	w	m								d	w	nd	d	w	m	nB				
	geometrisch	d	d	m	nB	nd	w	w	m	nB	nB								w	nB	nd	w	m	nB	nB				
	funktional	d	d	w	nB	nd	d	d	w	m	nB								w	m	nd	w	w	m	nB				
	materiell	d	d	w	nB	nd	d	d	w	m	nB								w	m	nd	w	w	m	nB				
Schnittstellen	übergreifend	d	d	d	nB	nd	d	d	d	w	m	d	d	d	w	w	w			nd	d	d	w	m					
	lokal / autonom	nd	w	nB	nB	nd	w	m	nB	nB	nB	d	d	w	nB	m	m			nd	w	m	nB	nB					
Produkthierarchie	Produkt	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd						nd	nd	nd	nd	
	Funktionsgruppe	d	d	w	nB	nd	d	d	d	nd	nd	d	d	d	w	w	w	d	w										
	Teilsystem	d	d	w	nB	nd	d	w	m	nB	nB	d	d	w	m	w	w	d	m										
	Baugruppe	nd	d	m	nB	nd	w	m	nB	nB	nB	d	d	m	nB	m	m	w	nB										
	Komponente	nd	d	m	nB	nd	m	nB	nB	nB	nB	w	w	nB	nB	nB	nB	m	nB										
projektspezifische Funktionsgruppen																				nd									
																				nd									
																				nd									
																				nd									

**Legende**

d	täglich
w	wöchentlich
m	monatlich
nB	nach Bedarf
nd	nicht definiert

## 8.2 Änderungsmatrizen

### 8.2.1 Kommunikationsinstanz

Kriteriengruppen	Art der Freigabe		Freigabephase					Zuliefererebene					qualitative Freigabekriterien					Produkthierarchie				projektspezifische Funktionsgruppen						
	Validierung des Änderungsantrages	Verifizierung der Umsetzung	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe	Phase I.b: Teilfreigabe	Phase II: Vorabfreigabe	Phase III.a: logische Freigabe	Phase III.b: logische Freigaben	DEM	Modulleiter	2nd tier	3rd tier	4th tier	sicherheitsrelevant	Änderungsintensiv	optisch	geometrisch	funktional	materiell	Produkt	Funktionsgruppe	Teilsystem	Baugruppe	Komponente					
Art der Freigabe	Validierung des Änderungsantrages		IE	IE	nd	nd	nd	IE	IE	AL	AL	AL	IE	IE	IE	IE	IE	IE	V	IE	IE	AL	AL					
	Verifizierung der Umsetzung		IE	IE	nd	nd	nd	IE	IE	AL	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	V	IE	AL	AL	TM					
Änderungsgrund	schnittstellenübergreifend	IE	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	IE	IE	IE	nd	IE	IE	IE	IE					
	lokal	AL	AL	IE	IE	AL	TM	TM	AL	AL	AL	TM	TM	IE	AL	AL	AL	AL	AL	nd	IE	AL	AL	TM				
Änderungslösung	schnittstellenübergreifend	IE	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	IE	IE	IE	IE	nd	IE	IE	IE	IE					
	lokal	AL	AL	IE	IE	AL	TM	TM	AL	AL	AL	TM	TM	IE	AL	AL	AL	AL	AL	nd	IE	AL	AL	TM				
Änderungszeit	Produktentwicklung	IE	AL	IE	IE	AL	TM	TM	IE	IE	AL	AL	AL	IE	IE	IE	AL	IE	IE	V	IE	AL	AL	TM				
	Produktionsentwicklung	IE	IE	V	IE	IE	AL	TM	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	V	IE	IE	AL	AL				
	Produktionsanlauf	IE	IE	V	IE	IE	AL	TM	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	V	IE	IE	AL	AL				
	Betrieb	IE	IE	V	IE	IE	AL	TM	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	V	IE	IE	AL	AL				
Änderungsbereich	Produkt	IE	AL	IE	IE	AL	TM	IE	IE	AL	AL	AL	IE	IE	IE	AL	IE	IE	nd	IE	AL	AL	TM	nd	nd	nd	nd	
	Produktionsmittel	IE	IE	V	IE	IE	AL	TM	IE	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	V	IE	IE	AL	AL				
	Organisation	IE	IE	V	nd	nd	nd	nd	V	IE	IE	AL	AL	IE	IE	AL	AL	AL	AL	V	IE	IE	AL	AL				
projektspezifische Funktionsgruppen																												

Legende

V	Vorstand
IE	Interdisziplinäres Entwicklungsteam
AL	Abteilungsleiter
TM	Teammitglied
nd	nicht definiert



### 8.2.3 Kommunikationsintervall

Kriteriengruppen		Art der Freigabe		Freigabephase						Zuliefererebene						qualitative Freigabekriterien						Produktthierarchie				projektspezifische Funktionsgruppen																											
Einzelkriterien		Validierung des Änderungsantrages	Verifizierung der Umsetzung	Phase I.a: Prozessgesamtfreigabe		Phase I.b: Teilfreigabe		Phase II: Vorratfreigabe		Phase III.a: logische Freigabe		Phase III.b: logische Freigaben		OEM		Modulelerant		2nd tier		3rd tier		4th tier		sicherheitsrelevant		änderungsintensiv		applied		geometrisch		funktional		materiell		Produkt		Funktionsgruppe		Teilsystem		Baugruppe		Komponente									
Art der Freigabe	Validierung des Änderungsantrages					k	k	k	k	nd	nd	nd	nd	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein												
	Verifizierung der Umsetzung			k	k	nd	nd	nd	nd	nd	nd	k	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	ein	ein	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein															
Änderungsgrund	schnittstellenübergreifend	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	nd	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein																
	lokal	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	ein	ein	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	ein	ein	nd	k	ein	ein	ein	ein																						
Änderungslösung	schnittstellenübergreifend	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	ein	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	nd	k	ein	ein	ein	ein																								
	lokal	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	ein	ein	k	k	ein	ein	k	k	ein	ein	ein	ein	nd	k	ein	ein	ein	ein																						
Änderungszeit	Produktentwicklung	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein															
	Produktionentwicklung	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein														
	Produktionsanlauf	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein														
	Betrieb	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein													
Änderungsbereich	Produkt	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	ein	ein	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	k	nd	k	k	ein	ein	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd									
	Produktionsmittel	k	k	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	k	ein	ein	k	k	k	ein	k	k	k	ein	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	ein	ein															
	Organisation	ein	ein	ein	nd	nd	nd	nd	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein	ein									
projektspezifische Funktionsgruppen																																																					

Legende

k	kontinuierlicher Austausch
ein	einmalig
nd	nicht definiert







# Lebenslauf

---

## Persönliche Daten

---

Name: Carsten Düchting  
Nationalität: Deutsch  
Geburtsdatum: 26. Juli, 1977  
Geburtsort: Krefeld  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: Deutsch

## Bildungsweg

---

1984 - 1988 Dorfschule Witten-Heven  
1988 - 1997 Ruhrgymnasium Witten  
*Abschluss: Abitur*  
1997 - 2002 Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau  
*Abschluss: Diplom-Ingenieur*

## Beruflicher Werdegang

---

1999 - 2001 Studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für  
Fabrikorganisation, Universität Dortmund,  
Fakultät Maschinenbau  
2001 Praktikum Sulzer Pumps Ltd., Leeds, U.K.  
seit 2002 Mitglied der „Graduate School of Production  
Engineering and Logistics“,  
Universität Dortmund,  
Fakultät Maschinenbau



