

Reihe Informationsmanagement im
Engineering Karlsruhe

Markus Weigt

Systemtechnische Methoden- entwicklung

Diskursive Definition heuristischer
prozeduraler Prozessmodelle als Beitrag
zur Bewältigung von informationeller
Komplexität im Produktleben

Band 2 – 2008



universitätsverlag karlsruhe

Weigt, Markus

Systemtechnische Methodenentwicklung

Diskursive Definition heuristischer prozeduraler Prozessmodelle als Beitrag zur Bewältigung von informationeller Komplexität im Produktleben

**Reihe Informationsmanagement im Engineering Karlsruhe
Band 2 – 2008**

Herausgeber

Universität Karlsruhe (TH)

Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI)

o. Prof. Dr. Dr.-Ing. Jivka Ovtcharova

Systemtechnische Methodenentwicklung

Diskursive Definition heuristischer prozeduraler Prozessmodelle als Beitrag zur Bewältigung von informationeller Komplexität im Produktleben

von
Markus Weigt



universitätsverlag karlsruhe

Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Maschinenbau, 2008

Impressum

Universitätsverlag Karlsruhe
c/o Universitätsbibliothek
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe
www.uvka.de



Dieses Werk ist unter folgender Creative Commons-Lizenz
lizenziert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/de/>

Universitätsverlag Karlsruhe 2008
Print on Demand

ISSN: 1860-5990
ISBN: 978-3-86644-285-6

Kurzfassung

Die Handhabung von Komplexität ist in der derzeitigen Wettbewerbssituation zu einer wesentlichen Herausforderung für Unternehmen geworden. Komplexität betrifft hierbei unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter im Zentrum vieler Prozesse der inner- und interbetrieblichen Wertschöpfungskette steht und zur Sicherung und Erhöhung der Ausführungs- und Ergebnisqualität auf methodische Unterstützung angewiesen ist. Hieraus resultieren spezifische Anforderungen an die Unterstützung der Entwicklung von heuristischen Ingenieurmethoden.

In der vorliegenden Arbeit erfolgt auf der Grundlage system- und modelltheoretischer, kognitionspsychologischer sowie konstruktionsmethodischer Betrachtungsweisen eine Untersuchung der Methodenentwicklung und es wird ein meta-methodisches Rahmenwerk vorgestellt, welches der Strukturierung und damit Systematisierung von Methodenentwicklungsprozessen dient:

Ausgehend von einer systemtechnischen Interpretation, in der sich die Methodenentwicklung als Vorgang der Bildung prozeduraler Systemmodelle darstellt, werden die Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung auf der operativen Anwendungsebene sowie auf Objekt- und Meta-Ebene der Methodenentwicklung analysiert. Die Ergebnisse dieser systemtechnischen Analysen werden in einem meta-methodischen Referenzmodell zusammengeführt, welches entsprechend den jeweils vorherrschenden Rahmenbedingungen zwei Grundphasen beinhaltet, die wiederum in Anlehnung an den allgemeinen Problemlösungszyklus in Hauptaktivitäten mit bestimmtem Fokus gegliedert sind. Zur Unterstützung diskursiven Vorgehens sieht dieses Referenzmodell die Verwendung einer lösungsneutralen, funktionsorientierten Vorgehensbeschreibung vor und stellt entsprechende konzeptionelle Bausteine bereit. Zu seiner Operationalisierung wird dieses Referenzmodell zu einem Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down konkretisiert. Dieses Vorgehensmodell unterstützt ausgehend von einer Analyse der Prozessnahtstellen und der Festlegung eines allgemeinen Lösungsrahmens in Form eines initialen Prozessmodells dessen schrittweise Konkretisierung und Vervollständigung zu einer tätigkeitsorientierten Vorgehensbeschreibung. Im Vordergrund stehen hierbei eine Analyse des Informationsumsatzes innerhalb des zukünftigen Prozesses im Hinblick auf Ursachen von Komplexität sowie die Festlegung von Maßnahmen zu deren Reduzierung und Bewältigung.

Die Anwendung dieses meta-methodischen Rahmenwerks wird anhand der Erhebung und Aufbereitung von Informationen aus der Nutzungsphase technischer Produkte, der Strukturierung der Produktplanung sowie der Anpassung des konstruktionsmethodischen Funktionskonzepts zur Spezifikation von automatisierungstechnischen Softwarekomponenten im Rahmen eines lebenszyklusorientierten Managements von Software-Produktdaten demonstriert.

Vorwort der Herausgeberin

Wirtschaftlich orientierte Unternehmen sind heute mit einer Wettbewerbssituation konfrontiert, die durch eine hohe Innovationsgeschwindigkeit bei verkürzten Innovationszyklen gekennzeichnet ist. Gleichzeitig bestehen von Kundenseite steigende Erwartungen bezüglich der Funktionalität und Qualität von Produkten. Hieraus resultieren Zielkonflikte zwischen zu verringernden Kosten, zu verringerndem Zeitbedarf und zu erhöhender Ergebnisqualität, die sich zukünftig noch weiter verschärfen werden.

Angesichts dessen kommt im Hinblick auf eine Entscheidungsunterstützung der Handhabung von Komplexität eine gewachsene Bedeutung zu, und zwar unabhängig davon, ob beispielsweise ein Ingenieur produktbezogene oder ein Manager prozessbezogene Entscheidungen zu treffen hat. In jedem Fall geht es darum, innerhalb bestehender Gestaltungsräume Festlegungen zu treffen, deren Konsequenzen innerhalb des komplexen Gesamtsystems von Unternehmen und Unternehmensumfeld nicht vollständig abzusehen sind oder deren Rahmenbedingungen dynamisch Veränderungen unterworfen sind.

In dieser Betrachtung wird der Prozess an sich zum zentralen Element. Operative Prozesse sind abgestimmt auf strategische Unternehmensziele und Rahmenbedingungen des Wettbewerbs zu definieren und zu implementieren. Darüber hinaus geben sie als operative Anwendungen wesentliche Rahmenbedingungen für die Entwicklung einer informationstechnischen Unterstützung vor. Die beschriebenen Zielkonflikte wirken sich dementsprechend unmittelbar auf die Entwicklung von Methoden und informationstechnischen Werkzeugen aus, die als Modelle diesen Prozessen zugrunde liegen bzw. in ihnen zum Einsatz kommen.

Die vorliegende Arbeit adressiert in diesem Kontext die Entwicklung von Prozessmodellen. Sie stellt ein auf der Systemtechnik basierendes begrifflich-konzeptionelles Fundament bereit, mit dem Problemsachverhalte bei der Methodenentwicklung allen Prozessbeteiligten transparent gemacht und kommuniziert werden können. Als Richtlinie für die Anwendung in der Praxis wird ein Vorgehensmodell beschrieben, welches die Methodenentwicklung in übersichtliche Phasen gliedert und ausführlich die jeweils durchzuführenden Arbeitsschritte darlegt, beginnend bei einer Analyse der Prozessnahtstellen bis hin zur tätigkeitsorientierten Formulierung des endgültigen Prozessmodells. Detaillierte Anwendungsbeispiele aus unterschiedlichen Domänen und Produktlebensphasen runden die Arbeit ab.

Jivka Ovtcharova

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand neben meiner Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI) der Universität Karlsruhe (TH). Der Institutsleiterin Frau Prof. Dr. Dr.-Ing. Jivka Ovtcharova danke ich besonders für die wissenschaftliche Betreuung und für die Übernahme des Hauptreferates.

Für die freundliche Übernahme des Korreferates gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Franke, Leiter des Instituts für Konstruktionstechnik (IK) der Technischen Universität Braunschweig. Dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses, Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gert Zülch, Leiter des Instituts für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab) der Universität Karlsruhe (TH), gilt ebenfalls mein Dank.

Die Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des Instituts und Projektpartnern aus der Industrie hat mir vielfältige Einblicke und Anregungen gegeben und so die Entstehung der Arbeit im Hinblick auf Ausrichtung und Ausführung beeinflusst. Besonders gerne denke ich an die vielen konstruktiven Diskussionen mit Michael Seidel zurück.

Miron Schmidt danke ich für die Durchsicht des Manuskripts.

Meiner Mutter danke ich von Herzen für ihr Vertrauen und ihre kontinuierliche Unterstützung in der gesamten Zeit meiner Ausbildung.

Und schließlich: Ohne Rückhalt und Ausgleich im privaten Umfeld wäre die Freude an der Erarbeitung gemindert gewesen. Hierfür danke ich ganz besonders Nora und Hajo.

Karlsruhe, im Juli 2008

Markus Weigt

Inhalt

| | |
|---|------|
| Abkürzungsverzeichnis | ix |
| Abbildungsverzeichnis | xi |
| Tabellenverzeichnis | xvii |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Konzeptionelle Grundlagen | 5 |
| 2.1 Systemtheorie | 5 |
| 2.2 Denkpsychologie | 12 |
| 2.3 Methodik..... | 19 |
| 3 Klärung der Aufgabenstellung | 29 |
| 3.1 Herausforderung Komplexität im Innovationsprozess | 29 |
| 3.2 Festlegung des Untersuchungsgegenstands..... | 32 |
| 3.3 Anforderungen an meta-methodische Unterstützung | 36 |
| 4 Analyse existierender Ansätze | 41 |
| 4.1 Auswahl relevanter Ansätze | 41 |
| 4.2 Generische Vorgehensstrategien | 43 |
| 4.2.1 Systemtechnik..... | 43 |
| 4.2.2 Anwendungen der Systemtechnik in der Produktentwicklung | 56 |
| 4.3 Spezifische Vorgehensstrategien..... | 65 |
| 4.3.1 Phasenorientierte konstruktionsmethodische Ablaufpläne..... | 65 |
| 4.3.2 Anpassung konstruktionsmethodischer Ablaufpläne | 72 |
| 4.3.3 Auswahl und Anpassung spezifischer Methoden..... | 78 |
| 4.4 Zusammenfassende Diskussion und Bewertung | 84 |
| 5 Meta-methodisches Rahmenwerk..... | 93 |
| 5.1 Überblick über die Konzeptentwicklung..... | 93 |
| 5.2 Komplexität der Methodenentwicklung | 95 |
| 5.2.1 Aufgabenstellungsbezogene Komplexität | 95 |
| 5.2.2 Methodenentwicklungsspezifische Komplexität..... | 96 |

| | | |
|--|--|-----|
| 5.2.3 | Lösungsansatz | 99 |
| 5.3 | Methodenentwicklung in systemtechnischer Perspektive..... | 100 |
| 5.3.1 | Methodenentwicklung als prozedurale Systemmodellbildung | 100 |
| 5.3.2 | Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung..... | 104 |
| 5.3.3 | Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen | 111 |
| 5.4 | Meta-methodisches Referenzmodell..... | 115 |
| 5.5 | Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down | 124 |
| 5.5.1 | Überblick über das Vorgehensmodell..... | 124 |
| 5.5.2 | Analysephase | 128 |
| 5.5.3 | Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte)..... | 131 |
| 5.5.4 | Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte)..... | 138 |
| 5.5.5 | Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte) | 145 |
| 5.5.6 | Finalisierungsphase..... | 150 |
| 6 | Anwendung des meta-methodischen Rahmenwerks..... | 155 |
| 6.1 | Strukturierung der Produktplanung..... | 155 |
| 6.1.1 | Ausgangssituation | 155 |
| 6.1.2 | Methodenentwicklung..... | 155 |
| 6.1.3 | Operative Anwendung | 165 |
| 6.2 | Funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten | 166 |
| 6.2.1 | Ausgangssituation | 166 |
| 6.2.2 | Methodenentwicklung..... | 169 |
| 6.2.3 | Programmtechnische Realisierung eines Demonstrators..... | 187 |
| 6.3 | Diskussion und weiterführende Fragestellungen | 191 |
| 7 | Zusammenfassung..... | 199 |
| 8 | Literaturverzeichnis | 203 |
| Anhang A: Glossar | | |
| Anhang B: Alternative Begriffsdefinitionen | | |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|--|
| AAK | Algorithmisches Auswahlverfahren zur Konstruktion mit Katalogen |
| ACE | Attempto Controlled English |
| ANSI | American National Standards Institute |
| AWL | Anweisungsliste |
| CFB | Composite Function Blocks |
| CI | Control input (Steuereingang) |
| CO | Control output (Steuerausgang) |
| DI | Data input (Dateneingang) |
| DIN | Deutsche Industrienorm |
| DIS | Dekomposition - Integration - Steuerung |
| DO | Data output (Datenausgang) |
| EDDL | Electronic Device Description Language |
| EDV | Elektronische Datenverarbeitung |
| FDM | Finite-Differenzen-Methode |
| FEM | Finite-Elemente-Methode |
| FMEA | Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse |
| GF | Gesamtfunktion |
| IDEF0 | Integration Definition 0 |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. |
| IPE | Integrierte Produkterstellung (auch: Integrierte Produktentwicklung) |
| ISO | International Standardisation Organisation |
| MMM | Münchener Methodenmodell |
| MVM | Münchener Vorgehensmodell |
| PID | Proportional-Integral-Differential(-Regler) |
| QFD | Quality Function Deployment |
| REM | Randelementmethode |
| SA | Systems Analysis |
| SADT | Structured Analysis and Design Technique |
| SE | Systems Engineering |
| SH | Systematische Heuristik |
| SoftPDB | Software-Produktdaten-Browser |

| | |
|------|--|
| SPS | Speicherprogrammierbare Steuerung |
| SWOT | Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats |
| TF | Teilfunktion |
| TS | Technical Specification |
| TOTE | Test-Operate-Test-Exit |
| TRIZ | Theorie des erfinderischen Problemlösens (übers. aus dem Russischen) |
| VDA | Verband der Automobilindustrie e. V. |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure e. V. |
| ZOPH | Ziel-, Objekt-, Prozess-, Handlungssystem |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| Abb. 1-1: | Struktur der vorliegenden Arbeit | 2 |
| Abb. 2-1: | Konzepte der Systemtheorie | 8 |
| Abb. 2-2: | Komplexität im engeren und im weiteren Sinne | 11 |
| Abb. 2-3: | Klassifikation von Barrieretypen | 14 |
| Abb. 2-4: | Ausschnitt eines semantischen Netzes | 16 |
| Abb. 2-5: | TOTE-Einheit als Grundeinheit der Organisation von Denkprozessen | 17 |
| Abb. 2-6: | Problemlösen als Informationsverarbeitungsprozess | 18 |
| Abb. 2-7: | Methode „Präzisieren von Aufgabenstellungen“ | 23 |
| Abb. 3-1: | Merkmalsfestlegung und -ermittlung in der Produktentwicklung | 31 |
| Abb. 3-2: | Unterstützung der Bearbeitung von Aufgabenstellungen | 33 |
| Abb. 3-3: | Klassifikation von Konstruktionsproblemen | 36 |
| Abb. 3-4: | Meta-methodische und methodische Unterstützung | 37 |
| Abb. 3-5: | Unmittelbare und mittelbare Unterstützung und Anforderungen | 37 |
| Abb. 4-1: | Komponenten des Systems Engineering | 44 |
| Abb. 4-2: | Einengen des Betrachtungsfelds | 45 |
| Abb. 4-3: | Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ mit Variantenbildung | 46 |
| Abb. 4-4: | Grundmodell des SE-Phasenkonzepts | 47 |
| Abb. 4-5: | Grundmodell des Problemlösungszyklus | 49 |
| Abb. 4-6: | Relationen zwischen den Teilschritten des Problemlösungszyklus | 51 |
| Abb. 4-7: | Alternative SE-Konzepte | 53 |
| Abb. 4-8: | Vorgehenslogik der Systemplanung und -realisierung | 54 |
| Abb. 4-9: | Vorgehensmodell des Soft Systems Engineering | 55 |
| Abb. 4-10: | Struktur der Programmbibliothek zur Systematischen Heuristik | 57 |
| Abb. 4-11: | Oberprogramm der Systematischen Heuristik | 58 |
| Abb. 4-12: | Schicht- und Schrittübergänge | 59 |
| Abb. 4-13: | Modell der drei Handlungsebenen | 59 |
| Abb. 4-14: | Münchener Vorgehensmodell | 60 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 4-15: Systemtechnisches Beschreibungsmodell..... | 62 |
| Abb. 4-16: Vorgehensmodell zur Gestaltung von Handlungssystemen..... | 63 |
| Abb. 4-17: Meta-Modell des Adaptiven Systemmanagements..... | 64 |
| Abb. 4-18: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren..... | 66 |
| Abb. 4-19: Hauptarbeitsschritte beim Planen und Konzipieren..... | 68 |
| Abb. 4-20: V-Modell als Makrozyklus..... | 70 |
| Abb. 4-21: Produktinnovationsprozess..... | 71 |
| Abb. 4-22: Vorgehen bei der modularen Prozessorganisation..... | 73 |
| Abb. 4-23: 3-Ebenen-Modell..... | 74 |
| Abb. 4-24: Prozessbaukasten (Auszug)..... | 76 |
| Abb. 4-25: Modell der Prozesskette „Vom Markt zum Produkt“..... | 78 |
| Abb. 4-26: Elementarfunktionen von Methoden und Symbole..... | 81 |
| Abb. 4-27: Referenzmodell zur aufgabenorientierten Methodenanpassung..... | 82 |
| Abb. 4-28: Vorgehensmodelle zur aufgabenorientierten Methodenanpassung..... | 82 |
| Abb. 4-29: Elementarmethoden..... | 83 |
| Abb. 4-30: Direkte Anwendung von Ablaufplänen zur Methodenentwicklung..... | 87 |
| Abb. 4-31: Indirekte Anwendung von Ablaufplänen zur Methodenentwicklung..... | 88 |
| Abb. 4-32: Anpassung/Neuentwicklung von Methoden..... | 89 |
| Abb. 5-1: Überblick über die Konzeptentwicklung..... | 94 |
| Abb. 5-2: Aufgabenstellungsbezogene Komplexität..... | 96 |
| Abb. 5-3: Methoden als Modelle und Ergebnis von Prozessen..... | 97 |
| Abb. 5-4: Meta-Methode als Modell und Ergebnis der Methodenentwicklung..... | 97 |
| Abb. 5-5: Selbstreferenzialität von Planungsproblemen..... | 98 |
| Abb. 5-6: Selbstreferenzialität planender Methodenentwicklung..... | 99 |
| Abb. 5-7: Komplexität der Methodenentwicklung..... | 99 |
| Abb. 5-8: Methodenentwicklung in systemtechnischer Perspektive..... | 101 |
| Abb. 5-9: Ansatz zur Strukturierung von Methoden und Meta-Methode..... | 102 |
| Abb. 5-10: Abstraktion vom Tätigkeitskontext..... | 104 |
| Abb. 5-11: Herkunft von Rahmenbedingungen..... | 105 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 5-12: Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung und -anwendung | 107 |
| Abb. 5-13: Rahmenbedingungen der Methodenanpassung und -einführung | 109 |
| Abb. 5-14: Beispiele für Rahmenbedingungen..... | 110 |
| Abb. 5-15: Grundsätzliche Betrachtungsweisen bei der Methodenentwicklung..... | 111 |
| Abb. 5-16: Informationsumsatz mit Iterationsschleife | 113 |
| Abb. 5-17: Anwendung allgemeiner Operatoren im Problemlösungszyklus | 115 |
| Abb. 5-18: Meta-methodisches Referenzmodell | 116 |
| Abb. 5-19: Beispiel zur lösungsneutralen Beschreibung von Arbeitsschritten | 119 |
| Abb. 5-20: Abstrahierte Darstellung der Aufgabenklärung gemäß Abb. 5-19..... | 120 |
| Abb. 5-21: Beispiel für die Entwicklung konzeptioneller Methodenschemata | 123 |
| Abb. 5-22: Hierarchische Strukturierung des Programmablaufplans | 125 |
| Abb. 5-23: Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down..... | 126 |
| Abb. 5-24: Integration von Informationen aus der Phase der Produktnutzung | 127 |
| Abb. 5-25: Arbeitsschritte der Analysephase | 128 |
| Abb. 5-26: Arbeitsschritte der Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte)..... | 132 |
| Abb. 5-27: Generische Struktur typischer operativer Problembearbeitungsprozesse..... | 133 |
| Abb. 5-28: Methodenentwicklung für den Feedback-Prozess | 135 |
| Abb. 5-29: Entstehung von Kundenreaktionen..... | 137 |
| Abb. 5-30: Fokus der Konkretisierung des initialen Prozessmodells | 139 |
| Abb. 5-31: Arbeitsschritte der Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte)..... | 140 |
| Abb. 5-32: Methodenentwicklung für den Feedback-Prozess | 143 |
| Abb. 5-33: Fokus der Konkretisierung des initialen Prozessmodells | 146 |
| Abb. 5-34: Arbeitsschritte der Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte) | 147 |
| Abb. 5-35: Methodenentwicklung für den Feedback-Prozess | 149 |
| Abb. 5-36: Arbeitsschritte der Finalisierungsphase..... | 151 |
| Abb. 5-37: Prozessmodell für den Feedback-Prozess..... | 153 |
| Abb. 6-1: Prozess- und Systemnahtstellen der Produktplanung..... | 156 |
| Abb. 6-2: Methodenentwicklung | 157 |
| Abb. 6-3: Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ bei der Akquisition..... | 158 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 6-4: Zuordnung existierender Methoden | 159 |
| Abb. 6-5: Entwicklung neuer Methoden | 160 |
| Abb. 6-6: Aufbau der Innovationsplanungsmatrix | 161 |
| Abb. 6-7: Entwurf eines tätigkeitsorientierten Prozessmodells | 163 |
| Abb. 6-8: Wesentliche Eingangsgrößen der Tätigkeiten..... | 164 |
| Abb. 6-9: Strukturierung der Produktplanung..... | 165 |
| Abb. 6-10: Anwendung in der Automobilzulieferindustrie | 166 |
| Abb. 6-11: Wiederverwendung von Softwarekomponenten | 167 |
| Abb. 6-12: Grundlagen eines Suchschemas für Softwareeigenschaften | 168 |
| Abb. 6-13: Ein- und Ausgangsgrößen zur funktionalen Spezifikation | 170 |
| Abb. 6-14: Methodenentwicklung..... | 171 |
| Abb. 6-15: Aufbereitung der Eingangsgrößen zur funktionalen Spezifikation..... | 172 |
| Abb. 6-16: Konstruktionsmethodisches Funktionskonzept..... | 173 |
| Abb. 6-17: Aufgabenspezifische Funktion..... | 174 |
| Abb. 6-18: Funktionsstruktur für Gesamtfunktion nach Abb. 6-17 | 174 |
| Abb. 6-19: Allgemein anwendbare Funktionen | 175 |
| Abb. 6-20: Übergang von Funktion zu Wirkprinzip | 176 |
| Abb. 6-21: Unterscheidung von Steuer- und Datenfluss..... | 177 |
| Abb. 6-22: Elemente und Relationen einer Software-Funktionsstruktur | 178 |
| Abb. 6-23: Abgrenzung gegenüber Funktionsbausteinen | 179 |
| Abb. 6-24: Methodenentwicklung..... | 180 |
| Abb. 6-25: Regelsystem | 181 |
| Abb. 6-26: Gesamtfunktion einer PID-Regelungssoftware..... | 181 |
| Abb. 6-27: Funktionsstruktur einer PID-Regelungssoftware..... | 182 |
| Abb. 6-28: Bedeutung der Funktionssymbole in Abb. 6-27 | 182 |
| Abb. 6-29: Methodenentwicklung..... | 184 |
| Abb. 6-30: Vorgehensweise bei der semantisch kontrollierten Spezifikation | 185 |
| Abb. 6-31: Prozessmodell für die funktionale Spezifikation | 186 |
| Abb. 6-32: Benutzungsoberfläche des Demonstrators | 187 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 6-33: Spezifikation der Gesamtfunktion einer PID-Regelungssoftware..... | 188 |
| Abb. 6-34: Spezifikation von Teilfunktionen, Eingangsgrößen, Datenstrukturen | 189 |
| Abb. 6-35: Kombinierte semantisch kontrollierte und Freitextsuche | 190 |
| Abb. 6-36: Anwendungen in unterschiedlichen Produktlebensphasen..... | 191 |
| Abb. 6-37: Anwendungsfall Produktplanung | 193 |
| Abb. 6-38: Anwendungsfall Feedback-Prozess | 194 |
| Abb. 6-39: Anwendungsfall Spezifikation von Softwarekomponenten | 195 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----------|--|----|
| Tab. 2-1: | Typisierung von Problemsituationen..... | 19 |
| Tab. 2-2: | Ausgewählte Eigenschaften und Ausprägungen von Methoden | 21 |
| Tab. 3-1: | Spezifische Anforderungen an meta-methodische Unterstützung..... | 40 |
| Tab. 4-1: | Methode Checkliste zu Besprechungsplanung/-leitung..... | 80 |
| Tab. 4-2: | Ergebnisanalyse: Generische Vorgehensstrategien | 86 |
| Tab. 4-3: | Ergebnisanalyse: Spezifische Vorgehensstrategien..... | 90 |

1 Einleitung

Das Ziel von wirtschaftlich orientierten Unternehmungen ist die Produktion und erfolgreiche Vermarktung von Sach- oder Dienstleistungen. Unternehmen der entwickelnden und produzierenden Industrie sind hierbei heute mit vielfältigen globalen Trends konfrontiert, in denen individuelle, gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte Ausdruck finden. Diese Trends führen zu veränderten, auch sich widersprechenden Kundenanforderungen, die oftmals durch gesetzliche Vorgaben untermauert werden. Bei verkürzter Reaktionszeit und erhöhtem Kostendruck muss die Qualität von Produkten kontinuierlich gesteigert werden. Darüber hinaus sind Hersteller und Lieferanten weltweit zu vernetzen und ihre Aufbau- und Ablauforganisationen sind zu optimieren, insbesondere auch zu flexibilisieren. Für die in diesem Wettbewerbsumfeld agierenden Unternehmen ist die Handhabung von informationeller Komplexität zu einer wesentlichen Herausforderung geworden. Diese Herausforderung besteht auf allen Ebenen der Prozesshierarchien der inner- und interbetrieblichen Wertschöpfungskette. Sie betrifft somit unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter von Aufgabenstellungen im Zentrum vieler dieser Prozesse steht.

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit angesichts der gestiegenen bzw. neuartigen Anforderungen an Bearbeiter im beschriebenen Umfeld ist die Sicherung und Erhöhung der Qualität der Bearbeitung von komplexen Aufgabenstellungen. Methodische Unterstützung ist hierbei nur eine von mehreren Komponenten und nicht alleine in der Lage, Probleme zu lösen. Sie kann jedoch einen maßgeblichen Beitrag leisten, die Gesamtheit der unterstützenden Faktoren wirkungsvoll zu organisieren. Das konkrete Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher die methodische Unterstützung der Entwicklung von Ingenieurmethoden, d. h. die Bereitstellung von *meta-methodischer* Unterstützung.

Die Grundlage der vorliegenden Arbeit bilden system- und modelltheoretische, kognitionspsychologische sowie konstruktionsmethodische Betrachtungsweisen (siehe 2). Die zentralen Konzepte und Zusammenhänge dieser Disziplinen werden dargestellt und es wird ein Begriffsgerüst definiert, welches in den folgenden Kapiteln Anwendung findet. Die wesentlichen Elemente dieses Gerüsts sind eine modelltheoretische Interpretation des Systembegriffs, ein entsprechender modelltheoretischer Komplexitätsbegriff, eine Interpretation der Problembearbeitung als Informationsumsatz sowie ein Verständnis von Methoden als präskriptive, prozedurale Prozessmodelle (*Abb. 1-1*).

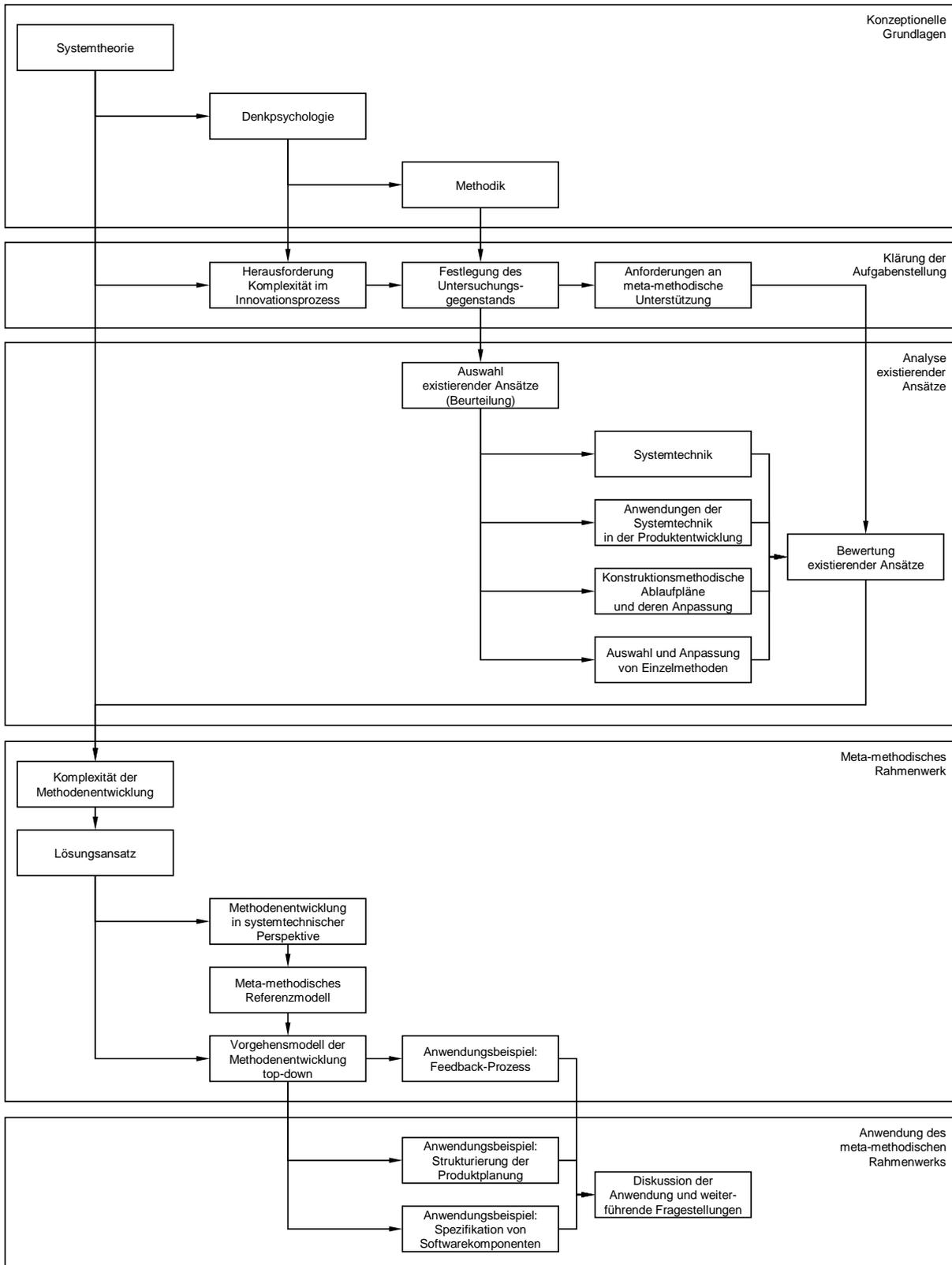


Abb. 1-1: Struktur der vorliegenden Arbeit

Auf dieser Basis wird die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit geklärt (siehe 3). Hierzu wird diskutiert, inwiefern Komplexität im Innovationsprozess eine Herausforderung an den Bearbeiter darstellt. Dies verdeutlicht den Bedarf an einer lebensphasenübergreifenden Sicherung und Erhöhung der Qualität der Bearbeitung von operativen Aufgabenstellungen und erlaubt eine Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands der vorliegenden Arbeit. Dadurch wiederum wird es möglich, meta-methodische Unterstützung in Bezug auf ihre unmittelbare und mittelbare Unterstützungswirkung hin zu analysieren und die resultierenden unmittelbaren und mittelbaren Anforderungen zu ermitteln.

Die in dieser Weise geklärte Aufgabenstellung bildet den Ausgangspunkt für eine Analyse existierender Ansätze (siehe 4). Anhand des festgelegten Untersuchungsgegenstands kann die Relevanz existierender Ansätze beurteilt, eine Auswahl der zu analysierenden Ansätze vorgenommen und eine Übersicht über diese gegeben werden. Die Bewertung der Ansätze erfolgt dann auf Grundlage der ermittelten Anforderungen.

Infolge dieser Analyse wird als ein Defizit existierender Ansätze erkannt, dass keine explizite Betrachtung der Komplexität der Methodenentwicklung selbst erfolgt. Diese Feststellung bestimmt den gewählten Lösungsansatz und die weitere Vorgehensweise bei der Entwicklung eines meta-methodischen Rahmenwerks (siehe 5). Dieser Lösungsansatz beinhaltet zum einen eine Interpretation der Methodenentwicklung in systemtechnischer Perspektive und zum anderen eine Fokussierung einer Vorgehensweise top-down: Ausgehend von der systemtechnischen Interpretation werden die Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung analysiert und Kriterien zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen festgelegt. Die Ergebnisse dieser Analysen werden in einem meta-methodischen Referenzmodell zusammengeführt. Zur weitergehenden Operationalisierung wird dieses Referenzmodell dem gewählten Lösungsansatz entsprechend zu einem Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down konkretisiert. Die Definition eines Feedback-Prozesses zur Erhebung und Aufbereitung von Informationen aus der Nutzungsphase technischer Produkte begleitet als ein Anwendungsbeispiel des meta-methodischen Rahmenwerks die Darstellung des Vorgehensmodells der diskursiven Methodenentwicklung top-down.

Als weitere Anwendungsbeispiele werden die Strukturierung der Produktplanung und die funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten vorgestellt und diskutiert und es wird ein Ausblick auf weiterführende Fragestellungen gegeben (siehe 6).

2 Konzeptionelle Grundlagen

2.1 Systemtheorie

Die *Allgemeine Systemtheorie* dient als Beschreibungsinstrument, um Aspekte unterschiedlicher Disziplinen in einheitlicher Konzeption fassbar machen zu können und so eine adäquate theoretisch-methodische Grundlage für an interdisziplinären Zusammenhängen orientiertes Denken und Handeln bereitzustellen (Ropohl, 1999, S. 72). Als konkret verfolgte Ziele sind insbesondere die Übertragung theoretischer Konzepte zwischen unterschiedlichen Disziplinen, die Unterstützung der Entwicklung theoretischer Konzepte in Disziplinen, in denen solche bislang fehlen, und die Konsolidierung der Wissenschaft durch Bereitstellung einer einheitlichen konzeptionellen Basis zu nennen (Hubka & Eder, 1992, S. 45).

Allgemeiner Systembegriff

Im Zentrum der Allgemeinen Systemtheorie steht der Begriff *System* als Ausdruck dafür, dass bestimmte Entitäten zweckmäßig nicht lediglich als Summe ihrer Bestandteile, sondern aufgrund von Beziehungen zwischen diesen Bestandteilen „ganzheitlich“ (Bertalanffy, 1949, S. 31) zu betrachten sind.

System: Menge von Elementen, die durch Relationen miteinander verknüpft sind. Ein System steht über Ein- und Ausgangsgrößen mit seiner Umgebung in Beziehung, von welcher es durch eine Systemgrenze abgegrenzt ist (Daenzer & Huber, 2002, S. 5 f.).

Menge: Eine Zusammenfassung von bestimmten Objekten der Anschauung oder des Denkens, den Elementen der Menge, zu einem Ganzen (Hubka, 1984, S. 11).

Element: Bestandteil eines Systems, der innerhalb der gewählten Beschreibungsebene in seiner Struktur nicht weiter differenziert wird (Müller, 1990, S. 58).

Relation: Beziehung, die zwischen Elementen einer Struktur besteht (Müller, 1990, S. 59).

Struktur: Menge von Elementen eines Systems und von den die Elemente miteinander verbindenden Relationen (Hubka, 1984, S. 13).

Umgebung: Umgebung eines Systems S ist im weiten Sinne die Menge aller Phänomene, die nicht Teil des Systems S sind. Im engen Sinne die Gesamtheit aller Systeme, die mindestens ein Element enthalten, dessen Output ein Input eines Elements des Systems S ist, oder die mindestens ein Element umfassen, dessen Input ein Output eines Elements des Systems S ist (Hubka, 1984, S. 13).

Ein System ist das Resultat der Bestimmungsleistung eines Beobachters. Die vom Beobachter bei der Systembestimmung ausgewählten Aspekte sind abhängig vom Bezugsrahmen, innerhalb dessen die Systembestimmung erfolgt. Evolutionsbedingt ist eine Systembestimmung durch menschliche Beobachter vor allem eine Abbildung in Zeit und Raum. Aus diesem Grund werden Systeme und Objekte oft miteinander identifiziert. Ein System ist jedoch stets ein *Modell*, das sich ein Beobachter von einem Original macht, nicht das Original selbst (Gomez, 1981, S. 40 f.; Hall, 1962, S. 100 f.).

Modell: Ein Modell ist eine Abbildung eines natürlichen oder künstlichen Originals, welches selbst wiederum ein Modell sein kann (Stachowiak, 1973, S. 131).

Als Original kommt diesem allgemeinen Modellbegriff zufolge grundsätzlich jede wahrnehmbare und denkbare Entität in Frage (Stachowiak, 1973, S. 136). Diese Originalbezogenheit wird als „Abbildungsmerkmal“ (Stachowiak, 1973, S. 131) des allgemeinen Modellbegriffs bezeichnet.

Merkmal: Beschaffenheit eines (materiellen oder immateriellen) Objekts in Bezug auf einen bestimmten Aspekt. Ein Merkmal ergibt sich daraus, dass ein Objekt bezüglich einer bestimmten Eigenschaft eine bestimmte Ausprägung aufweist.

Eigenschaft: Aspekt eines Objekts, bezüglich dessen eine Beschreibung des Objekts und dessen Unterscheidung von anderen Objekten möglich sind.

Ausprägung: Qualitativ oder quantitativ bestimmbarer Wert, den ein Objekt in Bezug auf eine bestimmte Eigenschaft aufweist.

Über das Abbildungsmerkmal hinausgehend weist der allgemeine Modellbegriff folgende weitere Merkmale auf (Stachowiak, 1973, S. 131 ff.):

- Verkürzungsmerkmal: Modelle erfassen im Allgemeinen nicht alle Eigenschaften (und mithin Merkmale) des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur die den jeweiligen Modellerschaffern bzw. Modellbenutzern relevant erscheinenden.
- Pragmatisches Merkmal: Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion für bestimmte Subjekte, innerhalb bestimmter Zeitintervalle und zu einem bestimmten Zweck.

Aufgrund des pragmatischen Merkmals des allgemeinen Modellbegriffs ist die Anzahl unterschiedlicher Systeme, die auf einem Original definiert werden können, grundsätzlich nicht begrenzt (vergl. Hubka, 1984, S. 13). Die Systembildung ist demnach einerseits nicht eindeutig in dem Sinne, dass für ein Original genau ein Systemmodell existierte. Infolge der Zweckgerichtetheit ist die Systembildung andererseits auch nicht willkürlich. Sie ist anhand des Kriteriums der *Zweckmäßigkeit* in ihrem Kontext zu beurteilen und zu bewerten (Ropohl, 1999, S. 86 f.).

Der allgemeine Modellbegriff ist außerordentlich weit gefasst und beinhaltet letztlich jede zweckgerichtet vorgenommene, materielle oder immaterielle Abstraktion eines materiellen oder immateriellen Originals. Systeme hingegen sind als gedankliche Konstrukte streng genommen stets immaterielle Abstraktionen von materiellen oder immateriellen Originalen, folglich mentale Modelle.

Ein solches abstraktes, mentales Modell ist lediglich über Beschreibungen zugänglich. Eine Beschreibung eines Objekts erfolgt durch Angabe von Ausprägungen bestimmter Eigenschaften. Eine Modellbildung erfolgt grundsätzlich abstrahierend; unter Vernachlässigung unwesentlicher Eigenschaften entsprechend dem Verkürzungsmerkmal. Welche Eigenschaften bei der Systembildung als unwesentlich angesehen werden können, bestimmt sich pragmatisch, d. h. zweckgerichtet im Kontext von System und Beobachter. Insofern kann der alternative Systembegriff nach (Gomez, 1981; zurückgehend auf Ashby, 1956) auf die Allgemeine Systemtheorie und die Allgemeine Modelltheorie zurückgeführt werden:

Ein System ist eine Menge von Variablen oder Elementen, die aus einer ganz bestimmten Perspektive („Weltsicht“) aus einer Vielzahl möglicher Elemente ausgewählt wurden. Kriterien für die Auswahl dieser Elemente sind der Grad ihrer Vernetzung, die sich daraus ergebenden Struktur- und Verhaltensmuster sowie der durch die Systembildung angestrebte Zweck. (Gomez, 1981, S. 42; Anführungszeichen im Original)

Eine Modellbildung kann aus unterschiedlichen Gründen erfolgen. Hierzu zählen in den Wissenschaften insbesondere die Veranschaulichung von Zusammenhängen, die Ermittlung oder Überprüfung von Hypothesen, die Vermittlung von Erkenntnissen über Sachverhalte, sowie die Bereitstellung von Entscheidungs- und Planungshilfen (Stachowiak, 1973, S. 138 f.). Systemmodelle unterstellen daher regelmäßig, dass nicht nur das repräsentierte Original, sondern auch die ihm durch das Modell zugeschriebenen Systemeigenschaften tatsächlich existieren (Ropohl, 1999, S. 87).

Auch wenn ein System stets ein Modell eines Originals ist, wird im Folgenden der Begriff *Systemmodell* verwendet, wenn aus Verständnisgründen auf diesen Aspekt von Systemen besonders hingewiesen werden soll.

Grundlegende Systemkonzepte

Der Bezugsrahmen für eine Systembestimmung ist grundsätzlich beliebig wählbar. In der Allgemeinen Systemtheorie existieren drei grundlegende Systemkonzepte, die jeweils ähnliche Bezugsrahmen repräsentieren (*Abb. 2-1*).

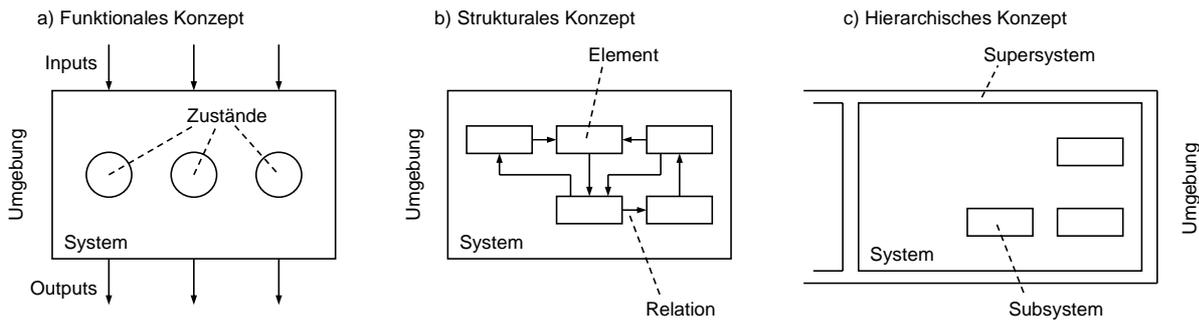


Abb. 2-1: Konzepte der Systemtheorie (nach: Ropohl, 1999, S. 76).

a) Funktionales Konzept; b) Strukturales Konzept; c) Hierarchisches Konzept

Dem *funktionalen Konzept* (Abb. 2-1a) zufolge ist ein System ausgezeichnet durch bestimmte Zusammenhänge zwischen seinen Eigenschaften. Zu den gemäß dem funktionalen Konzept betrachteten Eigenschaften eines Systems zählen insbesondere die Eingangsgrößen (Inputs) und die Ausgangsgrößen (Outputs) des Systems, sowie seine Zustände (Ropohl, 1999, S. 75 f.).

Zustand: Teilmenge der aus der Vorgeschichte bedingten Menge von Merkmalen eines Systems, die für das Verständnis bzw. für die Beherrschung seines Verhaltens in gegebener Situation über ein endliches Zeitintervall relevant sind (Müller, 1990, S. 59).

Verhalten: Gesamtheit der charakteristischen Reaktionen, die an einem System bei gegebenem Zustand unter gegebenen Einwirkungen zu beobachten sind (Müller, 1990, S. 57).

Zwischen Struktur, Zustand und Verhalten eines Systems bestehen die folgenden Beziehungen: Die Struktur bestimmt den Zustand des Systems und erklärt und verursacht dessen Verhalten bei gegebenen Bedingungen (Müller, 1990, S. 57 f.). Das Verhalten legt nicht eindeutig die Struktur fest, ein bestimmtes Verhalten kann durch unterschiedliche Strukturen realisiert werden (Hubka, 1984, S. 13).

Im Fall technischer Systeme ist ein bestimmtes Verhalten das Ziel der Schaffung des Systems (Hubka, 1984, S. 12). Es wird in Bezug auf eine technische Aufgabenstellung eine Lösung gesucht, die in systemischer Betrachtung einen eindeutigen, reproduzierbaren Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang herstellt. Dieser Zusammenhang ist im Sinne der Aufgabenerfüllung stets gewollt. Er kann als *Funktion* bezeichnet werden (Pahl u. a., 2005, S. 42).

Funktion: Gewollter Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang eines Systems mit dem Ziel, eine Aufgabe zu erfüllen (Pahl u. a., 2005, S. 42).

In technischen Systemen beschreibt die Funktion das zweckgebundene Verhalten des Systems. Der Begriff der Funktion ist an gewünschte Wirkungen in einem System gebunden und somit enger gefasst als der Begriff des Verhaltens. Insbesondere bezeichnet der Begriff der Funktion das Verhalten des Systems unter Abstraktion von bestimmten Bedingungen dieses Verhaltens. Hierbei kann von unterschiedlichen Bedingungen und in unterschiedlichem Grad abstrahiert werden. Eine Funktion vereinigt insofern eine Klasse von Verhaltensformen (Hubka, 1973, S. 11 f.).

Klassifizierung: Der Vorgang des Ordnen von Objekten in Gruppen (Klassen) aufgrund hinreichend ähnlicher Ausprägungen bestimmter gewählter Eigenschaften.

Betrachtungsgegenstand des funktionalen Systemkonzepts ist das Verhalten des Systems als Ganzheit innerhalb einer Umgebung. Der innere Aufbau des Systems, d. h. die Struktur, wird dem funktionalen Systemkonzept gemäß nicht berücksichtigt. Das System wird als Black Box betrachtet (Ropohl, 1999, S. 75 ff.).

Der innere Aufbau des Systems ist Gegenstand des *strukturalen Systemkonzepts* (Abb. 2-1b), welches ein System als eine Ganzheit miteinander verknüpfter Elemente ansieht. Dieses Konzept fokussiert zum einen Eigenschaften der Elemente, darunter insbesondere deren Integrierbarkeit in das System, und zum anderen Eigenschaften des Systems, welche aus Eigenschaften der Elemente und Relationen resultieren (Ropohl, 1999, S. 75 f.).

Das *hierarchische Systemkonzept* (Abb. 2-1c) berücksichtigt, dass Systeme auf unterschiedlichen Hierarchieebenen betrachtet werden können. Zum einen können Elemente eines Systems wiederum als Systeme angesehen werden. Bei einer Veränderung der gewählten Betrachtungsebene können diese Subsysteme in ihrer Struktur weiter differenziert werden. Zum anderen kann ein System als Teil eines umfassenderen Supersystems angesehen werden. Die für ein System relevanten Teile seiner Umgebung, also die Umgebung des Systems im engen Sinne, können stets als Supersystem angesehen werden (Ropohl, 1999, S. 77 und S. 81).

Eine hierarchische Systembetrachtung kann mehrere Stufen einer Systemhierarchie umfassen und die gewählte Betrachtungsebene kann dabei gleitend verändert werden. Aufgrund dessen unterstützt das hierarchische Systemkonzept sowohl eine zunehmend detaillierte Analyse, wie auch eine zunehmend umfassende Synthese (Ropohl, 1999, S. 77), sowie die Bearbeitung von Black-Box-Problemen.

Analyse: Typ von Aufgabenstellung, bei gegebener oder feststellbarer Struktur eines Systems dessen Verhalten zu ermitteln (Hubka, 1984, S. 16).

Synthese: Typ von Aufgabenstellung, eine Struktur eines Systems zu entwerfen, die ein gewünschtes Verhalten zu erfüllen vermag (Hubka, 1984, S. 16).

Black-Box-Problem: Typ von Aufgabenstellung, bei nicht oder nur teilweise bekannter Struktur eines Systems dessen Verhalten zu ermitteln und gegebenenfalls aus dem Verhalten die Struktur zu bestimmen (Hubka, 1984, S. 17).

Komplexität

Die Allgemeine Modelltheorie stellt selbst ein Modell dar und kann demnach nur pragmatisch gerechtfertigt werden (Stachowiak, 1973, S. 133). Insofern ist zum einen eine konkrete Systembildung auf ihre Zweckmäßigkeit hin zu beurteilen und zu bewerten. Zum anderen ist auch auf einer übergeordneten Ebene zu prüfen, ob eine Interpretation eines bestimmten Originals als System überhaupt zweckmäßig ist.

Die pragmatische Rechtfertigung einer Anwendung der Systemtheorie liegt oft darin, dass systemische Ansätze effektive Mechanismen zum Umgang mit *Komplexität* bereitstellen¹. Hierbei können *komplexe Systeme* und *komplexe Handlungssituationen*, mit denen ein Bearbeiter konfrontiert ist, voneinander unterschieden werden (Dörner, 1989, S. 59 ff.).

Komplexität: Im engeren Sinn Eigenschaft eines Systems, deren Ausprägung aus der Art und Anzahl der Elemente und der Art und Anzahl der Relationen des Systems resultiert. Im weiteren Sinn Eigenschaft einer Handlungssituation, deren Ausprägung zum einen aus der Komplexität im engeren Sinn des Systems, mit dem der Handelnde konfrontiert ist, und zum anderen aus weiteren situativen Merkmalen wie insbesondere Dynamik, Intransparenz sowie Unkenntnis und falschen Hypothesen resultiert (in Anlehnung an Dörner, 1989, S. 59 ff. und Hall, 1962, S. 5).²

Die Komplexität im engeren Sinne eines Systems ist dann hoch, wenn eine hohe Anzahl von unterschiedlichen Elementen in hohem Maße und unterschiedlich miteinander verknüpft sind. Die Art und Anzahl der Elemente wird auch als *Varietät*, die Art und Anzahl der Relationen als *Konnektivität* bezeichnet (Patzak, 1982, S. 21). Ist die Komplexität im engeren Sinne hoch, so erschwert dies Beschreibung und Handhabung des Systems bzw. des Originals (Dörner, 1989, S. 59 ff.).

In einer Handlungssituation ist ein Bearbeiter über Komplexität im engeren Sinne hinausgehend oft mit weiteren Faktoren konfrontiert, die die Schwierigkeit der Bewältigung dieser Handlungssituation weiter erhöhen können. Zu diesen situativen Faktoren, die die Komplexität im weiteren Sinne der Handlungssituation erhöhen können, zählen insbesondere Dynamik, Intransparenz, sowie Unkenntnis und falsche Hypothesen (Dörner, 1989, S. 62 ff.) (*Abb. 2-2*).

¹ Vergl. bspw. (Ashby, 1956; Checkland, 1981; Daenzer & Huber, 2002; Dörner, 1989; Dörner u. a., 1983; Gomez, 1981; Hall, 1962; Patzak, 1982; Probst & Gomez, 1991a, 1991b; Sage, 1992; Vester, 2000).

² Eine Darstellung einiger alternativer Komplexitätsbegriffe findet sich in Anhang B.

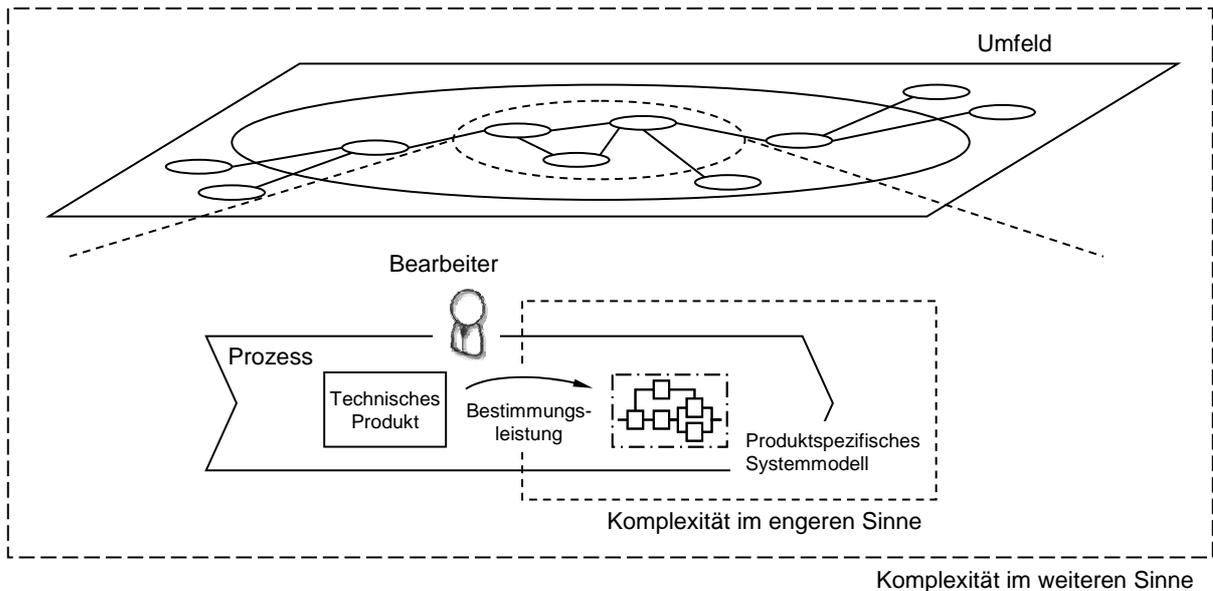


Abb. 2-2: Komplexität im engeren und im weiteren Sinne

Eine Situation besitzt dann *Dynamik*, wenn sie sich ohne Eingreifen des Bearbeiters verändert. *Intransparenz* einer Situation ist dann gegeben, wenn Merkmale nicht oder nicht unmittelbar festgestellt werden können. *Unkenntnis und falsche Hypothesen* beziehen sich auf die Gesamtmenge der Annahmen des Bearbeiters bezüglich des Zusammenhängens und der gegenseitigen Beeinflussung der Variablen des Systems. Diese Annahmen können explizit oder implizit vorhanden sein und sind in komplexen Situationen oft unvollständig und unkorrekt (Dörner, 1989, S. 62 ff.).

Komplexe Handlungssituationen können wie folgt veranschaulicht werden:

[...] so können wir sagen, dass ein Akteur in einer komplexen Handlungssituation einem Schachspieler gleicht, der mit einem Schachspiel spielen muß, welches sehr viele (etwa: einige Dutzend) Figuren aufweist, die mit Gummifäden aneinanderhängen, so daß es ihm unmöglich ist, nur *eine* Figur zu bewegen. Außerdem bewegen sich seine und des Gegners Figuren auch von allein, nach Regeln, die er nicht genau kennt oder über die er falsche Annahmen hat. Und obendrein befindet sich ein Teil der eigenen und der fremden Figuren im Nebel und ist nicht oder nur ungenau zu erkennen. (Dörner, 1989, S. 66; Hervorhebung im Original)

Entsprechend dieser Definition und in Verbindung mit dem allgemeinen Modellbegriff ist Komplexität im engeren Sinne pragmatisch bestimmt. Ein wichtiger Aspekt der Komplexität im engeren Sinne ist demnach, dass ihre Ausprägung *subjektiv* ist, denn diese ergibt sich in Bezug auf ein gegebenes Original erst im Kontext der Systembestimmung durch einen Beobachter und sie hängt insbesondere von dem Zweck ab, den der Beobachter mit der Systembildung verfolgt. Auch die Ausprägung der Komplexität im weiteren Sinne ist subjektiv. Sie

hängt maßgeblich von der Erfahrung ab, über die ein Akteur mit vergleichbaren Handlungssituationen verfügt (Dörner, 1989, S. 61 f.).

2.2 Denkpsychologie

Eine Konfrontation eines Bearbeiters mit Komplexität im engeren und im weiteren Sinne (siehe 2.1) resultiert oft unmittelbar aus einer *Aufgabenstellung*, die *Probleme* und *Aufgaben* beinhalten kann.

Aufgabenstellung: Die Gesamtheit der Informationen, die einem Bearbeiter vorgegeben oder bekannt geworden sind, und die einen Aufgaben- oder Problemsachverhalt im Zusammenhang mit bestehenden Interessen ausdrücken (Müller, 1990, S. 145).

Information: Von einer Zeichenmenge getragener Inhalt, d. h. im Kontext interpretierte Daten oder Signale (in Anlehnung an DIN 44300).

Problem: Situation, die durch einen unerwünschten Anfangszustand, einen erwünschten Endzustand und eine Barriere gekennzeichnet ist, welche die Transformation des einen Zustands in den anderen im jeweiligen Zeitpunkt verhindert (Dörner, 1987, S. 10).

Aufgabe: Situation, die durch einen unerwünschten Anfangszustand und einen erwünschten Endzustand gekennzeichnet ist, wobei zwischen diesen Zuständen eine Differenz besteht, zu deren Reduktion beim verantwortlichen Bearbeiter im jeweiligen Zeitpunkt die Voraussetzungen zur Lösung gegeben sind (Müller, 1990, S. 10).

In einer Problemsituation besteht die Barriere grundsätzlich darin, dass beim verantwortlichen Bearbeiter im Bearbeitungszeitpunkt vorliegende Gegebenheiten zur Reduktion der Differenz zwischen dem gegebenen und dem dem Ziel entsprechenden Zustand nicht hinreichen (Müller, 1990, S. 10). In einer Problemsituation ist unbekannt wie und oft auch ob das Problem überhaupt lösbar ist (Ehrlenspiel, 2003, S. 47).

Eine Aufgabe hingegen stellt geistige Anforderungen an den Bearbeiter, zu deren Bewältigung die erforderlichen Verfahren eindeutig bekannt sind (Pahl u. a., 2005, S. 58; Dörner, 1987, S. 10). Bei der Bearbeitung von Aufgaben kann „routinemäßig“ (Ehrlenspiel, 2003, S. 46) vorgegangen werden. Eine Barriere wie im Fall eines Problems liegt bei Aufgaben nicht vor, auch wenn deren Lösung erheblichen Ressourcenaufwand erfordern kann (Ehrlenspiel, 2003, S. 47). Eine Aufgabe kann insofern auch als Grenzfall eines Problems angesehen werden (Müller, 1990, S. 10).

Problemsituationen können entsprechend dem *Realitätsbereich* unterschieden werden, dem das Problem angehört (Dörner, 1987, S. 15 ff.). Dieser Realitätsbereich kann als System angesehen werden. Die Elemente eines Realitätsbereichs sind *Sachverhalte*, die im Zuge der

Problemlösung ineinander transformiert werden. Die Relationen eines Realitätsbereichs sind die *Operatoren* als die entsprechenden Umwandlungsmittel.

Operator: Allgemeine Form einer Handlung, die einen Sachverhalt in einen anderen Sachverhalt transformiert (Dörner, 1987, S. 15 f.).

Operation: Konkrete Ausführung eines Operators, d. h. eine der meist zahlreichen Realisierungsmöglichkeiten eines Operators (Dörner, 1987, S. 15 f.).

Ebenso wie Realitätsbereiche selbst weisen auch deren Sachverhalte eine Struktur auf, d. h. es handelt sich bei Sachverhalten um eine Ganzheit, in der verschiedene *Komponenten* (Elemente) durch bestimmte *Verknüpfungen* (Relationen) in einer bestimmten *Verknüpfungsform* miteinander verbunden sind. Die Ganzheit eines Sachverhalts ist in der Regel gegliedert, indem einzelne Komponenten in bestimmter Form zu Subsachverhalten verknüpft sind. Es kann aber auch Sachverhalte geben, deren Komponenten nicht zu Subeinheiten verknüpft sind. Dies ist insbesondere bei Klassifikationsproblemen der Fall, bei denen innerhalb einer Gruppe zusammengefasste Objekte unter Umständen keine Ordnung aufweisen (Dörner, 1987, S. 17 f.).

Barrieretypen von Problemsituationen

Die in einer Problemsituation erlebte *Barriere* kann auf unterschiedliche Gründe zurückzuführen sein (Lüer & Spada, 1990, S. 256). Zur Unterscheidung von Problemsituationen nach dem Grund für die Barriere bei der Transformation des Anfangs- in den Zielzustand wird eine Klassifizierung anhand der folgenden Barrieretypen vorgeschlagen (Dörner, 1987, S. 11 ff.):

- Interpolationsbarriere
- Synthesebarriere
- Dialektische Barriere

Im Fall einer *Interpolationsbarriere* besteht die Barriere darin, die richtige Kombination oder Folge aus einer Reihe bekannter Transformationsoperationen zu bilden, wobei es nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand möglich ist, alle unterschiedlichen Operationsfolgen, die vom Anfangs- zum Zielzustand führen könnten, auf ihre Eignung zur Überführung zu prüfen. Im Fall von Interpolationsbarrieren wird auch von Auswahl- oder Kombinationsproblemen gesprochen (Pahl u. a., 2005, S. 58). Ein Beispiel für eine Problemsituation mit Interpolationsbarriere ist die Aufgabenstellung des Mattsetzens des Gegners im Schachspiel.

Eine *Synthesebarriere* besteht darin, dass neben gegebenenfalls bekannten Transformationsoperationen weitere wichtige Operationen unbekannt oder bislang nicht in Betracht gezogen worden sind. Das Operatorinventar ist offen, die Herausforderung besteht in der Synthese

eines brauchbaren Inventars von Operationen. Als hauptursächlich für das Vorliegen von Synthesebarrieren bei Individuen können gelernte Einstellungen und Denkgewohnheiten angesehen werden, die überwunden werden müssen, z. B. das Ausklammern bestimmter Operationen aufgrund von Voreinstellungen von vornherein (Dörner, 1987, S. 13). Es wird im Fall von Synthesebarrieren auch von Operatorproblemen (Pahl u. a., 2005, S. 58) oder Mittelproblemen (Ehrlenspiel, 2003, S. 53 f.) gesprochen. Viele Denksportaufgabenstellungen enthalten Synthesebarrieren, oft aufgrund gelernter Denkgewohnheiten. Ein weiteres Beispiel für eine Problemsituation mit Synthesebarriere ist die Aufgabenstellung, aus Blei Gold herzustellen („Alchimistenproblem“).

Eine *dialektische Barriere* ist dadurch gekennzeichnet, dass entweder keine, nur bestimmte oder nur relativ globale Kriterien für den Zielzustand bekannt sind. Oft werden Komparativkriterien angegeben, die nicht quantifizierbar sind oder nicht eindeutig auf untergeordnete Kriterien zurückgeführt werden können (z. B. „schöner“, „besser“). Die Lösungsfindung erfolgt im Falle dieser Barrieren meist in einem dialektischen Prozess, d. h. unter wiederholtem Abwägen und unter Beseitigung innerer und äußerer Widersprüche. Problemsituationen mit dialektischer Barriere werden auch als Such- und Anwendungsprobleme (Pahl u. a., 2005, S. 58) oder als Zielprobleme (Ehrlenspiel, 2003, S. 54) bezeichnet.

Die dargestellten Barrieretypen können qualitativ als Kombinationen extremer Ausprägungen der Dimensionen „Bekanntheitsgrad der Mittel“ (d. h. Geschlossenheit des Operatorinventars) und „Klarheit der Zielkriterien“ (d. h. Geschlossenheit der Zielsituation) systematisiert werden (Abb. 2-3).

| | | Klarheit der Zielkriterien | |
|-----------------------------|--------|----------------------------|--|
| | | hoch | gering |
| Bekanntheitsgrad der Mittel | hoch | Interpolationsbarriere | Dialektische Barriere |
| | gering | Synthesebarriere | Dialektische Barriere und Synthesebarriere |

Abb. 2-3: Klassifikation von Barrieretypen (nach: Dörner, 1987, S. 14)

Bei der Unterscheidung von Problemsituationen anhand von Barrieretypen sind zum einen subjektive Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die aus der Person des Bearbeiters resultieren (vergl. Dörner, 1998, S. 8 f.). Insbesondere kann es von den Erfahrungen des Bearbeiters abhängen, ob eine bestimmte Situation für ihn eine Aufgabe oder ein Problem darstellt. Das *Vorliegen* einer Barriere kann also abhängig vom Bearbeiter sein (Dörner, 1987, S. 10; Ehrlenspiel, 2003, S. 48). Auch die *Art* einer vorliegenden Barriere kann vom Bearbeiter abhängig sein (Dörner, 1987, S. 14). Als subjektive Einflussfaktoren, die sich auf die empfundene

Schwierigkeit der Bearbeitung einer Aufgabenstellung auswirken, werden das Fakten- und Methodenwissen, sowie die allgemeine heuristische Kompetenz des Bearbeiters genannt (Ehrlenspiel, 2003, S. 51). Zum anderen liegen in praktischen Problemsituationen oft mehrere oder alle Barrieretypen zugleich vor (Dörner, 1987, S. 14; Ehrlenspiel, 2003, S. 55; Pahl u. a., 2005, S. 58).

Problemlösen als Informationsverarbeitung

Problemlösen ist zielgerichtet und besteht aus einer längeren Kette höherer geistiger Operationen (Lüer & Spada, 1990, S. 255). In einer Problemsituation kann der angestrebte Zielzustand nicht direkt erreicht werden, daher wird beim Problemlösen das Ziel in Teilziele zerlegt, für deren Erreichung der Bearbeiter Operatoren kennt. Das Problemlösen wird als das Absuchen eines Problemraums beschrieben, der aus unterschiedlichen Problemzuständen (Sachverhalten) besteht (Anderson, 2001, S. 242 f.; Lüer & Spada, 1990, S. 253 f.; Newell & Simon, 1972, S. 810). Dabei kann ein Problemlöser ausgehend von einem bestimmten Anfangszustand grundsätzlich unterschiedliche Wege beschreiten (Anderson, 2001, S. 243; Dörner, 1987, S. 17). Die Problemlösung besteht darin, eine Sequenz von Operatoren zu finden, die den Anfangs- in den Zielzustand transformiert. Problemlöseverhalten ist deshalb seiner Natur nach eine Suche (Anderson, 2001, S. 244 ff.; Dörner, 1987, S. 17).

Diese Suche innerhalb des Problemraums erfolgt unter Nutzung einer als *kognitive Struktur* bezeichneten geistigen Ausstattung. Die kognitive Struktur besteht zum einen aus der epistemischen Struktur und zum anderen aus der heuristischen Struktur (Dörner, 1987, S. 26).

Die Problemlösung erfordert zumindest die Unterscheidbarkeit des Zielzustands von anderen Sachverhalten des Realitätsbereichs. Problemlösung erfordert also beim Bearbeiter ein Kategoriensystem über im Realitätsbereich mögliche Sachverhalte. Weiterhin benötigt der Bearbeiter Kenntnisse über Operatoren des Realitätsbereichs, deren Anwendbarkeit auf unterschiedliche Sachverhalte und die Effekte der Anwendung. Dieses Wissen über den Realitätsbereich bildet die *epistemische Struktur* (Dörner, 1987, S. 26 f.).

Epistemische Struktur: Informationen über Sachverhalte des Realitätsbereichs und Kenntnisse über die Operatoren, mit deren Hilfe Sachverhalte umgewandelt werden können (Dörner, 1987, S. 26).

Ein Modell für die epistemische Struktur des Gedächtnisses ist ein semantisches Netzwerk, in welchem Sachverhalte (Knoten) über unterschiedliche Relationen verbunden sind. Beispiele für solche Relationen sind Abstraktheitsrelationen, Teil-Ganzes-Relationen, Raum-Zeit-Relationen und Agenten-Rezipienten-Relationen (Anderson, 2001, S. 185 ff.; Dörner, 1987, S. 28 ff.; Ehrlenspiel, 2003, S. 58; Pahl u. a. 2005, S. 59). *Abb. 2-4* zeigt einen Ausschnitt eines möglichen semantischen Netzwerks, das eine Lagerung betrifft.

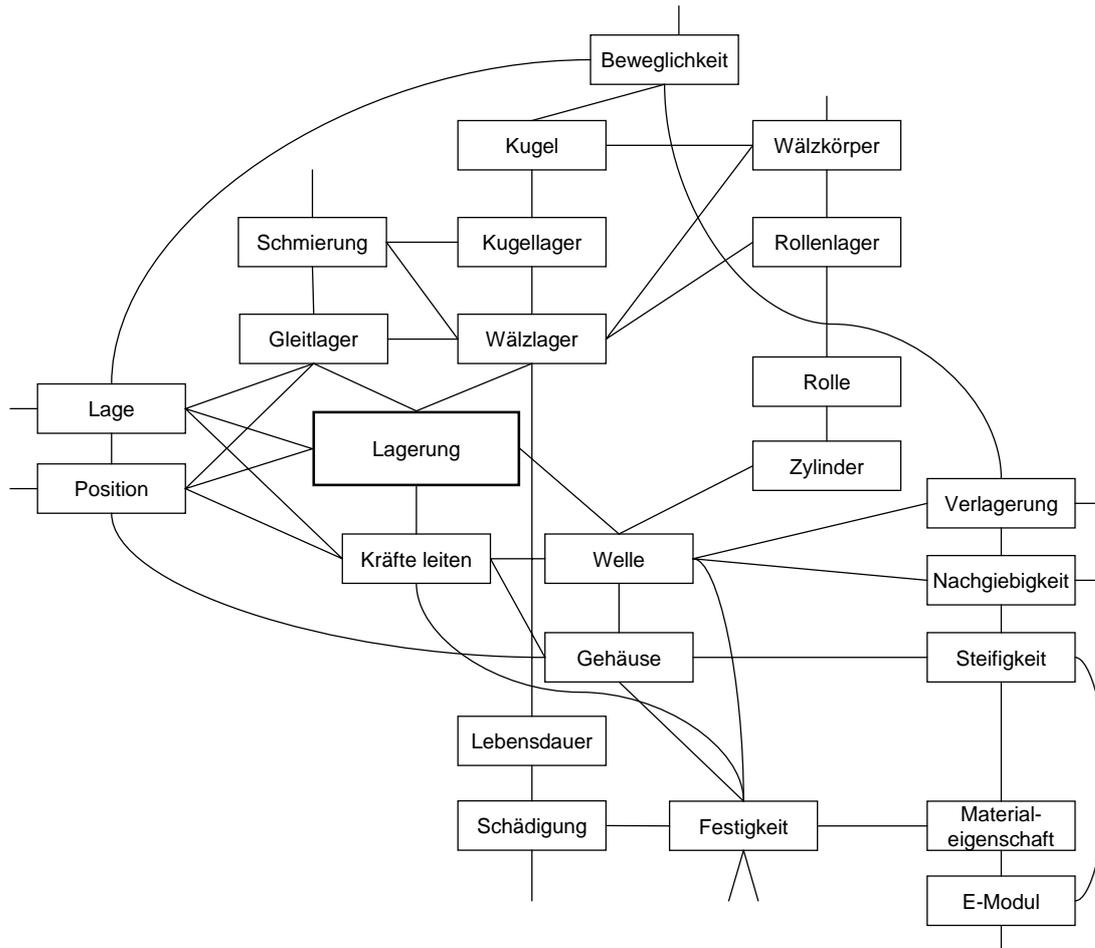


Abb. 2-4: Ausschnitt eines semantischen Netzes (nach: Pahl u. a., 2005, S. 60)

Die epistemische Struktur dient der Abbildung von Realitätsbereichen im Gedächtnis. Während das Lösen von Aufgaben allein auf Grund eines solchen Abbilds eines Realitätsbereichs möglich ist, ist für das Lösen von Problemen eine Um- und Neustrukturierung dieser Gedächtnisinhalte erforderlich (Dörner, 1987, S. 37; Pahl u. a., 2005, S. 59). In Problemsituationen kann insbesondere die vom Anfangs- zum Zielzustand führende Sequenz von Operatoren nicht direkt vom Bearbeiter abgerufen werden. Es fehlen Transformationsoperatoren, die unter Anwendung bestimmter Verfahren entwickelt werden müssen. Neben der epistemischen Struktur ist aus diesem Grunde für das Lösen von Problemen auch die heuristische Struktur als Bestandteil der kognitiven Struktur erforderlich.

Heuristische Struktur: Gesamtmenge von Verfahren zur Entwicklung von Operatoren zur Transformation eines gegebenen Sachverhalts in einen gesuchten, sowie die Organisation dieser Verfahren im Gedächtnis eines Bearbeiters (Dörner, 1987, S. 27).

Es handelt sich bei der heuristischen Struktur um ein System von Meta-Operatoren, d. h. ein System von inneren Operatoren zur Entwicklung von Operatoren (Ehrlenspiel, 2003, S. 58).

Die heuristische Struktur beinhaltet explizierbares und nicht explizierbares Wissen über Abfolgen von Denkopoperationen. Zu diesen Denkopoperationen zählen Handlungsoperationen zur Veränderung von Sachverhalten sowie Prüfoperationen zum Vergleich von Sachverhalten (Pahl u. a., 2005, S. 61). Eine elementare Abfolge solcher Operationen in Denkprozessen beschreibt die *TOTE-Einheit* (Test-Operate-Test-Exit) (Miller u. a., 1960), deren allgemeines Schema *Abb. 2-5* zeigt.

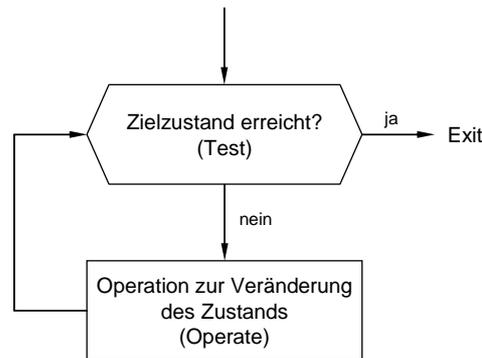


Abb. 2-5: TOTE-Einheit als Grundeinheit der Organisation von Denkprozessen (nach: Dörner, 1987, S. 40)

Die Problemlösung geschieht diesem Schema zufolge durch eine wiederholte Folge von Prüfoperationen (Test) und Handlungsoperationen (Operate). Ergibt die Prüfoperation, dass ein akzeptabler Zielzustand erreicht wurde, so wird der Prozess verlassen (Exit) (Ehrlenspiel, 2003, S. 76; Pahl u. a., 2005, S. 61).

Umfangreiche Denkprozesse können stets auf dieses Muster der TOTE-Einheit zurückgeführt werden (Pahl u. a., 2005, S. 61). In solchen Denkprozessen werden können TOTE-Einheiten mehrfach hintereinander geschaltet werden, und ebenso kann die O-Stufe einer TOTE-Einheit ihrerseits aus T- und O-Einheiten bestehen (Dörner, 1987, S. 40; Ehrlenspiel, 2003, S. 77 f.; Pahl u. a. 2005, S. 61). In TOTE-Hierarchien wird als *Rekursion* der Einsatz von TOTE-Einheiten in verschiedenen Problemebenen und als *Iteration* deren wiederholter Einsatz in der gleichen Problemebene bezeichnet (Ehrlenspiel, 2003, S. 77). Ein weiteres Organisationsprinzip einer TOTE-Hierarchie ist die *Kaskadenschaltung*, d. h. einer Testphase sind mehrere Operationsphasen zugeordnet (Dörner, 1987, S. 41). Die TOTE-Einheit stellt ein elementares Muster von Denkprozessen dar. Demzufolge kann das Problemlösen als eine zyklische Abfolge von geistigen Analyse- bzw. Bewertungs- sowie von Syntheseschritten beschrieben werden (Ehrlenspiel, 2003, S. 76).

Vor diesem Hintergrund können Denkprozesse im Allgemeinen und mithin Problemlösungsprozesse im Besonderen als *Informationsverarbeitung* angesehen werden (Dörner, 1987, 1989; Dörner u. a. 1983; Dörner & Wearing, 1995; Newell & Simon, 1972) (*Abb. 2-6*).

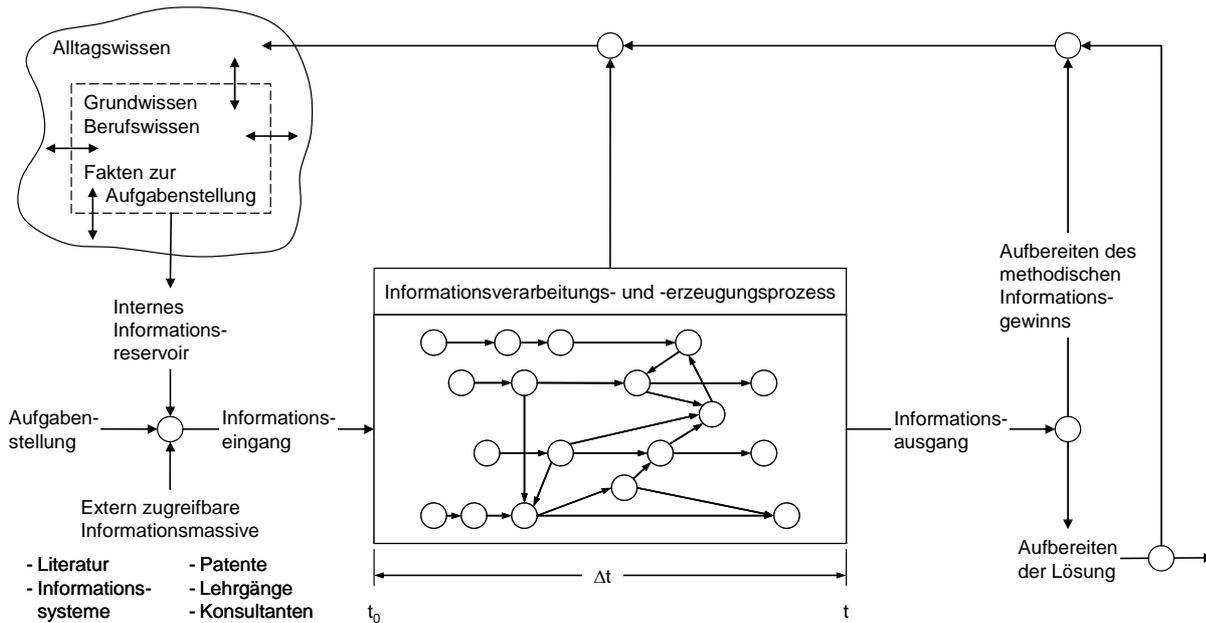


Abb. 2-6: Problemlösen als Informationsverarbeitungsprozess (nach: Müller, 1990, S. 33)

Die intelligente Operation im Zusammenhang mit der Bearbeitung einer Aufgabenstellung stellt sich dieser Sichtweise gemäß wie folgt dar:

Durch Bereitstellung, Selektion, Erzeugung, Verarbeitung und Bewertung von Informationen wird das anzustrebende Ziel im allgemeinen gleitend über den Prozess bestimmt, das Vorgehen geplant und ein solcher Zustand erzeugt, der als Lösung anerkannt werden kann. Der intelligente Prozess stellt eine, nicht notwendig sequentiell geordnete, Menge von informatorischen Zuständen dar, die zielgerichtet unter Anwendung geeigneter Operatoren ineinander überführt werden. (Müller, 1990, S. 33 f.)

Denken bei der Problemlösung kann danach unterschieden werden, ob es intuitiv oder diskursiv betont verläuft. *Intuitives Denken* ist stark einfallsbetont, der Denkprozess selbst geschieht weitgehend unbewusst und die Erkenntnis tritt plötzlich infolge von Ereignissen oder Assoziationen in das Bewusstsein des Bearbeiters (Pahl u. a., 2005, S. 60). Als Voraussetzungen für solche plötzlichen Einfälle werden eine gewisse Inkubationszeit ungestörten, unbewussten Denkens, sowie Fachwissen, Problembewusstsein und entspannte Atmosphäre genannt (Ehrlenspiel, 2003, S. 382; Hubka & Eder, 1992, S. 23; Pahl u. a., 2005, S. 60). In Abhängigkeit von Erfahrung und Problemverständnis des Bearbeiters kann eine intuitive Lösungsfindung insbesondere auch in Form einer gesamthaften, holistischen Lösungsfindung in Bezug auf ein komplexes Gesamtproblem geschehen. *Diskursives Denken* hingegen beinhaltet ein bewusstes Vorgehen, welches mitteilbar und beeinflussbar ist. Diskursives Denken ist im Gegensatz zum intuitiven Denken langsam und besteht aus einer Folge von bewussten kleineren Denkschritten (Ehrlenspiel, 2003, S. 664; Pahl u. a., 2005, S. 60 f.).

2.3 Methodik

Da der Vorgang des Problemlösens als Informationsverarbeitung angesehen werden kann (siehe 2.2), können Problemsituationen entsprechend ihrer informationellen Rahmenbedingungen typisiert werden (Tab. 2-1).

Tab. 2-1: Typisierung von Problemsituationen (nach: Müller, 1990, S. 45)

| Typ | Problemsituation | Beschreibung |
|-----|----------------------------|--|
| 0 | Aufgabe | Information vollständig, unkomplizierte Struktur, transparent. |
| 1 | Routineproblem | Information fast vollständig bzw. verfügbar, Struktur bekannt, durchschaubar. |
| 2 | Geläufiges (Teil-) Problem | Sachinformation unvollständig aber abrufbar, Ziel strukturell abgesteckt, Prozedurinformation verfügbar, geläufige Teilaufgaben in überschaubarer, meist bekannter Struktur. |
| 3 | Anspruchsproblem | Relativ viele, im Allgemeinen vernetzte, teilweise geläufige Teilprobleme, nicht eindeutiger Zielraum, Sachinformationen lückenhaft, Prozedurinformationen nur bei sehr großer Erfahrung fast vollständig, in hierarchischer Ordnung noch transparent, teilweise unscharf. |
| 4 | Kompetenzproblem | Zielraum nur vage abgesteckt, hochgradig unvollständige Information (alle Teilklassen nur noch partiell abrufbar), erhebliches Erfolgsrisiko, viele Teilaufgabenstellungen sind ungeläufig, stark vernetzt strukturiert, im Ganzen intransparent. |
| 5 | Über-Kompetenz-Problem | Zielraum ist zu klären, Information aller Klassen fehlt problembezogen fast vollständig, Problemstruktur zunächst nicht überschaubar und hochgradig unscharf. |

Der Typ der Problemsituation bestimmt zum einen Anforderungen an den Bearbeiter und zum anderen Möglichkeiten bzw. Beschränkungen seiner Unterstützung durch Bereitstellung externer Hilfe. Wird im weitesten Sinne gegenständliche externe Hilfe betrachtet, so kann diese beispielsweise die Form von Formularen und anderen Mustern, Ablaufplänen, Programmen oder Dialogsystemen haben (Müller, 1990, S. 52). Diese Komponenten können unter den Begriffen *Methoden* und *Hilfsmittel* zusammengefasst werden.

Methoden

In der einschlägigen Literatur wird der Begriff *Methode* uneinheitlich verwendet. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auch eine Abgrenzung zu den Begriffen *Methodik* und *Methodologie* zweckmäßig.

Methode: Menge von Vorschriften, deren Ausführung den Vollzug einer als zweckmäßig erachteten Operationsfolge unter gegebenen Bedingungen hinreichend sicherstellt (Müller, 1990, S. 17).

Methodik: Im weiteren Sinne das Teilgebiet einer einzelnen bzw. einer Klasse wissenschaftlicher Disziplinen, das sich analytisch und entwickelnd mit dem Methodengefüge des jeweiligen Fachgebiets befasst. Im engeren Sinne das Ergebnis solcher Tätigkeit, das fachspezifische System adäquater Methoden (Müller, 1990, S. 17).

Methodologie: Wissenschaftlich fundierte Untersuchung von Methoden und Methodensystemen, nach denen in gegebenen Wissenschaftsgebieten gearbeitet wird (Müller, 1990, S. 2).

In den Umfang des Methodenbegriffs fällt alles menschliche Wissen zu Prozeduren, unabhängig davon, ob es explizit formuliert oder bewusst gebraucht wird (Müller, 1990, S. 17 f.; Ehrlenspiel, 2003, S. 142). In jedem Vorgang der Bearbeitung von Aufgabenstellungen kommen bewusst oder unbewusst Methoden zur Anwendung (Ehrlenspiel, 2003, S. 134 ff.).

Entsprechend dieser Definition sind Methoden als empfohlene bzw. beabsichtigte Aktivitäten stets mentale prozedurale Modelle von *Prozessen*.

Prozess: Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt (ISO 9000:2000, S. 23).

Umgekehrt konstituiert nicht jedes Prozessmodell eine Methode. Ob ein Prozessmodell als Methode angesehen werden kann, hängt vom pragmatischen Merkmal der konkreten Modellbildung ab (siehe 2.1). Beispielsweise kann ein Prozess einzig in Bezug auf seine Kosten abstrahiert werden. Eine solche (verkürzende) Abstraktion eines Originals kann vor dem Hintergrund betriebswirtschaftlicher Betrachtungen eine Ersetzungsfunktion erfüllen, mithin ein Modell darstellen. Ein solches Modell konstituiert jedoch keine Menge von Vorschriften, d. h. es ist nicht prozeduraler Natur, mithin handelt es sich nicht um eine Methode.

Innerhalb von Prozessen stellen Tätigkeiten elementare Einheiten dar (VDA 12, S. 34). Eingaben und Ergebnisse von Prozessen bilden Nahtstellen zu anderen Prozessen bzw. zu der Umgebung eines Prozesses (ISO 9000:2000, S. 23; VDA 12, S. 35). Prozesse können insofern als Systeme angesehen werden (ISO 9000:2000, S. 7). Dementsprechend können Methoden als prozedurale Systemmodelle angesehen werden. Da ihr Einsatz grundsätzlich der Zielerreichung dient, d. h. zweckgerichtet erfolgt, haben sie folglich insbesondere eine Funktion (siehe 2.1).

Methoden bewirken eine Unterstützung der Bearbeitung von Aufgabenstellungen, indem der Prozess festgelegt wird, der zur Erreichung eines angestrebten Ziels zweckmäßig zu vollziehen ist (generativer Aspekt). Zugleich werden Bedingungen angegeben, denen ein Prozess genügen muss, damit sein Ergebnis akzeptabel sein soll (konstituierender Aspekt). Im Allgemeinen tritt bei Methoden einer dieser Aspekte in den Vordergrund, so dass von *generativen Methoden* (z. B. Suchverfahren) und von *konstituierenden Methoden* (z. B. Präzisieren von Aufgabenstellungen) gesprochen werden kann (Müller, 1990, S. 17).

Eine Methode ist demnach ihrer Natur nach *präskriptiv*. Die einzelnen Vorschriften sind Anforderungen, bestimmte Handlungen zu vollziehen, um ein gegebenes Ziel zu erreichen (Müller, 1990, S. 17). Während in einer Methodik (im weiteren Sinne) für ein bestimmtes Tätigkeitsfeld präskriptiv Verfahrensweisen festgelegt werden, wird im Rahmen der Methodologie eine Methodik (im engeren Sinne) zunächst deskriptiv untersucht. Dies hat zum Ziel festzulegen, wie bei der Anwendung und Entwicklung der Methodik (im engeren Sinne) vorgegangen werden sollte (Müller, 1990, S. 2).

In der einschlägigen Literatur liegen entsprechende Arbeiten zur Beschreibung von Methoden vor (vergl. Dobberkau, 2002; Helbig, 1994; Lindemann, 2005; Müller, 1990; Wach, 1994; Zanker, 1999). Eine Übersicht über grundlegende Eigenschaften von Methoden im Allgemeinen und mögliche zugehörige Ausprägungen zeigt *Tab. 2-2*.

Tab. 2-2: Ausgewählte Eigenschaften und Ausprägungen von Methoden (nach: Müller, 1990)

| Eigenschaft | Ausprägungen |
|--------------------|--|
| Vorgehensweise | Intuitiv betont Diskursiv betont |
| Zuverlässigkeit | Algorithmisch Heuristisch |
| Formulierung | Programmablaufplan Dialog Schablone Prinzip |

Je nachdem, welche Art der Arbeitsweise bzw. des Denkens (siehe 2.2) bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung im Vordergrund stehen soll, können intuitiv und diskursiv betonte Methoden unterschieden werden. *Intuitiv betonte Methoden* haben zum Ziel, die Intuition zu fördern und durch gedankliche Assoziationen neue Lösungswege anzuregen (Pahl u. a., 2005, S. 112). *Diskursiv betonte Methoden* hingegen ermöglichen Lösungen durch bewusst schrittweises Vorgehen, wobei die einzelnen Schritte beeinflussbar und mitteilbar sind. Im Rahmen diskursiv betonter Methoden soll Intuition eher für Einzelschritte, nicht aber unmittelbar zur Lösung der Gesamtaufgabenstellung eingesetzt werden (Pahl u. a., 2005, S. 120).

Gemäß ihrer Zuverlässigkeit, d. h. nach der Wahrscheinlichkeit, mit der die Anwendung der jeweiligen Vorschriften unter den gegebenen Bedingungen zum Erreichen des beabsichtigten Ergebnisses führt, lassen sich *algorithmische und heuristische Methoden* unterscheiden:

Algorithmische Methode: Endliche geordnete Menge von Vorschriften, die, adäquat angewendet, nach endlich vielen Operationen das anzustrebende Ergebnis sicher erreichen oder begründen lässt, dass abzubrechen ist (Müller, 1990, S. 22).

Heuristische Methode: Endliche geordnete Menge von Vorschriften, die, adäquat angewendet, das anzustrebende Ergebnis zwar nicht sicher erreichen lässt, aber bewirkt, dass der Bearbeitungsprozess zielstrebig, sicherer bzw. effektiver abläuft (Müller, 1990, S. 22).

Heuristische Methoden werden angegeben, wenn methodenbewusst Probleme gelöst werden sollen, ein strikt algorithmisches Vorgehen jedoch nicht möglich ist. Voraussetzung für die Angabe heuristischer Methoden ist, dass der erforderliche Vorgang aufgrund von existierenden Erfahrungen nicht mehr völlig unsicher ist. Dennoch besteht eine Unschärfe der Bearbeitung, die objektiv und subjektiv begründet sein kann (Müller, 1990, S. 22).

Heuristische Methoden sind dadurch gekennzeichnet, dass Begriffe und Vorschriften unscharf gebraucht werden und auch die Struktur der Methode unscharf fixiert ist (Müller, 1990, S. 22). Während algorithmische Methoden grundsätzlich bis zum Niveau logischer Elementaroperationen lückenlos korrekt expliziert werden können (Klaus & Liebscher, 1976, S. 26), schreiben heuristische Methoden im Allgemeinen in einer höheren Determinationsebene vor. Sie räumen dem Bearbeiter dahingehend Freiheitsgrade ein, so dass sein individueller Erfahrungsschatz zum Tragen kommen kann (Müller, 1990, S. 22 f.). Heuristische Methoden organisieren einen Problembearbeitungsprozess unscharf im Sinne eines „Problembearbeitungs-Managements“ (Müller, 1990, S. 23), so dass der Bearbeiter in Übereinstimmung mit dem sich gleitend entwickelnden Problemsachverhalt effektiv und effizient angeleitet bzw. geführt wird.

Vor dem Hintergrund der Unterscheidung von algorithmischen und heuristischen Methoden wird darauf hingewiesen, dass schöpferische und algorithmierbare Prozesse innerhalb der Bearbeitung von Aufgabenstellungen einander nicht entgegensetzen sind, d. h. schöpferische Vorgänge schließen stets auch Mengen algorithmischer Prozeduren ein (Müller, 1990, S. 24).

Weiterhin können Methoden nach der Art ihrer Formulierung unterschieden werden. Hierbei sind im Wesentlichen vier Formen zu beobachten:

Programmablaufplan: Vorzugsweise sequenzielle Anordnung von Hinweisen, Regeln, Vorschriften oder Befehlen unter Verwendung eines mehr oder weniger strikt vereinbarten allgemeingültigen Symbolvorrats, evtl. Verzweigungen und Schleifen beinhaltend (Müller, 1990, S. 24).

Dialog: Mehr oder weniger implizite Einbettung einer Methode in einen Arbeitsablauf mit einem Rechner, so dass die Anwendung der Methode vom Bearbeiter insofern erzwungen wird, als er anders im Dialog nicht zum Zuge kommen kann (Müller, 1990, S. 25).

Schablone: Anordnung von Zeichen (Namen, Ikone, Symbole) in einer geläufigen ganzheitlichen Konfiguration (Formular, Muster, Formel), so dass der Bearbeiter sie auf den konkreten Anwendungsfall anwenden und interpretieren kann und so zum zweckentsprechenden Einsatz von Prozeduren angeleitet, veranlasst oder gezwungen wird (Müller, 1990, S. 25).

Prinzip: Verbale Benennung, mittels derer ein als versiert angenommener Bearbeiter in seinem Verhalten angestoßen, orientiert, gerichtet, umstrukturiert bzw. aufgelockert werden soll (Müller, 1990, S. 25).

Beispiele für Formulierungen der Methode „Präzisieren von Aufgabenstellungen“ als Programmablaufplan und Schablone zeigt *Abb. 2-7*.

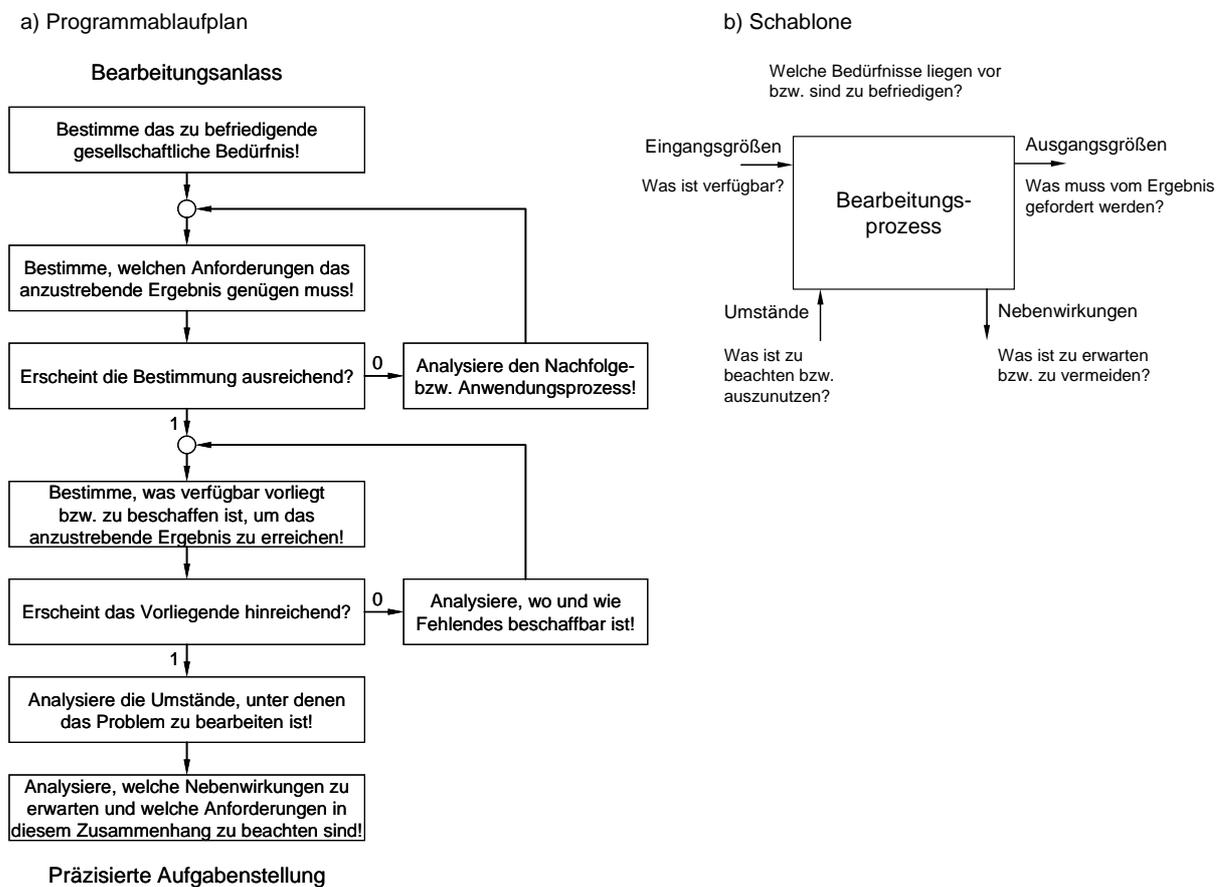


Abb. 2-7: Methode „Präzisieren von Aufgabenstellungen“ (nach: Müller, 1990, S. 25).

a) Programmablaufplan; b) Schablone

Zur Formulierung der Methode entsprechend *Abb. 2-7* als Prinzip genügt die Aufforderung „Präzisiere die Aufgabenstellung!“ Eine solche Prinzipformulierung wird insbesondere dann benutzt, wenn eine Handlungsfolge noch nicht ausreichend weit erkannt ist, so dass eine explizitere Formulierung erfolgen könnte, oder wenn eine übergeordnete Arbeitsweise vorge-

schrieben werden soll. Eine solche übergeordnete Arbeitsweise ist invariant über einer Klasse von Tätigkeiten und fallspezifisch anzupassen (Müller, 1990, S. 25).

Die Zweckmäßigkeit der Art und Weise der Formulierung von Methoden wird von verschiedenen Einflussfaktoren bestimmt. Hierzu zählen Wissen und Erfahrung des Bearbeiters, intellektuelle Kapazität des Bearbeiters, Abwägung von geforderter Zuverlässigkeit und gewünschter Freiheitsgrade der Bearbeitung, sowie Orientierung an Prozess oder Ergebnis (vergl. Müller, 1990, S. 25 f.).

Hilfsmittel

Im Zusammenhang mit der Unterstützung der Bearbeitung von Aufgabenstellungen wird in der einschlägigen Literatur auch der Begriff *Hilfsmittel*, teilweise auch der Begriff *Werkzeug* verwendet. Ebenso wie im Fall der Methoden erfolgt auch dieses uneinheitlich³. Im Folgenden wird ausgehend von den denkpsychologischen Grundlagen (siehe 2.2) eine Definition des Begriffs Hilfsmittel vorgenommen.

Der Prozess der Lösung einer Aufgabenstellung ist hinreichend beschrieben durch die Angabe des Ausgangszustands zu Beginn des Bearbeitungsprozesses, der zu beschaffenden bzw. zu verarbeitenden Operandenmenge, der einzusetzenden Operatorenmenge und der Abfolge von deren Einsatz (Müller, 1990, S. 33). Eine Transformationsbarriere liegt vor, sofern die informatorischen Gegebenheiten nicht ausreichend sind, d. h. ein Problem besteht, wenn eine Aufgabenstellung unter unvollständiger Information bearbeitet wird (Müller, 1990, S. 10 und S. 37).

Ein Problem kann demnach als gelöst angesehen werden, wenn das bestehende informationelle Defizit beseitigt ist, d. h. wenn ein ohne verbleibende Unsicherheit zum Zielzustand führender Weg durch den Problemraum identifiziert worden ist. Eine entsprechende mentale Repräsentation des Problemraums vorausgesetzt, kann die Problemlösung demnach grundsätzlich rein gedanklich erfolgen, d. h. durch den Bearbeiter ohne eine Nutzung von stofflichen Komponenten außerhalb seiner selbst (vergl. 2.2). Sofern eine solche mentale Repräsentation des Problemraums jedoch nicht möglich ist, kann mithin die Nutzung von Medien zur nicht-mentalen Abbildung des Problemraums bzw. der zu verarbeitenden Informationen erforderlich werden, d. h. von stofflichen Komponenten außerhalb des Bearbeiters. Im Fall von komplexen Problemen der industriellen Praxis ist dies regelmäßig der Fall.

Über die Lösung von Problemen hinausgehend kann im Kontext der Bearbeitung von Aufgabenstellungen die Nutzung stofflicher Komponenten außerhalb des Bearbeiters noch aus weiteren Gründen erforderlich sein.

³ Eine Darstellung einiger alternativer Begriffsdefinitionen findet sich in Anhang B.

Beispielsweise kann sie innerhalb der Aufgabenstellung selbst explizit gefordert sein. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn diese über die Identifikation eines zum Zielzustand führenden Lösungswegs hinausgehend auch die physische Realisierung des Zielzustands beinhaltet. Ein Beispiel hierfür ist das motorische Ausführen einer Zugsequenz, die im Fall einer Aufgabenstellung des Schachspiels als den Gegner zwingend mattsetzend - und mithin als Lösung des vorliegenden Interpolationsproblems - identifiziert wurde und unter Nutzung von Spielfiguren und Spielbrett als stofflichen Komponenten erfolgt.

Dies ist weiterhin auch dann der Fall, wenn innerhalb der Aufgabenstellung eine Dokumentation des Lösungswegs gefordert ist, was im Rahmen von Aufgabenstellungen der arbeitsteiligen industriellen Praxis mit ihren organisatorisch-technischen Rahmenbedingungen und den resultierenden Mensch-Mensch-, Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Schnittstellen regelmäßig gegeben ist. Am Beispiel konstruktiver Aufgabenstellungen kann dies verdeutlicht werden:

Konstruieren: Gesamtheit aller Tätigkeiten, mit denen - ausgehend von einer Aufgabenstellung - die zur Herstellung und Nutzung eines Produkts notwendigen Informationen erarbeitet werden und die in der Festlegung der Produktdokumentation enden. Diese Tätigkeiten schließen die vormaterielle Zusammensetzung der einzelnen Funktionen und Teile eines Produkts, den Aufbau zu einem Ganzen und das Festlegen aller Einzelheiten ein (VDI 2221, S. 40).

Konstruktive Aufgabenstellungen erfordern demnach nicht nur die Erzeugung einer ihren Bedingungen entsprechenden Informationsmenge in mentaler Repräsentation, sondern zudem deren fertigungs- und nutzungsgerechte Dokumentation (unter Nutzung stofflicher Komponenten außerhalb des Bearbeiters). Entsprechend den Anforderungen der Fertigungs- und Nutzungsgerechtigkeit an die zu erstellende Produktdokumentation erfolgt die Dokumentation der Problemlösung vor dem Hintergrund der Kommunikation dieser Lösung innerhalb des arbeitsteiligen Umfelds. Dies verfolgt den Zweck der Weiterverarbeitung der Problemlösung in Folgeprozessen, abgestimmt auf die jeweiligen Schnittstellen zu konkreten personellen und technologischen Ressourcen des Unternehmens, sowie während der Produktnutzung, abgestimmt auf den Nutzer.

Zur Berücksichtigung der vorstehend dargestellten Aspekte wird zur Abgrenzung gegenüber Methoden der Begriff des Hilfsmittels wie folgt definiert:

Hilfsmittel: Hilfsmittel für die Bearbeitung einer Aufgabenstellung ist, was im Rahmen einer Methode die Bearbeitung dieser Aufgabenstellung unmittelbar unterstützt, sofern für diese Unterstützungswirkung mindestens eine stoffliche Komponente außerhalb des Bearbeiters erforderlich ist.

Computerprogramme innerhalb der Systematik der Methoden und Hilfsmittel

Bezüglich des Status von *Computerprogrammen* innerhalb der Systematik der Begriffe Methode und Hilfsmittel können Programme - für sich genommen - von innerhalb eines Bearbeitungsprozesses auf Hardware zum Ablauf gebrachten Programmen unterschieden werden.

Programm: Eine Kombination von Computerbefehlen und Datendefinitionen, mittels derer von Computerhardware berechnende oder steuernde Funktionen erfüllt werden können (ANSI/IEEE 610.12-1990, S. 19).

Hardware: Materielle Teile eines Computersystems (Balzert, 2005, S. 30), die benutzt werden, um Computerprogramme oder Daten zu verarbeiten, zu speichern oder zu übertragen (ANSI/IEEE Std. 610.12-1990, S. 36).

Grundlage eines Programms ist ein Algorithmus, wobei dieser Begriff in der Informatik ebenso verstanden wird wie der Begriff der algorithmischen Methode nach (Müller, 1990, S. 22; vergl. ANSI/IEEE 610.12-1990, S. 9). Für einen Rechnerinsatz sind die zur Anwendung kommenden algorithmischen Methoden in rechnerverarbeitbarer Art zu formulieren. Rechnerverarbeitbarkeit erfordert eine streng formalisierte, eindeutige und detaillierte Angabe einzelner Verarbeitungsschritte, welche letztlich auf logische Elementaroperationen zurückgeführt werden. Ein Unterschied zwischen Algorithmus und Programm besteht demnach bezüglich Konkretisierung und Formulierung.

Eine rein gedankliche Ausführbarkeit der im Programm angegebenen Verarbeitungsschritte ist grundsätzlich gegeben, wenngleich eine solche rein gedankliche Ausführung praktisch aufgrund des entstehenden Aufwands für Modellbildung und Berechnung dem Bearbeiter regelmäßig nicht möglich ist. Würde ein Bearbeiter jedoch der Vorschrift des Programms entsprechende Verarbeitungsschritte rein gedanklich ausführen, so hätte dies eine Unterstützung der Bearbeitung der Aufgabenstellung im Sinne einer Methode nach (Müller, 1990, S. 17) zur Folge. Für diese Unterstützung ist lediglich die Kenntnis der vorgeschlagenen Abfolge von Berechnungsschritten durch den Bearbeiter erforderlich, nicht aber eine stoffliche Komponente außerhalb des Bearbeiters. Ein *Computerprogramm* kann dementsprechend als eine (*algorithmische*) *Methode* angesehen werden.

Mittels eines Computerprogramms werden von Computerhardware berechnende oder steuernde Funktionen erfüllt (ANSI/IEEE 610.12-1990, S. 19). Diese Funktionen können von Computerhardware, auf der ein Programm zum Ablauf gebracht wird, entweder autonom oder im Dialog mit einem Bearbeiter einer Aufgabenstellung erfüllt werden.

Die Verarbeitung von Daten kann als Tätigkeit angesehen werden. Dies ist grundsätzlich unabhängig davon, ob die Tätigkeit von einem menschlichen Bearbeiter oder einem Computer ausgeführt wird. Ein *autonom* auf Computerhardware laufendes Computerprogramm kann daher als *Prozess* angesehen werden. Erfolgt die Erfüllung der berechnenden oder steuernden

Funktionen nicht autonom, sondern im Dialog mit einem Bearbeiter, so kann davon ausgegangen werden, dass dies den Bearbeiter unmittelbar unterstützen soll. Diese Unterstützung wird entsprechend den vorgeschlagenen Definitionen nicht durch das Computerprogramm realisiert, sondern durch Computerhardware, welche sich entsprechend dem Computerprogramm verhält. Für diese Unterstützungswirkung ist die Computerhardware als stoffliche Komponente außerhalb des Bearbeiters erforderlich. Daher kann ein *im Dialog* mit einem Bearbeiter auf Computerhardware laufendes Programm als *Hilfsmittel* angesehen werden.

3 Klärung der Aufgabenstellung

3.1 Herausforderung Komplexität im Innovationsprozess

Das Ziel von wirtschaftlich orientierten Unternehmungen ist die Produktion und erfolgreiche Vermarktung von Sach- oder Dienstleistungen. Unternehmen der entwickelnden und produzierenden Industrie sind hierbei heute mit vielfältigen globalen Trends konfrontiert, in denen individuelle, gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte Ausdruck finden. Insbesondere ist hier eine zunehmende Individualisierung zu nennen. Diese geht mit subjektiver und emotional betonter Wahrnehmung von technischen Produkten durch die Kunden einher. Besitz- und Benutzmotivation sind entsprechend verändert, Erlebnis- und Begeisterungsaspekte treten in den Vordergrund. Wichtige gesellschaftliche Entwicklungen sind z. B. veränderte demografische Strukturen, verstärktes Umweltbewusstsein und zunehmende Mobilität. Diese führen zu veränderten, auch sich widersprechenden Kundenanforderungen, die oftmals durch gesetzliche Vorgaben untermauert werden. Wichtigster wirtschaftlicher Trend ist die zunehmende Globalisierung, d. h. die weltweite Vernetzung von Unternehmen und Märkten. Bei verkürzter Reaktionszeit und erhöhtem Kostendruck muss die Qualität von Produkten kontinuierlich gesteigert werden, insbesondere im Hinblick auf Zuverlässigkeit und Sicherheit der Nutzung. Es sind umweltfreundliche Materialien und Produktionstechnologien einzusetzen und am Ende des Produktlebens ist das Produkt unschädlich zu entsorgen, wieder zu verwenden oder zu verwerten. Darüber hinaus sind Hersteller und Lieferanten weltweit zu vernetzen und ihre Aufbau- und Ablauforganisationen sind zu optimieren, insbesondere auch zu flexibilisieren (Ovtcharova u. a., 2005, S. 9).

Die derzeitige Wettbewerbssituation ist dementsprechend durch eine hohe Innovationsgeschwindigkeit bei verkürzten Innovationszyklen gekennzeichnet. Gleichzeitig bestehen von Kundenseite steigende Erwartungen bezüglich Funktionalität und Qualität von Produkten, die bei möglichst geringen Kosten realisiert werden sollen. Kundenanforderungen und Innovationszwang verursachen somit Zielkonflikte zwischen zu verringernden Kosten, zu verringertem Zeitbedarf und zu erhöhender Ergebnisqualität.

Da Ergebnisse stets aus Prozessen resultieren (siehe 2.3), führen derart veränderte Aufgabenstellungen entsprechend zu veränderten Anforderungen an Unternehmensprozesse. Veränderungen von Anforderungen an Prozesse können angesichts der beschriebenen Trends eine qualitative Steigerung bestehender Anforderungen beinhalten, beispielsweise Zeitverkürzung oder Kostensenkung. Ebenso können auch völlig neue Anforderungen auftreten, resultierend

beispielsweise aus zunehmender Lebenszyklusorientierung, neuen gesetzlichen Vorgaben oder aus der Verknüpfung von Waren und zugehörigen Dienstleistungen.

Im Sinne der inner- bzw. interbetrieblichen Wertschöpfungskette können die dementsprechend veränderten Anforderungen an die Unternehmensprozesse auf allen Ebenen der Prozesshierarchien der vernetzten Unternehmen wirksam werden (vergl. Bogaschewsky & Rollberg, 1998, S. 149 und S. 151). Diese Situation betrifft unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter von Aufgabenstellungen im Zentrum vieler dieser Prozesse steht (vergl. Bender, 2004, S. 47 ff.; Naumann, 2006, S. 54 ff.).

Am Beispiel der Produktentwicklung kann verdeutlicht werden, dass die Beherrschung der Komplexität hierbei eine wesentliche Herausforderung darstellt:

Produktentwickler sind im Rahmen ihrer Tätigkeiten regelmäßig mit *komplexen Handlungssituationen* konfrontiert. Diese Komplexität im weiteren Sinne resultiert zum einen aus der Komplexität technischer Systeme selbst (Komplexität im engeren Sinne), die Handlungsgegenstand der Entwicklungstätigkeit sind, und zum anderen aus situativen prozessualen Merkmalen (siehe 2.1).

Ursächlich für die erhöhte *Komplexität im engeren Sinne* von technischen Produkten ist zum einen die angesichts der genannten Trends im Wettbewerb erforderliche Individualisierung der Produkte (vergl. Ehrlenspiel, 2003, S. 170). Die geforderte Vielfalt von Modellen und Optionen, der mit Maßnahmen wie beispielsweise Baukästen-, Baureihen-, Modul- oder Paketsystemen begegnet wird, erhöht maßgeblich die Komplexität der technischen Produkte (vergl. Ehrlenspiel, 2003, S. 654 ff. und S. 645 ff.; Pahl u. a., 2005, S. 600 ff. und S. 634 ff.; Rapp, 1999, S. 91 ff.; Schuh, 1989, S. 58 ff.).

In engem Zusammenhang mit dem Wettbewerbsumfeld steht auch die zunehmende Interdisziplinarität technischer Produkte, die unter dem Stichwort Mechatronik in der einschlägigen Literatur beschrieben wird. Mechatronik ermöglicht durch das Zusammenwirken von Komponenten aus Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik die Realisierung neuer Funktionen und das Entwickeln neuer Prinziplösungen bei verbessertem Kosten/Nutzen-Verhältnis, und sie bietet somit Potenziale, die ein erfolgreiches Agieren im globalen Wettbewerb gestatten (Gausemeier u. a., 2001, S. 14; Eversheim & Schuh, 2005, S. 7). Gleichzeitig erhöht die enge Verknüpfung von Komponenten aus unterschiedlichen Disziplinen die Komplexität der technischen Produkte (VDI 2206, S. 6 ff.).

Die *Komplexität im weiteren Sinne* von Handlungssituationen, mit welcher Produktentwickler bei ihren Tätigkeiten konfrontiert werden, resultiert aus der Natur dieser Tätigkeiten und aus dem Umfeld, in dem diese zu vollziehen sind.

Ziel von Entwicklungstätigkeiten ist das Entwerfen von Strukturen im engeren Sinne komplexer Systeme, die ein bestimmtes gewünschtes Verhalten bewirken, d. h. das Antizipieren

technischer Produkte auf Grundlage bestimmter Zielvorstellungen (siehe 2.3). Das Verhalten eines Systems legt aber grundsätzlich nicht eindeutig dessen Struktur fest (siehe 2.1). Im Rahmen der Produktentwicklung bestehen daher bezüglich der von Produktentwicklern zu treffenden Entscheidungen bestimmte Freiheitsgrade. Die Auswirkungen dieser Entscheidungen sind jedoch intransparent, insbesondere in den frühen Phasen der Produktentstehung können sie nur schwer beurteilt werden (Abb. 3-1).

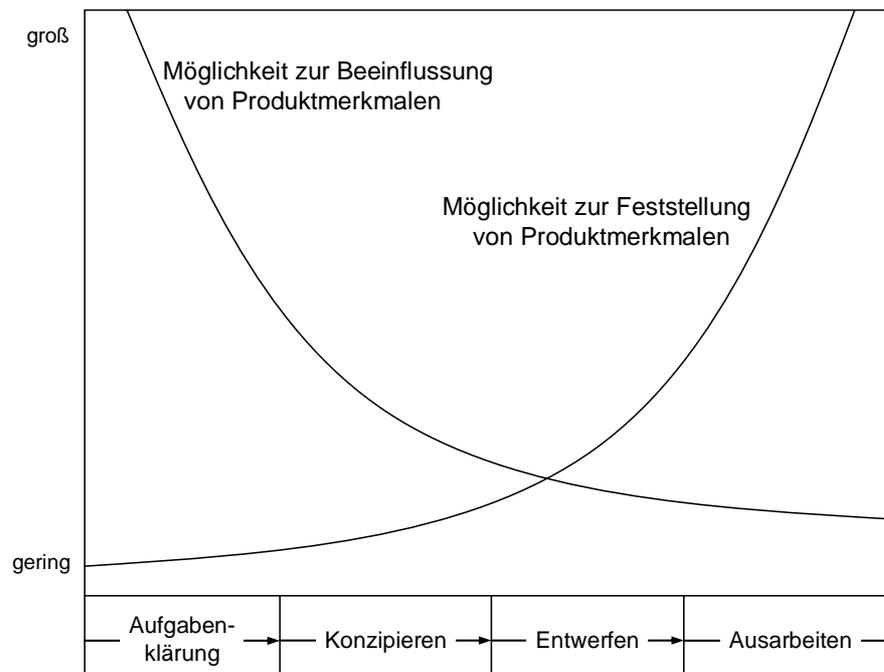


Abb. 3-1: Merkmalfestlegung und -ermittlung in der Produktentwicklung (nach: Ehrlenspiel, 2003, S. 588)

Diese Schwierigkeit der Beurteilung der Auswirkungen von Entscheidungen in frühen Phasen der Produktentstehung resultiert zum einen aus der Vernetztheit der zu entwerfenden Elemente des zu antizipierenden technischen Systems (Franke, 2007, S. 186), d. h. aus der Komplexität im engeren Sinne.

Zum anderen sind hierfür Merkmale von Zielvorstellungen und Zielvorgaben innerhalb konstruktiver Aufgabenstellungen ursächlich. Diese können insbesondere unbestimmt, allgemein, unklar und implizit sein, sowie Zielkonflikte beinhalten (Dörner, 1989, S. 75 ff.; Franke, 2007, S. 191; Lindemann, 2005, S. 89 f.; Pahl u. a., 2005, S. 191 f.).

Zudem ist das Umfeld, in dem Entwicklungstätigkeiten zu vollziehen sind, intransparent und dynamisch. Sowohl die Ziele als auch die Möglichkeiten zur Erreichung dieser Ziele sind demnach grundsätzlich unsicher und veränderlich (vergl. Cooper, 2002, S. 3; Ehrlenspiel, 2003, S. 170; Gausemeier u. a., 2001, S. 12; Lindemann, 2005, S. 28; Pahl u. a., 2005, S. 2).

Da eine lebenszyklusorientierte Betrachtung von Produkten und zugehörigen Dienstleistungen zunehmend im Zentrum der Entwicklungstätigkeit steht, steigen die bei der Entwicklung zu berücksichtigenden Einflussfaktoren und die Vernetzung mit anderen Unternehmensbereichen und Systemen außerhalb des Unternehmens maßgeblich an.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass im Verlauf der weiteren Produktentstehung der Aufwand stark ansteigt, der durch Änderungen verursacht wird. Für diesen Anstieg des Änderungsaufwands wurde ein Faktor von 10 beim Übergang jeweils zwischen den Phasen Konzipierung, Fertigungsvorbereitung, Produktion und Nutzung grob geschätzt (Reinhart u. a., 1996, S. 48 f.).

Dementsprechend groß ist in diesem komplexen Umfeld die Bedeutung einer lebensphasenübergreifenden Sicherung und Erhöhung der Qualität der Bearbeitung von Aufgabenstellungen.

3.2 Festlegung des Untersuchungsgegenstands

Angesichts der gestiegenen bzw. neuartigen Anforderungen an den Menschen als Bearbeiter im beschriebenen Umfeld ist das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit die Sicherung und Erhöhung der Qualität der Bearbeitung von komplexen Aufgabenstellungen.

Hierzu bestehen grundsätzlich vielfältige Möglichkeiten: Betrachtet man die Problemlösung als Prozess, so kann auf Grundlage von Ein- und Ausgangsgrößen analysiert werden, aus welchen Disziplinen Ansätze zur Unterstützung der Bearbeitung von Aufgabenstellungen hervorgehen können (*Abb. 3-2*).

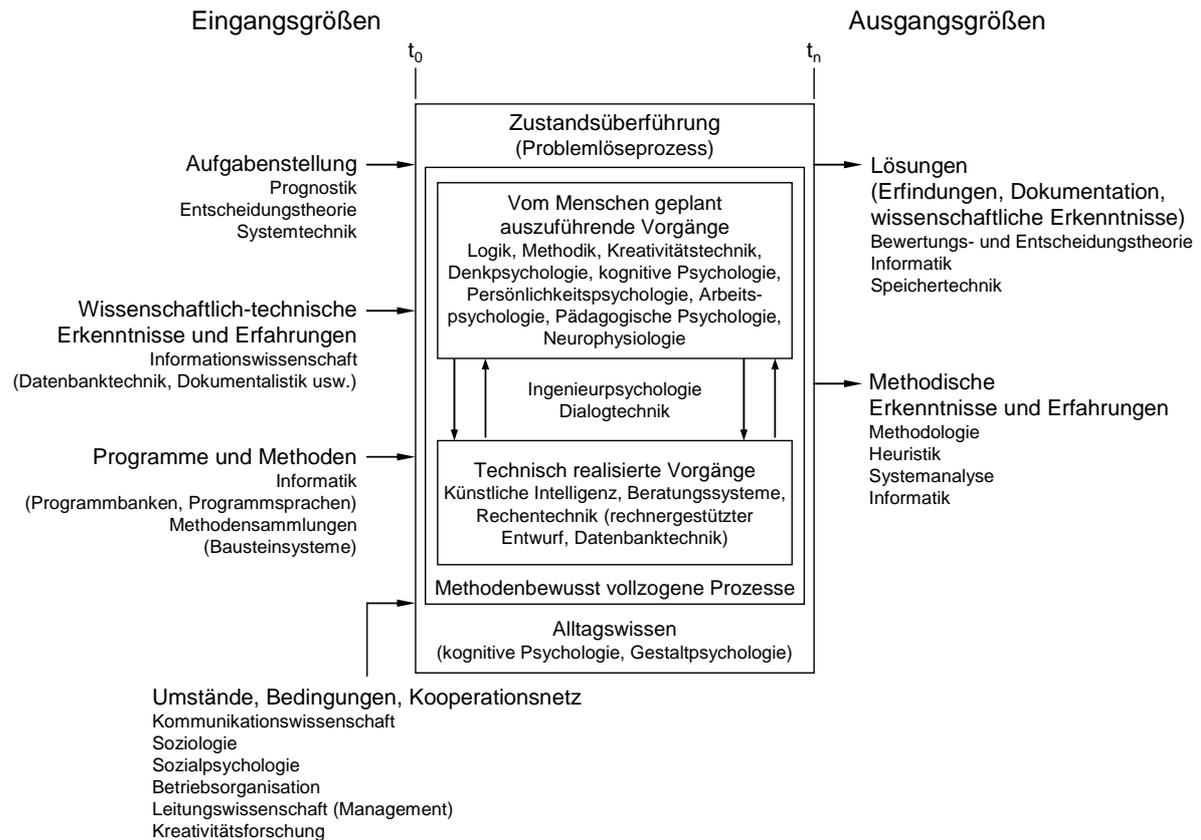


Abb. 3-2: Unterstützung der Bearbeitung von Aufgabenstellungen (nach: Müller, 1990, S. 16)

Methodische Unterstützung ist hierbei nur eine von mehreren Komponenten und nicht alleine in der Lage, Probleme zu lösen. Sie kann jedoch einen maßgeblichen Beitrag leisten, die Gesamtheit dieser Faktoren wirkungsvoll zu organisieren (Daenzer & Huber, 2002, S. XIX).

Über die große Bedeutung, die der Unterstützung z. B. von Ingenieuren bei der Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen durch Methoden zukommt, besteht dementsprechend in der einschlägigen Literatur Einigkeit. Dieser Konsens ist nicht auf Aufgabenstellungen aus bestimmten ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen oder aus Phasen des Produktlebenszyklus beschränkt⁴.

Konkretes Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher die *Unterstützung der Entwicklung von Methoden*. Hierzu ist ein geeigneter Prozess zu beschreiben, d. h. es ist eine Methode zur Entwicklung von Methoden zu definieren. Eine solche Methode, deren Inhalt die Unterstützung

⁴ Vergl. mit Fokus auf der Produktentwicklung (Ehrlenspiel, 2003; Lindemann, 2005; Pahl u. a., 2005; VDI 2206, 2221, 2222); mit Fokus auf der Produktplanung (Herstatt & Verworn, 2003; Kleinschmidt u. a., 1996; VDI 2220); mit Fokus auf Innovationsmanagement (Eversheim, 2003; Gausemeier u. a., 2001; Pleschak & Sabisch, 1996; Vahs & Burmester, 2005); disziplinenübergreifend (Daenzer & Huber, 2002); mit Fokus auf der akademischen Konstruktionsausbildung (Bender, 2004).

der Entwicklung von Methoden ist, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit als *Meta-Methode* bezeichnet.

Meta-Methode: Methode, deren beabsichtigte Operationsfolge die Definition einer Methode ist.

Der Hauptfokus der Methoden, deren Entwicklung mit der vorliegenden Arbeit unterstützt werden soll, ist die *Handhabung von Komplexität im weiteren Sinne*, die zur wesentlichen Herausforderung für Bearbeiter in heutigen Unternehmensprozessen geworden ist (siehe 3.1).

Obgleich heuristische Methoden definitionsgemäß durch Unvollständigkeit und mangelnde Aussagesicherheit ausgezeichnet sind, sind sie vor diesem Hintergrund bei der Organisation der Bearbeitung von Aufgabenstellungen dennoch von besonderer Bedeutung (siehe 2.3) (vergl. Franke, 2007, S. 188). Dementsprechend fokussiert die vorliegende Arbeit die Entwicklung *heuristischer Methoden*.

Es wird ein möglichst weiter Geltungsbereich der Meta-Methode angestrebt. Tätigkeiten, deren charakteristisches Merkmal das Lösen von im weiteren Sinne komplexen Problemen ist, finden sich im Ingenieurbereich in allen Phasen des Produktlebenszyklus. Vor diesem Hintergrund wird von vornherein *keine grundsätzliche weitergehende Beschränkung des Gegenstandsbereichs* der heuristischen Methoden vorgenommen, deren Entwicklung durch die Meta-Methode unterstützt werden soll. Dies kann als zulässig angesehen werden, da die zu entwickelnden heuristischen Methoden auf die Unterstützung der Handhabung von Komplexität fokussieren und die Eigenschaft Komplexität per se nicht auf einen spezifischen Anwendungskontext beschränkt ist. Es besteht insofern aus Sicht der allgemeinen Systemtheorie und der Denkpsychologie zufolge keine Notwendigkeit für eine grundsätzliche Beschränkung des zu betrachtenden Gegenstandsbereichs (siehe 2.1 und 2.2).

Im Zusammenhang mit dem angestrebten, möglichst weiten Geltungsbereich der Meta-Methode ist zu berücksichtigen, dass methodische Unterstützung grundsätzlich auf Rahmenbedingungen ihrer Anwendung abzustimmen ist (Müller, 1990, S. 17). Hierzu zählen unter anderem Rahmenbedingungen der Aufgabenstellung, deren Bearbeitung durch die jeweilige Methode unterstützt werden soll. Dies betrifft sowohl die Meta-Methode selbst, als auch die unter Anwendung dieser Meta-Methode zu definierenden Methoden.

Vor dem Hintergrund hinreichender Konkretheit der Meta-Methode und der beispielhaften Demonstration von deren Anwendung kann deshalb auch angesichts eines möglichst weiten Geltungsbereichs eine *exemplarische und punktuelle Eingrenzung des Gegenstandsbereichs* zweckmäßig sein. Dadurch können exemplarisch konkrete methodisch relevante Rahmenbedingungen identifiziert werden und es kann veranschaulicht werden, wie diese innerhalb der Meta-Methode zu berücksichtigen sind.

Sofern im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine solche exemplarische Eingrenzung des Gegenstandsbereichs zweckmäßig ist, erfolgt dies durch Fokussierung der *Produktentwicklung* im weiteren Sinne, d. h. der technischen Entwurfsarbeit und deren Umfeld.

Diese exemplarische Einschränkung begründet sich zum einen aus der *zentralen Bedeutung* der Produktentwicklung in entwickelnden und produzierenden Unternehmen. Diese zentrale Bedeutung resultiert wiederum zum einen daraus, dass Tätigkeiten der Produktentwicklung entscheidend die zukünftigen Produktmerkmale beispielsweise bezüglich Funktionserfüllung, Sicherheit, Ergonomie, Instandhaltung und Entsorgung bzw. Recycling, sowie insbesondere der Herstellungs- und Gebrauchskosten beeinflussen (vergl. Ehrlenspiel u. a., 2003, S. 13; Pahl u. a., 2005, S. 6 f.; Reinhart u. a., 1996, S. 49).

Zum anderen resultiert diese zentrale Bedeutung aus der zeitlichen und logischen Einordnung in den gesamten Produktentstehungsprozess und weiterhin das gesamte Produktleben. Insbesondere sind die produktrealisierenden Bereiche Fertigung und Montage direkt von den Entwicklungsbereichen abhängig. Umgekehrt sind Erkenntnisse, Erfahrungen und Anforderungen der Fertigung in der Entwicklung zu berücksichtigen. Angesichts der Wettbewerbssituation müssen Produktplanung, technischer Vertrieb und Marketing die Grundlagenkenntnisse und Produkterfahrungen vor allem der Entwicklung berücksichtigen (Pahl u. a., 2005, S. 7 f.).

Zum anderen begründet sich die exemplarische Einschränkung des Gegenstandsbereichs aus *Tätigkeitsmerkmalen* der Produktentwicklung. Die große Bedeutung der Komplexität im weiteren Sinne ist im Zusammenhang hiermit bereits diskutiert worden (siehe 3.1). Die denkpsychologisch fundierte Sichtweise, Entwicklungstätigkeiten als Problemlösen zu betrachten, ist in der Konstruktionsforschung dementsprechend weit verbreitet (vergl. Dörner, 1994a, 1994b, 1995, 1998; Dylla, 1991; Fricke, 1993; Gausemeier u. a., 2001; Müller, 1990; Pahl u. a., 2005; Römer, 2002).

Beispielhafte Konkretisierungen der von Dörner (1987, S. 14) vorgeschlagenen Klassifizierung von Barrieretypen in Problemsituationen (siehe 2.2) für den Bereich von Konstruktionsaufgabenstellungen zeigen insbesondere, dass im Rahmen der technischen Entwurfsarbeit alle der genannten Barrieretypen auftreten können (Fricke, 1993, S. 8; Römer, 2002, S. 18; Sachse & Hacker, 1995, S. 14) (*Abb. 3-3*).

| | | | |
|--|--------|--|--|
| | | Konstruktionsproblem Vollständigkeit und Klarheit der Anforderungen und Bedingungen | |
| | | hoch | gering |
| Konstrukteur Anwendbarkeit von bekannten Methoden und Hilfsmitteln | hoch | Interpolationsproblem <i>Einfache Variantenkonstruktion</i> z. B. Konstruktion nach vorgegebenem Muster | Dialektisches Problem <i>Einfache Entwicklungsstudie</i> z. B. können Anforderungen an das Produkt nicht ermittelt werden |
| | gering | Syntheseproblem <i>Komplexe Anpassungskonstruktion</i> z. B. Konstruktion bei sich widersprechenden Zielen und zu engen Lösungsfreiräumen | Synthese- und dialektisches Problem <i>Neukonstruktion</i> z. B. sind die Anforderungen und Lösungswege unklar |

Abb. 3-3: Klassifikation von Konstruktionsproblemen (nach: Sachse & Hacker, 1995, S. 14)

Dementsprechend ist methodischer Unterstützung von Tätigkeiten der Produktentwicklung hohe Bedeutung beizumessen:

Angesichts der großen Bedeutung einer rechtzeitigen Entwicklung marktfähiger Produkte ist ein Vorgehen zur Entwicklung guter Lösungen nötig, das planbar, flexibel, optimierbar und nachprüfbar ist. Ein solches Vorgehen ist nur realisierbar, wenn Konstrukteure über das notwendige Fachwissen hinaus methodisch-systematisch arbeiten können und eine solche Arbeitsmethodik verlangt bzw. durch organisatorische Maßnahmen unterstützt wird. (Pahl u. a., 2005, S. 9 f.)

Die Tätigkeiten der Produktentwicklung „gehören zu den kognitiv anspruchsvollsten Tätigkeiten, die Menschen ausüben in der Lage sind“ (Bender, 2004, S. 12). Produktentwicklungstätigkeiten können insofern als repräsentativ für Tätigkeiten zur Lösung komplexer Probleme im Allgemeinen angesehen werden.

3.3 Anforderungen an meta-methodische Unterstützung

Ziel der Meta-Methode ist die Unterstützung der Definition von Methoden, die wiederum die Bearbeitung von Aufgabenstellungen unterstützen sollen (Abb. 3-4).

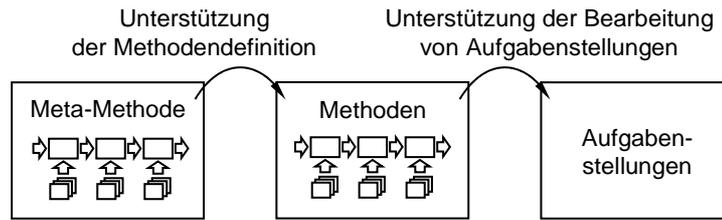


Abb. 3-4: Meta-methodische und methodische Unterstützung

Vor diesem Hintergrund können unmittelbare und mittelbare Unterstützungswirkungen sowie resultierende unmittelbare und mittelbare Anforderungen an die Meta-Methode und die zu definierenden heuristischen Methoden unterschieden werden.

Die Meta-Methode selbst stellt unmittelbar methodische Unterstützung für die Definition von Methoden bereit. Hieraus resultieren entsprechend unmittelbare Anforderungen an die Meta-Methode.

Die wichtigste Anforderung an methodische Unterstützung im Allgemeinen ist, dass diese effektiv und effizient ist, d. h. die Erarbeitung guter Lösungen soll hinreichend zuverlässig unterstützt werden und hierbei sollen Aufwand und Nutzen in einem akzeptablen Verhältnis stehen (vergl. Daenzer & Huber, 2002, S. XXIII). Dem und der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit entsprechend ist die primäre unmittelbare Anforderung an die Meta-Methode, dass diese die *Definition von heuristischen Methoden unterstützt*.

Die unter Anwendung der Meta-Methode zu definierenden heuristischen Methoden wiederum sollen unmittelbar die Bearbeitung von Aufgabenstellungen unterstützen; die Meta-Methode unterstützt demnach die Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen mittelbar. Aus diesen Aufgabenstellungen resultieren somit unmittelbare Anforderungen an die zu definierenden Methoden und mittelbare Anforderungen an die Meta-Methode (Abb. 3-5).

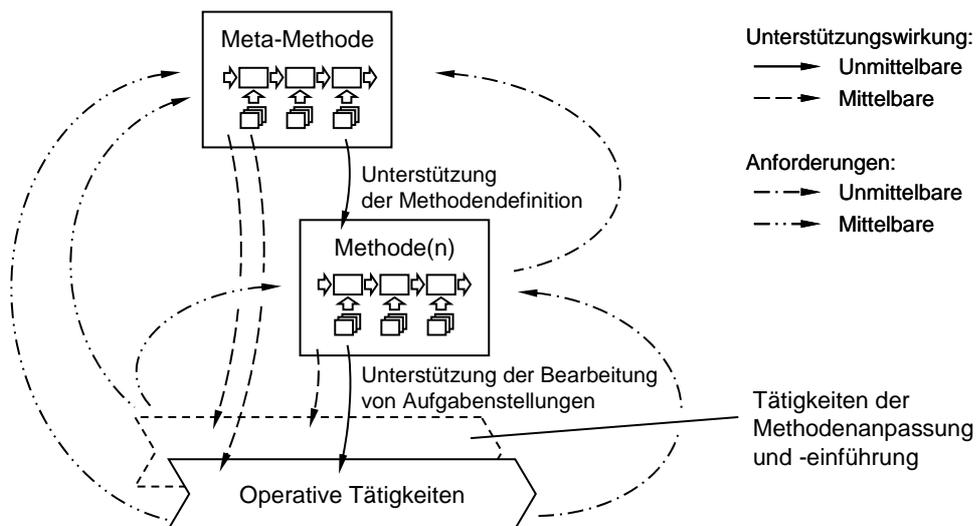


Abb. 3-5: Unmittelbare und mittelbare Unterstützung und Anforderungen

Der Gegenstandsbereich der zu definierenden heuristischen Methoden umfasst *Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen*. Eine grundsätzliche weitergehende Einschränkung des Gegenstandsbereichs erfolgt im Interesse der Größe des Geltungsbereichs der Meta-Methode nicht von vornherein.

Der Fokus der Unterstützungswirkung der zu definierenden heuristischen Methoden liegt dabei auf der *Handhabung von Komplexität* im weiteren Sinne. Dies ist dementsprechend eine unmittelbare Anforderung an die zu definierenden heuristischen Methoden und zumindest auch eine mittelbare Anforderung an die Meta-Methode.

Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Entwicklung einer Methode zur Unterstützung der Bearbeitung einer Klasse von im weiteren Sinne komplexen Aufgabenstellungen ebenfalls eine komplexe Aufgabenstellung darstellt: Aufgabenstellungen beinhalten Zielvorstellungen und werden unter bestimmten Rahmenbedingungen bearbeitet. Konkrete Zielvorstellungen sind Ausprägungen allgemeiner angestrebter Operationsfolgen, welche wiederum mittelbare Bestandteile von Methoden sind. Komplexe Zielvorstellungen und Rahmenbedingungen finden sich daher in zugehörigen Methoden für die Bearbeitung wieder. Aus diesem Grunde ist die Unterstützung der Handhabung von Komplexität im weiteren Sinne nicht nur eine mittelbare, sondern zudem auch eine unmittelbare Anforderung an die Meta-Methode.

Die Entstehung eines Nutzens erfordert grundsätzlich die tatsächliche Anwendung einer ansonsten lediglich abstrakt anweisenden Methode, d. h. die Überführung der abstrakten Methode in einen konkreten Prozess, der entsprechend der Methode dann ein Ergebnis produziert. Da Methoden invariant über einer Klasse von Aufgabenstellungen anwendbar sein sollen (Müller, 1990, S. 17), abstrahieren sie von bestimmten Rahmenbedingungen ihrer Anwendung. Eine Anwendung einer Methode erfordert daher grundsätzlich eine Konkretisierung der Methode in Form der Anpassung und Einführung. Hierunter sind alle die tatsächliche Ausführung der vorgeschriebenen Prozedur ermöglichenden und vorbereitenden Maßnahmen zu verstehen, d. h. insbesondere die Anpassung der Methode an die jeweiligen konkreten Rahmenbedingungen. In Abhängigkeit von Art und Umfang der jeweiligen Methode kann in diesem Zusammenhang über den Bearbeiter hinausgehend die Unternehmensführung betroffen sein, beispielsweise im Fall globaler Ablaufpläne für einzelne Produktlebensphasen.

Vor diesem Hintergrund ist von der Meta-Methode eine *Unterstützung auf Bearbeiter- und Prozessebene* zu fordern. Die zu definierenden heuristischen Methoden sollen demnach, über die unmittelbare Unterstützung auf der Ebene operativer Tätigkeiten hinausgehend, auch zumindest mittelbar die Umsetzung der Methode in einen konkreten Prozess unterstützen, d. h. die Anpassung und Einführung der Methode. Die zu definierenden heuristischen Methoden sind also keine Prozessmanagementmethoden per se, sie sollen jedoch für die Umsetzung in

Prozesse geeignet sein. Dies ist eine mittelbare Anforderung jeweils an die zu definierenden heuristischen Methoden sowie an die Meta-Methode.

Komplexität kann besser durch diskursives Denken bewältigt werden als durch intuitives Denken. Dies hängt damit zusammen, dass Problembewusstsein eine notwendige Voraussetzung für intuitives Denken ist und komplexe Handlungssituationen definitionsgemäß gerade durch solche Merkmale gekennzeichnet sind, aufgrund derer ein adäquates Problembewusstsein beim Bearbeiter regelmäßig nicht vorhanden ist, insbesondere durch Intransparenz, Unkenntnis und falsche Hypothesen (siehe 2.2). Es ist daher von der Meta-Methode zu fordern, dass durch sie eine *Unterstützung diskursiven Denkens* erfolgt. Entsprechend der Anforderung der Handhabung der Komplexität ist dies sowohl unmittelbar als auch mittelbar zu fordern. Dies bedeutet, die Vorgehensweisen *bei der Methodendefinition und bei der Bearbeitung von Aufgabenstellungen* sollen jeweils systematisch, schrittweise und mitteilbar sein.

Da diskursive Prozeduren zur Erhöhung der Transparenz von Methoden für Bearbeiter und das Management beitragen, ist dies weitergehend auch im Hinblick auf die Akzeptanz von methodischer Unterstützung und deren Umsetzbarkeit in Prozesse relevant. Dies ist von besonderer Bedeutung, da ein Nachweis der Wirksamkeit von Problemlösungsmethoden auf die Faktoren Qualität, Zeit und Kosten regelmäßig nicht möglich ist. Das betrifft insbesondere deren quantitative Wirksamkeit. Hierin liegt im Fall von Problemlöseprozessen ein wesentlicher Unterschied zu regelmäßig wiederkehrenden Routineprozessen beispielsweise im Bereich der Fertigung: Die Wirtschaftlichkeit von Veränderungen solcher Routineprozesse kann einfacher nachgewiesen werden. Ein Einsatz von heuristischen Methoden in der industriellen Praxis hängt daher davon ab, dass diese von den jeweiligen Entscheidungsträgern als wirksam eingeschätzt werden (Ehrlenspiel, 2003, S. 8). Bei grundlegenden Veränderungen von Prozessen betrifft dies die Unternehmensführung. Innerhalb von Teilprozessen haben jedoch regelmäßig die Bearbeiter selbst Entscheidungsfreiräume bezüglich des Einsatzes heuristischer Methoden.

Eine Definition von Prozessmodellen kann top-down oder bottom-up erfolgen. Ausschlaggebend hierfür ist, ob eher problemorientiert inkrementelle Veränderungen ausgehend von existierenden Abläufen und Strukturen oder eher zielorientiert tiefgreifende Veränderungen auf Grundlage einer Neuorganisation beabsichtigt sind (Bogaschewsky & Rollberg, 1998, S. 249 f.; Gaitanides u. a., 1994, S. 6 f.). Ein meta-methodischer Ansatz sollte grundsätzlich *für Top-Down- und Bottom-Up-Ansätze sowie für Kombinationen geeignet* sein. Dies bedeutet in Verbindung mit der Forderung nach einer diskursiven Vorgehensweise bei der Methodendefinition, dass der meta-methodische Ansatz sowohl eine *schrittweise Konkretisierung*, wie auch eine *schrittweise Abstraktion und Aggregation* von Prozessmodellen unterstützen soll. Hierbei sollten Konkretisierung und Abstraktion *nach einheitlichen oder zumindest aufeinander abbildbaren Kriterien* erfolgen, um eine Nahtstelle zwischen beiden Entwicklungs-

richtungen bereitzustellen und somit zu gewährleisten, dass die jeweilige Entwicklungsrichtung kontextspezifisch flexibel handhabbar ist.

Methoden sind Systemmodelle und können grundsätzlich hierarchisch strukturiert werden. Es bietet sich insofern bei der Entwicklung heuristischer Methoden eine Nutzung existierender Methoden als Sub- oder Supersysteme an, sofern diese für die intendierte Anwendung geeignet sind. Dies erfordert eine *Unterstützung der Auswahl und Bewertung existierender Methoden* in dem Sinne, dass sowohl die Beurteilung der grundsätzlichen Einsatzeignung (Auswahl) als auch ein relativer Vergleich (Bewertung) von in Frage kommenden Methoden unterstützt werden soll.

Eine Zusammenfassung der spezifischen Anforderungen an meta-methodische Unterstützung enthält *Tab. 3-1*.

Tab. 3-1: Spezifische Anforderungen an meta-methodische Unterstützung

| |
|---|
| Unterstützung der Definition von heuristischen Methoden |
| Eignung für Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen |
| Unterstützung der Handhabung von informationeller Komplexität im weiteren Sinne ⇒ Unmittelbar bei der Definition von Methoden ⇒ Mittelbar bei der Bearbeitung von Aufgabenstellungen |
| Unterstützung diskursiver Prozeduren ⇒ Unmittelbar bei der Definition von Methoden ⇒ Mittelbar bei der Bearbeitung von Aufgabenstellungen |
| Mittelbare Unterstützung auf Bearbeiter- und Prozessebene |
| Flexible Entwicklungsrichtung ⇒ Konkretisierung (top-down) sowie Abstraktion und Aggregation (bottom-up) ⇒ Einheitliche Kriterien für Konkretisierung sowie Abstraktion und Aggregation |
| Unterstützung der Auswahl und Bewertung existierender Methoden |

Über diese spezifischen Anforderungen hinaus existieren *weitere allgemeine Anforderungen* an methodische Unterstützung, die vorwiegend den psychologischen Faktoren motiviert sind. Beispielsweise fordern Daenzer & Huber (2002, S. XXIII) in Bezug auf heuristische methodische Unterstützung, diese solle Begabung, Fähigkeit und Problembewusstsein nicht ersetzen, sondern voraussetzen und stimulieren, mit sinnvollem Problemlösungsverhalten verträglich sein, zu Intuition und Kreativität nicht im Gegensatz stehen, sondern diese nutzbar machen, und kein strikt zu befolgendes „Rezept“ sein, sondern ein kreativer, intelligent anzuwendender Leitfaden zur Problemlösung. Diese allgemeinen Anforderungen betreffen sowohl meta-methodische als auch methodische Unterstützung.

4 Analyse existierender Ansätze

4.1 Auswahl relevanter Ansätze

Auf Grundlage der geklärten Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit kann die Relevanz existierender Ansätze beurteilt und darauf basierend eine Auswahl der zu analysierenden Ansätze vorgenommen werden. Ausgehend von den spezifischen Anforderungen an meta-methodische Unterstützung (siehe 3.3) bestehen die für eine solche Auswahl wesentlichen Kriterien darin, dass die jeweiligen Ansätze die diskursive Definition heuristischer Methoden vor dem Hintergrund der Handhabung informationeller Komplexität durch den Bearbeiter sowie des Weiteren die Auswahl und Bewertung existierender Methoden unterstützen sollen.

Entsprechend dem systemtheoretischen Fundament sind Ansätze der *Systemtechnik* generell durch inhaltliche Allgemeingültigkeit, formale Abstraktheit und durch eine ganzheitliche, Probleme strukturierende, zweckorientierte Betrachtungsweise gekennzeichnet (z. B. Checkland, 1981; Daenzer & Huber, 2002; Hall, 1962; Patzak, 1982; Ropohl, 1975; Sage, 1992). Sie sind daher grundsätzlich nicht nur für die Planung von Sachsystemen, sondern auch für die Planung des Erstellungsprozesses selbst anwendbar, d. h. für die Methodenentwicklung gemäß der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit. Systemtechnische Konzepte sind mit unterschiedlichen Zielsetzungen im Kontext der Produktentstehung angewendet worden (z. B. Lindemann, 2005; Müller, 1970; Naumann, 2006; Negele, 1998; Pulm, 2004; Wenzel, 2003). Im Mittelpunkt dieser Anwendungen steht regelmäßig eine Schaffung von Transparenz für die Vielfalt zu berücksichtigender Einflussfaktoren und deren wechselseitige Abhängigkeit bei der Planung oder Ausführung von Tätigkeiten innerhalb der Produktentstehung.

Ein wesentliches Element der *Konstruktionsmethodik* stellen phasenorientierte Ablaufpläne dar, die die allgemein anwendbaren Vorgehensstrategien der Systemtechnik in Bezug auf die maschinenbauliche Produktentwicklung konkretisieren (z. B. Hubka & Eder, 1992; Koller, 1998; Pahl u. a., 2005; Rodenacker, 1984; Roth, 1994, 2000; VDI 2221) und wesentlicher Bestandteil auch übergeordneter Modelle sind (z. B. Ehrlenspiel, 2003; Gausemeier u. a., 2001; VDI 2006). Diese Ablaufpläne strukturieren den Entwicklungsprozess in seiner Gesamtheit und unterstützen die Auswahl spezifischer Methoden auf Grundlage einer tätigkeitsorientierten Klassifizierung. Sie sind grundlegende Vorgehenshilfen zur Bearbeitung bestimmter Typen komplexer Aufgabenstellungen, die an konkrete Aufgabenstellungen anzupassen sind und insofern im Kontext der Produktentwicklung den Ausgangspunkt einer Methodenentwicklung darstellen können. Entsprechende Ansätze der konstruktionsmethodischen Forschung betrachten die Anpassung phasenorientierter Ablaufpläne an Rahmenbedingungen konkreter Aufgabenstellungen (z. B. Bichlmaier, 2000; Demers, 2000; Freisleben, 2001; Giapoulis, 1998; Meißner & Blessing, 2006a; Tegel, 1996). Andere Ansätze behandeln

die Auswahl und Anpassung spezifischer Methoden für bestimmte Phasen bzw. Tätigkeiten innerhalb bestimmter Phasen der Ablaufpläne (z. B. Albers & Meboldt, 2007; Dobberkau, 2002; Gerst, 2002; Löffler & Jagusch, 2004; Saak, 2006; Spath u. a., 2001; Walter, 2007; Zanker, 1999).

Ebenso wie die phasenorientierten Ablaufpläne der Konstruktionsmethodik konkretisieren phasenorientierte Ablaufpläne der *Softwaretechnik* die allgemeinen systemtechnischen Vorgehensstrategien, anders als jene jedoch vor dem Hintergrund der Entwicklung von Softwareprodukten. Gegenstand der Softwareentwicklung ist letztlich die Erzeugung von Programmcode zur Verarbeitung durch Computer (Gausemeier u. a., 2001, S. 260). Computerprogramme stellen algorithmische Methoden dar (siehe 2.3). Sie unterstützen die Bearbeitung komplexer Probleme durch eine effiziente informationstechnische Umsetzung der algorithmierbaren Prozeduren innerhalb des Bearbeitungsprozesses, insbesondere in Form von Anwendungssoftware (Balzert, 2001, S. 24). Für die Aufgabenklärung im Rahmen der Entwicklung solcher Software ist eine Modellvorstellung eines Prozesses bzw. der typischen Arbeitsabläufe in einem Anwendungsbereich eine wesentliche Eingangsgröße (Balzert, 2001, S. 62; Gausemeier u. a., 2001, S. 261 und S. 272 ff.), d. h. im Regelfall eine heuristische Methode. Der Fokus der Softwaretechnik unterscheidet sich demnach maßgeblich von der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit.

Phasenorientierten Ablaufplänen vergleichbar stellen auch *Gate-orientierte Ablaufpläne* Anpassungen allgemeiner systemtechnischer Vorgehensstrategien in Bezug auf konkrete Rahmenbedingungen bestimmter Anwendungsgebiete dar. Schwerpunkt Gate-orientierter Ablaufpläne ist jedoch die Definition von Entscheidungspunkten in Bezug auf ökonomische und managementorientierte Kriterien (Cooper, 2002, S. 145 ff.). Dies gilt auch für Konkretisierungen des übergeordneten Ansatzes nach Cooper (2002) für Anforderungen spezifischer Aufgabenstellungen wie z. B. der Produktplanung (Scharer, 2001, S. 65 ff.) oder des Qualitätsmanagements (VDA 4.3, S. 17 ff.). Der Fokus Gate-orientierter Ablaufpläne liegt damit anders als im Fall der konstruktionsmethodischen phasenorientierten Ablaufpläne und abweichend von der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit nicht auf der methodischen Unterstützung durch Ingenieure auszuführender Tätigkeiten vor dem Hintergrund der Handhabung informationeller Komplexität (vergl. Seidel, 2005, S. 35 ff.).

Ansätze des *Prozessmanagements* betrachten die Definition von arbeitsteiligen Prozessen zur Bewältigung der komplexen Unternehmensgesamtaufgabe in Bezug auf die wettbewerbsstrategische Unternehmensführung und -entwicklung. Ein wesentliches Ziel ist hierbei eine Reduktion des Koordinationsbedarfs (Bogaschewsky & Rollberg, 1998, S. 23 f.). Gegenstand prozessorientierten Managements ist die Gestaltung der Ablauforganisation anhand logischer Zusammenhänge von Tätigkeitsfolgen und darauf aufbauend die Festlegung der Aufbauorganisation (Gaitanides u. a., 1994, S. 4 f.). Die Prozessorganisation umfasst die Schritte Prozessanalyse und Prozesssynthese (Bogaschewsky & Rollberg, 1998, S. 192 f.). Die Definition

von Prozessen wird als zentraler Punkt der Prozessanalyse betrachtet. Es wird darunter die Fragestellung verstanden, „welche Bereiche des Unternehmens organisatorisch (um-)gestaltet werden sollen und welche Abschnitte hiervon in Prozessen zusammenzufassen sind“ (Bogaschewsky & Rollberg, 1998, S. 207). Die anschließende Prozesssynthese zielt auf eine im Hinblick auf organisatorische Ziele optimierte Prozessstruktur. Sie umfasst die Zuordnung von Prozessabschnitten zu Stellen und die Koordination von Prozessen (Bogaschewsky & Rollberg, 1998, S. 224 ff.). Prozessmanagement bezieht sich auf die organisatorische Entwicklung, Effektivität und Effizienz des Unternehmens (Gaitanides u. a., 1994, S. 11 ff.). Probleme werden in diesem Rahmen aus Managementsicht betrachtet, die Definition heuristischer Methoden zur Unterstützung auf Arbeiterebene ist nicht Gegenstand des Prozessmanagements.

Insofern sind für die nachfolgende Analyse die Ansätze der Systemtechnik und Konstruktionsmethodik von Bedeutung, wobei entsprechend den jeweils fokussierten Rahmenbedingungen generische und spezifische Ansätze unterschieden werden können. Eine Betrachtung von Ansätzen der Softwaretechnik, Gate-orientierter Ablaufpläne sowie des Prozessmanagements erfolgt aufgrund der abweichenden Zielsetzungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit hingegen nicht.

4.2 Generische Vorgehensstrategien

4.2.1 Systemtechnik

Systemtechnik oder *Systems Engineering* (SE) beruht auf Konzepten und Vorgehensweisen der Allgemeinen Systemtheorie (siehe 2.1) und wendet diese auf konkrete praktische Aufgabenstellungen an.

Systems Engineering: Eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Wegleitung zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme (Daenzer & Huber, 2002, S. XVIII).

Die Unterstützung der Bewältigung von Komplexität ist eine Gemeinsamkeit systemtechnischer Ansätze. Beispielsweise beschreibt Ropohl (1975, S. 68 f.) SE als allgemeinen Problemlösungsansatz zur Bewältigung komplexer Herausforderungen in allen Bereichen der Technik. Patzak (1982, S. 2) sieht die Aufgabe des SE darin, für interdisziplinäre und komplexe Aufgabenstellungen innovative Lösungen zu finden und dabei den Planungsprozess im Hinblick auf Effektivität und Effizienz zu optimieren. Hall (1962, S. 5) bezeichnet steigende Komplexität von Systemen als einen der wesentlichen kausativen Faktoren des SE. Auch Checkland (1981, S. 59 f.) und Sage (1992, S. 9) nennen die Bewältigung von Komplexität als eine entscheidende Herausforderungen an das SE.

Dementsprechend steht der Problemlösungsprozess im Zentrum des SE. Hierbei sind die sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren die eigentliche Systemgestaltung bzw. Systemplanung, d. h. inhaltliche Aspekte der Lösungsfindung, und das Projektmanagements, d. h. Aspekte der Koordination und Organisation des Problemlösungsprozesses (Daenzer & Huber, 2002, S. XIX f.; Patzak, 1982, S. 17). Sowohl Systemgestaltung als auch Projektmanagement werden von der SE-Philosophie unterstützt, die in Form des Systemdenkens und eines allgemeinen Vorgehensmodells als Leitfaden der Problemlösung dient (Abb. 4-1).

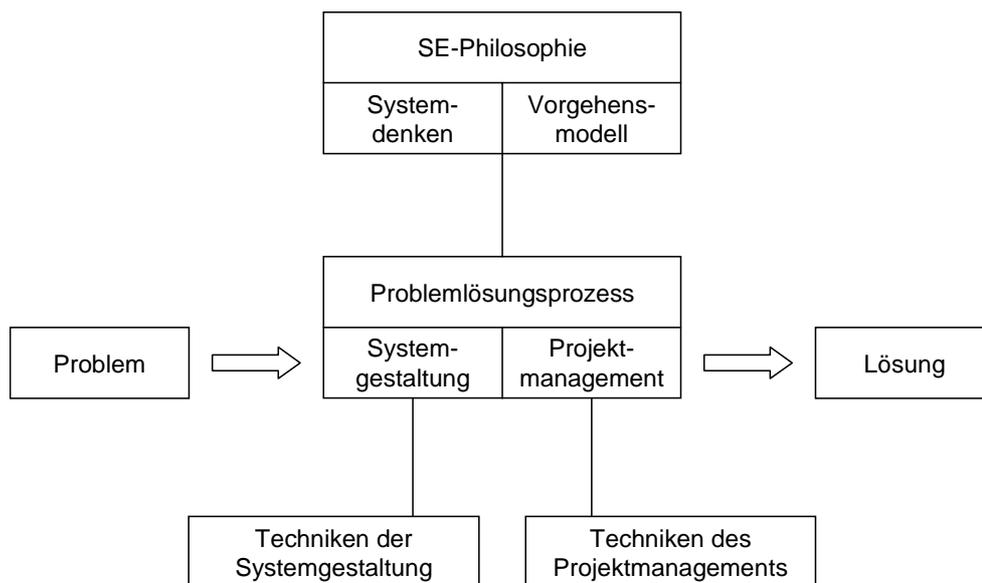


Abb. 4-1: Komponenten des Systems Engineering (nach: Daenzer & Huber, 2002, S. XIX)

Das *Systemdenken* beinhaltet Konzepte zur Beschreibung komplexer Gesamtheiten und Zusammenhänge, modellhafte Ansätze zur Veranschaulichung realer komplexer Erscheinungen ohne unzulässige Verallgemeinerung und Ansätze zur Unterstützung gesamtheitlichen Denkens (Daenzer & Huber, 2002, S. 4), insbesondere in Bezug auf Relationen zwischen Ganzheit und Teil sowie zwischen Funktion, Struktur und Hierarchie eines Systems (Patzak, 1982, S. 4 f.; Ropohl, 1975, S. 68). Das Systemdenken stellt demnach ein objektunabhängiges, formal-abstraktes Mittel zur zweckorientierten Beschreibung beliebiger Sachverhalte dar (Hall, 1962, S. 101; Patzak, 1982, S. 4).

Grundsätzlich kann das Systemdenken auf das Problemfeld und auf die Lösung angewendet werden. Von besonderer Bedeutung sind hierbei zum einen die Abgrenzung des Problemfelds, die den entstehenden Analyseaufwand ebenso wie die entstehenden Lösungs- bzw. Eingriffsmöglichkeiten beeinflusst, sowie zum anderen die wiederholte gemeinsame Betrachtung von Lösung und Problemfeld, d. h. die wiederholte Konfrontation des Lösungssystems mit dem Problemumfeld (Daenzer & Huber, 2002, S. 20 ff.).

Die *Vorgehensmodelle* des SE verstehen sich als generell anwendbare, fachneutrale Vorgehenssystematiken. In der SE-Literatur werden in diesem Zusammenhang unterschiedliche Modelle beschrieben, denen bestimmte universelle Prinzipien zugrunde liegen (Daenzer & Huber, 2002, S. 29):

- Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“
- Prinzip der Variantenbildung
- Phasengliederung als Makro-Logik
- Problemlösungszyklus als Mikro-Logik

Das *Vorgehensprinzip* „vom Groben zum Detail“ betont eine Vorgehensweise, bei der von einem zunächst weiter gefassten Betrachtungsfeld schrittweise eingeengt wird, d. h. es werden generelle Ziele und ein genereller Lösungsrahmen festgelegt, bevor orientiert an Konzepten höherer Ebenen eine Detaillierung und Konkretisierung der Lösung erfolgt (Daenzer & Huber, 2002, S. 73) (*Abb. 4-2*).

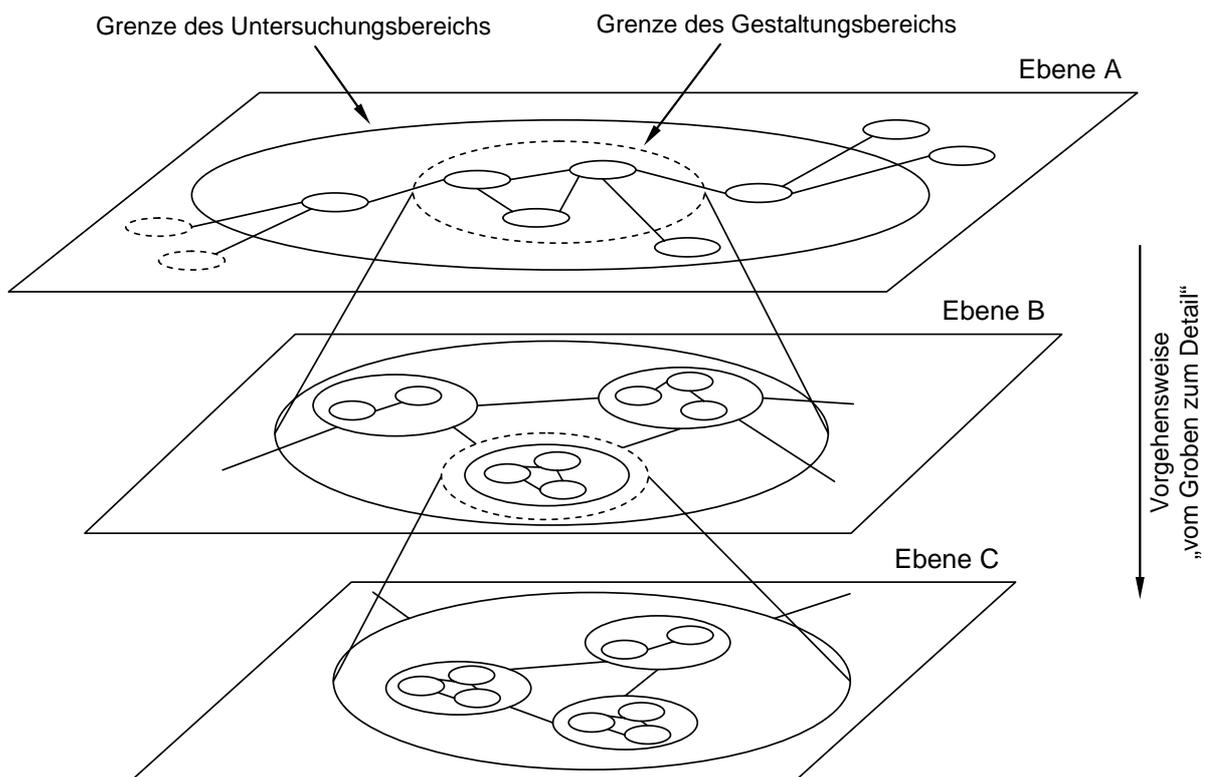


Abb. 4-2: Einengen des Betrachtungsfelds (nach: Daenzer & Huber, 2002, S. 32)

Durch diese Vorgehensweise (top-down) wird die Problemlösung am Gesamtproblem ausgerichtet (Patzak, 1982, S. 130). Sie wird daher für komplexe Aufgabenstellungen empfohlen, insbesondere bei Neugestaltungen und Umgestaltungen größeren Ausmaßes; bei Detailoptimierungen vorhandener und funktionierender Lösungen oder der routinemäßigen Lösung im

Grunde bekannter Probleme kann hingegen auch eine sofortige Beschäftigung mit Detailfragen und die anschließende Integration der Einzelmaßnahmen (bottom-up) zweckmäßig sein (Daenzer & Huber, 2002, S. 30 ff.).

Das *Prinzip der Variantenbildung* empfiehlt, sich vor der detaillierten Ausarbeitung einer Lösungsidee auf einer abstrakteren Stufe das Prinzip der Lösung bewusst zu machen, dieses in Bezug zum Problemzusammenhang zu setzen und nach alternativen Lösungsprinzipien zu suchen. In Verbindung mit dem Vorgehensprinzip „vom Groben zum Detail“ ergibt sich eine Vorgehensweise der stufenweisen Variantengenerierung, die von einer ebenfalls stufenweisen Reduktion der Variantenvielfalt durch entsprechende Beurteilungs- und Bewertungsschritte zu begleiten ist (Daenzer & Huber, 2002, S. 33 f.; Patzak, 1982, S. 131) (Abb. 4-3).

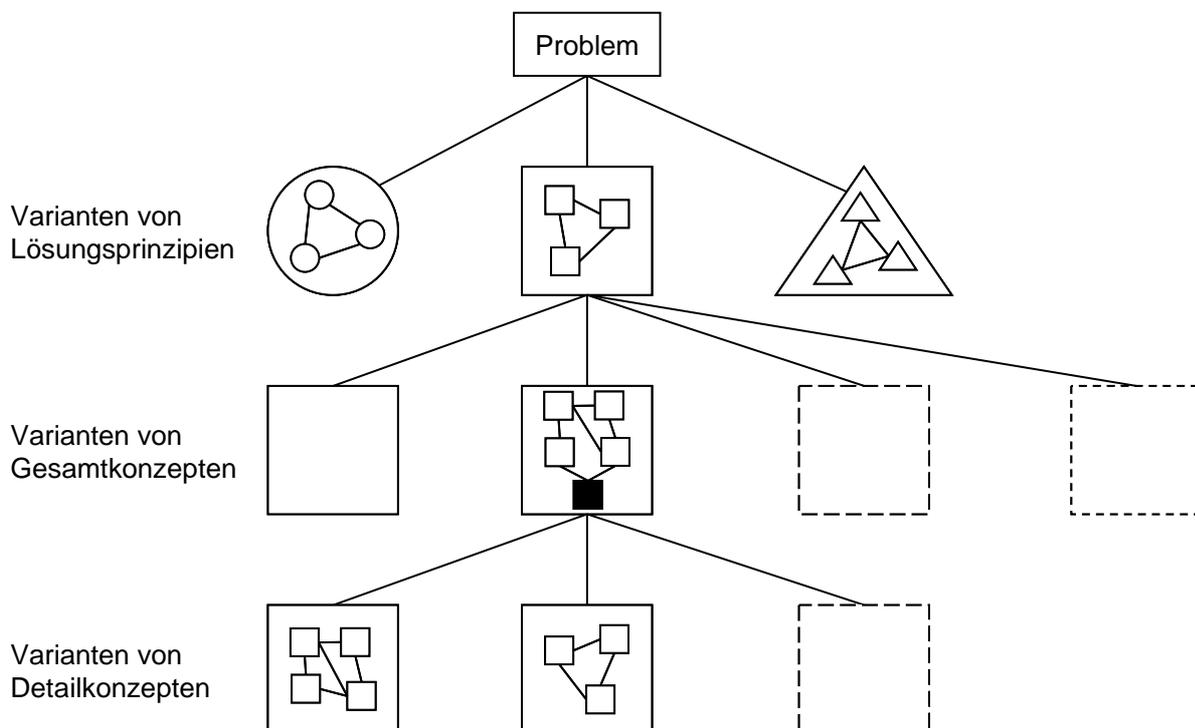


Abb. 4-3: Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ mit Variantenbildung (nach: Daenzer & Huber, 2002, S. 34)

Im Rahmen der technischen Entwurfsarbeit sind Strukturen von Systemen zu entwerfen, die ein bestimmtes Verhalten verursachen. Bei der Systemgestaltung gemäß der Vorgehensweise nach Abb. 4-3 wechseln daher funktions- und strukturorientierte Betrachtungen beim Übergang von einer Ebene auf die nächst tiefere einander ab. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass strukturbezogene Entscheidungen bei der Systemgestaltung durch informationelle Unschärfe gekennzeichnet und insofern unsicher sind. Zur Beseitigung dieser Unsicherheit wäre eine vollständige Explizierung des Lösungsraums erforderlich (siehe 2.2), welche normalerweise praktisch und zudem oft auch prinzipiell nicht erfolgen kann (Daenzer & Huber, 2002, S. 34 f.).

Mittels der *Phasengliederung als Makro-Logik* wird eine Gliederung des Werdegangs einer Lösung in überschaubare Teilabschnitte bewirkt. Ziel ist es, einen stufenweisen Planungs-, Entscheidungs- und Konkretisierungsprozess zu ermöglichen, bei dem die am Ende der jeweiligen Phasen zu erreichenden Ergebnisse hinreichend transparent sind, so dass aus diesen auszuführende Tätigkeiten abgeleitet werden können. Hierbei werden *Lebensphasen* eines Systems bzw. einer Lösung und *Projektphasen* zur Entwicklung und Realisierung der Lösung unterschieden (Daenzer & Huber, 2002, S. 37) (Abb. 4-4).

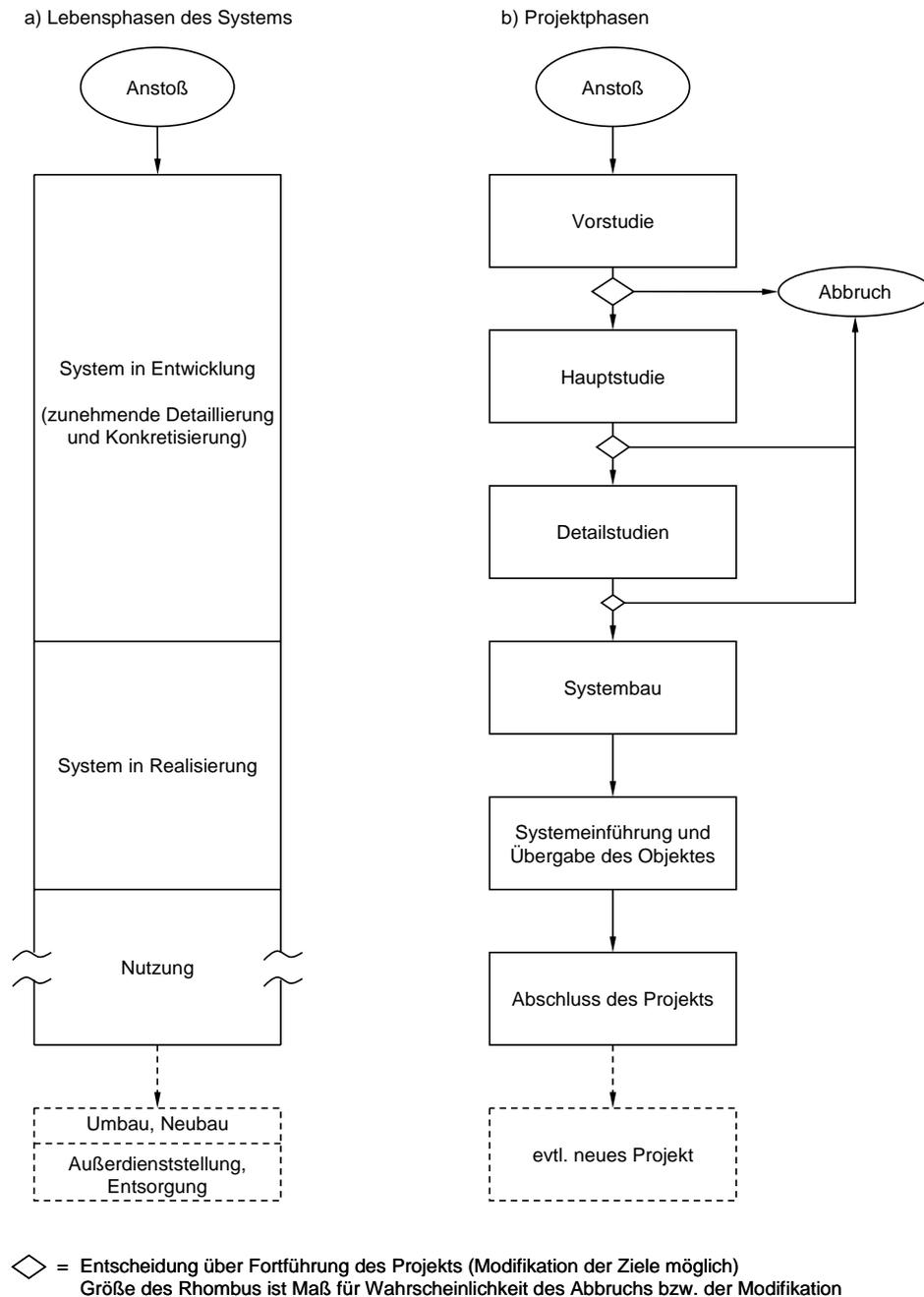


Abb. 4-4: Grundmodell des SE-Phasenkonzepts (nach: Daenzer & Huber, 2002, S. 38).
a) Systemlebensphasen; b) Projektphasen

Die Projektphasen orientieren sich an bestimmten Detaillierungs- und Konkretisierungszuständen der Lösung. Ein *Anstoß* zu einem Projekt kann durch einen expliziten oder impliziten Aufgaben- oder Problemsachverhalt im Zusammenhang mit bestehenden Interessen erfolgen (siehe 2.2). Eine anschließende *Vorstudie* vollzieht einen Klärungsprozess bzgl. vorhandener Bedürfnisse und der Abgrenzung des Untersuchungs- und Gestaltungsbereichs. Es werden Anforderungen, grundsätzliche Lösungsmöglichkeiten und deren Konsequenzen und Voraussetzungen erarbeitet, um eine Entscheidung über die Fortführung des Projekts und ggf. für ein bestimmtes Lösungsprinzip zu ermöglichen. Die *Vorstudie* dient als Grundlage für eine *Hauptstudie*, in der auf Basis des Lösungsprinzips Gesamtkonzeptvarianten als fundierte Entscheidungsgrundlage entworfen werden. Nach der Ausweitung des Untersuchungsbereichs in der *Vorstudie* erfolgt in der *Hauptstudie* eine Einengung des Betrachtungsfelds mit Fokus auf dem Aufbau der konkreten Lösung. Ergebnis der *Hauptstudie* ist die Entscheidung für ein Gesamtkonzept, welches als Grundlage für die Strukturierung der folgenden Phasen dient und Investitionsentscheidungen sowie die Definition von Teilprojekten ermöglichen soll. Gegenstand von *Detailstudien* sind Subsysteme oder einzelne Systemaspekte des Gesamtkonzepts, für die unter starker Einengung des Betrachtungsfelds detaillierte Lösungskonzepte und Gestaltungsvarianten erarbeitet werden. In der anschließenden Phase des *Systembaus* werden Teil- und Gesamtlösung realisiert, die anschließend in der Phase der *Systemeinführung* (bei komplexen Systemen ggf. stufenweise) in die Nutzung überführt werden. Der *Abschluss* des Projekts erfolgt durch Tätigkeiten nach Übernahme der Lösung durch den Auftraggeber. Darüber hinaus kann eine analysierende, konsolidierende Begleitung der Lösung in einer Phase der *Nutzung und Instandhaltung* erfolgen (Daenzer & Huber, 2002, S. 39 ff.).

Ropohl (1975, S. 49 ff.) beschreibt ein vergleichbares Projektphasenmodell aus *Vorstudie - Hauptstudie - Entwicklung und Konstruktion - Herstellung - Verwendung - Auslaufphase* und bezeichnet dieses als generalisierte Ablaufstruktur eines Handlungssystems.

Handlungssystem: In ingenieurtechnischer Sichtweise ein soziotechnisches System, welches aus einer gewissen Anzahl von Menschen bzw. Gruppen von Menschen besteht, die unter Nutzung von technischen Einrichtungen zusammenwirken, um Zielsystemen entsprechende Sachsysteme hervorzubringen (Ropohl, 1975, S. 45).

Zielsystem: In ingenieurtechnischer Sichtweise eine geordnete Menge von Zielvorstellungen, d. h. zueinander in bestimmten Beziehungen stehende Bewusstseinsinhalte bezüglich Zielvorgaben an die Ingenieur Tätigkeit, die aus dem Handlungssystem oder dessen Umgebung resultieren können (Ropohl, 1975, S. 33 und S. 58).

Sachsystem: In ingenieurtechnischer Sichtweise ein konkretes, d. h. objektiv in der empirisch fassbaren Welt vorkommendes System, welches künstlich ist, d. h. vom Menschen gestaltet (Ropohl, 1975, S. 34).

Die Lebens- und Projektphasenmodelle des SE erfüllen die Funktion von Grundmodellen, welche entsprechend konkreten Rahmenbedingungen zu modifizieren sind. Dies kann beispielsweise durch Zusammenlegung der Studien zu einer einzelnen Entwicklungsphase oder durch Erweiterung in Form von Vor-Machbarkeitsstudien vor einer Vorstudie oder von Testphasen erfolgen (Daenzer & Huber, 2002, S. 45).

Der *Problemlösungszyklus* als Mikro-Logik stellt eine Unterstrategie zur Präzisierung der Vorgehensweise innerhalb der unterschiedlichen Projektphasen dar. Schwerpunkte des Problemlösungszyklus bilden die Teilschritte Zielsuche bzw. Zielkonkretisierung, Lösungssuche und Auswahl (Abb. 4-5).

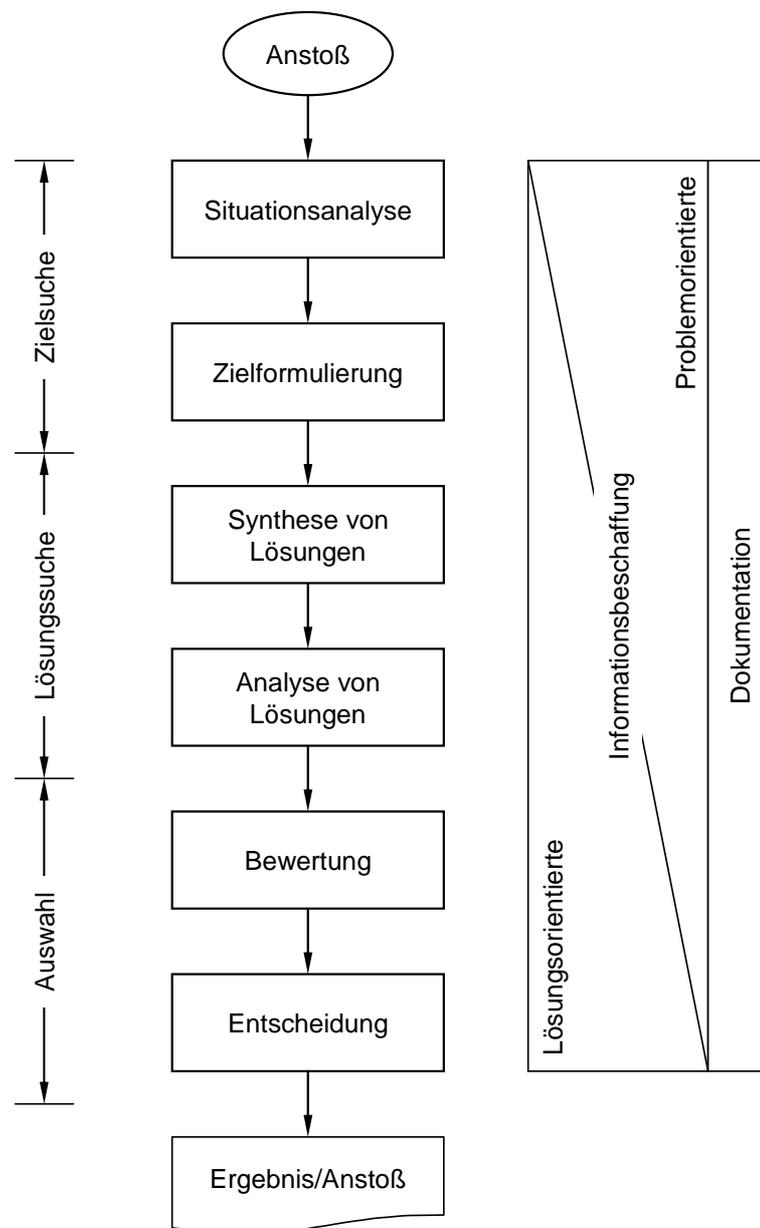


Abb. 4-5: Grundmodell des Problemlösungszyklus (nach: Daenzer & Huber, 2002, S. 48)

Der *Anstoß* kann mit dem Anstoß zur Durchführung einer Vorstudie identisch sein oder in einem Ergebnis eines vorgelagerten Planungsschritts in Form eines konkreten Arbeitsauftrags bestehen. Die *Situationsanalyse* dient der Klärung von Ausgangssituation und Aufgabenstellung, wobei systemorientierte (vorwiegend funktionsorientierte, systemische Strukturierung der Ausgangssituation), ursachenorientierte (Analyse von Symptomen, Chancen und Risiken sowie Herausarbeitung möglicher Ursachen), lösungsorientierte (Abgrenzung des Eingriffsbereichs und Erarbeitung realistischer Ziele) und zukunftsorientierte (Analyse der zukünftigen Entwicklung bezüglich Problem- und Lösungsfeld) Betrachtungsweisen zum Einsatz kommen können. Die Situationsanalyse dient somit der Erarbeitung und Dokumentation von Rahmenbedingungen der Lösungssuche und trägt zu einem verbesserten Problemverständnis bei. Auf Grundlage der Ergebnisse der Situationsanalyse wird am Ende der Zielsuche eine *Zielformulierung* vorgenommen, d. h. eine systematische Zusammenfassung der der Lösungssuche zugrunde liegenden Absichten. Mit einer Zielentscheidung am Abschluss der Zielformulierung werden die erarbeiteten Ziele verbindliche aber potenziell weiterhin dynamische Grundlage für die weitere Planung. Im Rahmen der *Synthese von Lösungen* werden auf Grundlage der Ergebnisse der Situationsanalyse und Zielformulierung Lösungsvarianten in an die jeweilige Projektphase angepasstem Konkretisierungsgrad erarbeitet. In der Phase der *Analyse von Lösungen* werden diese Lösungsvarianten auf Eignung zur Erfüllung der gestellten Anforderungen und auf Schwachstellen geprüft. Die anschließende *Bewertung* der zuvor ausgewählten Lösungen dient der systematischen Gegenüberstellung tauglicher, d. h. die Mussziele erfüllender, Lösungsvarianten. Aufbauend auf den Bewertungsergebnissen wird in der Phase der *Entscheidung* die weiter zu bearbeitende Lösungsvariante festgelegt (Daenzer & Huber, 2002, S. 47 ff.).

Die resultierenden informationellen Relationen zwischen den einzelnen Phasen des Problemlösungszyklus sind in *Abb. 4-6* zusammengefasst.

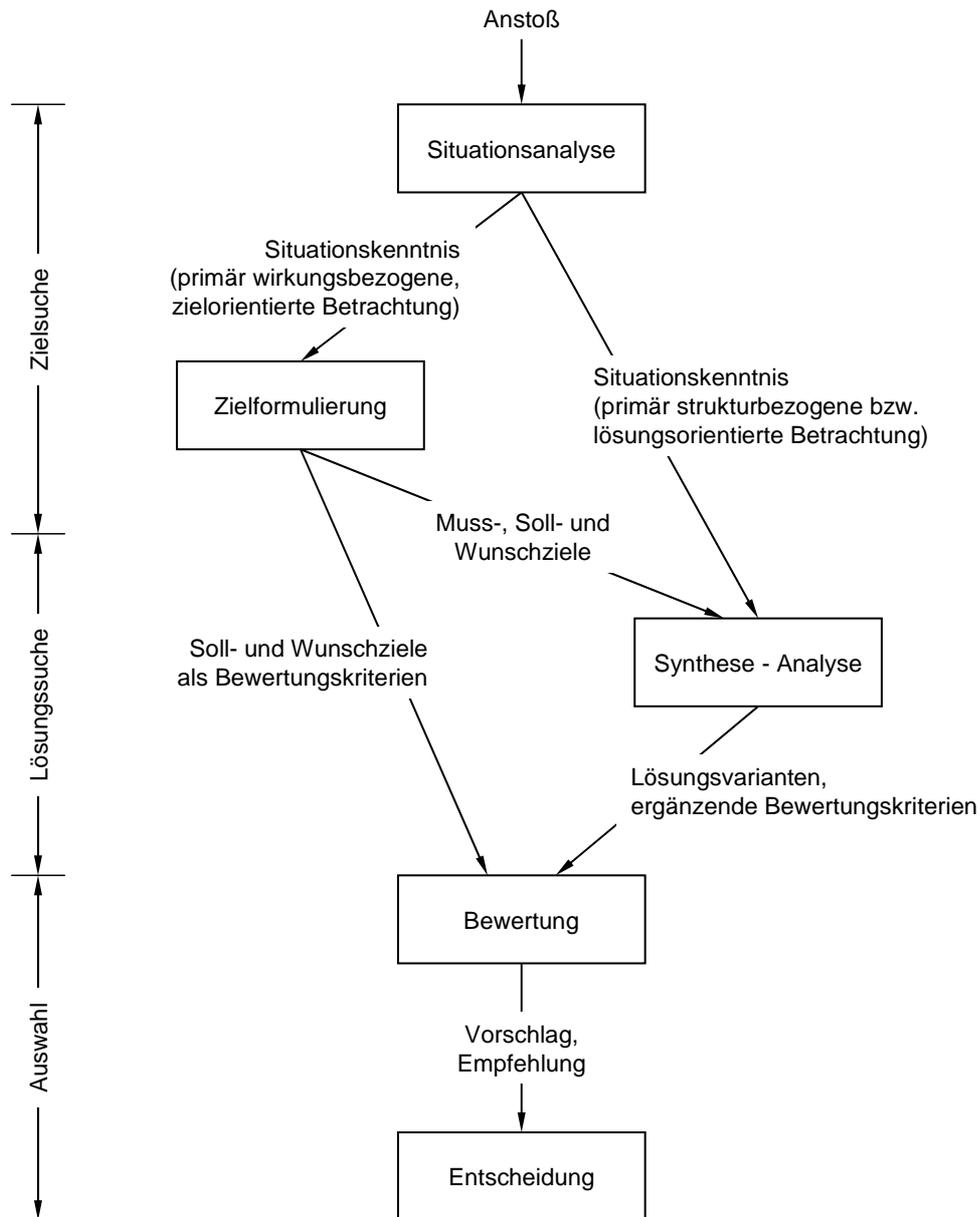


Abb. 4-6: Relationen zwischen den Teilschritten des Problemlösungszyklus (nach: Daenzer & Huber, 2002, S. 96)

Ebenso wie die Lebens- und Projektphasenmodelle stellt auch der Problemlösungszyklus entsprechend *Abb. 4-5* bzw. *Abb. 4-6* ein Grundmodell dar; Inhalt und Detaillierungsgrad der Schritte sind an den Stand der jeweiligen Projektphase anzupassen (Daenzer & Huber, 2002, S. 47).

In seiner allgemeinen Grundform kann der Problemlösungszyklus als ein „universelles Denkschema“ (Daenzer & Huber, 2002, S. 58) sowohl für einfache wie auch für komplexe Aufgabenstellungen angewendet werden. Besonders bedeutsam ist er für die Vor-, Haupt- und Detailstudien, da hier infolge der Unsicherheit und Bedeutung strukturbezogener Entscheidungs-

gen ein besonderer Bedarf an allgemeiner methodischer Unterstützung besteht. In späteren Projektphasen hingegen überwiegt die Bedeutung spezifischer Fachkenntnisse und Vorgehensweisen (Daenzer & Huber, 2002, S. 37 und S. 59). Hervorzuheben ist auch, dass es sich bei dem Problemlösungszyklus in der praktischen Anwendung nicht um einen linearen Ablauf handelt. Insbesondere geben nachfolgende Arbeitsschritte Anforderungen für die zu erzeugenden Informationen vor. Dies kann gedankliche Vorgriffe auf nachfolgende Phasen erfordern bzw. zweckmäßig machen. Darüber hinaus können auch Rückgriffe zur Modifikation von Ergebnissen aus früheren Phasen notwendig werden. Solche Wiederholungszyklen können die Abschnitte Zielsuche, Lösungssuche und Auswahl überschreiten (Grobzyklen) oder sich ausschließlich zwischen Phasen innerhalb dieser Abschnitte abspielen (Feinzyklen) (Daenzer & Huber, 2002, S. 96 ff.).

Vergleichbare allgemeine Strategien zur Abwicklung einzelner Projektphasen finden sich in Form des Modells *Problemdefinition - Zielauswahl - Systemsynthese - Systemanalyse - Alternativenauswahl - Vorgehensplanung* in (Hall, 1962, S. 88 ff.) und als Modell *Zielanalyse - Umgebungsanalyse - Funktionsdefinition - Systemsynthese - Systemanalyse - Bewertung und Auswahl - Ausarbeitung* als Detailstruktur einzelner Projektphasen in (Ropohl, 1975, S. 51 ff.).

SE-Rahmenwerk nach Sage

Auch Sage betont die Bedeutung des SE-Prozesses für die Ausführungs- und Ergebnisqualität und definiert diesen als „design, production, and maintenance of trustworthy systems within cost and time constraints“ (1992, S. 10). Grundlegender Bestandteil des Ansatzes ist ein Ebenenmodell, in dem eingesetzte SE-Methoden und SE-Werkzeuge, deren funktionale Kombination sowie die notwendige Steuerung durch zielorientiertes Management unterschieden werden (*Abb. 4-7a*).

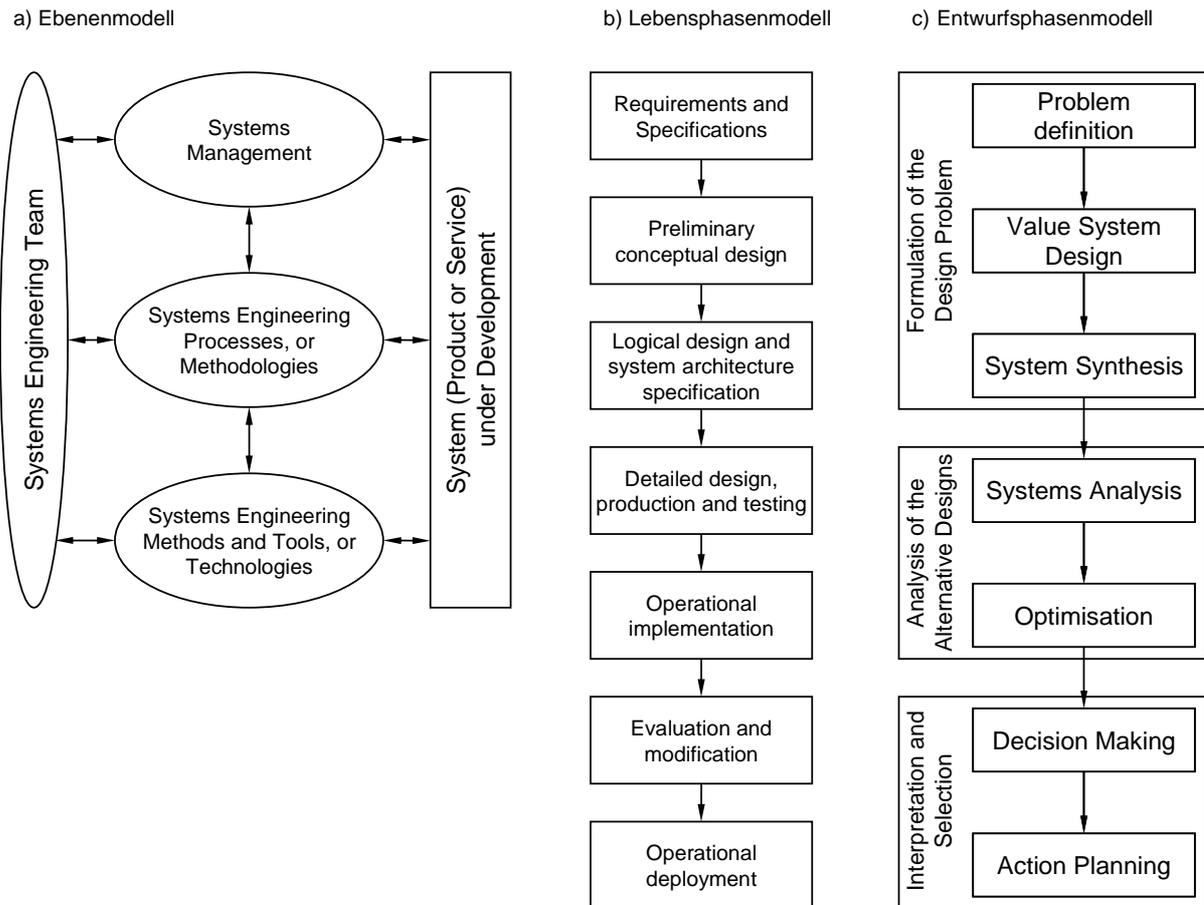


Abb. 4-7: Alternative SE-Konzepte (teilw. modifiziert nach: Sage & Rouse, 1999, S. 2; Sage, 1992, S. 10 ff.). a) Lebensphasenmodell; b) Entwurfsphasenmodell

Weitere Bestandteile des Ansatzes sind ein Lebensphasenmodell und ein Entwurfsphasenmodell. Das Entwurfsphasenmodell (Abb. 4-7c) besteht aus Problemformulierungs-, Entwurfsvariantenanalyse- und Interpretations- bzw. Auswahlphase, die aufbauend auf dem Schrittmodell nach (Hall, 1962, S. 88 ff.) konkretisiert werden. Diese Entwurfsphasen dienen zur Strukturierung des Vorgehens innerhalb der einzelnen Lebensphasen (Abb. 4-7b). Durch diese Kombination von Lebensphasen- und Entwurfsphasenmodell entsteht innerhalb des übergeordneten Ebenenmodells ein iteratives Modell des SE-Gesamtprozesses als methodisches Rahmenwerk (Element *SE-Prozesse* in Abb. 4-7a) (Sage, 1992, S. 17 f.).

Vorgehenslogik der Systemplanung und -realisierung nach Patzak

Patzak (1982, S. 129 ff.) integriert Aspekte genereller Problemlösungsstrategie in ein Projektphasenmodell. Das resultierende Modell einer *Vorgehenslogik der Systemplanung und -realisierung* enthält explizite Entscheidungs- und Iterationsschritte sowie eine Beschreibung der Arbeitsergebnisse der einzelnen Schritte (Abb. 4-8).

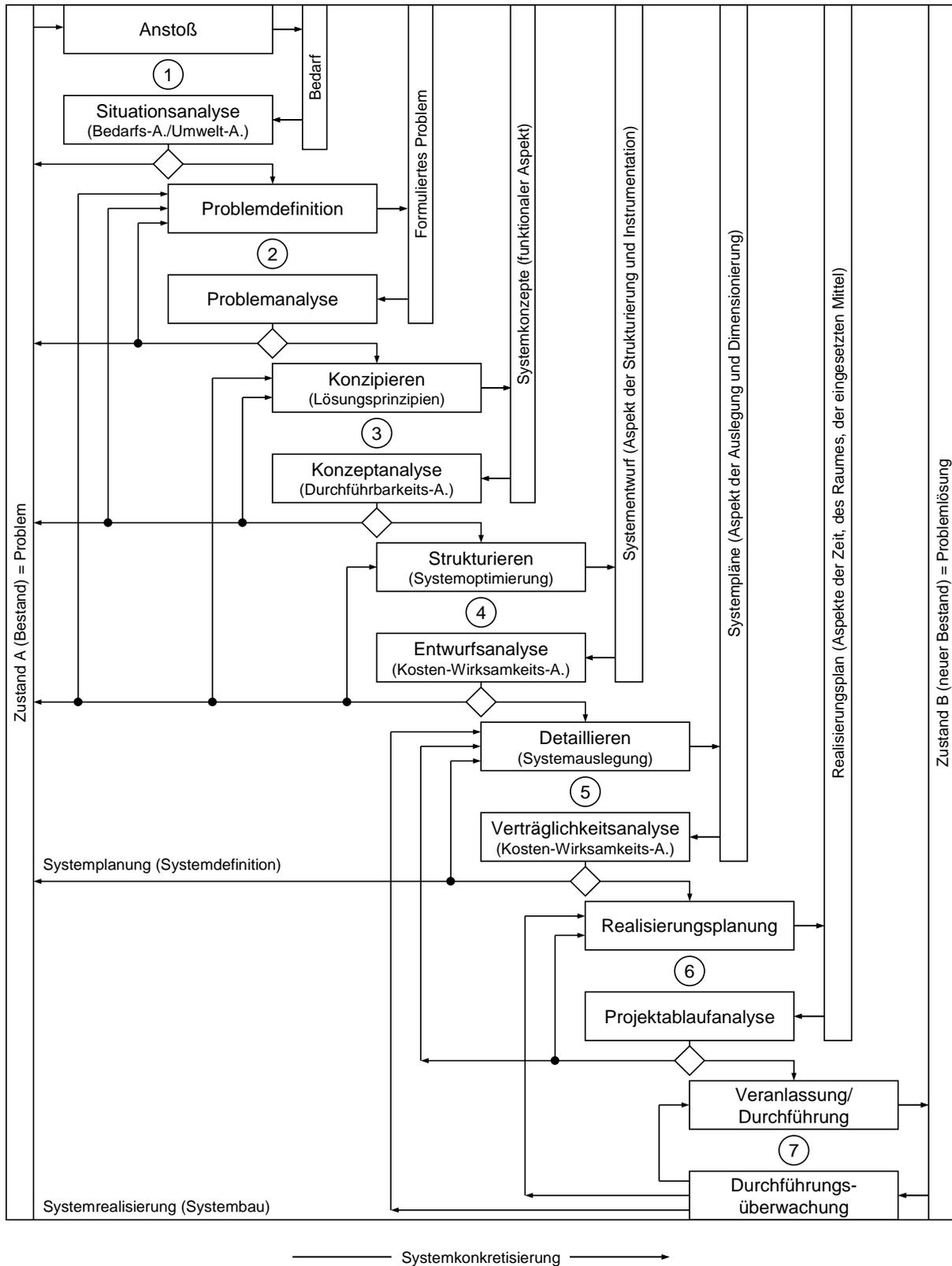


Abb. 4-8: Vorgehenslogik der Systemplanung und -realisierung (nach: Patzak, 1982, S. 134)

Soft Systems Engineering nach Checkland

Checkland vertritt einen Ansatz des *Soft Systems Thinking* mit Fokus auf „ill-structured problems“ (Checkland, 1981, S. 146), die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie nicht hinreichend klar verstanden und eindeutig beschrieben werden können. Als Beispiele für solche Problemsituationen werden typische Managementprobleme oder Probleme innerhalb sozialer Systeme genannt, in welchen Fällen oft bereits die Zielvorstellungen unklar sind. Die Prinzipien des *Soft SE* von Checkland zielen dementsprechend weniger auf eine an konkreten Zielen orientierte Vorgehensweise. Stattdessen sollen sie einen grundsätzlich offenen Diskurs zu strukturieren helfen (1981, S. 149 ff.) (Abb. 4-9).

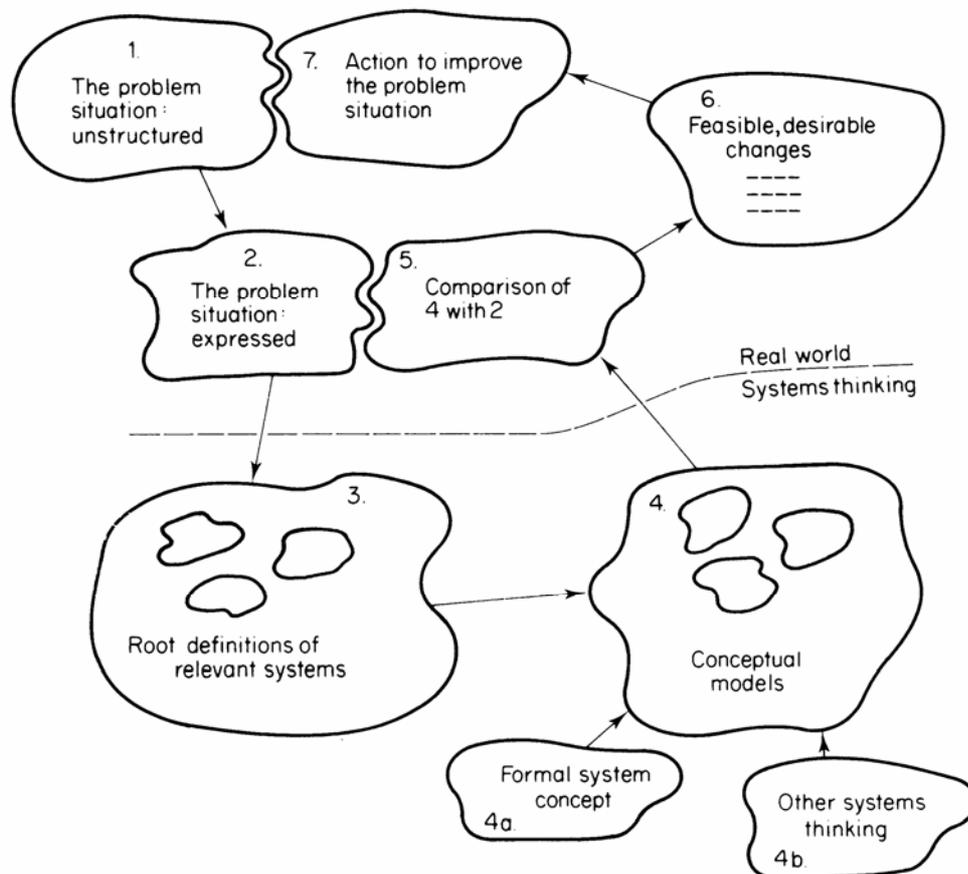


Abb. 4-9: Vorgehensmodell des Soft Systems Engineering (aus: Checkland, 1981, S. 163)

Eine wesentliche Besonderheit des Soft SE gegenüber den als *Hard SE* bezeichneten Ansätzen zur Behandlung gut strukturierbarer Probleme besteht darin, dass explizit ein frühzeitiger und wiederholter Abgleich (Phase 5 in Abb. 4-9) zwischen dem konzeptionellen Modell und der definierten Problemsituation vorgesehen ist; mit der Möglichkeit beiderseitiger Anpassung infolge vertieften Problemverständnisses. Durch diese Vorgehensweise kann ein deutlich weiteres Lösungsfeld erschlossen werden: „A RAND-type systems analysis of a weapon system will always produce a definition of a weapon system. Analysis using the ‘soft’

methodology might suggest disarmament, turning the other cheek, or political negotiation” (Checkland, 1981, S. 191; Anführungszeichen im Original). Insbesondere können Maßnahmen zur Beeinflussung der Problemsituation und deren Durchführung weniger umfangreich sein als im Falle des Hard SE, wo es in der Regel um die Schaffung und Implementierung eines neuen Systems geht. Beispielsweise wird eine Lösung oft in geringfügigen strukturellen oder prozessualen Änderungen oder in Änderungen der Einstellung gegenüber der Problemsituation (z. B. Erwartungshaltung) bestehen (Checkland, 1981, S. 180 f.).

Soft SE kann insofern als Verallgemeinerung von Hard SE angesehen werden, als bei hinreichend klar definierten Problemen die entsprechenden Schritte ineinander übergehen. Beispielsweise wird so aus der Konzeption (Phase 4 in *Abb. 4-9*) die Systemsynthese gemäß *Abb. 4-5*, S. 49 (Checkland, 1981, S. 191).

4.2.2 Anwendungen der Systemtechnik in der Produktentwicklung

Systemtechnische Konzepte sind mit unterschiedlichen Zielsetzungen im Kontext der Produktentwicklung angewendet worden (vergl. Lindemann, 2005; Naumann, 2006; Negele, 1998; Pulm, 2004; Wenzel, 2003), teilweise auch weiter gefasst im Bereich der Produktentstehung, d. h. unter Ausweitung auf die Produktion (vergl. Müller, 1970). Den im Folgenden vorgestellten Ansätzen ist gemein, dass ihre zentralen Konzepte trotz der nominellen Einschränkung ihres Gegenstandsbereichs weitgehend allgemein anwendbar sind.

Systematische Heuristik nach Müller

Die *Systematische Heuristik* (SH) ist ein Methodensystem, um die Phasen der geistig-schöpferischen Arbeit innerhalb von Problemlösungsprozessen in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereichen zu erforschen und effektiver zu gestalten (Müller, 1970, S. 40). Ihre Zielsetzungen sind Universalität bezüglich des Gegenstandsbereichs und Flexibilität in der Anwendung (Müller, 1970, S. 97). Das konzeptionelle und methodische Fundament der SH entstammt der Systemtheorie und der Systemtechnik, dies wird als „Systemwissenschaftliche Arbeitsweise“ (Müller, 1970, S. 42) bezeichnet. Hierunter fallen insbesondere Mittel zur funktionalen und strukturalen Beschreibung (Müller, 1970, S. 50 ff.) sowie Verfahren zur Analyse, Optimierung, Synthese und Klassifikation von Systemen (Müller, 1970, S. 66 ff.).

Im Rahmen der SH werden Arbeitsmethoden für bestimmte Klassen von Aufgabenstellungen in einer *Programmbibliothek* bereitgestellt. Deren zweidimensionale Strukturierung erfolgt zum einen anhand von Grundoperationen gedanklicher Bearbeitungsprozesse (Zeilen) und zum anderen anhand von im naturwissenschaftlich-technischen Bereich typischen Arten von (Teil-)Zielen (Spalten) (Müller, 1970, S. 109 f.) (*Abb. 4-10*).

| A Aufgaben- stellung | B Begriffe, Begriffs- systeme | C Gesetzes- aussagen | D Modelle | E Entwürfe | F Verfahren | G Programme |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| A1 suchen | B1 benennen | C1 bilden | D1 aufstellen | E1 Prinzip bestimmen | F1 Wirkprinzip bestimmen | G1 Algorithmus aufstellen |
| A2 präzisieren | B2 präzisieren | C2 überprüfen | D2 umformen | E2 bewerten, entscheiden | F2 experimentell ermitteln | G2 erarbeiten |
| A3 Teilaufgaben formulieren | B3 explizieren | C3 präzisieren | D3 behandeln | E3 anpassen | F3 gedanklich durcharbeiten | G3 testen |
| | B4 klassifizieren | C4 einordnen | | | F4 Schwachstellen analysieren | G4 einfahren |

Abb. 4-10: Struktur der Programmbibliothek zur Systematischen Heuristik (nach: Müller, 1990, S. 140)

In dieser Programmbibliothek bereitgestellte Arbeitsprogramme⁵ stellen Vorschriften für umfangreiche Bearbeitungsabschnitte dar. Sie werden hierarchisch in Form von Unterprogrammen, Regeln und spezifischen Methoden weiter untergliedert bzw. mit diesen verknüpft (Müller, 1990, S. 140).

Die Anwendung dieser Arbeitsprogramme im Problembearbeitungsprozess in Form von Prozedurinformationen wird durch das *Oberprogramm* der SH organisiert (Müller, 1970, S. 100) (Abb. 4-11).

⁵ Beispielhaft ist das Programm A2 in Abb. 2-7a (S. 23) dargestellt.

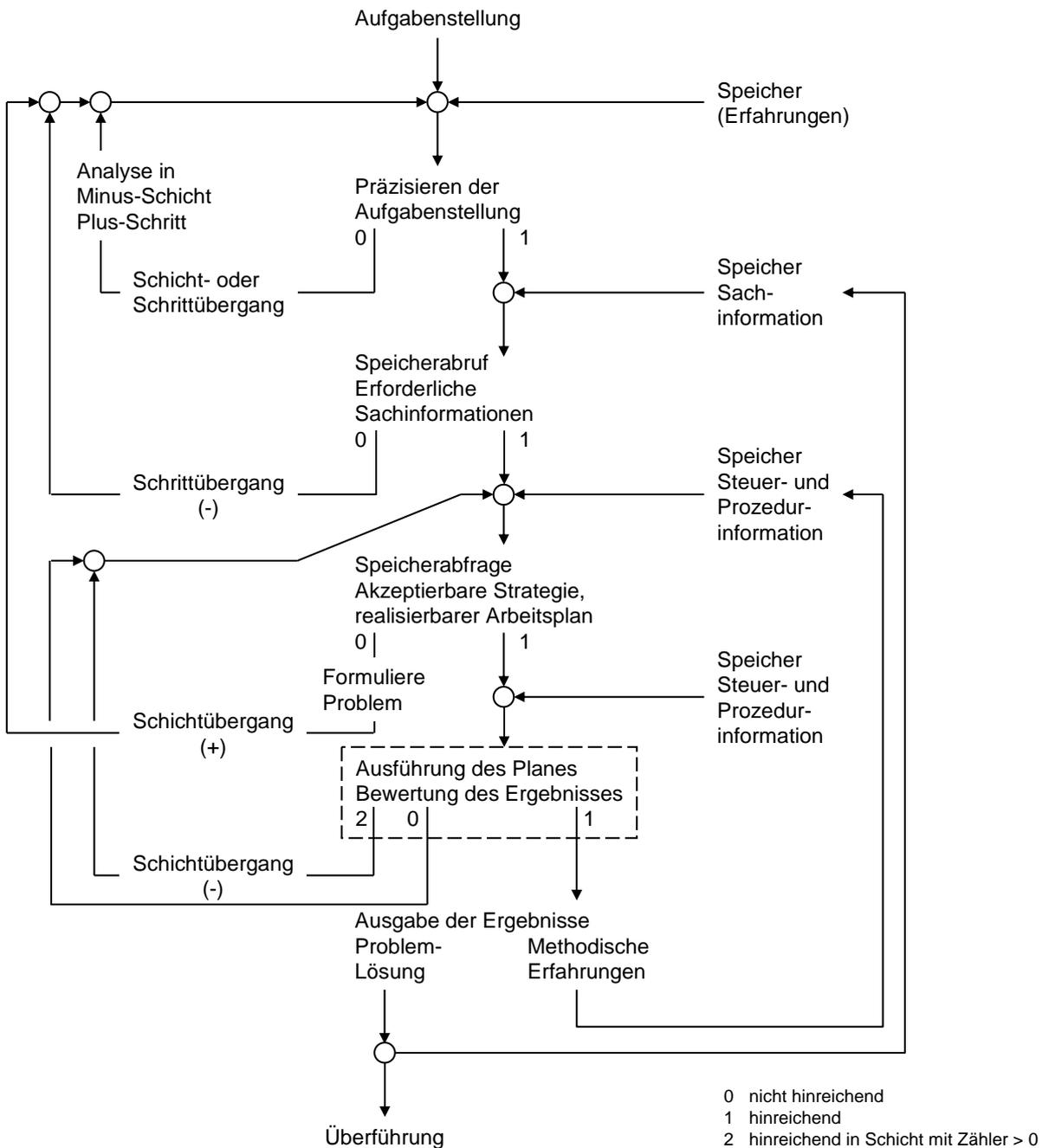


Abb. 4-11: Oberprogramm der Systematischen Heuristik (nach: Müller, 1990, S. 86)

Unter einem *Schichtübergang* ist in diesem Zusammenhang ein Übergang in eine höhere (+) oder niedrigere (-) Handlungsebene zu verstehen. Ein *Schrittübergang* bezeichnet hingegen einen Übergang in einen zuvor (-) oder anschließend (+) zu vollziehenden Abschnitt eines Prozesses derselben Handlungsebene (Müller, 1970, S. 205 f.) (Abb. 4-12 und Abb. 4-13).

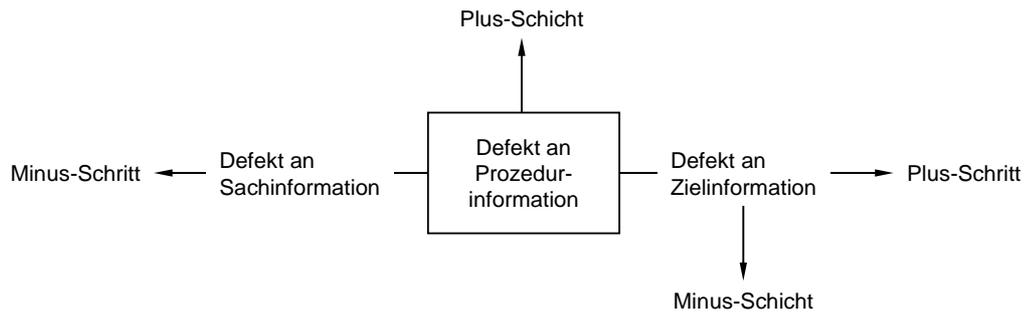


Abb. 4-12: Schicht- und Schrittübergänge (nach: Müller, 1990, S. 144)

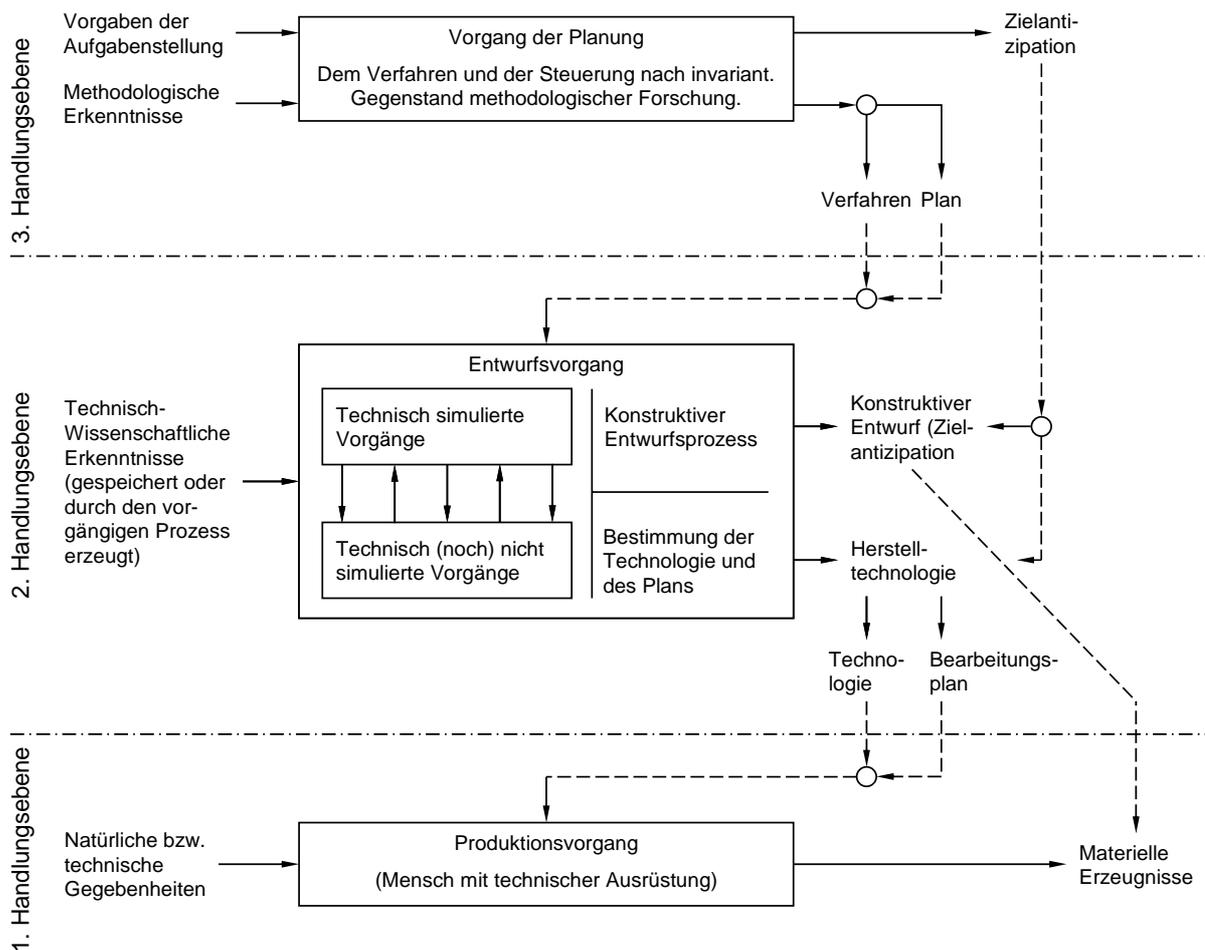


Abb. 4-13: Modell der drei Handlungsebenen (nach: Müller, 1990, S. 21)

In Bezug auf die Planung von Problemlösungsprozessen (3. Handlungsebene) fokussiert der Ansatz die Lösung konkreter Probleme, d. h. die Unterstützung eines Bearbeiters bei der Planung des eigenen, individuellen Bearbeitungsprozesses (Müller, 1990, S. 198 f.). Die Programm-bibliothek fungiert hierbei als Methodenbaukasten. Ein Zugriff auf diesen Methodenbaukasten erfordert, dass der Bearbeiter bei der Problemklärung bzw. Problemdekomposition den Kern der zu vollziehenden intelligenten Operation und entsprechend der ihm vorgegebe-

nen Rahmenbedingung die Zweckmäßigkeit der vorgegebenen Methoden beurteilen kann (Müller, 1990, S. 140). Als weitere Möglichkeiten werden die Planung von Problemlösungsprozessen durch empirische Analyse vorgefundener Arbeitsweisen erfolgreicher Bearbeiter (Müller, 1970, S. 30 ff.) sowie experimentelle Untersuchungen (Programmspeicherplatz F2 in *Abb. 4-10*) genannt. Ist dies nicht möglich, so sei „zur Erfindung von Prozeduren aufzufordern“ (Müller, 1990, S. 199).

Münchener Vorgehensmodell nach Lindemann

Das *Münchener Vorgehensmodell* (MVM) stellt eine allgemeine Vorgehensstrategie dar. Die Grundlage des MVM sind die Phasen *Problem klären - Lösungsalternativen suchen - Entscheidung herbeiführen* in Anlehnung an die Teilschritte des allgemeinen Problemlösungszyklus des SE (*Abb. 4-5*). Diese Phasen werden in die Schritte *Ziel planen - Ziel analysieren - Ziel strukturieren - Lösungsalternativen suchen - Eigenschaften ermitteln - Entscheidungen herbeiführen - Ziel absichern* weiter untergliedert. Ein wesentlicher Unterschied zum Problemlösungszyklus des SE besteht darin, dass diese Schritte explizit netzwerkartig verknüpft werden (Lindemann, 2005, S. 39 f.), ein weiterer Unterschied besteht in der besonderen Betonung der Vorbereitung der Lösungssuche und der Reflexion des eigenen Vorgehens (Braun, 2005, S. 32) (*Abb. 4-14*).

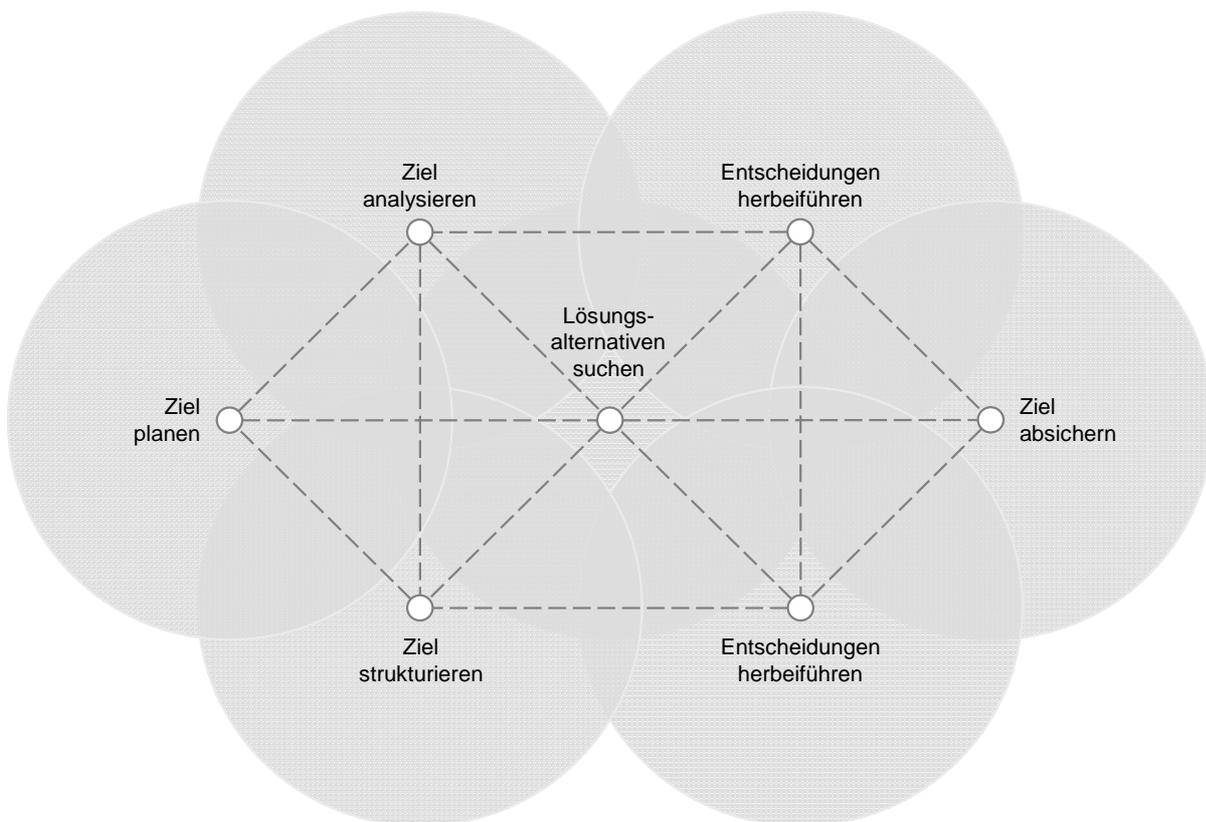


Abb. 4-14: Münchener Vorgehensmodell (nach: Lindemann, 2005, S. 40)

Das MVM ist auch zur Anwendung bei der Planung von Problemlösungsprozessen vorgesehen. Zwar ist mit der Schrittfolge Ziel planen - Ziel analysieren - Ziel strukturieren - Lösungsalternativen suchen - Eigenschaften ermitteln - Entscheidungen herbeiführen - Ziel absichern eine Standardsequenz vorgesehen, es wird aber darauf hingewiesen, dass diese Sequenz „nach Erfahrung und Situation“ (Lindemann, 2005, S. 42) modifiziert werden kann. Neben einer weitgehend flexiblen Variation der Schrittfolge (inklusive Startpunkt) sind insbesondere auch Iterationen und Verschachtelungen denk- und mittels des Modells darstellbar (Lindemann, 2005, S. 43 f.).

Aus der flexiblen Vernetzung der Schritte des MVM resultieren entsprechend große Freiheitsgrade bei seiner Anwendung (Ponn & Lindemann, 2006a, S. 76). In Bezug auf eine Unterstützung der Methodenentwicklung wird zur „Navigation“ (Lindemann, 2005, S. 45) durch das MVM auf die Anwendung von Grundprinzipien des SE (z. B. Systemdenken, Variantenbildung), der Ingenieurmethodik (z. B. Vorgehen vom Abstrakten zum Konkreten) und der Denkpsychologie (z. B. Problemzerlegung) verwiesen (Lindemann, 2005, S. 45 ff.).

Das MVM ist mit seinen abstrakten Schritten grundsätzlich allgemeingültig anwendbar. Diese Schritte sind basierend auf Produktentwicklungsstudien in Prozessmodule konkretisierend weiter aufgegliedert worden. Diese Prozessmodule sehen eine textuelle Beschreibung von Eingangs- und Ausgangsgrößen, auszuführenden Aktivitäten und zugeordneten Methoden und Werkzeugen vor und unterstützen dadurch eine strukturierte Methodendokumentation (Ponn & Lindemann, 2005, S. 8). Der so entstehende Methodenkatalog soll domänenspezifische methodische Unterstützung operativer Arbeitsschritte bereitstellen. Hierzu ist es erforderlich, dass der Entwickler in Bezug auf die aktuelle Ist- und Sollsituation im Hinblick auf Problemursachen und Handlungsbedarf ein hinreichendes Problemverständnis aufweist, z. B. „Schwerpunkte für eine Produktoptimierung unklar“ (Ponn & Lindemann, 2006a, S. 74 f.). Zur Unterstützung der Entwicklung dieses Problemverständnisses werden Checklisten mit möglichen Merkmalen dieser Situationen bereitgestellt. Die Methodenauswahl ist also letztlich von der Beurteilung der Situation im Hinblick auf mögliche Lösungswege durch den Bearbeiter abhängig; der Ansatz unterstützt den Entwickler aber bei der „Reflexion seiner Situation“ (Ponn & Lindemann, 2006a, S. 75). Die beschriebenen Prozessmodule können des Weiteren für eine deskriptive, nachträglich analysierende Modellierung von Entwicklungsprozessen genutzt werden (Ponn & Lindemann, 2006a, S. 77, 2006b, S. 1215).

Bezüglich der Nutzung der Prozessmodule zur Entwicklung prozeduraler Prozessmodelle wird auf die Notwendigkeit einer Situationsanalyse verwiesen und grundsätzlich relevante situative Faktoren von Entwicklungsprozessen werden genannt. Diese beinhalten Eigenschaften der Aufgabenstellung (z. B. Neuheit, Komplexität, Strukturiertheit des Problems und Bestimmtheit des Ergebnisses) und der Entwickler (z. B. Erfahrung und Methodenwissen) bzw. der Entwicklungsteams (z. B. Größe, Homogenität, Motivation). Zusätzlich sollen auch weitere Rahmenbedingungen betrachtet werden (z. B. akademische oder industrielle Arbeitsum-

gebung sowie existierende technische, finanzielle oder terminliche Einschränkungen) (Ponn & Lindemann, 2005, S. 3 f.). Eine solche Situationsanalyse kann die Transparenz vor dem Hintergrund der Methodenanwendung zwar erhöhen; hinreichend konkrete Hinweise, wie diese situativen Faktoren im Fall der Methodenentwicklung und insbesondere für generische Aufgabenstellungen zu berücksichtigen sind, liegen jedoch nicht vor.

Systemtechnische Modellierung nach Negele

Negele (1998) fokussiert formale Aspekte der systemtechnischen Modellierung der Produktentwicklung, wobei in Erweiterung des Ansatzes von Ropohl (1975) *Ziel-, Objekt-, Prozess- und Handlungssystem* (ZOPH-Ansatz) unterschieden werden. Grundlage für die Modellierung dieser Systeme bildet ein generisches Modell, welches System, Systemgrenze und Systemumwelt, und Elemente, deren Eigenschaften, Funktionen, Eingangs- und Ausgangsgrößen, sowie Ordnungs- und Flussrelationen beinhaltet (Negele, 1998, S. 66 ff.) (Abb. 4-15).

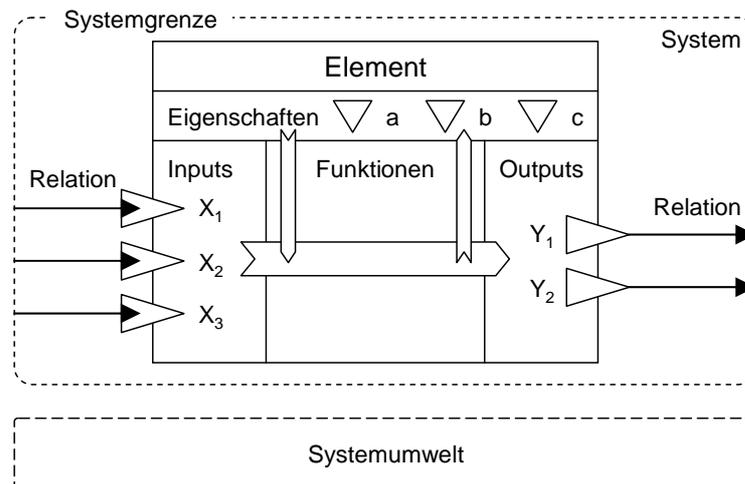


Abb. 4-15: Systemtechnisches Beschreibungsmodell (modifiziert nach: Negele, 1998, S. 71 und S. 77)

Die Modellierung erfolgt unter Nutzung von Eigenschaftskatalogen, die für die einzelnen Elemente des ZOPH-Ansatzes bereitgestellt werden (Negele, 1998, S. 144 ff.). Die Modellierung des Prozesssystems erfolgt in einer Sequenz aus strukturaler, qualitativ funktionaler und quantitativ funktionaler Beschreibung. Diese Modellierung ist vorwiegend eine qualitative; quantitative Aspekte beschränken sich auf terminliche Aspekte (Negele, 1998, S. 156 ff.). Die Modellierung des Prozesssystems zielt somit wesentlich auf eine Unterstützung des Managements existierender Prozesse durch Schaffung von Transparenz (Negele, 1998, S. 161).

Ansatz Dekomposition-Integration-Steuerung nach Wenzel

Wenzel (2003) nutzt auf Negele (1998) aufbauend systemtechnische Prinzipien zur organisatorischen Gestaltung von Handlungssystemen in der Produktentwicklung. Hierzu wird ein

Ansatz der *Dekomposition-Integration-Steuerung* (DIS) in eine allgemeine Problemlösungsstrategie integriert (Abb. 4-16).

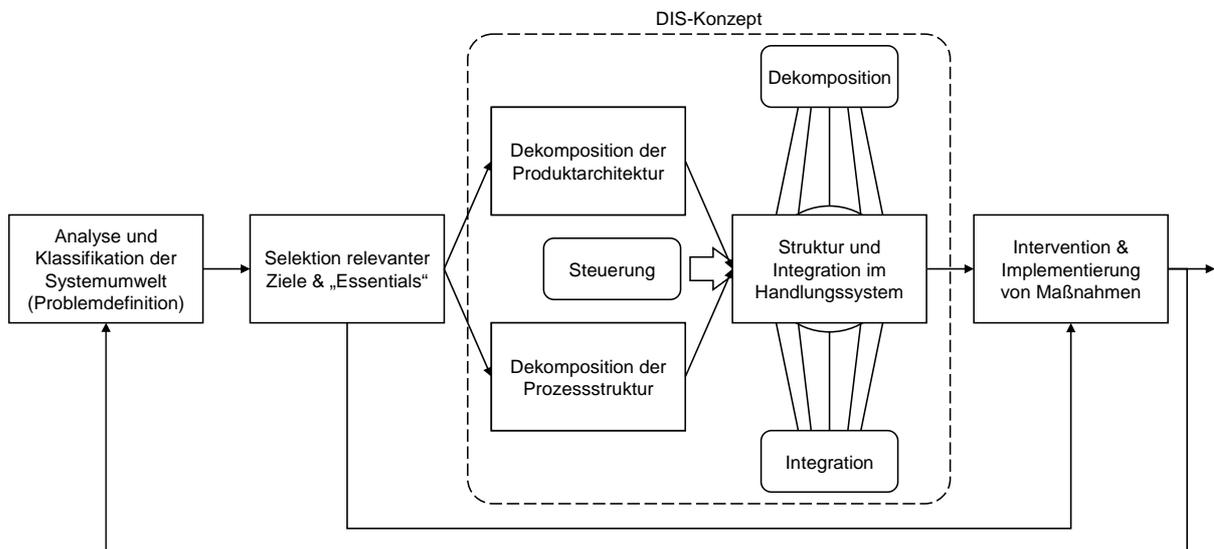


Abb. 4-16: Vorgehensmodell zur Gestaltung von Handlungssystemen (nach: Wenzel, 2003, S. 102)

Für den Schritt der Dekomposition der Prozessstruktur wird ein mehrstufiges Vorgehen vorgeschlagen, welches existierende Prozesse beschreibt, diese auf Grundlage informatorischer Abhängigkeiten aufgliedert und in Aufgabenkomplexe modularisiert. Diese Aufgabenkomplexe werden dann auf bestimmte Strukturen des Handlungssystems abbildet, z. B. auf Organisationsstrukturen, Methoden und Hilfsmittel (Wenzel, 2003, S. 127 ff.). Der Ansatz baut auf einer Analyse existierender Strukturen auf und fokussiert die Entwicklungsorganisation. Ziel ist es, durch Beherrschung der organisatorischen Komplexität ein besseres Zusammenspiel räumlich oder organisatorisch verteilter Entwicklungsprozesse zu erreichen (Wenzel, 2003, S. 183).

Systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung nach Pulm

Pulm (2004) betrachtet ausgehend von der soziologischen Systemtheorie nach (Luhmann, 1984, 2002) die Produktentwicklung als sozialen, durch Kommunikation bestimmten Prozess. Dies erfolgt vor dem Hintergrund der Entwicklung variantenreicher Produkte, wozu ein Produkt- und ein Vorgehensmodell vorgeschlagen werden (Pulm, 2004, S. 146 ff. und S. 155 ff.).

Die in diesem Zusammenhang genannten „Handlungsanleitungen für die Entwicklung von Methoden“ (Pulm, 2004, S. 116) beinhalten eine Empfehlung der Anwendung einschlägiger systemtechnischer Prinzipien (Aufgabenklärung, strukturelle und funktionale Überlegungen, Variantenbildung), ohne dass dies weiter konkretisiert würde. Darüber hinausgehend werden konkrete *ergebnisorientierte* Anforderungen genannt (z. B. Zuverlässigkeit, einfache An-

wendbarkeit und Eignung für Rechnerunterstützung der Methoden). Hinweise, mittels welcher *Prozeduren* diese Anforderungen realisiert werden, bleiben hingegen allgemein (z. B. kontinuierliche Weiterentwicklung der Methode unter Betrachtung der verfügbaren Ressourcen) (Pulm, 2004, S. 116 f.).

Adaptives Systemmanagement nach Naumann

Auch Naumann betrachtet Produktentwicklungsprozesse unter dem Aspekt der Kommunikation der am Prozess Beteiligten. Grundlage des Ansatzes ist ein hierarchisches Meta-Modell, in welchem unterschiedliche Aspekte der Produktentwicklung sowie das Umfeld abgebildet sind, in das diese eingebettet ist (2006, S. 140 ff.) (Abb. 4-17).

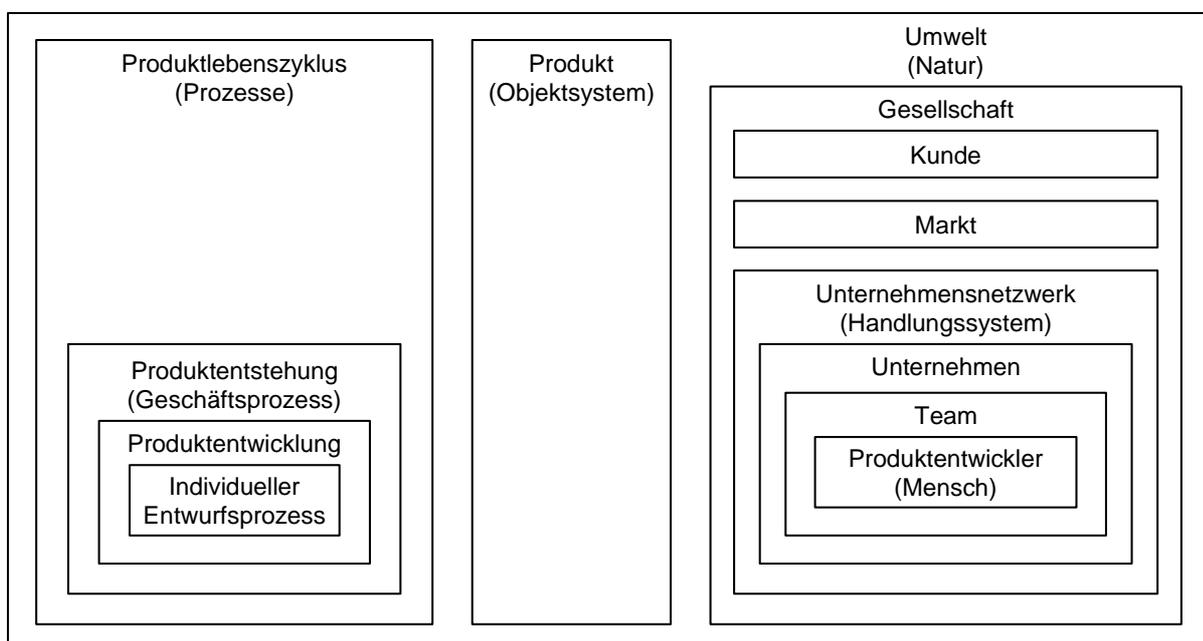


Abb. 4-17: Meta-Modell des Adaptiven Systemmanagements (nach: Naumann, 2006, S. 142)

Das Meta-Modell beinhaltet als Elemente eine Anzahl von Eigenschaften, mittels derer die jeweiligen Teilaspekte qualitativ näher beschrieben werden können. In Bezug auf das Teilsystem Produktentwickler werden beispielsweise dessen Aufgeschlossenheit, Handlungsorientierung, soziales Wissen, Motivation, kognitive Fähigkeiten und Qualitätsanspruch genannt (Naumann, 2006, S. 143).

Auf Grundlage der durch das Meta-Modell gegebenen hierarchischen Struktur und unter Verwendung ausgewählter der genannten Eigenschaften kann eine Beschreibung eines konkreten Produktentwicklungskontexts erfolgen und es kann beschrieben werden, wie einzelne dieser Eigenschaften sich in Wirkgefügen jeweils gegenseitig beeinflussen (Naumann, 2006, S. 160 f.). Dies soll den Prozessbeteiligten ermöglichen, Zielkonflikte innerhalb der Produktentwicklung transparent zu machen und zu kommunizieren (Naumann, 2006, S. 164). Mittels

Szenarien soll darüber hinaus im Rahmen des *Adaptiven Systemmanagements* ermöglicht werden, grundsätzliche Möglichkeiten längerfristiger steuernder Eingriffe zu identifizieren und deren Auswirkungen abzuschätzen (Naumann, 2006, S. 166 f.) bzw. es kann im Rahmen von empirischen Untersuchungen eine Analyse und Dokumentation erfolgen (Naumann, 2006, S. 180 ff.).

Das Meta-Modell beinhaltet eine erhebliche Anzahl von Eigenschaften, die grundsätzlich zur Beschreibung der Produktentwicklung geeignet sind. Jedoch sind viele dieser Eigenschaften schwer greifbar (z. B. Transparenz des Unternehmens, Qualität der Führung, Lösungsgüte des Produkts) (Naumann, 2006, S. 143). Darüber hinaus fehlen konkrete Hinweise, wie die in einer bestimmten Anwendung relevanten Eigenschaften auszuwählen bzw. wie diese zu aggregieren sind. Dies ist erforderlich, damit die Komplexität des resultierenden Modells beherrschbar bleibt (Naumann, 2006, S. 181).

Der Aufbau des Wirkgefüges beruht maßgeblich auf subjektiven Annahmen des Anwenders. Die pauschal anzugebenden Wirkzusammenhänge (z. B. je mehr Kommunikation im Team, desto höher die Lösungsgüte) (Naumann, 2006, S. 252) können eine differenzierte Betrachtung erschweren. Zur Gestaltung konkreter operativer Eingriffe (z. B. Verbesserung der Kommunikation, Erhöhung der Transparenz des Unternehmens) wird auf den „Einsatz anderer Methoden“ (Naumann, 2006, S. 167) verwiesen.

4.3 Spezifische Vorgehensstrategien

4.3.1 Phasenorientierte konstruktionsmethodische Ablaufpläne

In Form phasenorientierter Ablaufpläne liegen Konkretisierungen der allgemein anwendbaren Vorgehensstrategien des SE in Bezug auf Rahmenbedingungen bestimmter Anwendungsgebiete dahingehend vor, dass eine allgemeingültige Anwendbarkeit nicht mehr gegeben ist (vergl. 4.2.2). Typische und repräsentative Beispiele hierfür sind die Ablaufpläne aus dem Bereich der Konstruktionsmethodik (z. B. Hubka & Eder, 1992; Koller, 1998; Pahl u. a., 2005; Rodenacker, 1984; Roth, 1994, 2000; VDI 2221), die auf die speziellen Rahmenbedingungen beim Entwickeln technischer Produkte abgestimmt sind. Sie strukturieren den Entwicklungsprozess auf Grundlage systemtechnischer Lösungsstrategien in Phasen zunehmender Konkretisierung des Entwicklungsgegenstands vom Qualitativen zum Quantitativen hin⁶.

Unter diesen Ablaufplänen stellt die Richtlinie VDI 2221 einen branchenübergreifenden und den gesamten Entwicklungsprozess umfassenden Ansatz dar, in welchem unterschiedliche konstruktionsmethodische Konzepte integriert wurden. Gemäß dieser Richtlinie wird das

⁶ Ausführliche Darstellungen der Entwicklung der Konstruktionsmethodik und ihrer einzelnen Vertreter finden sich beispielsweise in (Bender, 2004, S. 13 ff.; Müller, 1990, S. 77 ff.).

Gesamtvorgehen beim Entwickeln und Konstruieren in sieben Arbeitsabschnitte unterteilt, die je nach den konkreten Erfordernissen flexibel zu durchlaufen sind (VDI 2221, S. 9 ff.) (Abb. 4-18).

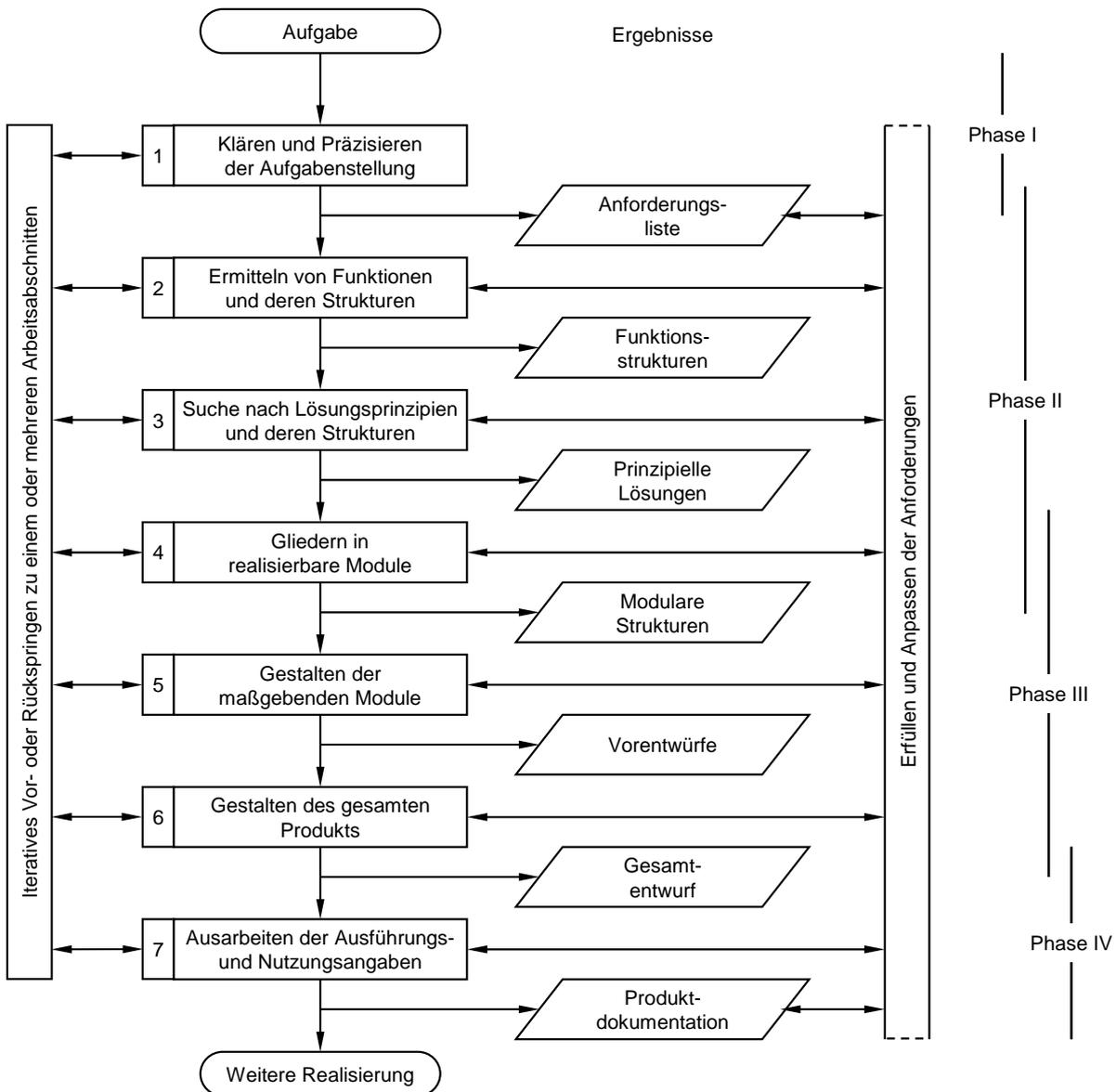


Abb. 4-18: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (nach: VDI 2221, S. 9)

In allen Arbeitsabschnitten sind objektivierte Prüf-, Bewertungs- und Auswahloperationen vorgesehen, die Iterationen initiieren können, um schrittweise eine Optimierung des Entwicklungsergebnisses zu erreichen.

Beim *Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung* werden Informationen bezüglich der aus Produktplanung oder Kundenanforderung resultierenden Aufgabenstellung gesammelt. Bestehende Informationslücken werden ermittelt und die Aufgabenstellung wird unternehmens-externe wie -interne Anforderungen berücksichtigend in auf die Belange des Konstruktions-

bereichs abgestimmter Weise in Form der *Anforderungsliste* niedergelegt. Diese ist eine verbindliche Informationsunterlage, die alle folgenden Arbeitsschritte begleitet. Da sie stets auf dem aktuellen Stand zu halten ist, ist ein phasen- bzw. bereichsübergreifender Informationsfluss vorgesehen. Dieser Informationsfluss erstreckt sich über die Arbeitsschritte von Entwicklung und Konstruktion bis zu Produktplanung bzw. Kunde und in die Bereiche der Fertigung hinein.

Beim *Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen* werden die Gesamtfunktion und wesentliche Teilfunktionen des zu entwerfenden Systems ermittelt. Diese werden geordnet und zu einer oder mehreren *Funktionsstrukturen* verknüpft. Bei der *Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen* werden für ermittelte Funktionen Effekte ausgewählt und durch wirkstrukturelle Festlegung realisiert. Anschließend werden diese Lösungsprinzipien entsprechend der Funktionsstruktur zur Wirkstruktur der *prinzipiellen Lösung* verknüpft. Beim *Gliedern in realisierbare Module* wird die prinzipielle Lösung in eine *modulare Struktur* gegliedert, die unter Berücksichtigung der Belange von Fertigung, Montage, Wartung, Recycling u. a. den wesentlichen Aufbau des technischen Systems und die Schnittstellen zwischen den Systemkomponenten aufzeigt. Diese Modularisierung dient bei komplexen Aufgabenstellungen der Erkennung von Entwicklungsschwerpunkten und der effizienten Aufteilung der Produktentwicklung in parallel laufende Konstruktionslinien.

Beim *Gestalten der maßgebenden Module* werden von den für die Optimierung des Systems wesentlichen Systemkomponenten *Vorentwürfe* erstellt: Diese werden so weit konkretisiert, dass eine Bewertung und Auswahl nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ermöglicht wird. Beim *Gestalten des gesamten Produkts* erfolgt die endgültige Festlegung gestalterischer Merkmale durch das Entwerfen noch fehlender Details bzw. noch nicht bearbeiteter Komponenten. Außerdem werden solche Module gestaltet, die im Rahmen des vorhergehenden Arbeitsschritts noch nicht realisiert worden sind. Der sich ergebende *Gesamtentwurf* enthält dann alle wesentlichen gestalterischen Festlegungen für die Produktrealisierung. Abschließend erfolgt das *Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben*. Die zu erstellende *Produktdokumentation* umfasst alle Unterlagen für die Produktrealisierung, sie beinhaltet z. B. Zeichnungen, Stücklisten, Fertigungs-, Montage- und Prüfanweisungen und Betriebsanleitungen.

Beispielsweise von Pahl u. a. wurde dieses branchen- und produktunabhängige Vorgehensmodell nach VDI 2221 entsprechend den Erfordernissen des Maschinenbaus konkretisiert (2005, S. 168 ff.) (*Abb. 4-19*).

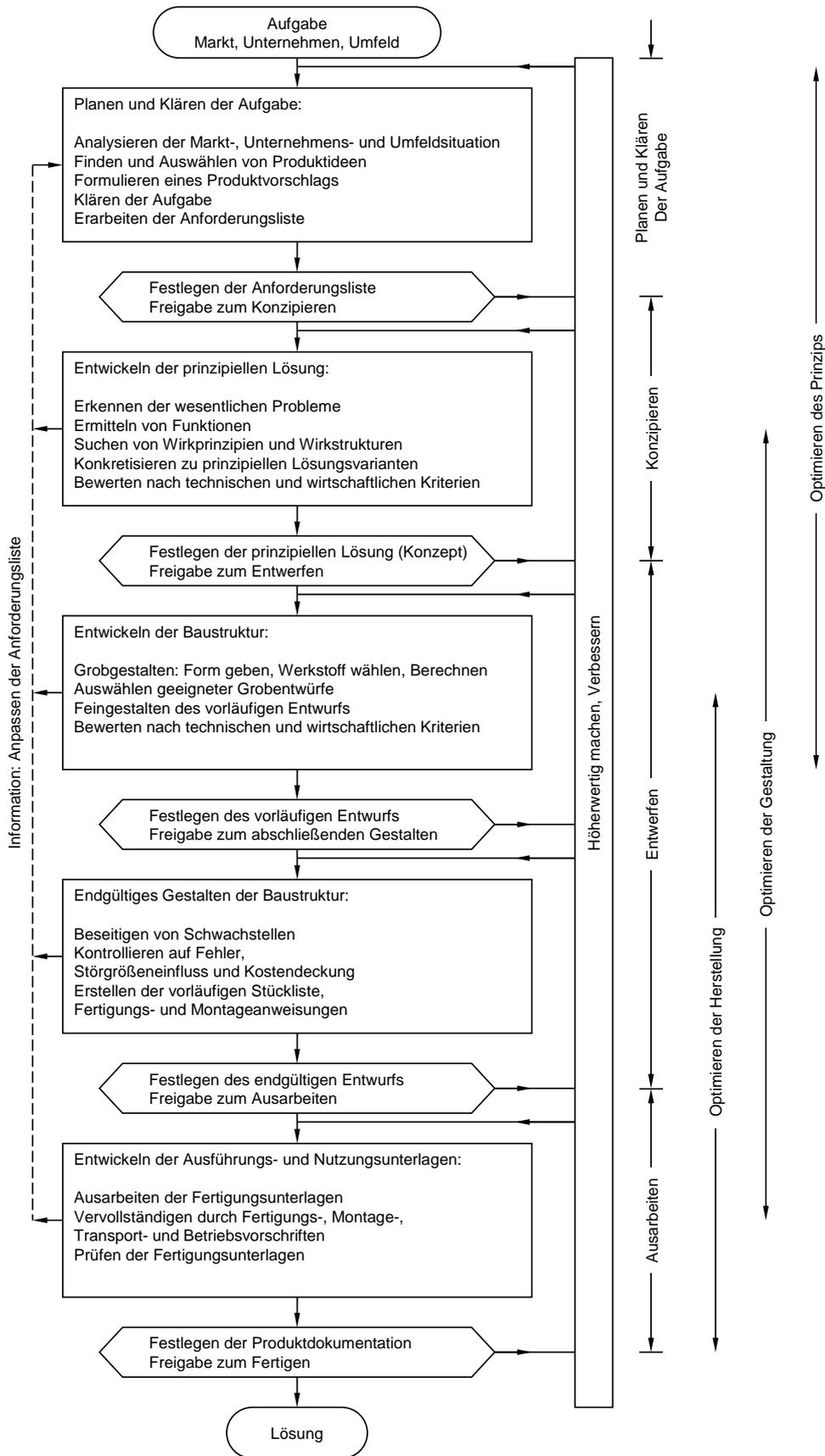


Abb. 4-19: Hauptarbeitsschritte beim Planen und Konzipieren (nach: Pahl u. a., 2005, S. 170)

Pahl u. a. (2005) betonen in ihren Konzepten das Abstrahieren der Aufgabenstellung, die Verwendung allgemein einsetzbarer, lösungsneutraler Funktionen, das physikalische Geschehen als erste Realisierungsstufe, diskursives Vorgehen vom Qualitativen zum Quantitativen und die systematische Variation und Kombination von Lösungselementen zur Erzeugung eines Lösungsfelds. Insbesondere ergänzen sie den Ablaufplan mit konkreten, praxisorientierten Gestaltungsregeln, -prinzipien und -richtlinien für die Entwurfsphase (vergl. Bender, 2004, S. 34 und S. 36).

Verglichen mit (Pahl u. a., 2005) fokussiert insbesondere Roth (1994, 2000) deutlich stärker eine Algorithmierung des Entwicklungsprozesses vor dem Hintergrund der Rechnerunterstützung der Entwicklungstätigkeit. Das *Algorithmische Auswahlverfahren zur Konstruktion mit Katalogen* (AAK) (Roth, 2000, S. 24) betont in diesem Zusammenhang insbesondere die Phase der Aufgabenformulierung. Die Anforderungen werden über die Festlegung von Forderungen und Wünschen hinausgehend formalisiert und zur Unterstützung ihrer Erfassung werden in Form der Produktfrageliste, der Analyse der Produktumgebung und der Analyse der Lebenslauf-Phasen des Produkts systematische, mit umfangreichen Suchmatrizen bzw. Checklisten unterstützte Verfahren vorgeschlagen (Roth, 2000, S. 66 ff.). Mit vergleichbarer Zielsetzung der Algorithmierung des Entwicklungsprozesses betont Koller (1998) die Nutzung von Elementarfunktionen, Grundoperationen zu deren Realisierung und abstrakten physikalischen Effekten (Koller, 1998, S. 127 f.) und interpretiert die Phasen der Gestalt- und Oberflächensynthese als ein Festlegen von qualitativen und quantitativen Parametern (Koller, 1998, S. 148 ff. und S. 178 f.).

Zusammenfassend kann der Stand der Konstruktionsmethodik wie folgt beschrieben werden (Bender, 2004, S. 39):

- Technische Produkte werden als Systeme interpretiert und unter Nutzung von Konzepten wie Anforderungen, Funktionen und Wirkprinzipien modelliert.
- Die technische Entwurfsarbeit wird als Problemlösen interpretiert.
- Der Entwicklungsprozess wird unter Nutzung vorwiegend sequenzieller Ablaufpläne präskriptiv modelliert.
- Den frühen Phasen (Aufgabenanalyse, Anforderungsklä rung, Konzeptphase) wird große Bedeutung für den Entwicklungserfolg beigemessen.
- Einzelnen Phasen der Ablaufpläne werden spezifische Methoden zugeordnet.
- Diskursiven Vorgehensweisen wird bei Lösungsfindung und -beurteilung große Bedeutung zur Verminderung des Entwicklungsrisikos beigemessen.

Integration konstruktionsmethodischer Ablaufpläne in übergeordnete Modelle

Moderne technische Produkte sind durch ein interdisziplinäres Zusammenwirken von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik gekennzeichnet. VDI 2206 stellt vor

diesem Hintergrund eine Ergänzung der VDI 2221 zur methodischen Unterstützung der *Entwicklung mechatronischer Produkte* dar, die im Vergleich zu rein mechanischen Systemen typischerweise eine größere Anzahl von verknüpften Elementen aufweisen, die in unterschiedlichen Fachdisziplinen zu realisieren sind (VDI 2006, S. 4). Mit dieser Heterogenität mechatronischer Systeme geht eine erhöhte Komplexität im engeren Sinne einher. Entsprechend wird die Bedeutung einer geklärten Aufgabenstellung sowie einer differenzierten Berücksichtigung der Anforderungen während des Entwicklungsprozesses mechatronischer Produkte besonders betont. Darüber hinaus wird eine erweiterte Systembetrachtung vorgeschlagen, die bereits bei der Funktionsbeschreibung physikalische, geometrische und technologische Aspekte berücksichtigt, sowie die Anwendung insbesondere von Methoden der Modularisierung und Hierarchisierung (VDI 2206, S. 23 f.). Der systemtechnische Problemlösungszyklus auf der Mikroebene (siehe 4.2.1) sowie ein V-Modell auf der Makroebene sind Kernpunkte der vorgeschlagen Vorgehensweise (VDI 2206, S. 26) (Abb. 4-20).

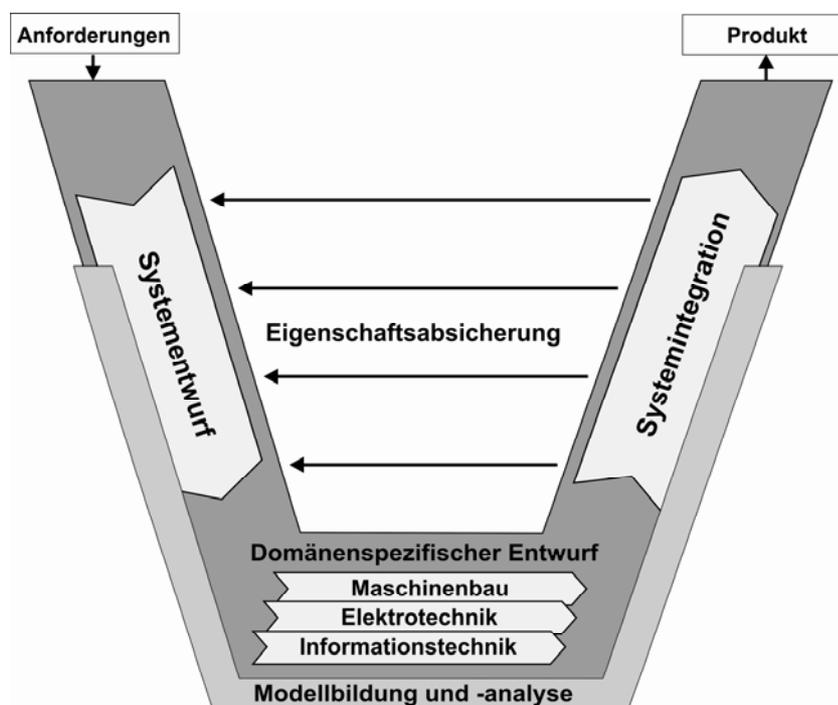


Abb. 4-20: V-Modell als Makrozyklus (aus: VDI 2206, S. 29)

Das V-Modell beschreibt generisch das Vorgehen bei der Entwicklung mechatronischer Produkte. Während in VDI 2221 ein Vorgehen bottom-up vorgeschlagen wird, d. h. eine Integration getrennt entwickelter und optimierter Baugruppen, beschreibt das V-Modell ein Vorgehen top-down (Entwurf einer Grobstruktur mit schrittweiser Verfeinerung der Elemente) gefolgt von einem Vorgehen bottom-up (Änderungen an übergeordneten Elementen, die infolge von Konkretisierungen der Elemente erforderlich werden können) (VDI 2206, S. 23 f.). Dieser Makrozyklus des V-Modells wird im Zuge einer Entwicklung zumeist wiederholt durchlaufen, wobei das Produkt zunehmend ausreift (VDI 2206, S. 29 f.). Existierende konstruktivi-

onsmethodische Vorgehensstrategien für bestimmte Entwurfsphasen oder -tätigkeiten können als Prozessbausteine in das Gesamtvorgehen integriert werden, beispielsweise Strategien zur Aufgabenklärung, Funktions- und Wirkstrukturierung sowie Gestaltungsregeln und -prinzipien (VDI 2206, S. 32 ff.). Insbesondere für den domänenspezifischen Entwurf wird auf existierende Vorgehensmodelle verwiesen (VDI 2206, S. 35; vergl. Gausemeier u. a., 2001, S. 218 ff.). Das V-Modell ist „fallweise auszuprägen“ (VDI 2206, S. 29), insbesondere hängen die „Anzahl der Makrozyklen und die zu durchlaufenden Teilschritte im V-Modell [...] von der spezifischen Entwicklungsaufgabe ab“ (VDI 2206, S. 31).

Konstruktionsmethodische Ablaufpläne sind in jüngerer Zeit zudem in übergeordnete Modelle des Innovationsprozesses eingegliedert worden. Beispielsweise sieht Ehrlenspiel als wesentliches Element einer *Integrierten Produkterstellungsmethodik* (IPE-Methodik) einen entsprechenden, aus dem Problemlösungszyklus des SE entwickelten Vorgehensplan vor (Ehrlenspiel, 2003, S. 157 ff. und S. 286 ff.).

Auch Gausemeier u. a. (2001, S. 44 und S. 215 ff.) sehen die konstruktionsmethodischen Ablaufpläne als festen Bestandteil einer integrativen Produktentwicklung innerhalb eines zyklischen Modells des gesamten Innovationsprozesses (Abb. 4-21).

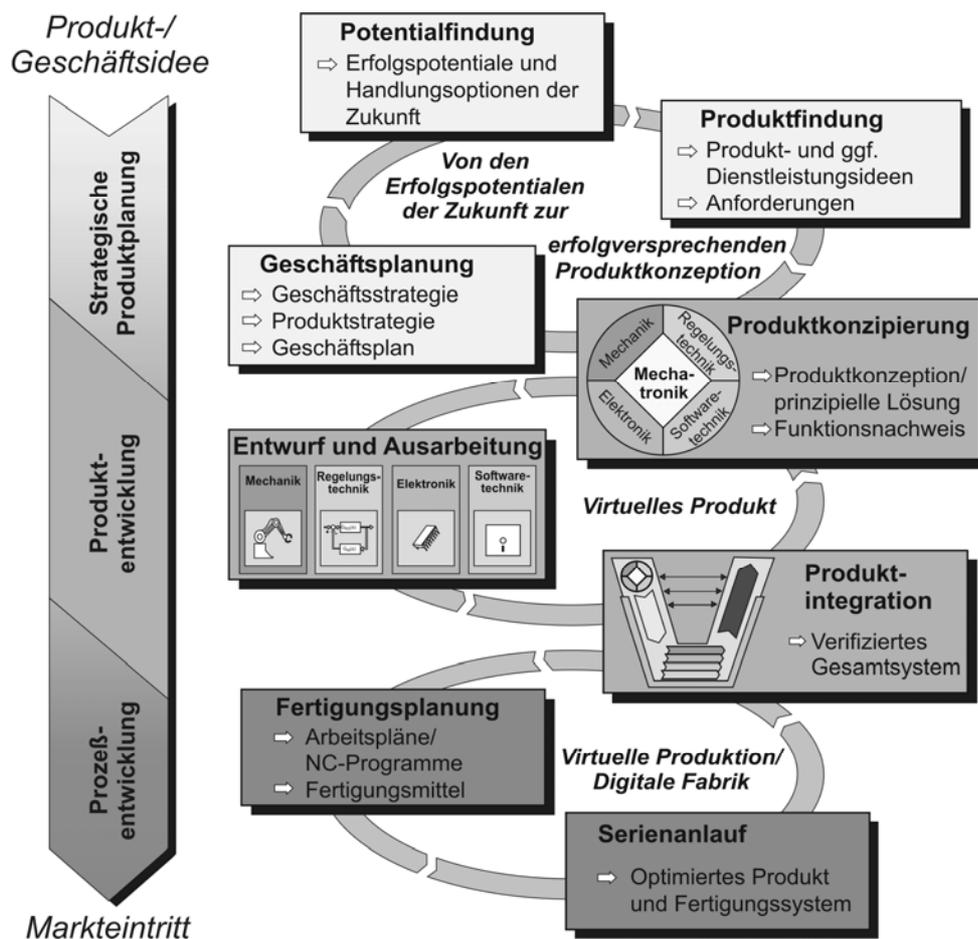


Abb. 4-21: Produktinnovationsprozess (aus: Berger & Vienenkötter, 2004, S. 7)

Durch diese Integration werden die konstruktionsmethodischen Ansätze in das Zusammenspiel der unterschiedlichen, an der Produkterstellung beteiligten Unternehmensfunktionen eingebettet und mit Managementkonzepten z. B. aus den Bereichen Organisation, Projektmanagement, Ressourcen- und Kostenplanung verknüpft (vergl. Bender, 2004, S. 39). Mit dieser Integration geht eine stärkere Abstraktion von den konkret zu bearbeitenden Aufgabenstellungen und eine dementsprechend verringerte Unterstützungswirkung des Bearbeiters in Bezug auf die Handhabung informationeller Komplexität einher.

4.3.2 Anpassung konstruktionsmethodischer Ablaufpläne

Die sequenzielle Strukturierung des Entwicklungsprozesses ist nicht ohne Kritik geblieben. Müller stellt hierzu fest, dass sich die konstruktionsmethodischen Ablaufpläne bei Aufgaben, Routineproblemen und geläufigen Problemen nicht sinnvoll anwenden ließen, sie hingegen bei Anspruchs-, Kompetenz- und Über-Kompetenz-Problemen (siehe 2.3) für eine problemadäquate Anwendung nicht flexibel genug seien (1990, S. 43 ff. und S. 100). Diese Modelle stellen geordnete Beschreibungen methodischer Erfahrungen dar; Einstieg und auszuführende Schritte sowie deren Abfolge sind von Fall zu Fall unterschiedlich. Die Ablaufpläne „dürfen deshalb dem Praktiker nicht als *sequentielles* Paradigma nahegelegt werden“ (Müller, 1990, S. 239; Hervorhebung im Original).

Insbesondere fordert die sequenzielle Formulierung nicht den Abschluss einer Phase vor dem Beginn der jeweils nächsten und schließt auch Iterationen nicht aus (Gausemeier u. a., 2001, S. 43). Die Ablaufpläne werden dementsprechend als grundlegende Vorgehenshilfen angesehen, die der jeweiligen Aufgabenstellung anzupassen sind (Koller, 1998, S. 98 ff.; Pahl u. a., 2005, S. 171 ff.; Roth, 2000, S. 37 ff.). Auch empirische Untersuchungen der akademischen Konstruktionsausbildung bestätigen die Bedeutung individueller Vorgehensstrategien (Bender, 2004, S. 228 ff.). Beim Anpassen der Ablaufpläne sind z. B. die Herkunft der Aufgabenstellung, die Fertigungsart, die Branche, innerhalb derer die Entwicklung stattfindet, sowie weitere allgemeine unternehmensexterne und unternehmensinterne Erfordernisse zu berücksichtigen (VDI 2221, S. 6 f.). Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Neuheitsgrad der Entwicklung: Bei Anpassungskonstruktionen oder Variantenkonstruktionen bleiben bestimmte Baugruppen nach Lösungsprinzip oder Gestaltung mehr oder weniger erhalten, so dass entsprechende Arbeitsschritte entfallen können (Koller, 1998, S. 102; Pahl u. a., 2005, S. 91; Roth, 2000, S. 39). Das vollständige Überspringen von Arbeitsschritten gefährdet jedoch die Nachvollziehbarkeit der Entwicklung (VDI 2221, S. 11) und damit die Wiederverwendbarkeit der entsprechenden Lösungsdokumente, die wichtiges Element wirksamer Rationalisierung durch methodische Unterstützung ist (Pahl u. a., 2005, S. 10).

Aufbau von Produktentwicklungsprozessen nach Tegel

Auch Tegel betont die Bedeutung einer Flexibilisierung von Entwicklungsprozessen auf konstruktionsmethodischer Grundlage vor dem Hintergrund der Änderung auftrags- und wettbewerbsspezifischer sowie innerbetrieblicher, gesellschaftlicher und technologischer Rahmenbedingungen. Hierzu soll die aus der Konstruktionsmethodik bekannte Baukastensystematik auf Prozessmodelle übertragen werden. Entsprechend den Funktions- und Bausteinarten der Baukastensystematik (vergl. Pahl u. a., 2005, S. 634 ff.) wird eine Definition von Prozessgrund-, Prozesshilfs-, Prozesssonder- und Prozessanpasselementen sowie auftragspezifischen Prozesselementen vorgeschlagen, die zu Prozessstrukturen kombiniert werden können (Tegel, 1996, S. 115 ff.) (Abb. 4-22).

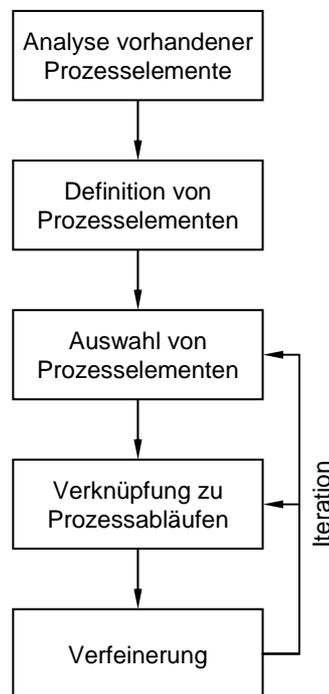


Abb. 4-22: Vorgehen bei der modularen Prozessorganisation (nach: Tegel, 1996, S. 118)

Zur Analyse vorhandener Prozesselemente wird eine Orientierung an Funktionseinheiten existierender Produkte oder an Prozess-Leistungseinheiten vorgeschlagen, die Kundenbedürfnissen entsprechen. Bezüglich der Definition von Prozesselementen wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, Gesichtspunkte unternehmensspezifisch charakteristischer Parameter, der Allgemeingültigkeit und Wiederverwendbarkeit, der Kontrollier- und Dokumentierbarkeit, der Kundenorientierung, der Outsourcinggerechtigkeit und Transparenz sowie der kontinuierlichen Verbesserung zu berücksichtigen und es werden hierzu allgemeine Hinweise gegeben. Die Auswahl von Prozesselementen soll anhand des Wesenskerns der Aufgabenstellung und entsprechend internen und externen Kundenwünschen erfolgen. Ausgewählte Prozesselemente können dann entsprechend bereits existierender Prozesse oder durch pha-

senweise Übertragung von Produkt- oder Funktionsstrukturen zu Prozessstrukturen verknüpft werden. Im Fall von Anpassungs- oder Variantenkonstruktionen wird auf die Wiederverwendung von für spezifische Funktions- oder Baueinheiten bereits existierenden Prozessabläufen verwiesen. Die Verfeinerung der Prozessstruktur beinhaltet eine Detaillierung, d. h. die Verfeinerung der Struktur, und eine Konkretisierung, d. h. die Vervollständigung der Merkmalsbeschreibung der Prozesselemente (Tegel, 1996, S. 118 ff.).

Modell des Konstruktionsprozesses nach Giapoulis

Giapoulis entwirft ein 3-Ebenen-Modell zur Planung und Beschreibung von Konstruktionsprozessen, um die Notwendigkeit ergebnisabhängiger Anpassung der Abläufe zu berücksichtigen, d. h. dass bestimmte Arbeitsschritte in Abhängigkeit von Ergebnissen anderer Arbeitsschritte verändert werden müssen (1998, S. 101 ff.) (Abb. 4-23).

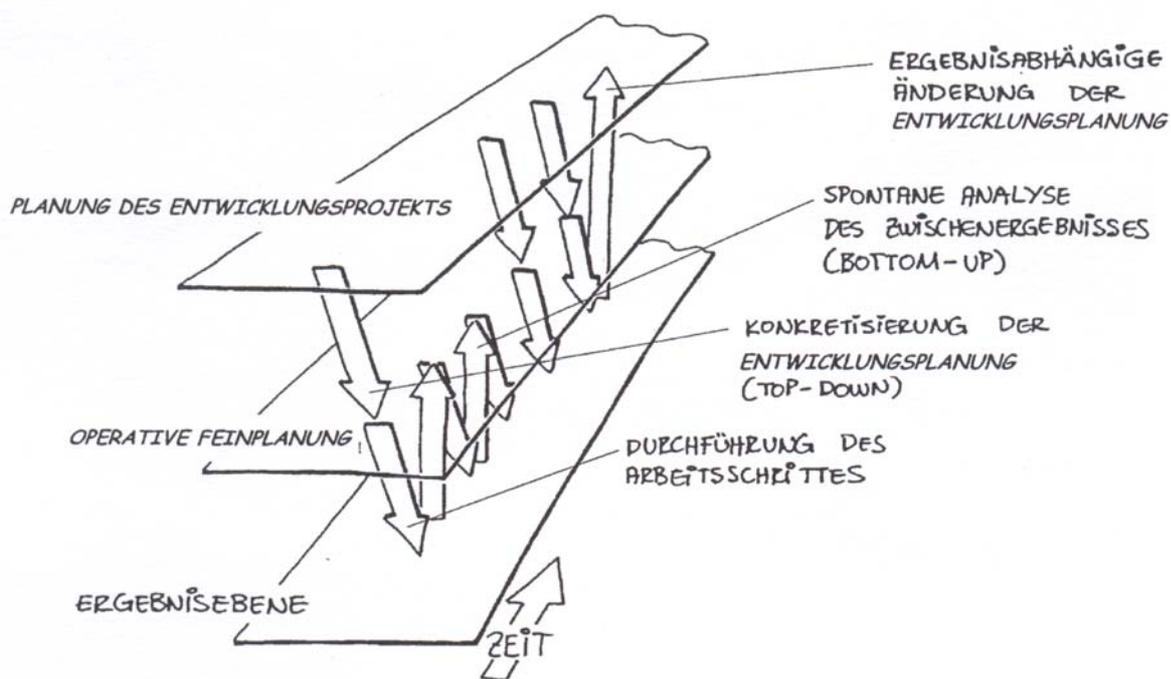


Abb. 4-23: 3-Ebenen-Modell (aus: Giapoulis, 1998, S. 103)

Die konstruktionsmethodischen Ablaufpläne entsprechen der Ebene der strategischen Planung. Auf der Ebene der operativen Feinplanung finden konkrete Arbeitsschritte statt, für die sich ein Mitarbeiter entscheiden kann, angeleitet durch Vorgaben der Ebene der strategischen Planung einerseits und durch Ergebnisse der durchgeführten Arbeitsschritte auf der Ergebnisebene andererseits. Das Modell schafft hierdurch Transparenz für die Notwendigkeit, Änderungen von Abläufen sowohl in der strategischen wie auch in der operativen Planung aufgrund von Zwischenergebnissen operativer Arbeitsschritte zu erwarten (Giapoulis, 1998,

S. 102 ff.). Konkrete Unterstützung bei der Planung und Steuerung von Entwicklungsprozessen stellt der Ansatz jedoch nicht bereit (vergl. Demers, 2000, S. 47; Gerst, 2002, S. 14).

Planung und Steuerung von Entwicklungsprozessen nach Demers

Demers erweitert mit Fokus auf der individuellen, operativen Planung von Entwicklungsprozessen die Ergebnisebene im 3-Ebenen-Modell nach Giapoulis (1998) zu einer Ereignisebene (2000, S. 64). Es wird eine Nutzung des Vorgehenszyklus nach (Ehrlenspiel, 2003, S. 95) in einer Schrittfolge der Aufgabenklärung, Lösungssuche und Lösungsauswahl vorgeschlagen, um für die operative Planung relevante Einflussfaktoren zu identifizieren und diese entsprechend der Methode der Problemformulierung nach TRIZ (Altshuler, 1984) kausal-funktional zu modellieren. Hierzu wird ein an die *Structured Analysis and Design Technique* (SADT) (Marca & McGowan, 1987) angelehntes Beschreibungsmodell bereitgestellt (Demers, 2000, S. 74 ff.). Für die operative Planung selbst, d. h. für die Erstellung von Handlungsalternativen, werden zwei unterschiedliche grundsätzliche Strategien vorgeschlagen: die Veränderung des Prozesses durch alternative Aktivitäten, die von dem auslösenden negativen Ereignis unabhängig sind, sowie die direkte bzw. indirekte Beeinflussung der negativen Ereignisse, d. h. die Vornahme konkreter Abhilfemaßnahmen. Innerhalb dieser beiden Strategien kann auf negative Ereignisse mit spontan eingeführten Arbeitsschritten, mit Standardvorgehensweisen, entsprechend dem Vorgehenszyklus oder durch umfassende und explizite Planung reagiert werden (Demers, 2000, S. 84 ff.).

Gestaltung integrierter Produktentwicklungsprozesse nach Bichlmaier

Vor dem Hintergrund einer Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Konstruktion und Montageplanung schlägt Bichlmaier (2000, S. 78 ff.) zur Planung auf operativer Ebene die Verwendung von Entwicklungsprozessbausteinen vor. Das Konzept dieser Bausteine beinhaltet als wesentliche Bestandteile eine Tätigkeitsbeschreibung, sowie Bezeichnungen der Ein- und Ausgangsgrößen des jeweiligen Arbeitsschritts, beispielsweise „Produktfunktionen“ oder „ausgewählte Produktkonzepte“ (Bichlmaier, 2000, S. 154) (*Abb. 4-24*).

| Nr. | Name | Beschreibung | Eingang | Ausgang | Art | Montagevorgang | Bezug |
|-----|-------------------------|---|---|---|-----|-------------------|-----------|
| B | Freigabe Lastenheft | Lastenheft freigeben, weiteres Vorgehen planen, Verantwortlichkeiten verteilen | Ziele Produkt, Montagevorgang, Montageanlage | Projektplan, freigegebene Ziele | M | Zielsetzung | P, MA, MV |
| 1-1 | Funktionen | Funktionsbetrachtung | Existierende Lösungen, Ziele Produkt | Produktfunktionen | S | | P |
| 1-2 | Lösungsprinzipien | Suche nach Lösungsprinzipien für das Produkt, Festlegen wiederverwendbarer Baugruppen, Einzelteile („Erhaltungsorientierung“) | Ziele Produkt, Produktfunktionen | Lösungsprinzipien | S | | P |
| 1-3 | Struktur und Fügefolgen | Kombination von Prinziplösungen; qualitativ-geometrische Produktstrukturierung; Ermittlung potenzieller Fügefolgen | Allgemeine und spezifische Ziele, Prinziplösungen, Fügefolgen | Produktstruktur, Anordnung der Bauteile, Bauräume, alternative Fügefolgen | S | Aufbau / Struktur | P, MA, MV |
| 1-4 | Struktur Montagevorgang | Analyse und Auswertung der möglichen Montagevorranggraphvarianten | Montagevorgänge, verschiedene Versionen | Montagevorgänge ausgewählt | A | Aufbau / Struktur | MV |
| 1-5 | Prinzip Anlage | Entwurf der Prinziplösungen der Anlage | Ziele Montageanlage | Prinzipielle Lösungen und Anordnung der Montageanlage | S | Realisierbarkeit | MA, MV |
| 1-6 | Bewertung Produkt | Bewertung der Produktkonzeptvarianten und Auswahl der Produktkonzepte | Ziele Produkt, Produktfunktionen | Ausgewählte Produktkonzepte | B | Aufbau / Struktur | P |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Konkretisierungsebene und laufende Nummerierung

Kurzbezeichnung

Tätigkeitsbeschreibung

Erforderliche Eingangs-
informationen

Zu erarbeitende Ausgangs-
informationen

Beitrag zum Montagevorgang:
Zielsetzung
Aufbau/Struktur
Realisierbarkeit
Güte

A - Analyse
S - Synthese
B - Bewertung
AU - Auswahl
M - Meilenstein

P - Produkt
MV - Montagevorgang
MA - Montageanlage

Abb. 4-24: Prozessbaukasten (Auszug) (nach: Bichlmaier, 2000, S. 145)

Für die Nutzung der Bausteine zum Aufbau von Prozessen werden zwei unterschiedliche Ansätze vorgeschlagen. Zum einen können die Bausteine gemäß ihrer Eignung für Analyse-, Synthese-, Bewertungs- und Auswahlstritte entsprechend dem Vorgehenszyklus nach (Ehrlenspiel, 2003, S. 95) klassifiziert werden. Für die Vernetzung zum Prozessaufbau wird dann eine Orientierung an der Logik des Vorgehenszyklus vorgeschlagen (Bichlmaier, 2000, S. 89 f.). Zum anderen wird eine Orientierung an den beschriebenen Ein- und Ausgangsgrößen vorgeschlagen. Die erarbeiteten Ausgangs- sowie die erforderlichen Eingangsinformationen bieten einem Bearbeiter Anhaltspunkte für mögliche Folgebausteine (Bichlmaier, 2000, S. 91).

Wissenbasiertes Vorgehensmodell nach Freisleben

Freisleben entwirft vor dem Hintergrund einer Koordination und Optimierung von Produktentwicklungsaktivitäten ein Konzept für ein wissenbasiertes Vorgehensmodell, bestehend aus einem generischen Prozessmodell, einer Methodenbank und Anwendungsmodulen (2001, S. 43 ff.). Grundlage für das Prozessmodell sind anhand der präskriptiven konstruktionsmethodischen Vorgehensmodelle identifizierte Prozessbausteine, z. B. Suche nach Wirkprinzipien, Erkennen gestaltungsbestimmender Anforderungen (Freisleben, 2001, S. 138 ff.). Zu deren Beschreibung werden allgemeine, an die SADT (Marca & McGowan, 1987) bzw. die *Integration Definition 0* (IDEF 0) (IEEE Std. 1320.1-1998) angelehnte Beschreibungsregeln bereitgestellt. Diese sehen eine Beschreibung z. B. von Ein- und Ausgangsinformationen, Aktivitäten und nutzbaren Methoden vor (Freisleben, 2001, S. 55 ff.). Die Prozessbausteine können genutzt werden, um Prozessmodelle zu erstellen. Hierzu werden allgemeine Strategien zur Parallelisierung und Optimierung von Prozessen empfohlen, z. B. Istzustandsanalysen und Benchmarking (Freisleben, 2001, S. 63 ff.). Weiterhin können Prozessbausteine zur Strukturierung der Methodenbank genutzt werden, d. h. zur Klassifizierung von Methoden. Dabei können Methoden Prozessbausteinen, Hilfsmittel Prozessbausteinen und Methoden Hilfsmitteln zugeordnet werden (Freisleben, 2001, S. 77 ff.). Anwendungsmodule stellen in einem jeweiligen Unternehmen eingesetzte Computerprogramme dar und können über Hilfsmittel in der Methodenbank mit den Prozessbausteinen verknüpft werden (Freisleben, 2001, S. 84).

Adaptive Produktentwicklungsmethodik nach Meißner und Blessing

Auch Meißner und Blessing betonen die Bedeutung der Anpassung der globalen Ablaufpläne der Konstruktionsmethodik. Von Bedeutung hierfür sei der Kontext der Produktentwicklung, der Aspekte des individuellen Konstrukteurs, des Teams, der Gesellschaft, des Markts, des Unternehmens, der Ressourcen sowie des Entwicklungsauftrags beinhaltet (2006a, S. 70). Innerhalb dieser Aspekte können weitere Eigenschaften unterschieden werden, beispielsweise Größe, Komplexität und Neuheit des Entwicklungsauftrags oder Methodenkompetenz, Erfahrung und Motivation des Entwicklers (Meißner u. a., 2005, S. 69). Zur Anpassung der Ablaufpläne wird eine schrittweise Analyse des Kontexts mit Unterscheidung von lang-, mittel- und kurzfristig relevanten Einflussfaktoren vorgeschlagen, die jeweils bei der strategischen Planung (langfristig), der organisatorischen, projektspezifischen Planung (mittelfristig) und der operativen Adaption (kurzfristig) berücksichtigt werden sollen (Meißner & Blessing, 2006a, S. 76). Der Ansatz setzt ein Modell eines unternehmensspezifischen Referenzprozesses voraus, in welchem sämtliche Meilensteine und Tätigkeiten in einer modularen Struktur beschrieben werden, die dann kontextspezifisch weiter zu adaptieren ist. Die genannten Einflussfaktoren bieten hierbei Unterstützung, indem sie innerhalb der Situationsanalyse auf

potenziell relevante Aspekte aufmerksam machen. Konkrete Hinweise, wie diese Aspekte berücksichtigt werden können, liegen nicht vor (Meißner & Blessing, 2006b, S. 58 f.).

4.3.3 Auswahl und Anpassung spezifischer Methoden

Methodenkataloge

Phasenorientierte Ablaufpläne dienen insbesondere auch zur Unterstützung der Auswahl existierender Methoden auf Grundlage einer tätigkeitsorientierten Klassifizierung in strukturierten Methodenkatalogen. Beispielsweise liegt der Prozesskette *Vom Markt zum Produkt* (Spath u. a., 2001, S. 51 ff.) eine Unterteilung des Innovationsprozesses in fünf Phasen zugrunde, die jeweils einen oder mehrere Prozesse beinhalten (Abb. 4-25).

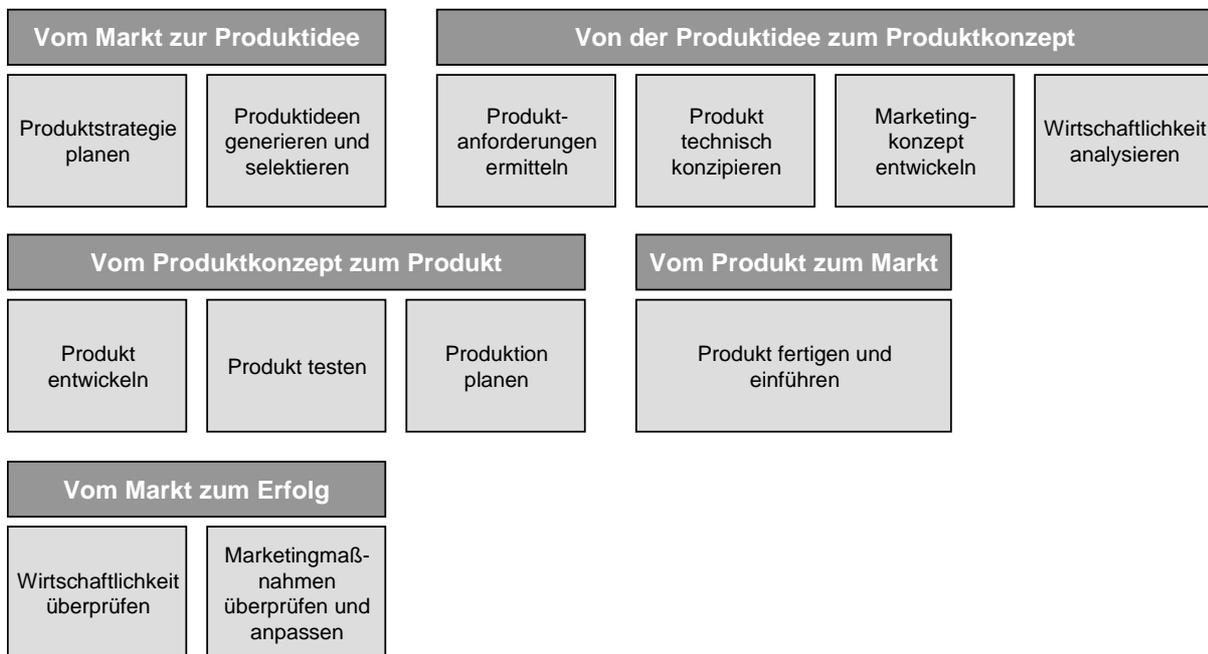


Abb. 4-25: Modell der Prozesskette „Vom Markt zum Produkt“ (nach: Spath u. a., 2001, S. 53)

Diese Prozesse wiederum werden in insgesamt drei Hierarchieebenen bis auf die Ebene von Tätigkeiten untergliedert, denen dann in Frage kommende Methoden zugeordnet werden. Grundsätzlich können Methoden hierbei mehreren Tätigkeiten zugeordnet werden (Klimesch & Paral, 2004, S. 32). Zur Anpassung des Modells liegt eine Analyse der Bedeutung der einzelnen Prozesse des Phasenmodells für die Unternehmenstypen Einzelteillieferanten, Systemzulieferer, Hersteller technischer Gebrauchsgüter, Maschinen- und Anlagenbauer sowie Serien-Maschinenbauer vor (Spath u. a., 2001, S. 56). Der Ansatz kann weiterhin zur Dokumentation bestehender unternehmensspezifischer Prozesse genutzt werden (Nesges, 2004, S. 65 ff.) und erlaubt so, im Kontext konkreter Tätigkeiten grundsätzlich zur Unterstützung

des Bearbeiters in Frage kommende Methoden zu identifizieren (Haider & Paral, 2004, S. 92 f.).

Eine an Tätigkeiten orientierte Klassifizierung ist auch Bestandteil des Methodenbaukastens *Methodos* nach Franke u. a. (2003). Die Tätigkeiten werden in Anlehnung an (Brandenburg, 2002, S. 58 ff.) den Phasen *Zielbildung - Zukunftsanalyse - Lösungsfindung - Lösungsbewertung - Konzeptbewertung - Umsetzungsplanung* zugeordnet. Methoden können hierbei mehreren Tätigkeiten und Tätigkeiten mehreren Konstruktionsprozessphasen zugeordnet sein. Zusätzlich wurde eine an der Zielsetzung des Methodeneinsatzes orientierte Klassifizierung in Methodenklassen vorgenommen sowie eine weitergehende Unterteilung in an Problemlösungstätigkeiten orientierte Methodengruppen (Löffler & Jagusch, 2004, S. 179 f.). Zur Schaffung von Transparenz bzgl. des Methodeneinsatzes und insbesondere der Anpassung an benutzerspezifische Rahmenbedingungen stellt der Methodenbaukasten strukturierte Methodenbeschreibungen mit Angaben zu auszuführenden Arbeitsschritten, Vor- und Nachteilen des Methodeneinsatzes, Anwendungsbeispielen und weiterführender Literatur bereit (Franke u. a., 2003, S. 3 f.). Eine Beschreibung der Ein- und Ausgangsgrößen der jeweiligen Methoden unterstützt die Verknüpfung von einzelnen Methoden für eine übergreifende Unterstützung des Bearbeiters (Franke & Deimel, 2004, S. 216 f.).

Ähnlich nutzen auch Albers u. a. (2005, S. 4 ff.) einen am systemtechnischen Problemlösungszyklus orientierten Ablaufplan zur Strukturierung eines Methodenkatalogs. Dieses Modell sieht zusätzlich eine den Zyklus abschließende Phase des Nacharbeitens bzw. Lernens vor und erweitert die Phase der Entscheidung um eine Betrachtung von Aspekten der Lösungsumsetzung. Den einzelnen Phasen dieses Ablaufplans werden anwendungsunabhängig formulierte Tätigkeiten (Saak, 2006, S. 103 ff.) und diesen wiederum sie unterstützende Methoden und Hilfsmittel zugeordnet. Grundsätzlich können Methoden mehreren Tätigkeiten zugeordnet sein, wobei die jeweilige Eignung qualitativ gewichtet beschrieben werden kann (Saak, 2006, S. 83). Als weitere Dimension zur Strukturierung des Methodenkatalogs dient ein an der Produktentwicklung orientiertes Systemlebensphasenmodell (Albers & Meboldt, 2007, S. 48 f.).

Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden nach Zanker

Zanker (1999) beschreibt vor dem Hintergrund der Methodenanpassung eine zweidimensionale Klassifizierung von Entwicklungsmethoden. Die erste klassifizierende Dimension umfasst Grundtätigkeiten des Konstruierens, z. B. Sammeln, Strukturieren, Abstrahieren, Bewerten, Kreieren und Variieren (Zanker, 1999, S. 62 ff.). Die zweite klassifizierende Dimension umfasst alle weiteren Eigenschaften der Methoden. Hierzu werden die Sammlungen von Methodeigenschaften bzw. Methodenmerkmalen nach Helbig (1994) und Wach (1994) genutzt. Mit dieser Klassifizierung soll die Anpassung der Methoden an konkrete Rahmenbedingungen des Entwicklungsumfelds unterstützt werden. Dem Ansatz liegt insofern die Idee

einer Methodenparametrik zu Grunde, d. h. Methoden sollen dadurch verändert werden, dass Ausprägungen bestimmter ihrer Eigenschaften verändert werden (Zanker, 1999, S. 71 ff.). Hierzu sind die in der jeweiligen Entwicklungssituation relevanten Eigenschaften zu identifizieren und es ist zu prüfen, ob diese veränderbar sind bzw. wie eine veränderte Methode aussehen könnte. Die Unterstützungswirkung liegt insofern im Wesentlichen darin, durch eine strukturierte Beschreibung der Methode bei dem jeweiligen Bearbeiter das Verständnis für deren Wirkungsweise zu erhöhen (Zanker, 1999, S. 75). Beispielhaft zeigt *Tab. 4-1* die Ausprägungen der Eigenschaften einer Checklistenmethode zur Besprechungsplanung bzw. Besprechungsleitung.

Tab. 4-1: Methode Checkliste zu Besprechungsplanung/-leitung (nach: Zanker, 1999, S. 142)

| Methodeneigenschaft | Ausprägung | Bemerkungen/Beispiele |
|----------------------|--------------------|---|
| Struktur | | |
| - Elemente | Aspekte | Informationsaustausch, Einladung, Zeitplanung, prinzipieller Ablauf, Themenabarbeitung, Informationsmaßnahmenblatt, Besprechungsführung, Verweise |
| - Klassen | Gruppenelemente | Zeitplanungseinheiten, Teilschritte des prinzipiellen Ablaufs, Teilschritte der Themenabarbeitung, Teilschritte des Vorgehenszyklus und der Abarbeitung |
| Formulierung | Prinzipform | zu berücksichtigende Aspekte |
| | Regeln, Vorgaben | z. B. zum Informationsaustausch und zur Besprechungsführung |
| | Muster | z. B. Zeitplan, Informationsmaßnahmenblatt |
| Darstellung | Wort/Schrift/Zahl | |
| | Diagramm | z. B. zur Themenabarbeitung |
| | Symbole | z. B. „Zeigefinger“ („Nicht vergessen“) |
| | Tabelle, Matrix | z. B. Informationsmaßnahmenblatt |
| Hilfsmittel | keine erforderlich | |
| Trägermedium | Papier | zur Mitnahme in Besprechungen |
| | Rechnergestützt | als (veränderbare) Datei im Intranet |
| Anwenderkreis | Einzelner | Besprechungsleiter (Moderator) |

Es wird jedoch festgestellt, dass „*methodenübergreifend* keine eindeutigen Aussagen hinsichtlich der Veränderbarkeit bestimmter Kriterien“ (Zanker, 1999, S. 76; Hervorhebung im Original) abgeleitet und insbesondere zur Kombination von den Grundtätigkeiten entsprechenden Elementarmethoden zu neuen Methoden „*situationsunabhängig* keine konkreten Ratschläge oder Empfehlungen“ (Zanker, 1999, S. 107; Hervorhebungen im Original) gegeben werden können. Dem Ansatz zufolge kann sich aus Grundtätigkeiten in Kombination mit zugehörigen Objekten (z. B. Anforderungen) wiederum eine tätigkeitsorientierte Klassifizierung von Methoden ergeben. Allerdings wird der Objektbezug der Grundtätigkeiten von Zanker nicht weiter betrachtet (1999, S. 87).

Methodische Elementarfunktionen nach Gerst

Vor diesem Hintergrund überträgt Gerst das Funktionskonzept auf die Strategieentwicklung (2002, S. 75 ff.). In Betrachtung der Kombination von Operation und Objekt ergibt sich unter Abstraktion von weiteren Methodenmerkmalen eine methodische Teilfunktion als lösungsneutrales Grundelement für die Gestaltung methodischer Unterstützung. Als Beschreibungsmittel werden Elementarfunktionen gemäß den allgemein anwendbaren Funktionen nach Krumhauer (1974) definiert (Abb. 4-26).

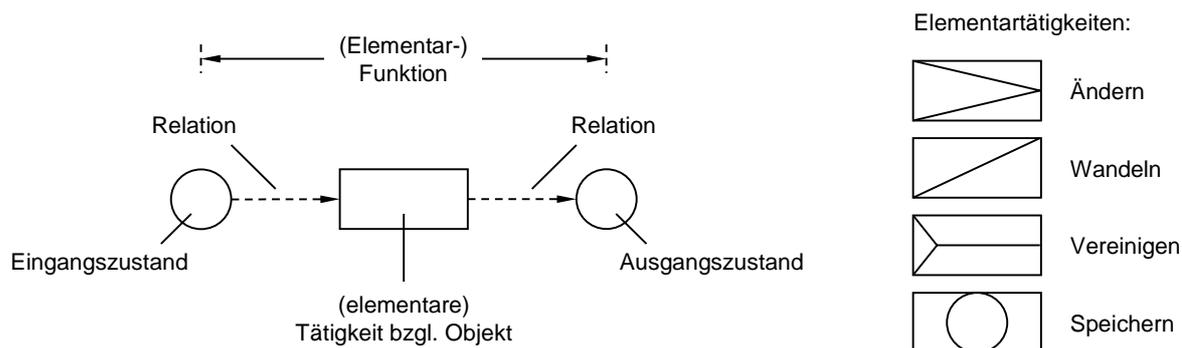


Abb. 4-26: Elementarfunktionen von Methoden und Symbole (nach: Gerst, 2002, S. 80 f.)

Über die Anpassung von Methoden durch Variation der Ausprägungen ihrer Eigenschaften (vergl. Zanker, 1999) hinausgehend ermöglicht dieser Ansatz die Anpassung einer Methode durch Veränderung der ihr zugrunde liegenden Funktionsstruktur (Gerst, 2002, S. 78). Ausgangspunkt für diese Anpassung sind in diesem Fall existierende Methoden, die unter Nutzung der Elementarfunktionen analysiert und modelliert werden können (Gerst, 2002, S. 83 ff.). Ebenso ist zwar grundsätzlich die Möglichkeit gegeben, unter Nutzung dieser Elementarfunktionen neue Methoden zu entwickeln. Nachteilig ist aber, dass die Elementarfunktionen als allgemein anwendbare Funktionen die auszuführenden Tätigkeiten sehr abstrakt beschreiben. Dementsprechend wird auch bei einer Entwicklung neuer Methoden von einer vorhandenen Modellvorstellung der auszuführenden Tätigkeiten in Form einer (anzupassenden) „Ausgangsmethode“ (Gerst, 2002, S. 97 und S. 99) ausgegangen.

Aufgabenorientierte Methodenanpassung nach Dobberkau

Auch Dobberkau fokussiert die Anpassung existierender Methoden vor dem Hintergrund konkreter Aufgabenstellung. Grundlage des Ansatzes ist eine Konsistenzprüfung von Aufgabenstellung und Methode. Hierzu wird ein Referenzmodell vorgeschlagen. Dieses stellt Objekt- und Vorgehensmodelle zu Aufgabenanalyse und Methodenanpassung bereit (2002, S. 42 ff.) (Abb. 4-27).

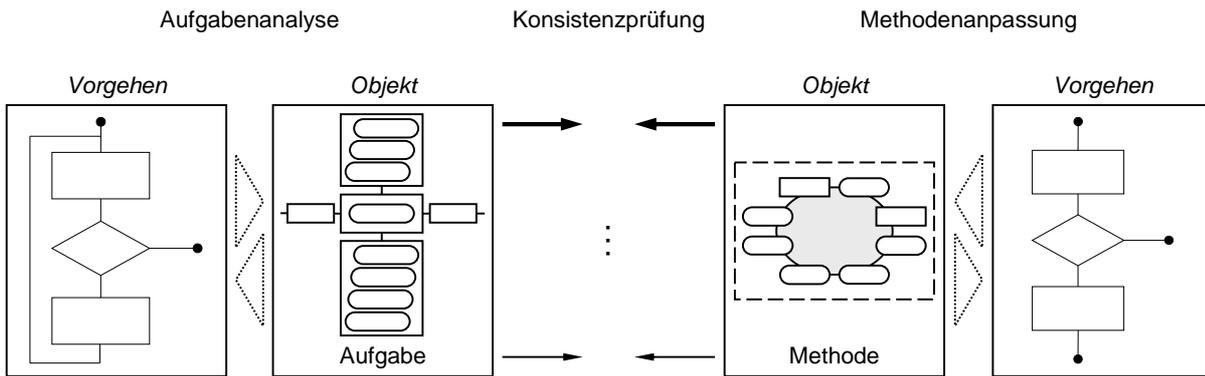


Abb. 4-27: Referenzmodell zur aufgabenorientierten Methodenadaptation (nach: Dobberkau, 2002, S. 42)

Bestandteile des Referenzmodells sind allgemeingültig formulierte Vorgehensmodelle für die Aufgabenanalyse und für die Methodenadaptation (Dobberkau, 2002, S. 46 ff.) (Abb. 4-28).

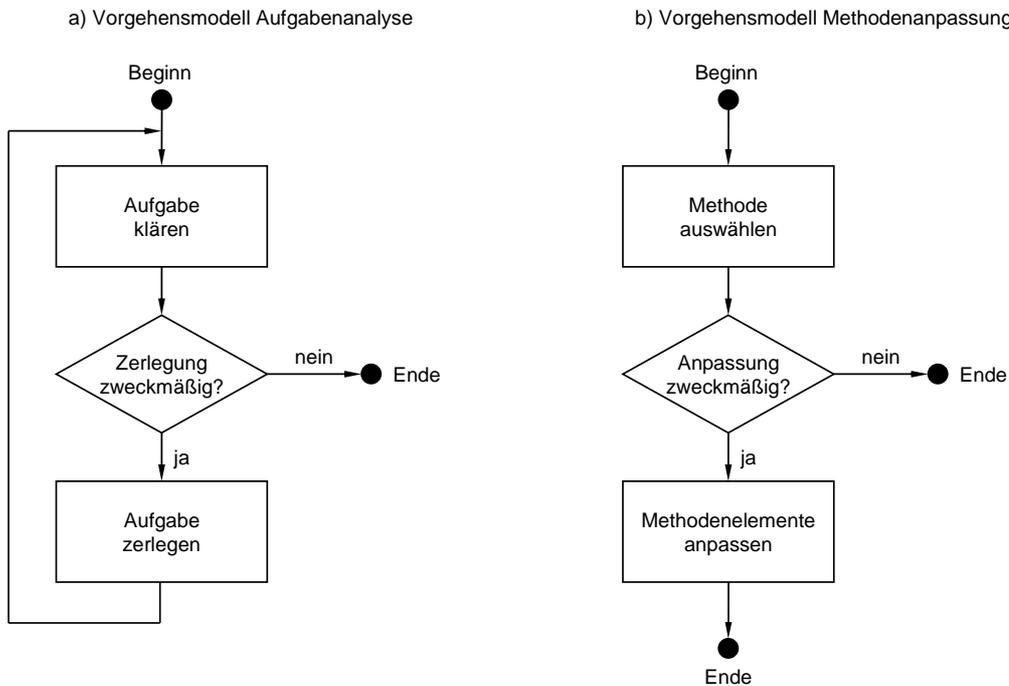


Abb. 4-28: Vorgehensmodelle zur aufgabenorientierten Methodenadaptation (nach: Dobberkau, 2002, S. 46 und S. 50). a) Aufgabenanalyse; b) Methodenadaptation

Die Methodenadaptation erfordert zum einen die Auswahl einer Methode. Diesbezüglich wird auf einschlägige Methodenkataloge und Bewertungskriterien verwiesen. Zur Bewertung der Zweckmäßigkeit einer Anpassung soll eine Effizienzbetrachtung vorgenommen werden. Die Anpassung selbst soll durch die aufeinander abgestimmte Veränderung, Hinzufügung oder Entfernung von Methodenelementen erfolgen. Als Methodenelemente werden Ergebnisse, Ziele, Eingaben, Regeln, Vorgehen, Modelle, Hilfsmittel und Rollen genannt. Diese Ele-

mente fungieren gleichzeitig als Anforderungsarten bei der Konsistenzprüfung von Aufgabenstellungen und Methoden (Dobberkau, 2002, S. 50 ff. und S. 39 f.).

Elementarisierung von Produktentwicklungsmethoden nach Walter

Ebenfalls mit dem Ziel einer Anpassung von Produktentwicklungsmethoden beschreibt Walter (2007, S. 34 f.) einen Ansatz zur Zergliederung von Methoden in Elementarmethoden. Existierende Produktentwicklungsmethoden werden als unterschiedliche Abfolgen von Vorgehensschritten des Auflistens, Zuordnens, Verknüpfens, Untergliederns und Zusammenfassens aufgefasst. Eine Kategorisierung von Inhalten, auf die sich diese Vorgehensschritte beziehen können, erfolgt angelehnt an den aus der Konstruktionsmethodik bekannten Systemzusammenhang technischer Produkte in die sog. *Listen* Prozess, Funktion, Effekt, Wirkprinzip, Objekt, Merkmal und Wert. In der Kombination von Listen und Verknüpfungen in Form einer zweidimensionalen Matrix ergeben sich insgesamt 35 Elementarmethoden (Walter, 2007, S. 72 f.) (Abb. 4-29).

| Verknüpfung Liste | auflisten | zuordnen | verknüpfen | untergliedern | zusammenfassen |
|----------------------|-----------|----------|------------|---------------|----------------|
| Prozess | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
| Funktion | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 |
| Effekt | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 3.5 |
| Wirkprinzip | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.5 |
| Objekt | 5.1 | 5.2 | 5.3 | 5.4 | 5.5 |
| Merkmal | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | 6.5 |
| Wert | 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.4 | 7.5 |

Abb. 4-29: Elementarmethoden (nach: Walter, 2007, S. 73)

Mit diesen Elementarmethoden als Bausteine können existierende Produktentwicklungsmethoden beschrieben werden. Eine Anpassung dieser Methoden kann dann durch Hinzufügen oder Entfernen von Elementarmethoden entsprechend den Rahmenbedingungen der intendierten Anwendung erfolgen (Walter, 2007, S. 137 ff.). Ausschlaggebend für die Auswahl und Verknüpfung der Elementarmethoden ist hierbei die Erfahrung des Bearbeiters (Walter, 2007, S. 153). Die vorgeschlagene Systematik erfasst formale, handhabungsbezogene Aspekte des Informationsumsatzes. Beispielsweise wird das Erstellen eines morphologischen Schemas durch die Elementarmethoden *Funktionen auflisten* und *Objekte zuordnen* beschrieben (Walter, 2007, S. 106). Dies gibt den grundlegenden Ablauf der Methodenanwendung im Hinblick auf den Informationsumsatz wieder. Voraussetzung für die Anwendung der Morphologie, die als Totalitätsforschung auf die Herleitung aller möglichen Lösungen gegebener

Probleme zielt (Zwicky, 1971, S. 88), ist über diese formalen Aspekte der Handhabung von Informationen hinaus die genaue Kenntnis aller Parameter eines Problems. Ausgehend von einem zweckmäßig definierten und abstrahierten Problem wird ein morphologisches Schema als viel-, in der Produktentwicklung meist zweidimensionales Schema möglicher Lösungen mit den Problemparametern als ordnenden Gesichtspunkten erstellt. Diese Lösungen können dann aufgrund gewählter Wertnormen analysiert und die optimale Lösung kann entsprechend ausgewählt und weiterverfolgt werden (Zwicky, 1971, S. 90). Diese inhaltlichen Aspekte des Informationsumsatzes werden durch die vorgeschlagene Beschreibungssystematik nicht erfasst.

4.4 Zusammenfassende Diskussion und Bewertung

Ihrem systemtheoretischen Fundament entsprechend sind *systemtechnische Ansätze* generell nicht nur für die Planung von Sachsystemen, sondern auch für die Planung des Erstellungsprozesses selbst anwendbar (Patzak, 1982, S. 2 ff.).

Mithin sind die Ansätze des SE grundsätzlich geeignet, die *Definition von heuristischen prozeduralen Prozessmodellen* zu unterstützen. Der Anwendungsbereich dieser Methoden ist der allgemeingültigen konzeptionellen Grundlage entsprechend nur insofern beschränkt, als dass eine Interpretation des jeweiligen Sachverhalts als System grundsätzlich zulässig sein muss. Dies ist für *Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen* gegeben.

Diese allgemeingültige Anwendbarkeit des SE wird durch Abstraktion von Rahmenbedingungen konkreter Anwendungen erreicht. Beispielsweise handelt es sich bei der Modellbildung durch Phasengliederung um eine Maßnahme zur Komplexitätsbewältigung durch Klassifizierung. Bei dieser Modellbildung werden zeitliche oder logische Abschnitte unter bestimmte Phasen subsumiert, die einander in Ausprägungen bestimmter gewählter Eigenschaften hinreichend ähnlich sind (siehe 2.1). Die für die Klassifizierung genutzten Eigenschaften und was jeweils hinreichende Ähnlichkeit konstituiert, hängen dabei von dem mit der Modellbildung konkret verfolgten Zweck ab. Das Ziel ist, über die in den jeweiligen Phasen deskriptiv oder präskriptiv zusammengefassten Abschnitte oder über Nahtstellen zwischen Phasen Aussagen machen zu können, die hinreichend invariant auf eine hinreichende Anzahl ähnlicher Sachverhalte übertragbar sind.

Auf die Notwendigkeit und Möglichkeit der Anpassung der so entstehenden Grundmodelle (Lebens- und Projektphasenmodelle sowie Problemlösungszyklus) wird in der einschlägigen Literatur häufig hingewiesen. Eine solche Anpassung kann grundsätzlich als Methodenentwicklung angesehen werden. Jedoch liegt der Fokus des SE auf der Gestaltung von Sachsystemen entsprechend konkreten Aufgabenstellungen. Die *Handhabung von Komplexität* bei der Bearbeitung von konkreten Aufgabenstellungen der Gestaltung von Sachsystemen in *diskursiver Vorgehensweise* wird durch SE dementsprechend gut unterstützt. Auch die vorlie-

genden Hinweise zur Anpassung der Grundmodelle betreffen primär die Anpassung der Grundmodelle in Bezug auf konkrete Aufgabenstellungen der Gestaltung von Sachsystemen. Die Definition von invariant über einer Klasse von generischen Aufgabenstellungen anwendbaren Methoden steht hingegen nicht im Mittelpunkt des SE. Mit den allgemeinen systemtechnischen Prinzipien liegen dementsprechend keine hinreichend konkreten Richtlinien zur Unterstützung einer diskursiven Entwicklung von heuristischen prozeduralen Prozessmodellen vor.

Die Anpassung und Einführung solcher Methoden, d. h. deren Implementierung als Prozess, wird in den existierenden Ansätzen des SE ebenfalls nicht fokussiert. Mit Lebens- und Projektphasenmodellen und allgemeinen Richtlinien zu deren Anpassung wird keine hinreichende methodische *Unterstützung auf Prozessebene* bereitgestellt.

Zwar ist das Prinzip der Hierarchisierung ein grundlegender Bestandteil systemtechnischer Ansätze. Die in diesem Zusammenhang gegebenen Hinweise bleiben jedoch allgemein gehalten und geben insofern nur unzureichende Unterstützung bei *Konkretisierung bzw. Abstraktion und Aggregation* prozeduraler Prozessmodelle.

Die Unterstützung der *Auswahl und Beurteilung existierender Methoden* erfolgt im Rahmen des SE durch die Klassifikation existierender Methoden innerhalb übergeordneter prozeduraler Prozessmodelle. Solche Modelle sind beispielsweise der Problemlösungszyklus (Daenzer & Huber, 2002, S. 426 ff.; Lindemann, 2005, S. 40 ff.; Ponn & Lindemann, 2005, S. 9 f.), Projektphasenmodelle (Patzak, 1982, S. 185 ff.) oder es erfolgt eine Systematisierung nach Grundoperationen und Zielen (Müller, 1970, S. 109 f.). Da der Schwerpunkt der grundlegenden systemtechnischen Ansätze in allgemeiner arbeitsmethodischer Unterstützung liegt, ist eine solche Klassifikation im Fall der Gestaltung von Sachsystemen insbesondere in didaktischer Hinsicht grundsätzlich zweckmäßig. Im Rahmen der Methodenentwicklung sind jedoch neue prozedurale Prozessmodelle zu entwerfen, d. h. die als Klassifikationsschemata genutzten Grundmodelle werden modifiziert, konkretisiert oder vollständig neu aufgebaut. Die existierenden Klassifikationsschemata und Beschreibungsmodelle für Methoden geben vor diesem Hintergrund über allgemeine Beschreibungen der Methoden, ihres Zwecks und üblichen Anwendungskontexts sowie ihrer Wirkungen und Nebenwirkungen, beispielsweise im Rahmen des Münchner Methodenmodells (MMM) (Lindemann, 2005, S. 50 f.), hinausgehend keine hinreichend konkreten Richtlinien vor, wie grundlegende Veränderungen im jeweils genutzten Klassifikationsschema zu berücksichtigen wären.

Die existierenden, die Systemtechnik in Bezug auf die Produktentwicklung konkretisierenden Ansätze betrachten Aspekte der *deskriptiven Modellierung* vor dem Hintergrund organisatorischer Aspekte (Negele, 1998; Wenzel, 2003) oder didaktischer Aspekte (Lindemann, 2005) oder in einer Interpretation der Produktentwicklung als komplexes soziales, durch Kommunikation bestimmtes System (Pulm, 2004; Naumann, 2006). Wenngleich sie insofern nicht

meier u. a., 2001; Spath u. a., 2001; VDI 2206) eine zentrale Stellung ein. In Bezug auf die Entwicklung prozeduraler Prozessmodelle können im Kontext phasenorientierter konstruktionsmethodischer Ablaufpläne grundsätzlich die direkte und die indirekte Anwendung phasenorientierter konstruktionsmethodischer Ablaufpläne zur Methodenentwicklung unterschieden werden.

Die direkte Anwendung zur Methodenentwicklung bezeichnet eine Anwendung phasenorientierter Ablaufpläne mit einer abstrakten Methode als Entwicklungsgegenstand, d. h. eine zur Unterstützung der Bearbeitung einer Klasse von Aufgabenstellungen geeignete Methode wird als Produkt aufgefasst, welches unter Anwendung einer in Form eines phasenorientierten Ablaufplans vorliegenden Entwicklungsmethode entwickelt werden soll. Dieser Fall betrachtet demnach die Eignung phasenorientierter Ablaufpläne als Meta-Methode im Sinne der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit (Abb. 4-30).

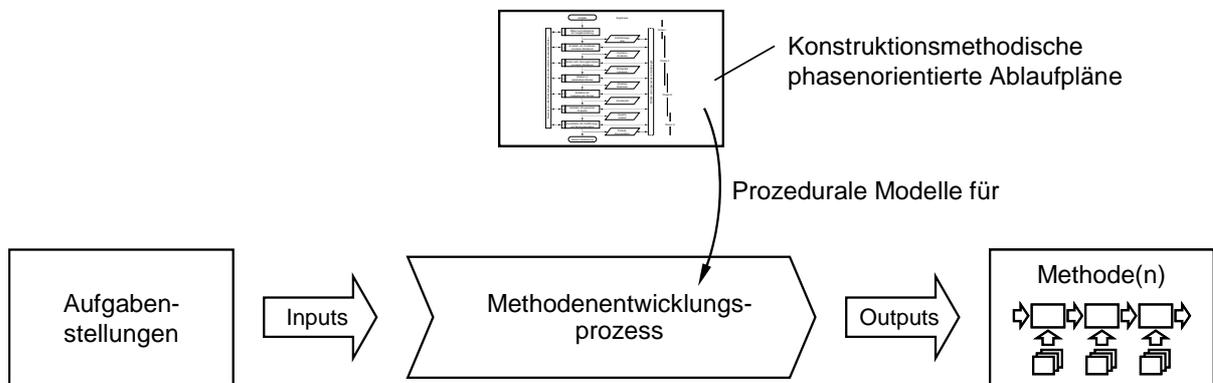


Abb. 4-30: Direkte Anwendung von Ablaufplänen zur Methodenentwicklung

Es ist grundsätzlich zulässig, eine Methode als Produkt und mithin als Ergebnis eines Entwicklungsprozesses anzusehen (ISO 9000:2000, S. 24). Die einschlägigen phasenorientierten Ablaufpläne der Konstruktionsmethodik fokussieren jedoch die Entwicklung technischer Produkte. Sie stellen Konkretisierungen der allgemeingültigen systemtechnischen Vorgehensstrategien dar, die auf die Rahmenbedingungen der Entwicklung und Herstellung technischer Produkte abgestimmt sind. In methodischer Hinsicht resultieren diese Rahmenbedingungen aus einer Interpretation technischer Produkte als Systeme mit Energie-, Stoff- und Signalumsatz. Entsprechende Konkretisierungen beinhalten beispielsweise die Vorgabe von spezifischen Leitlinien bzw. Hauptmerkmalslisten zur Aufgabenklärung, Anpassungen des allgemeinen systemtechnischen Funktionskonzepts in Form technischer Funktionen, das Konzept des an physikalischen Effekten orientierten Wirkzusammenhangs sowie Gestaltungsprinzipien und -richtlinien. Diese Rahmenbedingungen bestehen im Fall der Entwicklung von Methoden nicht: Diese können zwar ebenfalls als Systeme interpretiert werden, die aber andere Charakteristika aufweisen, insbesondere nicht physikalisch bestimmte.

Eine direkte Anwendung der phasenorientierten Ablaufpläne der Konstruktionsmethodik zur Entwicklung von Methoden bietet daher im Vergleich zu den allgemeingültigen systemtechnischen Prinzipien zum einen keine Vorteile. Zum anderen erschweren diese Konkretisierungen die direkte Anwendung zur Methodenentwicklung, da ein Bearbeiter von ihnen erneut abstrahieren müsste, um die zugrunde liegenden systemtechnischen Prinzipien zu erkennen und anzuwenden. Eine unmittelbare *Unterstützung der Definition von heuristischen prozeduralen Prozessmodellen* ist durch die phasenorientierten Ablaufpläne der Konstruktionsmethodik folglich nicht zufrieden stellend gegeben.

Im Fall der indirekten Anwendung zur Methodenentwicklung werden phasenorientierte Ablaufpläne als Entwicklungsgegenstand innerhalb eines Anpassungsprozesses aufgefasst, d. h. als Eingangsgröße der Methodenentwicklung (Abb. 4-31).

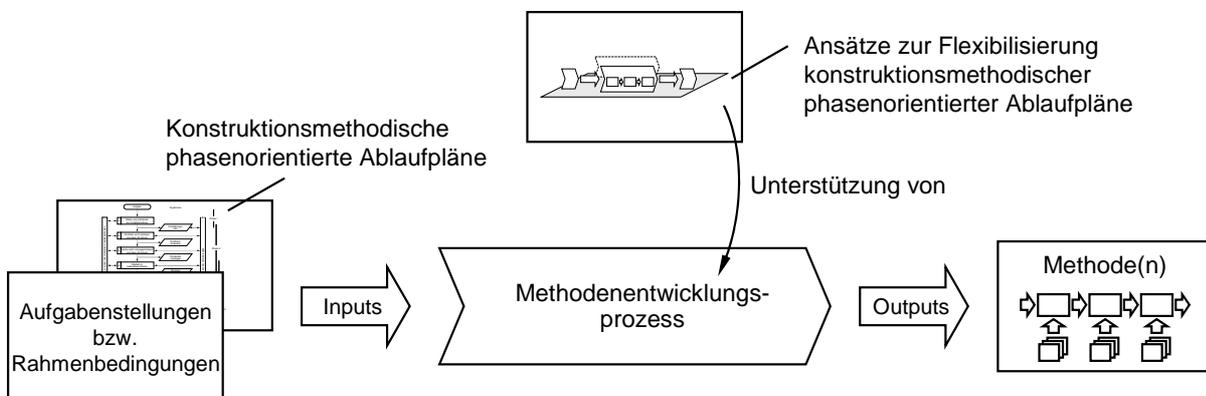


Abb. 4-31: Indirekte Anwendung von Ablaufplänen zur Methodenentwicklung

In diesem Fall ist eine Gültigkeit für *Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen* zumindest nicht gegeben, da selbst erweiterte, den gesamten Innovationsprozess betrachtende Ansätze weiterhin die Produkterstellung fokussieren.

Die innerhalb der konstruktionsmethodischen Ablaufpläne selbst zu ihrer Flexibilisierung gegebenen Hinweise werden als nicht ausreichend angesehen (Meißner & Blessing, 2006a, S. 73, 2006b, S. 51 f.). Eine Anzahl von Ansätzen aus der konstruktionsmethodischen Forschung betrachtet daher aufbauend auf den phasenorientierten konstruktionsmethodischen Ablaufplänen explizit deren Flexibilisierung bzw. Anpassung. Diese geben allgemeine Hinweise zur Anwendung bestimmter konstruktionsmethodischer Prinzipien wie z. B. der Baukastensystematik (Tegel, 1996) oder zielen auf die Schaffung von Transparenz für bestimmte kausale Zusammenhänge innerhalb der Entwicklungsprozesse (Bichlmaier, 2000; Demers, 2000; Giapoulis, 1998).

Vor diesem Hintergrund wird regelmäßig die Prozessmodellierung fokussiert (Demers, 2000; Freisleben, 2001). In jüngeren Ansätzen werden die Erkenntnisse systemtheoretischer Analysen von Entwicklungsprozessen aufgegriffen und es wird versucht, die Relevanz der grund-

sätzlich in Frage kommenden Einflussfaktoren empirisch fundiert zu beurteilen (Meißner & Blessing, 2006a, 2006b; Meißner u. a., 2005).

Diese konstruktionsmethodischen Ansätze sind durch die Handhabung von Komplexität in der Produktentwicklung motiviert. In Bezug auf die Methodenentwicklung erfolgt hingegen keine hinreichend explizite Betrachtung der unmittelbaren *Handhabung informationeller Komplexität*. Die Unterstützung *diskursiver Vorgehensweise* bleibt demzufolge auf die Entwicklung technischer Produkte beschränkt. Infolge dieser Fokussierung der Entwicklung technischer Produkte erfolgt eine Betrachtung unterschiedlicher *Entwicklungsrichtungen* bei der Methodenentwicklung lediglich implizit in Form hierarchisch strukturierter Prozessmodelle und informationeller Nahtstellen zwischen Entwicklungstätigkeiten.

Eine Formulierung von Methoden in Form phasenorientierter Ablaufpläne macht diese für eine Implementierung als Prozesse grundsätzlich geeignet und stellt insofern *Unterstützung auf Prozessebene* bereit. Auch die Betrachtung aufbau- und ablauforganisatorischer Aspekte findet zunehmend Eingang in die systemtechnisch fundierte und den Produktentwicklungsprozess als zentrales Element des übergeordneten Innovationsprozesses betrachtende konstruktionsmethodische Forschung.

Zur Unterstützung der *Auswahl und Bewertung existierender Methoden* sind phasenorientierte Ablaufpläne bzw. eine tätigkeitsorientierte Klassifikation dieser Methoden grundsätzlich geeignet, insbesondere in didaktischer Hinsicht ist dies zweckmäßig. Der mit der Methodenentwicklung einhergehende Neuaufbau bzw. die Veränderung des Klassifikationsschemas werden jedoch nicht hinreichend betrachtet. Dies gilt sowohl für eindimensionale (Spath u. a., 2001) wie auch für mehrdimensionale Klassifikationsschemata (Albers & Meboldt, 2007; Franke u. a., 2003).

Andere Ansätze betrachten die Anpassung existierender Methoden zur Unterstützung bestimmter Phasen bzw. von Tätigkeiten innerhalb bestimmter Phasen der Ablaufpläne (Dobberkau 2002; Gerst, 2002; Walter, 2007; Zanker, 1999) (*Abb. 4-32*).

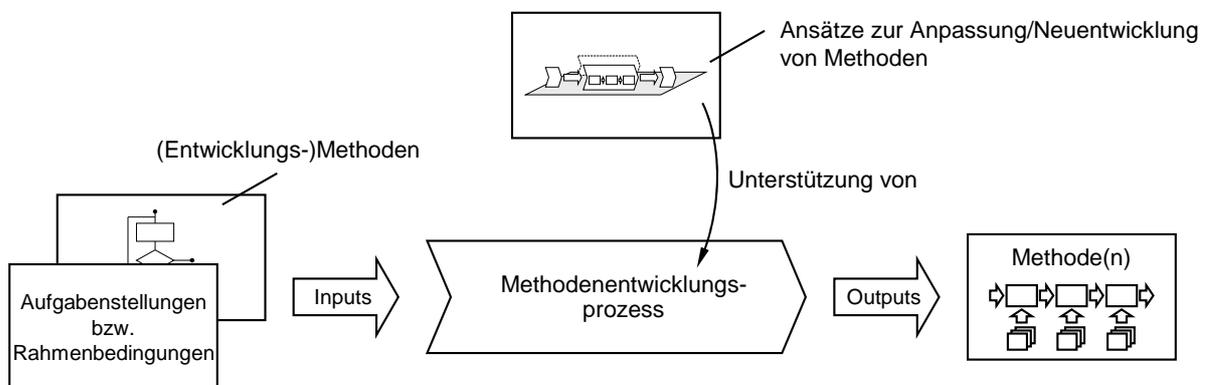


Abb. 4-32: Anpassung/Neuentwicklung von Methoden

der Handhabung von Komplexität auf Arbeiterebene durch diskursive Prozeduren. Es erfolgt jedoch über Hinweise zur strukturierten Beschreibung existierender Methoden und Prozesse bzw. des übergeordneten Produktentwicklungskontexts hinausgehend keine explizite Betrachtung der Komplexität im weiteren Sinne der Methodenentwicklung selbst. Dies hat zur Folge, dass die existierenden Ansätze unmittelbar keine hinreichende Unterstützung diskursiver Vorgehensweisen bei der Methodenentwicklung bieten.

5 Meta-methodisches Rahmenwerk

5.1 Überblick über die Konzeptentwicklung

Existierende Ansätze aus dem Bereich der generischen und spezifischen Vorgehensstrategien der Systemtechnik sowie der Konstruktionsmethodik unterstützen die Bewältigung von Komplexität im Rahmen von operativen Aufgabenstellungen der Gestaltung von Sachsystemen durch die Bereitstellung diskursiver Prozeduren. Die Komplexität im weiteren Sinne der Methodenentwicklung selbst wird jedoch innerhalb dieser Ansätze nicht hinreichend berücksichtigt, so dass eine hinreichende Unterstützung diskursiven Vorgehens bei der Methodenentwicklung durch sie nicht erfolgt (siehe 4.4).

Aufsetzend auf der Analyse existierender Ansätze wird im Folgenden die Komplexität der Methodenentwicklung untersucht. Es erweisen sich sowohl Aspekte der operativen Aufgabenstellungen, deren Bearbeitung durch die zu entwickelnden Methoden unterstützt werden soll, als auch Besonderheiten der Methodenentwicklung als einem Vorgang der Prozesse planenden Modellbildung als ursächlich für diese Komplexität. Vor diesem Hintergrund beruht das vorgeschlagene Konzept zur Unterstützung der diskursiven Methodenentwicklung auf einem Lösungsansatz, der zum einen durch eine systemtechnische Interpretation der Methodenentwicklung und zum anderen durch einen Fokus auf einer Vorgehensweise top-down gekennzeichnet ist (*Abb. 5-1*).

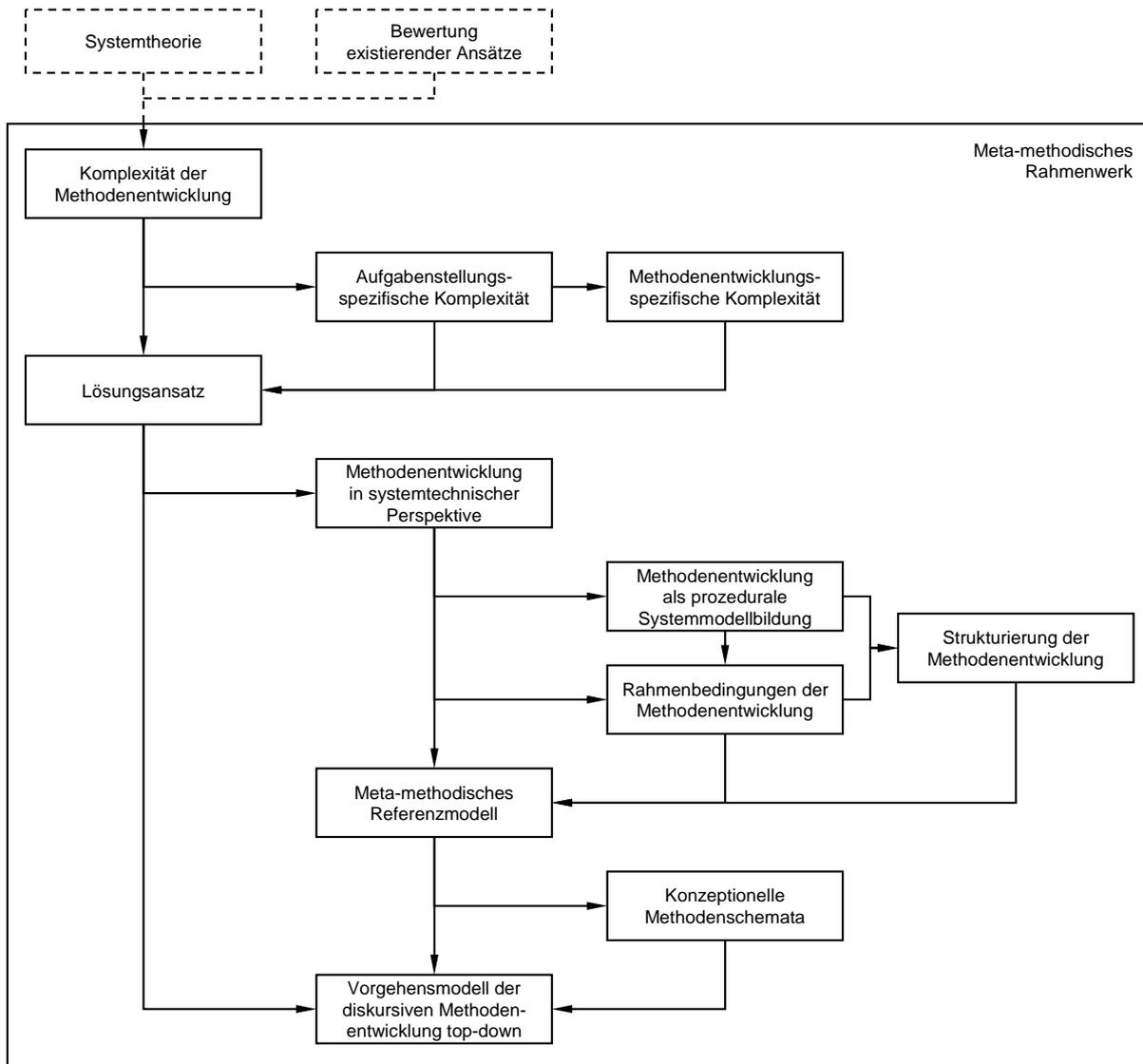


Abb. 5-1: Überblick über die Konzeptentwicklung

Ausgehend von einer *systemtechnischen Perspektive*, in der sich die Methodenentwicklung als Vorgang der prozeduralen Systemmodellbildung darstellt, werden die Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung auf der operativen Anwendungsebene sowie auf Objekt- und Meta-Ebene der Methodenentwicklung analysiert. Auf Grundlage dieser Rahmenbedingungen können entsprechende Kriterien für die Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen definiert werden.

Die Ergebnisse dieser systemtechnischen Analysen werden in einem *meta-methodischen Referenzmodell* zusammengeführt. Zur Unterstützung diskursiven Vorgehens sieht dieses Referenzmodell die Verwendung einer lösungsneutralen, in Bezug auf informationelle Komplexität funktionsorientierten Vorgehensbeschreibung vor und stellt entsprechende Bausteine zur Erstellung konzeptioneller Methodenschemata bereit.

Zur Operationalisierung wird dieses Referenzmodell zu einem *Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down* konkretisiert. Im Vordergrund stehen hierbei eine Analyse des Informationsumsatzes innerhalb des zukünftigen Prozesses im Hinblick auf Ursachen von Komplexität sowie die Festlegung von Maßnahmen zu deren Reduzierung und Bewältigung.

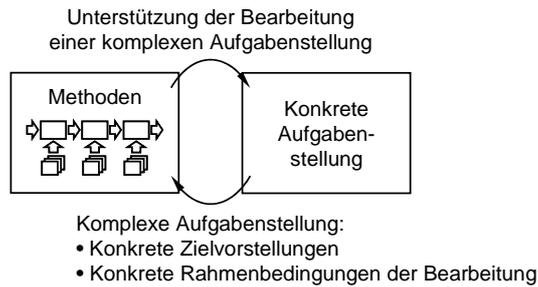
Angesichts der Bedeutung einer geklärten Aufgabenstellung für die Lösungssuche im Allgemeinen wird mit diesem Konzept eines meta-methodischen Rahmenwerks die Strukturierung von Problemsachverhalten bei der Methodenentwicklung fokussiert, d. h. das Erkennen von in Bezug auf das Entstehen und die Bewältigung informationeller Komplexität relevanten Zusammenhängen sowohl in Bezug auf die operativen Aufgabenstellungen als auch in Bezug auf die Methodenentwicklung.

5.2 Komplexität der Methodenentwicklung

5.2.1 Aufgabenstellungsbezogene Komplexität

Heuristische Methoden unterstützen die Bearbeitung im weiteren Sinne komplexer Aufgabenstellungen. Bestandteil dieser Aufgabenstellungen und ursächlich für deren Komplexität sind Zielvorstellungen und ihre Bearbeitung erfolgt unter bestimmten Rahmenbedingungen. Diese Zielvorstellungen und Rahmenbedingungen sind in verallgemeinerter Form Bestandteil von Methoden (siehe 2.3). Bereits aus den Zielvorstellungen und Rahmenbedingungen komplexer Aufgabenstellungen resultiert daher die Handhabung von Komplexität auch als Herausforderung an die Methodenentwicklung (vergl. 3.3) (*Abb. 5-2*).

a) Bearbeitung von Aufgabenstellungen



b) Methodenentwicklung

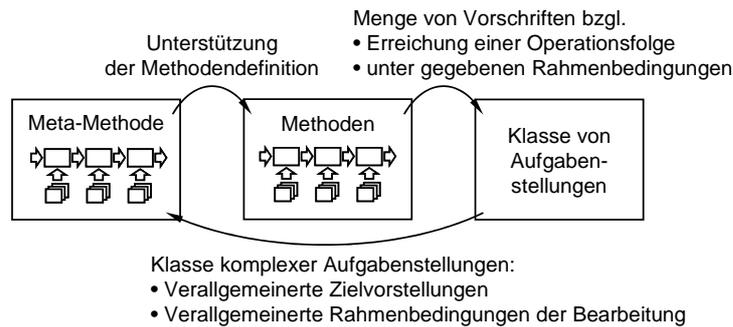


Abb. 5-2: Aufgabenstellungsbezogene Komplexität. a) Bearbeitung von Aufgabenstellungen; b) Methodenentwicklung

Wird als Beispiel die technische Entwurfsarbeit betrachtet, so besteht demnach die Herausforderung der Handhabung von Komplexität innerhalb des Vorgangs der Antizipation von Vorgehensweisen, die über einer Klasse von Aufgabenstellungen die Erarbeitung technischer Lösungen unterstützen soll (Methodenentwicklung, Abb. 5-2b), ebenso wie bei der Erarbeitung konkreter technischer Lösungen innerhalb dieser Klasse von Aufgabenstellungen (Bearbeitung von Aufgabenstellungen, Abb. 5-2a).

5.2.2 Methodenentwicklungsspezifische Komplexität

Über diese aufgabenstellungsbezogenen Einflussfaktoren hinaus sind die *meta-methodische Selbstanwendbarkeit* sowie die *Selbstreferenzialität der Methodenentwicklung* weitere wesentliche Ursachen für Komplexität der Methodenentwicklung. Diese Zusammenhänge resultieren aus spezifischen Besonderheiten der Methodenentwicklung, die einen Vorgang einer Prozesse planenden Modellbildung darstellt.

Meta-methodische Selbstanwendbarkeit

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit fokussierten heuristischen Methoden sollen Bearbeiter bei der Problemlösung anleiten bzw. führen. Dies geschieht spezifisch durch die Vorgabe von innerhalb von Prozessen auszuführenden Tätigkeitsfolgen. Methoden stellen insofern *prozedurale Modelle* von Prozessen dar.

Im Rahmen des Qualitätsmanagements wird zur Erhöhung der Effektivität und Effizienz der Organisation beim Erreichen ihrer Ziele ein *prozessorientierter Ansatz* und innerhalb dieses die Interpretation und Handhabung der miteinander in Wechselwirkung stehenden Prozesse als *Systeme* empfohlen (ISO 9000:2000, S. 7).

Prozessorientierter Ansatz: Das systematische Erkennen sowie Handhaben der verschiedenen Prozesse innerhalb einer Organisation, vor allem aber der Wechselwirkungen zwischen solchen Prozessen (ISO 9000:2000, S. 10).

Methoden können somit zum einen als *prozedurale Systemmodelle von Prozessen* angesehen werden. Zugleich sind Methoden *Produkte*.

Produkt: Ergebnis eines Prozesses (ISO9000:2000, S. 23).

Dieser Produktbegriff beinhaltet explizit auch Methoden, die als Verfahren im Sinne einer festgelegten Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen Prozess auszuführen, bezeichnet werden (ISO 9000:2000, S. 24 f.). Methoden sind demnach zum anderen *Ergebnisse von (Methodenentwicklungs-)Prozessen* (Abb. 5-3).

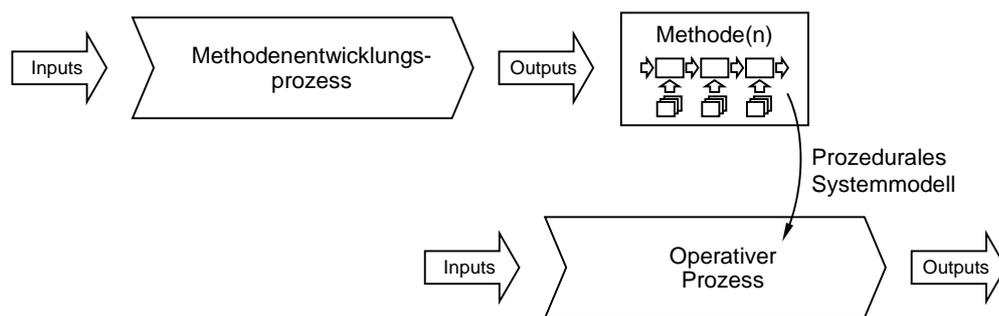


Abb. 5-3: Methoden als Modelle und Ergebnis von Prozessen

Eine Meta-Methode wiederum stellt zum einen ein prozedurales Systemmodell von Methodenentwicklungsprozessen dar. Zum anderen ist sie ein Spezialfall einer Methode (mit der speziellen Operationsfolge der Definition von Methoden) und folglich ebenfalls Ergebnis eines Methodenentwicklungsprozesses (siehe 3.2). Da eine Meta-Methode zugleich Modell und Ergebnis eines Methodenentwicklungsprozesses darstellt, ist sie implizit *selbstanwendbar* (Abb. 5-4).

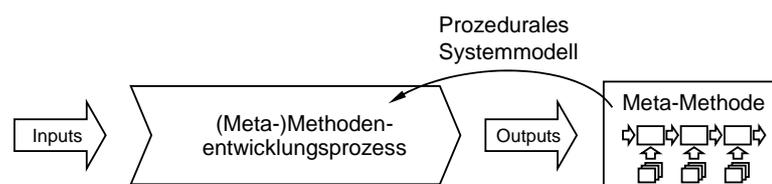


Abb. 5-4: Meta-Methode als Modell und Ergebnis der Methodenentwicklung

Meta-methodische Selbstreferenzialität

Im Rahmen der Methodenentwicklung werden zielorientiert neue Vorgehensweisen festgelegt, deren zukünftige Ausführung intendiert ist. Innerhalb eines prozessorientierten Ansatzes liefert eine Meta-Methode durch Unterstützung der Definition prozeduraler Prozessmodelle insofern einen Beitrag zu *planerischen Tätigkeiten* im Rahmen des Prozessmanagements, welches darüber hinaus organisatorische und kontrollierende Maßnahmen zur Sicherung der Wertschöpfungskette eines Unternehmens im Hinblick auf Qualität, Zeit, Kosten und Kundenzufriedenheit umfasst (vergl. Gaitanides u. a., 1994, S. 3).

Charakteristische Kennzeichen von Planungssituationen im Allgemeinen sind bezüglich des Handlungsgegenstands bestehende Entscheidungsfreiräume bei gleichzeitiger Analyseunsicherheit. Es stellt eine Besonderheit planender Tätigkeiten und mithin komplexer Entwurfsprobleme dar, dass in dieser Weise ein weitgehend vollständiges Problemverständnis erst durch einen Lernprozess im Zuge der Vervollständigung der Lösung entsteht, d. h. das Problemverständnis hängt bei dieser Art von Problemen von der intendierten Problemlösung ab. Es kann dementsprechend davon ausgegangen werden, dass bei komplexen Entwurfsproblemen eine Problemrepräsentation, die eine Eingrenzung des Problemraums und eine Definition von Erfolgskriterien beinhaltet, bereits den wesentlichen Teil der Problemlösung darstellt. Planungsprobleme sind insofern grundsätzlich *selbstreferenziell* (Rittel & Webber, 1973, S. 136 ff.) (Abb. 5-5).

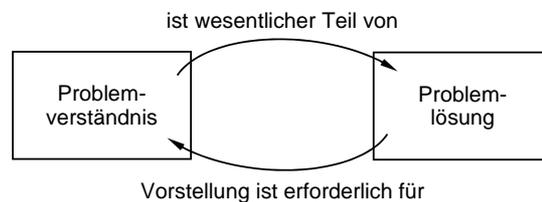


Abb. 5-5: *Selbstreferenzialität von Planungsproblemen*

Dementsprechend sind auch in Bezug auf die Methodenentwicklung Problemverständnis und Problemlösung wechselseitig voneinander abhängig: Methoden sollen Tätigkeiten innerhalb von zukünftigen Prozessen unterstützen. Aus diesen zukünftigen Prozessen bzw. den Tätigkeiten resultieren daher Anforderungen an die Methodenentwicklung. Abstrakt sind diese Tätigkeiten bzw. Prozesse jedoch nur über Beschreibungen zugänglich. Eine solche Beschreibung stellt eine prozedurale Modellbildung dar. Die Klärung der Aufgabenstellung im Rahmen der Methodenentwicklung erfordert also bereits eine Vorstellung des zukünftigen Prozesses in Form eines prozeduralen Modells. Ein solches prozedurales Modell ist jedoch zugleich das beabsichtigte Ergebnis der Methodenentwicklung. Im Hinblick auf diese Vorwegnahme des Ergebnisses ist der Methodenentwicklungsprozess zirkulär (Abb. 5-6).

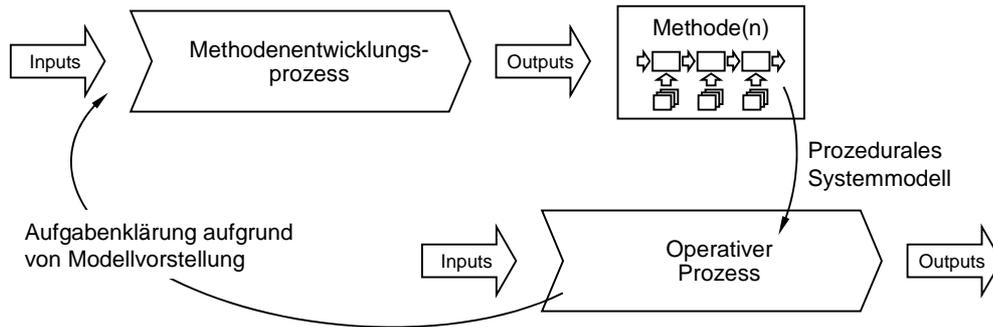


Abb. 5-6: Selbstreferenzialität planender Methodenentwicklung

5.2.3 Lösungsansatz

Komplexität im engeren und im weiteren Sinne steht in engem Zusammenhang mit der Schwierigkeit von Beschreibung und Handhabung von Systemmodellen bzw. deren Originalen. Im Falle der Methodenentwicklung resultiert diese Schwierigkeit zum einen aus der Komplexität im weiteren Sinne der operativen Aufgabenstellungen, deren Bearbeitung durch die zu entwickelnden Methoden unterstützt werden soll. Darüber hinaus resultiert sie aus Besonderheiten der Methodenentwicklung als einem Vorgang der Prozesse planenden Modellbildung (Abb. 5-7).

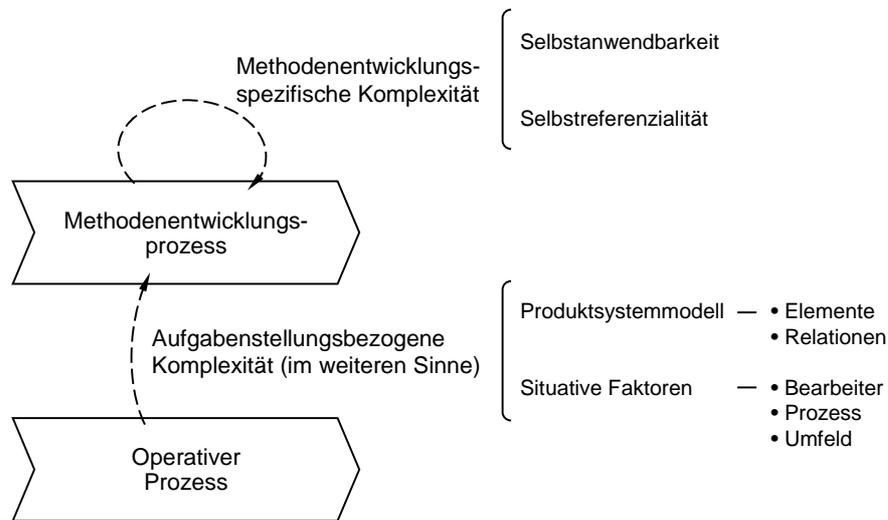


Abb. 5-7: Komplexität der Methodenentwicklung

Angesichts der aus der meta-methodischen Selbstanwendbarkeit und der Selbstreferenzialität der Methodenentwicklung resultierenden methodenentwicklungsspezifischen Komplexität im weiteren Sinne besteht eine wesentliche Herausforderung an einen meta-methodischen Lösungsansatz darin, Prozeduren und die Handlungsgegenstände und Ergebnisse dieser Prozeduren in unterschiedlichen Perspektiven konzeptionell fassbar und unterscheidbar zu machen.

Insbesondere sind auch zwischen diesen jeweils bestehende, für das Entstehen und die Bewältigung von Komplexität relevante Zusammenhänge zu erkennen und darzustellen.

Ein hinreichendes Problemverständnis kann im Fall von Planungsproblemen als wesentlicher Teil der Lösung angesehen werden (siehe 5.2.2). Systemtechnische Ansätze sind durch inhaltliche Allgemeingültigkeit, formale Abstraktheit und durch eine ganzheitliche, Probleme strukturierende, zweckorientierte Betrachtungsweise gekennzeichnet. Sie haben sich im Rahmen der Analyse existierender Ansätze als grundsätzlich geeignet erwiesen, nicht nur im Fall der Planung von Sachsystemen, sondern auch bei der Planung von Vorgehensweisen die Handhabung von Komplexität zu unterstützen. Jedoch betrachten die hierzu existierenden Ansätze aus den Bereichen Systemtechnik und Konstruktionsmethodik die methodenentwicklungsspezifischen Ursachen von Komplexität nicht explizit. Hieraus resultieren Defizite in Bezug auf die Methodenentwicklung, die sich in nicht hinreichend konkreter Unterstützung diskursiver Vorgehensweisen bei diesem speziellen Anwendungsfall ausdrücken (siehe 4.4).

Vor diesem Hintergrund basiert das vorgeschlagene Konzept zur Unterstützung der Methodenentwicklung auf einer *systemtechnischen Interpretation der Methodenentwicklung*. Angesichts der Bedeutung einer geklärten Aufgabenstellung für die Lösungssuche im Allgemeinen wird die Strukturierung von Problemsachverhalten bei der Methodenentwicklung fokussiert, d. h. das Erkennen von in Bezug auf das Entstehen und die Bewältigung informationeller Komplexität relevanten Zusammenhängen sowohl in Bezug auf die operativen Aufgabenstellungen als auch in Bezug auf die Methodenentwicklung.

Aufgrund der Komplexität der Methodenentwicklung fokussiert der Lösungsansatz darüber hinaus eine *Vorgehensweise top-down*. Diese Vorgehensweise ist entsprechend der Systemtechnik bei komplexen Aufgabenstellungen zu favorisieren, da die schrittweise Einengung eines zunächst weiter gefassten Betrachtungsfelds, d. h. die Festlegung genereller Ziele und eines generellen Lösungsrahmens vor der Detaillierung und Konkretisierung der Lösung, eine Ausrichtung der Vorgehensweise am Gesamtproblem ermöglicht (siehe 4.2.1).

5.3 Methodenentwicklung in systemtechnischer Perspektive

5.3.1 Methodenentwicklung als prozedurale Systemmodellbildung

Werden auf Methoden und Methodenentwicklungsprozesse die grundlegenden systemtheoretischen Konzepte angewendet, so ergeben sich Parallelen zur Produktentwicklung im Allgemeinen:

Die Produktentwicklung kann als Vorgang der Systemmodellbildung interpretiert werden, d. h. im Rahmen der Produktentwicklung werden Strukturen von technischen Systemen ent-

worfen, die ein bestimmtes Verhalten verursachen (siehe 2.1). Dieser Entwurf von Strukturen technischer Systeme kann eine Systemmodellbildung auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen beinhalten und beispielsweise von der funktionsstrukturellen über die wirkstrukturelle schließlich zur baustrukturellen Betrachtungsweise führen.

Ebenso kann die Methodenentwicklung als der *Entwurf von Strukturen von Systemmodellen* betrachtet werden, deren Ausführung ein gewünschtes Verhalten bewirkt, d. h. die Implementierung des abstrakten prozeduralen Systemmodells als konkreter Prozess soll ein bestimmtes Prozessergebnis herbeiführen. Unter Berücksichtigung der meta-methodischen Selbstanwendbarkeit sowie der Selbstreferenzialität der Methodenentwicklung ergibt sich in dieser Sichtweise eine Darstellung des Kontexts der Methodenentwicklung gemäß Abb. 5-8.

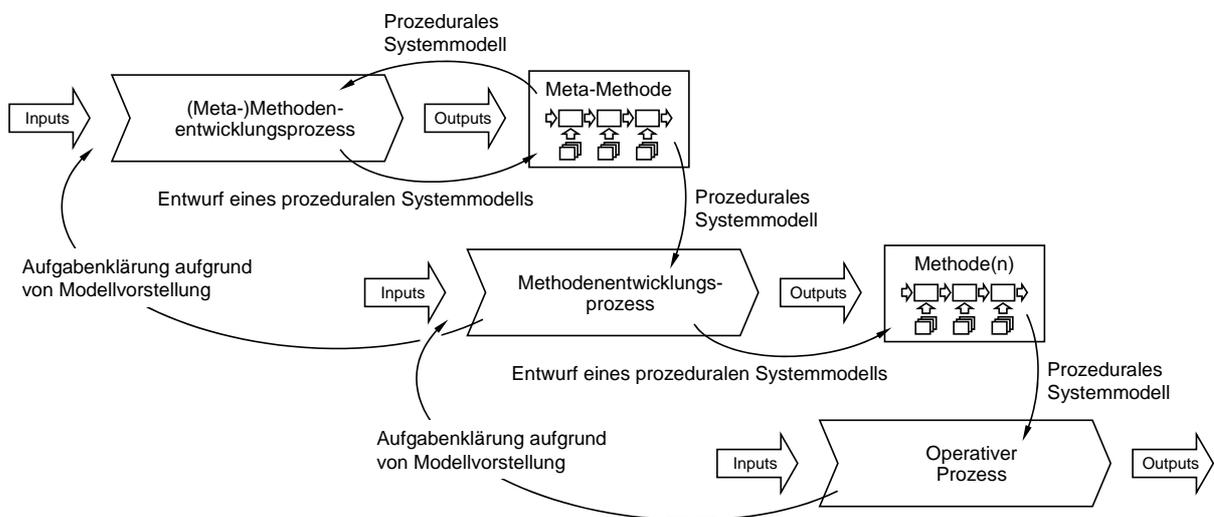


Abb. 5-8: Methodenentwicklung in systemtechnischer Perspektive

Die Meta-Methode ergibt sich in dieser Sichtweise als Ergebnis des Prozesses des Entwurfs eines prozeduralen Systemmodells von Methodenentwicklungsprozessen. Aus diesen Methodenentwicklungsprozessen resultieren demnach Anforderungen an die Entwicklung der Meta-Methode (vergl. 3.3), wobei eine gewisse Modellvorstellung des Methodenentwicklungsprozesses zur Klärung der Aufgabenstellung bereits erforderlich ist. Ebenso stellen sich die zu entwickelnden Methoden als Ergebnis des Entwurfs von prozeduralen Systemmodellen operativer Prozesse dar, aus denen wiederum Anforderungen an diese Methoden resultieren. Auch in diesem Fall ist eine gewisse Modellvorstellung des zukünftigen operativen Prozesses zur Aufgabenklärung erforderlich.

Folgerungen für die Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen

Diese systemtechnische Perspektive auf die Methodenentwicklung macht deutlich, dass der Kontext der Methodenentwicklung in zweierlei Hinsicht durch Zirkularität gekennzeichnet ist. Zum einen betrifft dies infolge des Aspekts der Selbstanwendbarkeit die Entwicklung der

Meta-Methode selbst, zum anderen betrifft es infolge des Aspekts der Selbstreferenzialität Relationen jeweils zwischen operativer und Methodenentwicklungsebene sowie zwischen den Ebenen der Methodenentwicklung und der Meta-Methodenentwicklung. Aus diesen zirkulären Zusammenhängen zwischen operativen Prozessen, Methodenentwicklung und Meta-Methodenentwicklung resultiert als spezifische Anforderung an die Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen eine *Ähnlichkeit der Strukturierung von Methoden und Meta-Methode* unter *Abstraktion vom konkreten Tätigkeitskontext* bei der initialen Modellbildung im Rahmen der Methodenentwicklung.

Die Meta-Methode und die mit ihrer Unterstützung zu entwickelnden Methoden sind jeweils Ergebnisse von Methodenentwicklungsprozessen. Zugleich ist die Meta-Methode ein prozedurales Modell eines Methodenentwicklungsprozesses. Weiterhin stellen operative Prozesse und Methodenentwicklungsprozesse jeweils Problembearbeitungsprozesse dar. Vor diesem Hintergrund sollten Meta-Methode und die zu entwickelnden Methoden einander grundsätzlich ähnlich sein. Da es sich bei der Methodenentwicklung um den Entwurf von Strukturen von Systemmodellen handelt, ist ein *Aufbau von Meta-Methode und zu entwickelnden Methoden mittels einheitlicher konzeptioneller Bausteine* zweckmäßig. Dies bedeutet eine Festlegung von Elementen und Relationen der zu entwickelnden Methoden für operative Prozesse nach Kriterien, die auch zur Strukturierung des Methodenentwicklungsprozesses durch die Meta-Methode genutzt werden (Abb. 5-9).

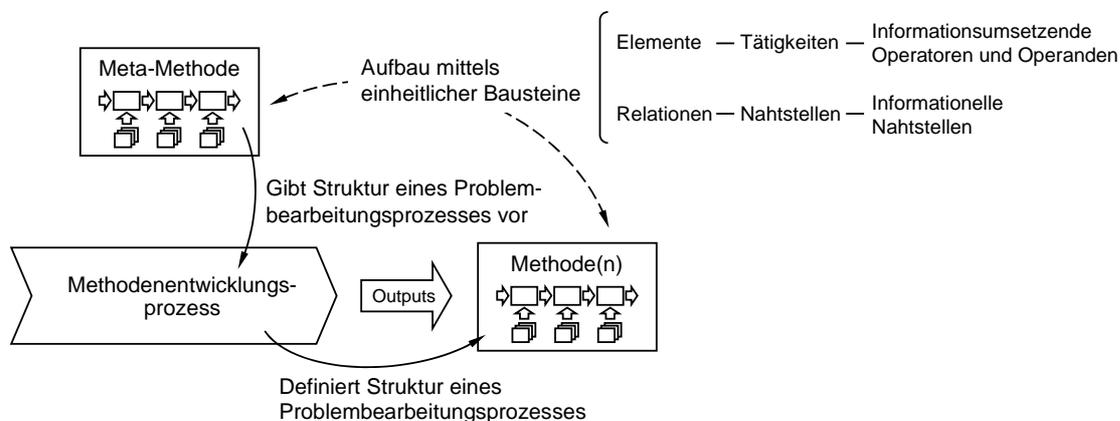


Abb. 5-9: Ansatz zur Strukturierung von Methoden und Meta-Methode

Da Methoden Systemmodelle von Prozessen unter prozeduralen Gesichtspunkten darstellen, betrifft diese Strukturierung in Bezug auf die Elemente Tätigkeiten, die wiederum *Operatoren* und deren *Operanden* (vergl. 2.2) umfassen, sowie in Bezug auf die Relationen Nahtstellen zwischen diesen Tätigkeiten. Vor dem Hintergrund der im Rahmen der vorliegenden Arbeit betrachteten Problembearbeitungsprozesse sind die Tätigkeiten informationsumsetzende und die Nahtstellen informationelle (siehe 2.2).

In Bezug auf die Definition dieser Operatoren und Operanden ist die Selbstreferenzialität von Planungsproblemen zu berücksichtigen, die sowohl in Bezug auf die Entwicklung von Methoden für operative Prozesse als auch in Bezug auf die Entwicklung der Meta-Methode besteht (Abb. 5-8, S. 101). Die beschriebene zirkuläre Beziehung in Form der wechselseitigen Abhängigkeit von Problemrepräsentation und Problemlösung wirkt sich in beiden Fällen dahingehend aus, dass zur Festlegung auszuführender Tätigkeiten diese in gewissem Maße vorwegzunehmen sind, d. h. für die initiale Modellbildung als Ausgangspunkt der Lösungssuche sind gewisse Vorfestlegungen erforderlich.

In diesem Zusammenhang sind zwei Fälle zu unterscheiden (vergl. 3.3):

- Methodenentwicklung bottom-up: Das Vorgehen ist problemorientiert und zielt auf inkrementelle Veränderungen ausgehend von existierenden Abläufen.
- Methodenentwicklung top-down: Das Vorgehen ist zielorientiert und tiefgreifende Veränderungen auf Grundlage einer Neuorganisation sind beabsichtigt.

Im Fall der *Methodenentwicklung bottom-up* dienen existierende Abläufe als Ausgangspunkt der Lösungssuche. Ein Einstieg in die zirkuläre Beziehung von Problemrepräsentation und Problemlösung erfolgt in diesem Fall dementsprechend ausgehend von einem *deskriptiven, an konkreten Tätigkeiten orientierten Prozessmodell*.

Im Fall der *Methodenentwicklung top-down* hingegen liegt entweder eine entsprechende Modellvorstellung des zukünftigen Prozesses noch nicht vor oder es ist ein Auflösen von bestehenden Vorfestlegungen angestrebt, um im Rahmen von frühen strukturbezogenen Entscheidungen, die sowohl bedeutsam als auch unsicher sind, eine adäquat breit angelegte Lösungssuche zu ermöglichen und Denkfehler zu vermindern (siehe 4.2.1) (vergl. Pahl u. a., 2005, S. 67).

Zum Auflösen von Vorfestlegungen und zur Unterstützung der Handhabung von Komplexität kann grundsätzlich eine Abstraktion beitragen, d. h. ein Verallgemeinern und Vereinfachen durch Verzicht auf Einzelheiten. Im Rahmen der Abstraktion wird von einer Betrachtung nicht relevant erscheinender Merkmale abgesehen und als wesentlich erachtete Merkmale werden fokussiert. Dies führt beim Bearbeiter in Bezug auf das Problemverständnis zu einer vereinfachten, wesentliche Merkmale aber dennoch beinhaltenden gedanklichen Struktur, in welcher zufällige individuelle Besonderheiten in den Hintergrund treten, so dass das Problem auf Grundlage übergeordneter Zusammenhänge in eine allgemeingültige Lösung überführt werden kann (Pahl u. a., 2005, S. 73).

Einen geeigneten Ausgangspunkt für den Einstieg in die zirkuläre Beziehung von Problemrepräsentation und Problemlösung stellt daher eine *vom Tätigkeitskontext abstrahierende Modellbildung* dar (Abb. 5-10).

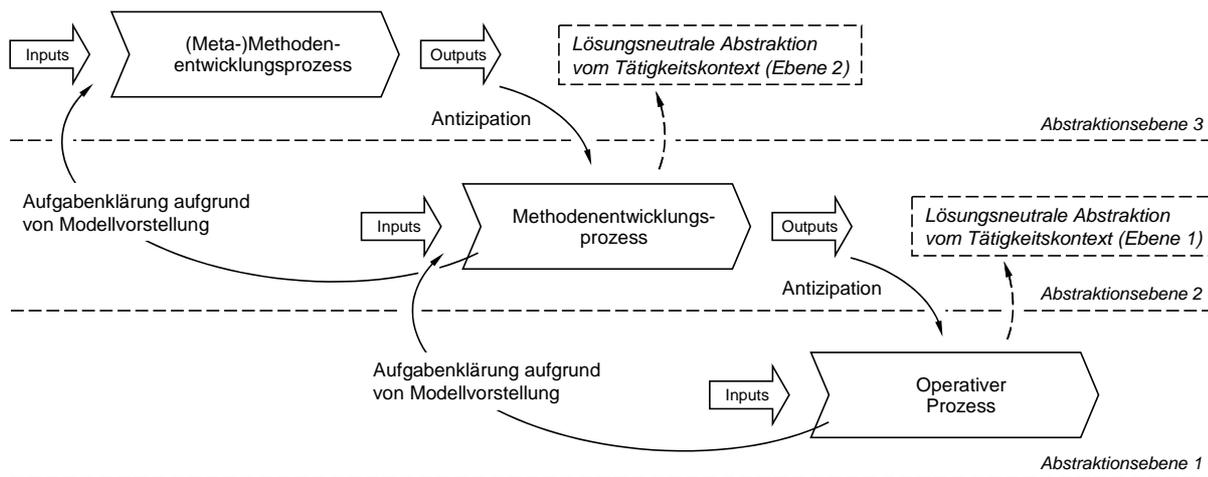


Abb. 5-10: Abstraktion vom Tätigkeitskontext

Dies betrifft entsprechend der systemtechnischen Perspektive auf die Methodenentwicklung zwei unterschiedliche Abstraktionsebenen. Zum einen betrifft es bei der Methodenentwicklung für operative Prozesse eine Abstraktion vom konkreten Kontext der Tätigkeiten dieser Prozesse (Übergang von Abstraktionsebene 1 zu Abstraktionsebene 2 in Abb. 5-10). Zum anderen betrifft es beim Entwurf der Meta-Methode eine Abstraktion vom konkreten Kontext der Tätigkeiten der Methodenentwicklung (Übergang von Abstraktionsebene 2 zu Abstraktionsebene 3 in Abb. 5-10).

5.3.2 Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung

In der Interpretation der Methodenentwicklung als Entwurf von Strukturen prozeduraler Systemmodelle (siehe 5.3.1) ergeben sich zusammenfassend als wesentliche Merkmale eines meta-methodischen Lösungsansatzes der

- Aufbau von Meta-Methode und zu entwickelnden Methoden mittels einheitlicher konzeptioneller Bausteine, beinhaltend informationsumsetzende Operatoren und informationelle Operanden sowie Nahtstellen zwischen diesen, und die
- Abstraktion vom konkreten Tätigkeitskontext bei der Modellbildung als Ausgangspunkt der Lösungssuche im Fall der Methodenentwicklung (top-down) sowie im Fall der Meta-Methodenentwicklung.

Diese Merkmale sind zu kombinieren. Zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen sind demnach lösungsneutral abstrahierte Operatoren und Operanden zu definieren, die allgemein anwendbar sind und ebenso als grundlegende Bausteine der zu entwickelnden Methoden verwendet werden können. Die Grundlage zur Identifikation von allgemeinen Operatoren sowie Operanden als deren Gegenstand, die gemeinsam einheitliche Bausteine zur Strukturierung von Methoden und Meta-Methode ergeben können, bildet eine Analyse der *Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung*.

Bei diesen Rahmenbedingungen handelt es sich um Einflussfaktoren, die auf den unterschiedlichen Abstraktionsebenen der Methodenentwicklung und -anwendung wirken und dort ursächlich für die Entstehung von Komplexität im weiteren Sinne sind. Diese Rahmenbedingungen resultieren aus den Arten von Situationen, mit denen Bearbeiter auf den jeweiligen Abstraktionsebenen 1 bis 3 (vergl. *Abb. 5-10*, S. 104) konfrontiert werden.

Die Abstraktionsebene 1 ist die Ebene operativer Prozesse. In diesen Prozessen werden Methoden in *konkreten Anwendungssituationen* angewendet, beispielsweise im Rahmen der Entwicklung eines konkreten Produkts. Diese Abstraktionsebene der operativen Prozesse wird als *Anwendungsebene* bezeichnet (*Abb. 5-11*).

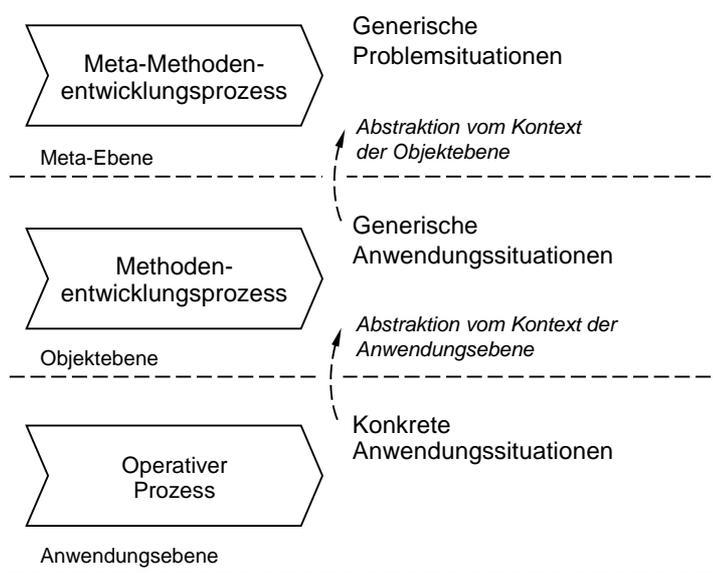


Abb. 5-11: Herkunft von Rahmenbedingungen

Da Methoden invariant über einer Klasse von Aufgabenstellungen sein sollen (Müller, 1990, S. 17), abstrahiert ihre Beschreibung von bestimmten Rahmenbedingungen ihrer Anwendung (Abstraktionsebene 2 in *Abb. 5-10*, S. 104). Eine Methode berücksichtigt insofern nicht den konkreten Kontext einer Anwendungssituation, sondern ihr Geltungsbereich umfasst stattdessen *generische Anwendungssituationen*. Solche generischen Anwendungssituationen sind Anwendungssituationen einer bestimmten Gruppe, d. h. sie sind entsprechend dem Klassifizierungsbegriff dadurch gekennzeichnet, dass bestimmte gewählte ihrer Eigenschaften hinreichend ähnliche Ausprägungen aufweisen. Diese Einordnung in Gruppen ist als Modellbildung grundsätzlich pragmatisch bestimmt (siehe 2.1), d. h. eine solche generische Anwendungssituation kann in unterschiedlichem Maße von konkreten Anwendungssituationen abstrahieren. Dies repräsentiert den Gegenstandsbereich der zu entwickelnden Methoden. Je weniger dieser Gegenstandsbereich durch Abstraktion erweitert wird, desto konkreter kann eine Methode unterstützend wirken, da eine Abstraktion mit einem Absehen von Rahmenbedingungen bzw. eine Konkretisierung mit der Festlegung von Rahmenbedingungen der Me-

thodenanwendung einhergeht und die methodische Unterstützung auf diese Rahmenbedingungen abgestimmt werden kann.

Dies kann anhand der Konkretisierung allgemeiner systemtechnischer Vorgehensstrategien durch die Konstruktionsmethodik verdeutlicht werden. Die Konstruktionsmethodik im engeren Sinne (siehe 2.3) zielt in Bezug auf ihren Geltungsbereich auf eine Unterstützung des Bearbeiters im Rahmen der Entwicklung technischer Produkte, nicht mehr auf die Unterstützung der Gestaltung komplexer Systeme im Allgemeinen (vergl. 4.2.1). Ihr Fokus liegt dabei traditionell auf der Neuentwicklung vorwiegend mechanischer maschinenbaulicher Produkte. Für diese Konkretisierung des Gegenstandsbereichs liegen beispielsweise in Form ordnender Gesichtspunkte und Merkmale zur systematischen Variation auf physikalischer, geometrischer und stofflicher Ebene oder in Form von Gestaltungsrichtlinien konkrete Methoden vor (vergl. Pahl u. a., 2005, S. 125 f. und S. 366 ff.). Diese sind nicht ohne weiteres auf Anwendungssituationen außerhalb dieses Fokus anwendbar, beispielsweise im Fall von softwaretechnischen Wirkzusammenhängen, auf die die Konzepte von physikalischen Effekten und geometrischen und stofflichen Merkmalen nicht anwendbar sind.

Da die Methodenentwicklung das Ziel der Anwendung der Meta-Methode ist, wird diese Abstraktionsebene als *Objektebene* bezeichnet (siehe Abb. 5-11).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit bildet die Entwicklung von Methoden für komplexe Probleme beinhaltende Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen den Gegenstandsbereich der meta-methodischen Unterstützung. Eine weitergehende Einschränkung dieses Gegenstandsbereichs erfolgt nicht von vornherein (siehe 3.2). Eine Abstraktion ausgehend vom Kontext der Objektebene beim Übergang auf die *Meta-Ebene* beinhaltet vor diesem Hintergrund ein Absehen von Besonderheiten generischer Anwendungssituationen. Dies führt zu einer Betrachtung *generischer Problemsituationen* (siehe Abb. 5-11). Hierunter sind durch Komplexität im weiteren Sinne gekennzeichnete Aufgabenstellungssachverhalte an sich zu verstehen. Diese können entsprechend den Arten von Problemen bzw. Spezifika von Transformationsbarrieren unterschieden werden, die in generischen Anwendungssituationen auftreten (siehe 2.2).

Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung und -anwendung

Aus den konkreten und generischen Anwendungssituationen und generischen Problemsituationen, mit denen Bearbeiter in den Prozessen der jeweiligen Abstraktionsebenen konfrontiert werden, resultieren Rahmenbedingungen, die für die Entstehung von Komplexität im weiteren Sinne ursächlich sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auf allen Abstraktionsebenen von Bearbeitern jeweils Problemlöseprozesse vollzogen, also informationsumsetzende Tätigkeiten ausgeführt werden.

Auf der Anwendungsebene handelt es sich bei diesen Rahmenbedingungen um die im konkreten Einzelfall bei der Bearbeitung von konkreten Aufgabenstellungen bzw. Anwendungssituation vom Bearbeiter umzusetzenden Informationen. Dies sind demnach *inhaltlich bestimmte, konkrete Informationen*, beispielsweise bestimmte umzusetzende strategische Geschäftsziele, zu erfüllende Produktanforderungen, zu realisierende Produktfunktionen oder festzulegende oder festzustellende Produktmerkmale (Abb. 5-12).

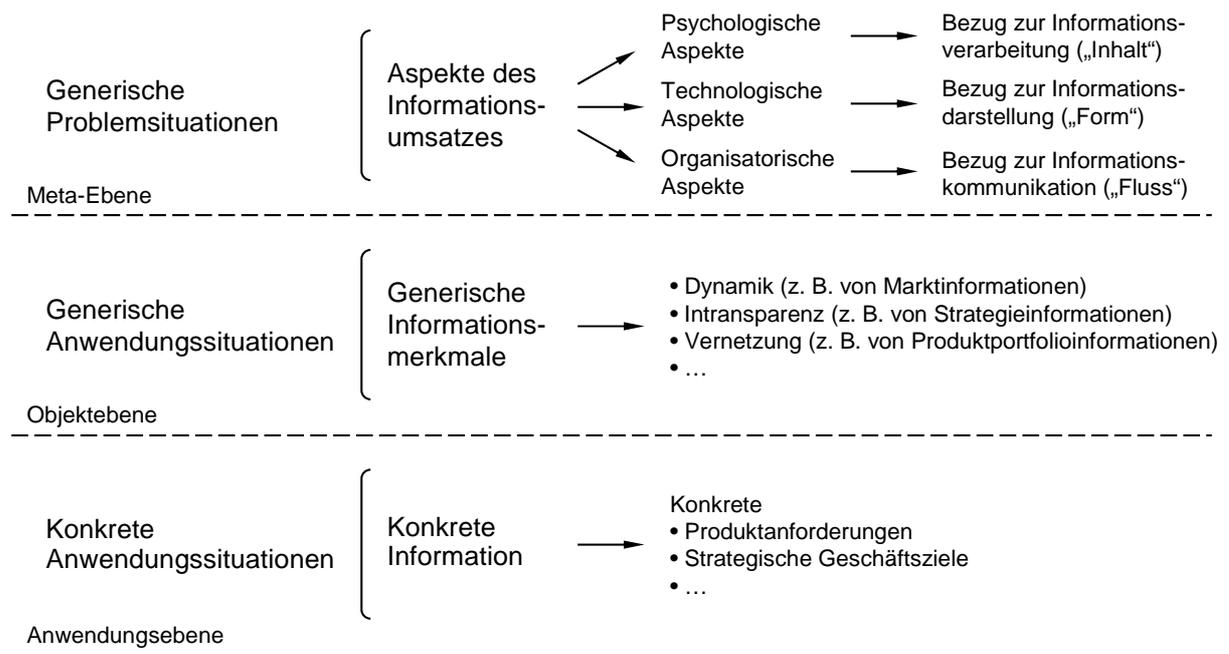


Abb. 5-12: Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung und -anwendung

Auf Objektebene werden Methoden definiert, um Bearbeiter innerhalb konkreter Anwendungssituationen im Bezug auf die Handhabung von informationeller Komplexität im weiteren Sinne zu unterstützen. Dies erfolgt unter Verallgemeinerung konkreter zu generischen Anwendungssituationen. Hierzu sind im Rahmen des Problembearbeitungsprozesses der Methodenentwicklung Vorschriften festzulegen, die die *generischen komplexitätsrelevanten Merkmale von Informationen* berücksichtigen, die in konkreten Situationen umgesetzt werden. Im Gegensatz zu konkreten Informationen auf Anwendungsebene sind auf Objektebene Merkmale von Informationen an sich zu berücksichtigen, beispielsweise die Dynamik von Marktinformationen, auf deren Grundlage Produktanforderungen definiert werden, oder die Vernetzung von Produktportfolioinformationen, die im Rahmen der Produktentwicklung zur Beurteilung von Synergieeffekten berücksichtigt werden können. Die auf Objektebene betrachteten Informationen sind anders als auf Anwendungsebene grundsätzlich inhaltlich unbestimmt, da die Betrachtung vom konkreten Anwendungskontext abstrahiert (siehe Abb. 5-12).

Die auf Meta-Ebene zu entwickelnde Meta-Methode soll Bearbeiter bei Handhabung von Komplexität im weiteren Sinne bei der Definition von Methoden für generische Anwendungssituationen unterstützen. Vor diesem Hintergrund resultieren im Rahmen der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit die Rahmenbedingungen auf Meta-Ebene aus generischen Problemsituationen, d. h. aus den Problemarten, die in generischen Anwendungssituationen auftreten können und die sich in den jeweils vorliegenden Transformationsbarrieren unterscheiden. Konkret manifestieren diese Transformationsbarrieren nur in operativen Prozessen der Anwendungsebene. Da die Ergebnisse dieser operativen Prozesse von kognitiven Leistungen der Bearbeiter, von der Unterstützung durch Informations- und Kommunikationstechnologie, sowie von der Integration in bestehende Prozessstrukturen abhängen, sind psychologische, technologische und organisatorische *Aspekte des Informationsumsatzes* zu berücksichtigen. Vor dem Hintergrund der Entwicklung heuristischer Prozessmodelle fokussieren diese jeweils die denkpsychologische Verarbeitung, die Repräsentation bzw. Modellierung, sowie die Kommunikation der Information. Auf diese Aspekte wird deshalb im Folgenden mittels der Begriffe *Inhalt, Form und Fluss* Bezug genommen (siehe *Abb. 5-12*).

Rahmenbedingungen der Methodenanpassung und -einführung

Die Erzeugung eines Ergebnisses auf operativer Ebene erfordert die tatsächliche Anwendung einer ansonsten lediglich abstrakt anweisenden Methode und daher grundsätzlich eine Konkretisierung der Methode in Form ihrer Anpassung und Einführung, d. h. eine Anpassung an gegebene Rahmenbedingungen der Ausführung und weitere vorbereitende Maßnahmen (siehe 3.3).

Die Rahmenbedingungen der Methodenanpassung und -einführung im industriellen Kontext resultieren daher aus einer *unternehmensspezifischen Konkretisierung generischer Anwendungssituationen*. Ausgehend von Methoden für generische Anwendungssituationen werden diese an die Rahmenbedingungen der *unternehmensspezifischen Informationsmerkmale und Ressourcen* angepasst. Ressourcen des Unternehmens sind dabei im weiteren Sinne zu verstehen, d. h. auch unter Berücksichtigung von Aufbau- und Ablauforganisation des Unternehmens (*Abb. 5-13*).

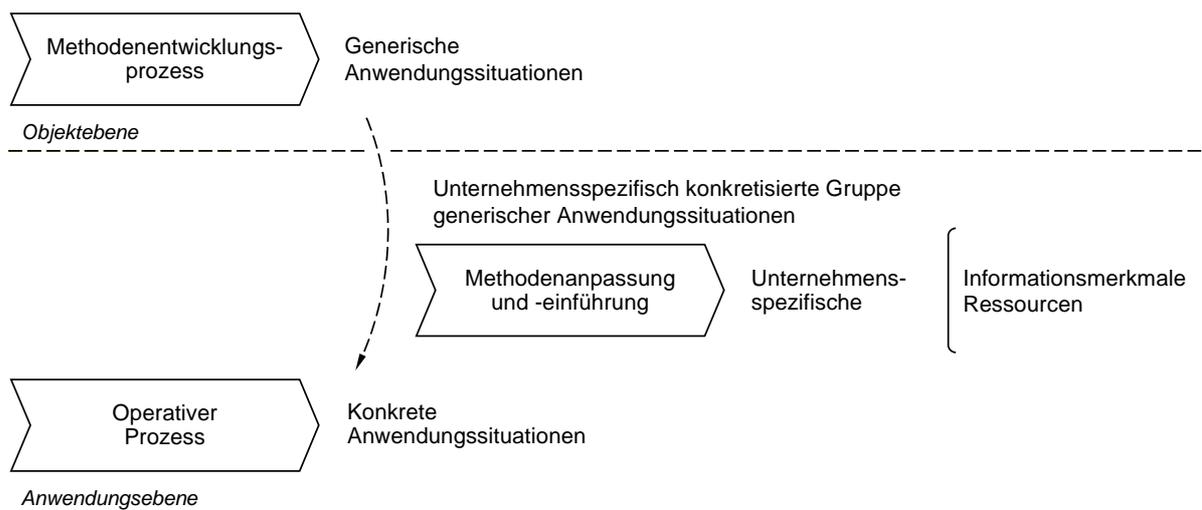


Abb. 5-13: Rahmenbedingungen der Methodenanpassung und -einführung

Die Unterscheidung von generischen Anwendungssituationen und unternehmensspezifisch konkretisierten generischen Anwendungssituationen ist dabei eine Frage der eingenommenen Perspektive und bleibt insofern unscharf. Wird eine neue Methode innerhalb eines Unternehmens und ohne Intention einer externen Anwendung entwickelt, so kann diese Anwendungssituation im Sinne der Meta-Methode als generische Anwendungssituation betrachtet werden. Auch in diesem Fall ist noch eine Anpassung und Einführung erforderlich, die sich aber auf die Rahmenbedingungen der Unternehmensressourcen beschränken kann, da die informationellen Aspekte bereits im Rahmen der Methodenentwicklung berücksichtigt werden können.

Im Sinne der Allgemeingültigkeit der Meta-Methode und einer klaren konzeptionellen Trennung der generischen und unternehmensspezifischen Aspekte der Methodenentwicklung werden die informationellen Aspekte der Anpassung und Einführung von Methoden als Bestandteil der Methodenentwicklung angesehen und in diesem Zusammenhang behandelt. Im Rahmen der Methodenanpassung und -einführung werden entsprechend die Rahmenbedingungen der unternehmensspezifischen Ressourcen betrachtet. Hierbei sind grundsätzlich qualitative Aspekte der Unternehmensressourcen, d. h. deren grundsätzliche Merkmale im Sinne von Fähigkeiten, und quantitative Aspekte der Unternehmensressourcen, d. h. deren Kapazitäten, zu unterscheiden.

Auswirkungen der jeweiligen Rahmenbedingungen

Sowohl aufgabenstellungs- wie unternehmensspezifische Rahmenbedingungen bzw. deren Veränderungen können das Unterstützungspotenzial der zu entwickelnden Methoden grundsätzlich einschränken oder erweitern bzw. die Methodenentwicklung, -anpassung und -einführung erschweren oder erleichtern (Abb. 5-14).

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--|--|
| | | Wirkung der Rahmenbedingungen | |
| | | Potenzial einschränkend | Potenzial erweiternd |
| Herkunft der Rahmenbedingungen | unternehmensspezifisch | z. B. methodenbezogen unterdurchschnittlich motivierte oder qualifizierte Bearbeiter | z. B. Verfügbarwerden neuer, leistungsfähigerer Informationstechnik |
| | aufgabenstellungsspezifisch | z. B. unzuverlässige oder unvollständige Eingangsinformationen | z. B. Verfügbarkeit quantifizierter und nachvollziehbarer Eingangsinformationen infolge existierender Methoden |

Abb. 5-14: Beispiele für Rahmenbedingungen

Im Fall von aufgabenstellungsspezifischen Rahmenbedingungen resultiert diese relative Bewertung aus einem Vergleich unterschiedlicher generischer Anwendungssituationen. Im Fall von unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen resultiert sie aus einem Vergleich unternehmensspezifischer Konkretisierungen generischer Anwendungssituationen, d. h. unternehmensspezifischer Informationsmerkmale und Ressourcen. Dieselbe konkrete Rahmenbedingung kann daher in unterschiedlichen Fällen sowohl eine Potenzial erweiternde wie auch eine Potenzial einschränkende Wirkung haben. Ein Beispiel hierfür ist die Möglichkeit bzw. Notwendigkeit der Nutzung einer bestimmten Informationstechnik, welche aus der Perspektive eines Unternehmens einen Fortschritt zum Stand der Technik im Unternehmen (Potenzial erweiternd), aus der eines anderen hingegen ein Zurückbleiben hinter dem allgemein verfügbaren Stand der Technik (Potenzial einschränkend) darstellen kann.

Bei der Betrachtung aller Arten von Rahmenbedingungen ist zu beachten, ob diese grundsätzliche Merkmale oder lediglich die konkrete Ausgestaltung einer methodischen Lösung beeinflussen. Beispielsweise kann eine inhaltsbezogene Rahmenbedingung „zu verarbeitende Informationsmenge ist sehr groß“ zu der Anforderung „vollständige Ausführbarkeit durch Digitalrechner“ an die zu entwickelnde Methode führen. Dies wiederum legt direkt fest, dass die zu entwickelnde Methode eine algorithmische Methode sein muss (Beeinflussung der Ausprägung der Zuverlässigkeit der Methode, siehe 2.3). Hingegen kann eine flussbezogene Rahmenbedingung „Eingangsinformationen liegen verteilt und personengebunden vor“ lediglich erfordern, dass die zu entwickelnde Methode geeignete Schritte zur Sammlung und Aufbereitung von Informationen vor deren Weiterverarbeitung beinhaltet.

5.3.3 Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen

Mit den Aspekten Inhalt, Form und Fluss des Informationsumsatzes liegen resultierend aus den Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung auf Meta-Ebene (siehe 5.3.2) Operanden vor, die unmittelbar als Gegenstand allgemeiner Operatoren zur Strukturierung der Meta-Methode genutzt werden können. Die Definition von Richtlinien zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen erfolgt hiervon ausgehend auf Grundlage der grundsätzlichen Unterschiede der Vorgehensweisen bei einer Methodenentwicklung top-down und bottom-up sowie einer Analyse der informationellen Zusammenhänge von Problemlösungsprozessen.

Methodenentwicklung top-down und bottom-up

Die Vorgehensweise bei der Methodenentwicklung top-down ist durch eine schrittweise Einengung des Betrachtungsfelds gekennzeichnet, innerhalb derer wiederholt partielle Gestaltungsbereiche definiert und weiter aufgelöst werden (siehe *Abb. 4-2*, S. 45). Diese Vorgehensweise ist an der Systemgrenzenbildung orientiert, die hierbei wiederholt vollzogen wird. Dementsprechend stehen bei der Definition von Prozessmodellen top-down die Prozessnahtstellen am Ausgangspunkt der Betrachtung, d. h. der Fluss der Information. Da eine zweckmäßige Informationsdarstellung die Informationsverarbeitung unterstützt, erfolgt bei der Methodenentwicklung top-down des Weiteren eine Betrachtung der Repräsentation vor deren inhaltlicher Verarbeitung, d. h. der Form der Information vor deren Inhalt. Dies betrifft sowohl die Darstellung von Eingangsinformationen wie auch die Darstellung der Ergebnisse der inhaltlichen Verarbeitung im Hinblick auf die Weiterverarbeitung in nachfolgenden Prozessen (*Abb. 5-15a*).

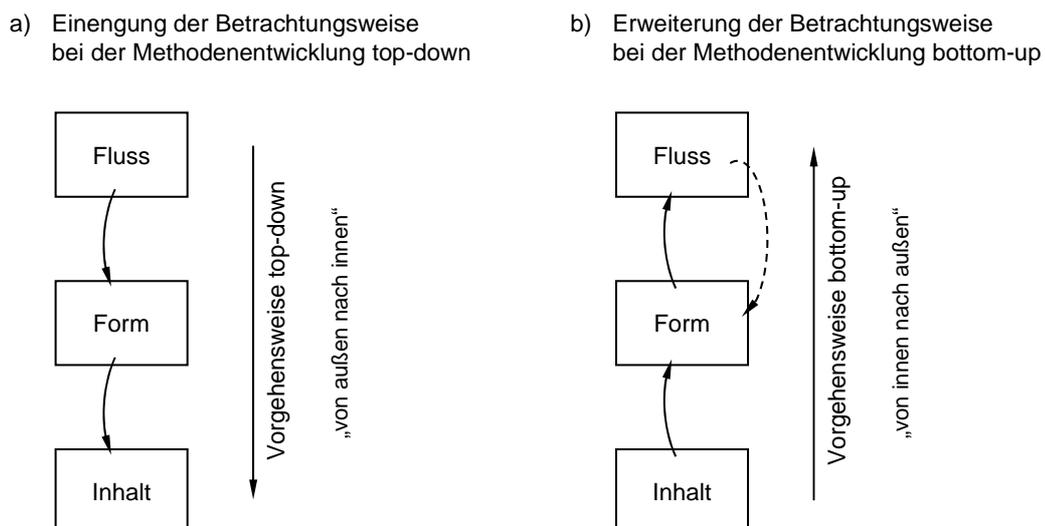


Abb. 5-15: Grundsätzliche Betrachtungsweisen bei der Methodenentwicklung. a) Vorgehensweise top-down; b) Vorgehensweise bottom-up

Im Fall der Methodenentwicklung bottom-up dienen existierende Abläufe als Ausgangspunkt der Lösungssuche, d. h. deskriptive, an konkreten Tätigkeiten orientierte und in weitere existierende Abläufe eingebundene Prozessmodelle (siehe 5.3). Daher stehen in diesem Fall die inhaltliche Verarbeitung (Inhalt) im existierenden Prozess sowie deren inkrementelle Umgestaltung am Anfang der Betrachtung (*Abb. 5-15b*). Aus dieser inkrementellen Umgestaltung der inhaltlichen Informationsverarbeitung können veränderte Anforderungen an die Darstellung der zu verarbeitenden Informationen resultieren, so dass die Repräsentation der Information (Form) nach der inhaltlichen Verarbeitung zu berücksichtigen ist. Über eine Umgestaltung der inhaltlichen Verarbeitung innerhalb eines Prozesses hinausgehend können im Rahmen der Methodenentwicklung bottom-up auch die Prozessnahtstellen (Fluss) neu definiert werden, woraus ebenfalls veränderte Anforderungen sowohl an die Darstellung von Eingangsinformationen als auch an die Darstellung von Ergebnissen des Prozesses resultieren können (Iteration von Fluss zu Form in *Abb. 5-15b*).

Aus diesen unterschiedlichen Betrachtungsweisen ergibt sich in Bezug auf die tendenzielle Reihenfolge der Berücksichtigung der meta-methodischen Rahmenbedingungen die Methodenentwicklung top-down als Vorgehensweise „von außen nach innen“, d. h. initial an informationellen Prozessnahtstellen orientiert (*Abb. 5-15a*). Die Methodenentwicklung bottom-up hingegen ergibt sich als Vorgehensweise „von innen nach außen“, d. h. initial an der denkpsychologischen Verarbeitung von Informationen orientiert (*Abb. 5-15b*).

Informationelle Zusammenhänge von Problemlösungsprozessen

Zur Festlegung von allgemein anwendbaren Operatoren kann eine Orientierung an denkpsychologisch und systemtechnisch fundierten Modellen von Problembearbeitungsprozessen erfolgen. Entsprechend dem gewählten Lösungsansatz (siehe 5.2.3) sowie der Analyse existierender Ansätze kommen hierzu grundsätzlich unterschiedliche Modelle in Frage:

Die phasenorientierten *konstruktionsmethodischen Ablaufpläne* stellen Konkretisierungen systemtechnischer Systemlebensphasen- und Projektphasenmodelle vor dem Hintergrund der Entwicklung von technischen Produkten dar (siehe 4.3.1). Diese Modelle zielen insofern gerade auf eine Beschreibung von Tätigkeiten, die im Hinblick auf einen von der Methodenentwicklung abweichenden Fokus so konkret wie möglich und so abstrakt wie nötig sein soll (siehe 4.4). Diese Modelle stellen sich daher nicht als eine zweckmäßige Grundlage für die Definition allgemein anwendbarer Operatoren angesichts der deutlich abweichenden Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung dar.

Die systemtechnischen *Systemlebensphasen- oder Projektphasenmodelle* (siehe 4.2.1) hingegen sind einerseits allgemein anwendbar und insbesondere nicht nur auf die Entwicklung von technischen Produkten, sondern auch zur Planung des Erstellungsprozesses anwendbar (siehe 4.4). Andererseits stellen diese Modelle eine Makro-Logik dar, mittels derer der Werdegang einer Lösung in überschaubare Teilschritte gegliedert werden soll. Die Modelle zielen als

solche auf einen stufenweisen Planungs-, Entscheidungs- und Konkretisierungsprozess, bei dem die am Ende der jeweiligen Phasen zu erreichenden Ergebnisse hinreichend transparent sind, so dass aus diesen Ergebnissen erst die eigentlichen auszuführenden Tätigkeiten abgeleitet werden können. Insofern sind diese Modelle zwar einerseits allgemeingültig, andererseits aber in ihrer Tätigkeitsorientierung nicht hinreichend konkret, um auf ihrer Grundlage allgemein anwendbare Operatoren zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen abzuleiten.

Der systemtechnische *Problemlösungszyklus* (siehe 4.2.1) präzisiert als Mikro-Logik die Vorgehensweise innerhalb unterschiedlicher Projektphasen. Er ist als „universelles Denkschema“ (Daenzer & Huber, 2002, S. 58) einerseits allgemeingültig-abstrakt, d. h. unabhängig von der konkreten Aufgabenstellung, und andererseits konkreter an Tätigkeiten orientiert als die systemtechnischen Lebens- und Projektphasenmodelle. Er kann daher als Grundlage zur Ableitung allgemein anwendbarer informationsumsetzender Operatoren zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen dienen, insbesondere aufbauend auf einem generischen Modell des Informationsumsatzes innerhalb von Lösungsprozessen (Abb. 5-16).

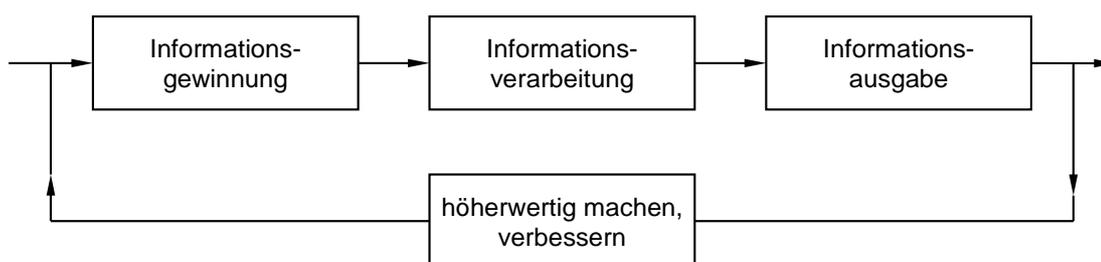


Abb. 5-16: Informationsumsatz mit Iterationsschleife (nach: Pahl u. a., 2005, S. 65)

Grundsätzlich werden in Lösungsprozessen Informationen aufgenommen bzw. gewonnen, verarbeitet und ausgegeben. Die Informationsgewinnung stellt bei der Bearbeitung von Aufgabenstellungen einen wesentlichen Tätigkeitsanteil dar und kann beispielsweise durch Marktanalysen, Fremd- und Eigenforschungsergebnisse, Kundenanfragen und vor allem durch konkrete Aufgabenstellungen erfolgen. Informationsverarbeitung erfolgt beispielsweise durch Analyse von Informationen, durch Informationssynthese, durch Schritte des Ausarbeitens, Korrigierens, durch Beurteilung und Bewertung. Informationsausgabe erfolgt insbesondere durch die Dokumentation erarbeiteter Ergebnisse. Dieser Informationsumsatz in Form von Informationsgewinnung, Informationsverarbeitung und Informationsausgabe erfolgt bei der Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen in der Regel iterativ, d. h. in schrittweiser Annäherung an die Lösung durch Wiederholung von Einzelschritten (Pahl u. a., 2005, S. 65 f.).

Die Informationsgewinnung kann auch als *Informationsakquisition* bezeichnet werden. Diese Akquisition kann grundsätzlich aktiv oder passiv erfolgen, d. h. der Bearbeiter holt entweder selbst Informationen ein oder er nimmt diese entgegen bzw. wird mit ihnen konfrontiert.

Vorgegebene Aufgabenstellungen (siehe 2.2) und der Anstoß innerhalb systemtechnischer Modelle (siehe 4.2.1) repräsentieren passive Informationsakquisition, die jedoch weitere aktive Informationsakquisition erforderlich machen kann. Zur Festlegung allgemein anwendbarer Operatoren wird die passive Informationsakquisition im Folgenden nicht weiter betrachtet, da diese keine Tätigkeit im eigentlichen Sinne darstellt.

Die Informationsverarbeitung beinhaltet unmittelbar eine Informations*analyse*, d. h. die Ermittlung von Merkmalen von Informationen, und eine Informations*synthese*, d. h. die Definition inhaltlich neuer Informationen.

Sowohl die Informationsgewinnung als auch die Informationsausgabe stehen regelmäßig mit Nahtstellen zu anderen Prozessen bzw. Bearbeitern im Zusammenhang. Die Effektivität und Effizienz dieser Nahtstellen werden maßgeblich und direkt von einer zweckmäßigen Informations*aufbereitung* beeinflusst, d. h. von der Beschaffenheit von Informationen bzw. der Veränderung von Merkmalen vorliegender Informationen (ohne wesentliche inhaltliche Veränderung), die von den jeweiligen Prozessen oder Bearbeitern gewonnen (Input) bzw. an diese übergeben werden (Output). Die Informations*aufbereitung* betrifft also insbesondere die Darstellung der jeweiligen Informationen.

Mit diesen Operatoren Akquisition, Analyse, Synthese und Aufbereitung liegen vom Tätigkeitskontext abstrahierte Beschreibungen informationsumsetzender Handlungen in allgemeiner Form vor, anhand derer allgemeingültig Problembearbeitungsprozesse beschrieben werden können. Durch Einbeziehung des Aspekts der Aufbereitung können insbesondere auch die Nahtstellen zwischen Informationsgewinnung und Informationsverarbeitung sowie zwischen Informationsverarbeitung und Informationsausgabe vor dem Hintergrund prozessualer Anforderungen an die Methodenentwicklung explizit erfasst werden.

Werden diese allgemeinen informationsumsetzenden Operatoren Akquisition, Analyse, Aufbereitung und Synthese in Bezug auf die die informationellen Nahtstellen integrierende Darstellung des Grundmodells des Problemlösungszyklus (siehe *Abb. 4-6*, S. 51) betrachtet, so wird deutlich, dass diese Operatoren in den einzelnen Phasen des Problemlösungszyklus mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten angewendet werden (*Abb. 5-17*).

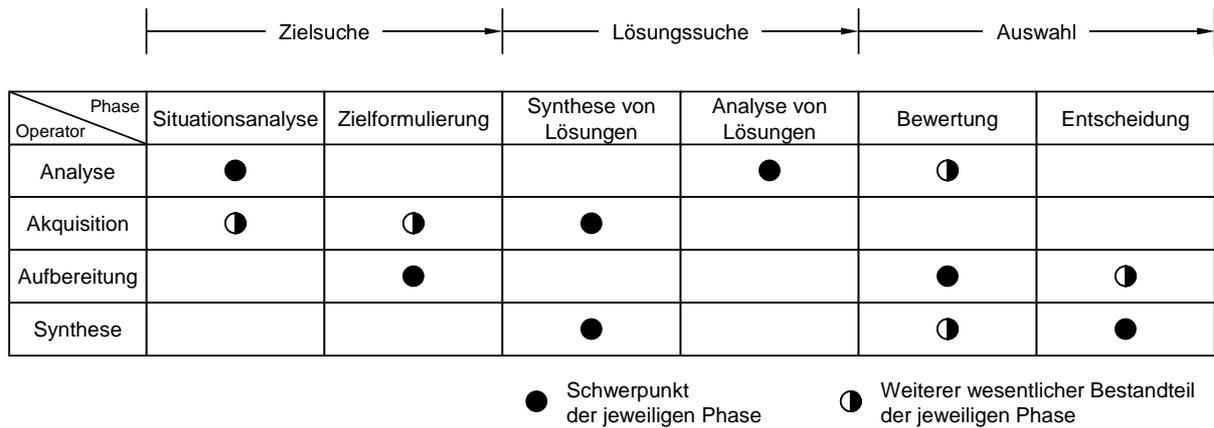


Abb. 5-17: Anwendung allgemeiner Operatoren im Problemlösungszyklus

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei dem Problemlösungszyklus in der praktischen Anwendung nicht um einen linearen Ablauf handelt, sondern gedankliche Vorgriffe auf nachfolgende Phasen und insbesondere auch Iterationen in Form von Grob- oder Feinzyklen zweckmäßig oder erforderlich sein können (siehe 4.2.1). Eine eindeutige Zuordnung dieser abstrahierenden, allgemein anwendbaren Operatoren zu den einzelnen Phasen ist insofern nicht möglich. Grundsätzlich kann ein Operator in jeder der Phasen des Problemlösungszyklus zur Anwendung kommen. Jedoch ist im Rahmen eines allgemeinen Lösungsprozesses ein genereller Trend in der Abfolge *Analyse - Akquisition - Aufbereitung - Synthese* erkennbar. Dieser Trend spiegelt die oft unvollkommenen Aufgabenstellungen und die große Bedeutung einer möglichst weitgehend geklärten Aufgabenstellung bei der Bearbeitung komplexer Probleme wider (siehe 3.1 und 3.2).

5.4 Meta-methodisches Referenzmodell

Die vorstehenden Betrachtungen zur Komplexität der Methodenentwicklung (siehe 5.2) und zur Methodenentwicklung in systemtechnischer Perspektive (siehe 5.3) können zu einem *meta-methodischen Referenzmodell* zusammengeführt werden (Abb. 5-18).

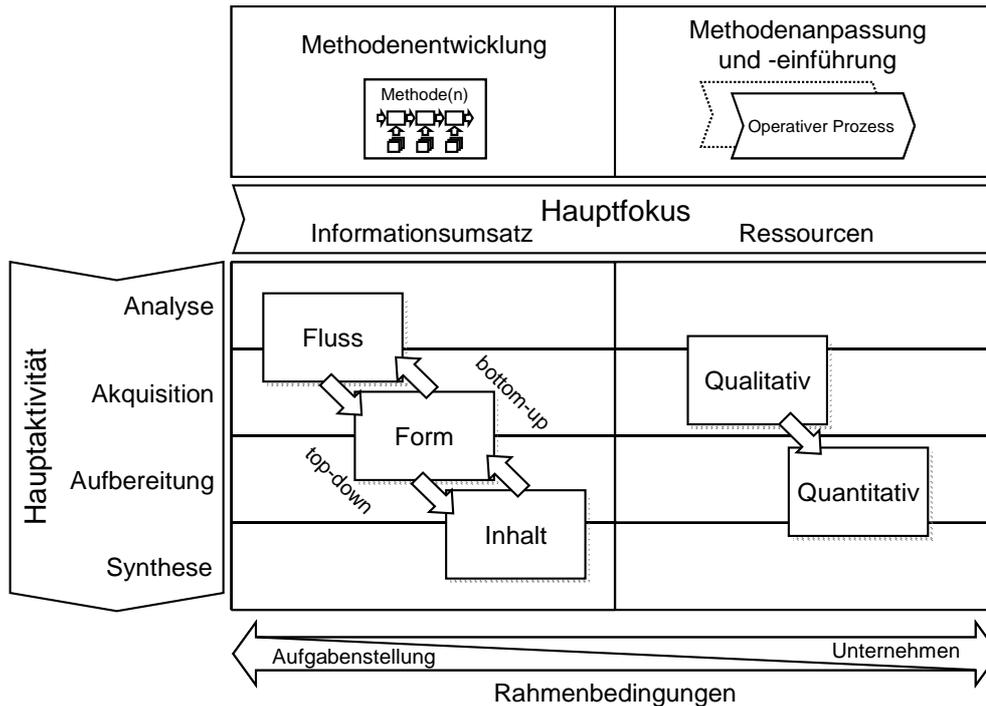


Abb. 5-18: Meta-methodisches Referenzmodell

Die Grundlage dieses Modells bildet entsprechend den Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung und den Folgerungen für die Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen die

- Unterscheidung der Grundphasen der Methodenentwicklung sowie der Methodenanpassung und -einführung und die Unterscheidung von deren jeweils aufgabenstellungs- bzw. unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen, die
- Festlegung von Operatoren und deren grundsätzlicher Abfolge innerhalb dieser Phasen entsprechend dem systemtechnischen Problemlösungszyklus, die
- Festlegung von Operanden und deren grundsätzlicher Abfolge in der Phase der Methodenentwicklung entsprechend den durch den Informationsumsatz in Lösungsprozessen gegebenen aufgabenstellungsspezifischen Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung und -anwendung sowie die
- Festlegung von Operanden und deren grundsätzlicher Abfolge in der Phase der Methodenanpassung und -einführung entsprechend den durch Unternehmensressourcen gegebenen unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen.

Das meta-methodische Referenzmodell gliedert den Methodenentwicklungsprozess entsprechend den jeweils vorherrschenden Rahmenbedingungen in zwei Grundphasen. Hierbei handelt es sich zum einen um die Phase der eigentlichen *Methodenentwicklung*, für die aufgabenstellungsspezifische Rahmenbedingungen bestimmend sind. Zum anderen wird die Phase

der *Methodenanpassung und -einführung* betrachtet, in der vorwiegend unternehmensspezifische Rahmenbedingungen betrachtet werden.

Der Übergang der Rahmenbedingungen zwischen diesen Phasen ist fließend. Inwieweit aufgabenstellungsspezifische und unternehmensspezifische Rahmenbedingungen ineinander übergehen, hängt von der gewählten Perspektive und insbesondere von der Allgemeingültigkeit der Aufgabenstellung ab, d. h. ob eine universell einsetzbare Methode für eine allgemeine Aufgabenstellung entwickelt werden soll oder die Aufgabenstellung bereits unternehmensspezifisch ist. Grundsätzlich haben entsprechend der gewählten Systematik (siehe *Abb. 5-13*, S. 109) aufgabenstellungsspezifische Rahmenbedingungen eher einen Bezug zu generischen Aspekten des *Informationsumsatzes* und unternehmensspezifische Rahmenbedingungen eher einen Bezug zu Aspekten der konkreten *Ressourcen* eines Unternehmens.

Diese unterschiedlichen Rahmenbedingungen bilden in beiden Phasen die jeweiligen Schwerpunkte des Ablaufs, der entsprechend der Analyse des Informationsumsatzes in allgemeinen Lösungsprozessen in die Hauptaktivitäten *Analyse - Akquisition - Aufbereitung - Synthese* gegliedert ist und entsprechend dem Problemlösungszyklus schwerpunktmäßig in dieser Sequenz durchlaufen wird (siehe *Abb. 5-17*, S. 115). Bei der Bearbeitung komplexer Probleme können regelmäßig Vorgriffe auf nachfolgende Phasen und Rückgriffe zur Modifikation von Ergebnissen aus früheren Phasen notwendig werden (siehe 4.2.1); dementsprechend ist davon auszugehen, dass auch dieser Ablauf grundsätzlich Vor- und Rückgriffe beinhaltet.

Entsprechend diesem Referenzmodell ist die Methodenentwicklung daher ein iterativer Vorgang der Anwendung der allgemeinen informationsverarbeitenden Operatoren Analyse, Akquisition, Aufbereitung und Synthese auf die unterschiedlichen Aspekte des Informationsumsatzes im zukünftigen Prozess. Hierbei verlagert sich der Fokus bei der Methodenentwicklung top-down von *Fluss* zu *Form* zu *Inhalt* der Information. Somit berücksichtigt die Methodenentwicklung top-down organisatorische Anforderungen und solche, die sich auf die Darstellung und Handhabung der Informationen beziehen, vor jenen der eigentlichen denkpsychologischen Verarbeitung (Methodenentwicklung „von außen nach innen“). Bei der Methodenentwicklung bottom-up ist die Tendenz umgekehrt und der Fokus verlagert sich von *Inhalt* zu *Form* zu *Fluss* der Informationen (Methodenentwicklung „von innen nach außen“) (siehe *Abb. 5-15*, S. 111).

In beiden Fällen ist das Ergebnis der Phase der Methodenentwicklung ein neues bzw. verändertes prozedurales Prozessmodell, welches im Rahmen der Phase der Methodenanpassung und Einführung an die unternehmensspezifischen Ressourcen anzupassen ist und dessen Elemente diesen Ressourcen zuzuordnen sind. In dieser Perspektive handelt es sich bei der Methodenanpassung und -einführung stets um einen Vorgang top-down, bei dem entsprechend der systemtechnischen Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ (siehe *Abb. 4-3*,

S. 46) *qualitative Aspekte* der Ressourcen vor *quantitativen Aspekten* betrachtet werden sollten, d. h. grundsätzliche Fähigkeiten von Ressourcen vor deren Kapazitäten.

Grundlagen und Anwendung konzeptioneller Methodenschemata

Im Rahmen der Methodenentwicklung sind Informationsverarbeitungsschritte festzulegen. Bei der initialen Modellbildung im Rahmen der Methodenentwicklung top-down, d. h. als Ausgangspunkt der Lösungssuche, ist eine Abstraktion vom konkreten Tätigkeitskontext zweckmäßig (siehe 5.3.2). Mit den allgemeinen informationsumsetzenden Operatoren *Akquisition - Analyse - Aufbereitung - Synthese* in Kombination mit den Operanden *Fluss - Form - Inhalt* liegen Bausteine vor, die über die Strukturierung der Meta-Methode hinausgehend auch als Methodenkomponenten zum Aufbau tätigkeitsneutral abstrahierter prozeduraler Prozessmodelle genutzt werden können (siehe 5.3.3). Durch eine solche Modellierung wird der Anforderung nach einem Aufbau von Meta-Methode und den zu entwickelnden Methoden mittels einheitlicher konzeptioneller Bausteine entsprochen (siehe 5.3.1).

Beispielhaft wird eine Beschreibung von Tätigkeiten unter Nutzung dieser lösungsneutralen Komponenten im Zusammenhang mit der Klärung konstruktiver Aufgabenstellungen demonstriert. Die Betrachtung erfolgt im Hinblick auf den Ablauf im Ganzen, d.h. im Hinblick auf die übergeordneten Arbeitsschritte (*Abb. 5-19*).

| Operanden Operatoren | Fluss | Form | Inhalt |
|-------------------------|---|--|--|
| Analyse | ② Auswahl relevanter zu interviewender Kunden z. B. vor dem Hintergrund früherer Produktkäufe | ④ Untersuchung existierender Fragebogenformulare zur Vorbereitung von Kundeninterviews | ⑥ Auswertung vorliegender Diagnosedaten aus der Produktnutzung |
| Akquisition | ① Ermittlung von Kontaktdaten von Kunden, die sich grundsätzlich zu Interviews bereit erklärt haben | ③ Zugriff auf existierende Fragebogenformulare für Kundeninterviews | ⑤ Durchführung von Kundeninterviews |
| Aufbereitung | ⑫ Weiterleitung von Teilmengen einer Anforderungsliste an die entsprechenden Adressaten in Entwicklungsabteilungen | ⑩ Zusammenführung expliziter und impliziter Kundenwünsche in einer strukturierten Anforderungsliste | ⑦ Dokumentation explizit in Kundeninterviews geäußerter Kundenwünsche |
| Synthese | ⑪ Festlegung der Adressaten in der Entwicklungsabteilung zur Bearbeitung von Teilmengen einer Anforderungsliste | ⑨ Festlegung von Kriterien zur Strukturierung einer Anforderungsliste | ⑧ Ermittlung impliziter Kundenwünsche aus Ergebnissen von Produktnutzungsanalysen oder Kundeninterviews |

Abb. 5-19: Beispiel zur lösungsneutralen Beschreibung von Arbeitsschritten

Dieses Beispiel des Ablaufs⁷ einer Aufgabenklärung beginnt mit einer im Wesentlichen aktiven Informationsakquisition; eine Situationsanalyse wird als bereits vorgenommen vorausgesetzt. Im Beispiel wird eine Anforderungskklärung durch Kundeninterviews sowie eine Produktnutzungsanalyse aufgrund z. B. von Fahrzeugdiagnosedaten angenommen. Für die Interviews soll auf Kunden zurückgegriffen werden, die ihr grundsätzliches Einverständnis hierzu vorab erklärt haben (Akquisition - Fluss), wobei aber nur bestimmte dieser Kunden aufgrund von spezifischen früheren Produktkäufen als relevant angesehen werden (Analyse - Fluss). Es existieren Fragebogenformulare für Kundeninterviews, auf die zugegriffen werden kann (Akquisition - Form) und die zur Vorbereitung der Interviews untersucht werden (Analyse - Form). Die aktive Akquisition von Informationsinhalten fußt hauptsächlich auf den eigentlichen Interviews (Akquisition - Inhalt). Die Diagnosedaten werden als bereits vorlie-

⁷ Die Nummerierung der Felder in Abb. 5-19 repräsentiert eine mögliche Reihenfolge der auszuführenden Arbeitsschritte und dient lediglich als Referenz für das konkrete Beispiel.

gend angenommen, so dass aktive Akquisitionsschritte diesbezüglich nicht erforderlich sind. Allerdings sind aus dem Datenbestand Besonderheiten der konkreten Produktnutzung erst noch zu ermitteln (Analyse - Inhalt). Aus den Kundeninterviews gehen explizit geäußerte Kundenwünsche hervor, die ohne weiteres dokumentiert werden können (Aufbereitung - Inhalt). Weitere, implizite Kundenwünsche hingegen sind aus den Interviews sowie aus der Produktnutzungsanalyse herauszuarbeiten (Synthese - Inhalt). Auf Grundlage der Kundenwünsche wird eine zweckmäßige Struktur einer Anforderungsliste definiert (Synthese - Form), in welcher die ermittelten expliziten und impliziten Kundenwünsche dann zusammengeführt werden (Aufbereitung - Form). Diese Anforderungsliste wird zur verteilten Bearbeitung durch bestimmte Mitarbeiter der Entwicklungsabteilung zergliedert und diesen zugeordnet (Synthese - Fluss) und die jeweiligen Teilmengen werden an diese weitergeleitet (Aufbereitung - Fluss).

Die genannten konzeptionellen Bausteine für die Methodenentwicklung können wie gezeigt genutzt werden, um existierende Abläufe vom Tätigkeitskontext abstrahiert zu beschreiben (deskriptive Anwendung der Bausteine) (Abb. 5-20).

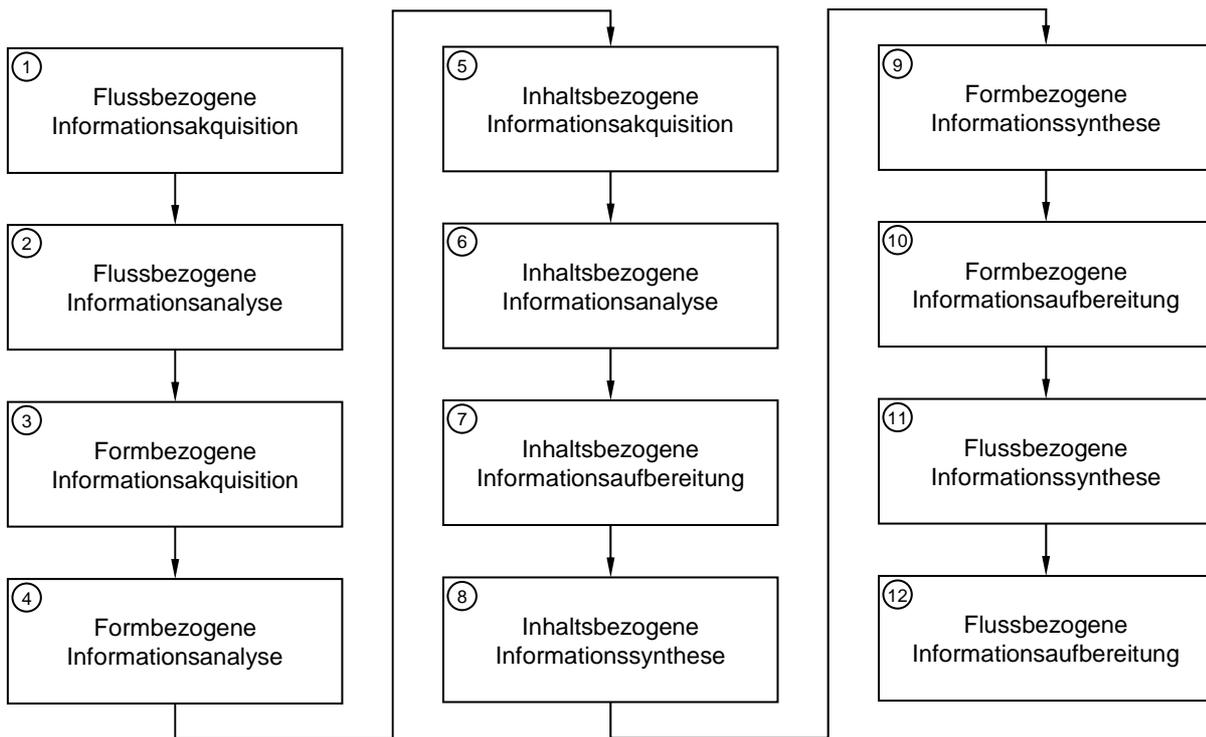


Abb. 5-20: Abstrahierte Darstellung der Aufgabenklärung gemäß Abb. 5-19

Aufgrund des hohen Abstraktionsgrads sind diese Komponenten ebenso für die initiale Modellbildung bei der Methodenentwicklung top-down geeignet, da keine konkrete Lösungsvorstellung vorausgesetzt wird. Für den Entwurf einer Struktur eines Ablaufs entsprechend dem in Abb. 5-20 ist als Ausgangsbasis das Problemverständnis hinreichend, dass

- die auszuwertenden Informationsquellen und die Art der Repräsentation der jeweiligen Eingangsinformationen (noch) nicht feststehen,
- die Eingangsinformationen aus mehreren und unterschiedlichen Quellen stammen, so dass zumindest teilweise Aufbereitungsschritte erforderlich sein werden,
- eine Weiterverarbeitung in Folgeprozessen eine bestimmte, darstellungsbezogene Aufbereitung der Ausgangsinformationen erforderlich macht und
- in diesen Folgeprozessen eine verteilte Weiterverarbeitung der Ausgangsinformationen erforderlich sein wird.

Dementsprechend kann unter Nutzung der genannten Bausteine eine erste Struktur einer zu entwickelnden Methode entworfen werden (präskriptive Anwendung der Bausteine), die den Rahmen für die weiteren Konkretisierungsschritte vorgibt.

Aufbauend auf einem solchen abstrakten Modell kann diese Konkretisierung zweckmäßig durch eine in Bezug auf den Informationsumsatz funktionale Beschreibung realisiert werden. Dies entspricht den funktionsorientierten systemtechnischen und konstruktionsmethodischen Strategien für den Entwurf von Sachsystemen: Es ist zu beschreiben, was die Ausführung einer Methode in Bezug auf informationelle Komplexität bewirken soll, ohne vorwegzunehmen, wie bzw. im Rahmen welcher konkreten Tätigkeiten dies realisiert werden kann. Eine solche Spezifikation einer Vorgehensweise wird als *konzeptionelles Methodenschema* bezeichnet.

Konzeptionelles Methodenschema: Funktionsorientiert in Bezug auf ihre beabsichtigte Wirkung im Rahmen der Handhabung informationeller Komplexität formulierte Methode.

Zumeist handelt es sich bei der beabsichtigten Wirkung um eine *Reduktion* von informationeller Komplexität. Komplexität wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit u. a. als Eigenschaft eines Systemmodells verstanden (siehe 2.1). Daher kann eine Reduktion der Ausprägung der Komplexität grundsätzlich durch eine Beeinflussung der Modellbildung durch den Bearbeiter erreicht werden: Der Bearbeiter soll in die Lage versetzt werden, ein Systemmodell so zu bilden, dass in der gegebenen Handlungssituation die Beschreibung und Handhabung dieses Systemmodells bzw. dessen Originals vereinfacht wird. Da die Ausprägung der Komplexität u. a. aus der Art und Anzahl von Elementen und Relationen der Systemmodelle resultiert, mit denen ein Bearbeiter interagiert, sind die Klassifizierung im Allgemeinen oder auch die Modulbildung bei der Produktentwicklung typische Beispiele für solche Strategien. In beiden Fällen werden Elemente aufgrund von Ähnlichkeiten so gruppiert bzw. aggregiert, dass die jeweilige Gruppe bzw. das jeweilige Modul in bestimmten Anwendungssituationen eine Ersetzungsfunktion für die Menge ihrer Elemente erfüllen kann, so dass deren Einzelbeachtung nicht erforderlich ist.

Regelmäßig werden im Rahmen der Methodenentwicklung jedoch auch Arbeitsschritte festgelegt, die für den Bearbeiter zumindest zeitweilig eine *Erhöhung* der informationellen Komplexität mit sich bringen. Beispiele hierfür aus dem Bereich der Produktentwicklung sind die Erhöhung des Auflösungsgrads bei der Funktionsstrukturierung oder die Betrachtung von Lösungsvarianten. Rahmenbedingungen des operativen Prozesses können also nicht nur unmittelbar ursächlich für informationelle Komplexität sein, sondern auch mittelbar über die methodische Lösung wirken, die zwar einerseits durch die Rahmenbedingungen beeinflusst ist, andererseits aber - vergleichbar mit der Produktentwicklung (siehe 3.1) - im Rahmen gewisser Freiheitsgrade gewählt werden kann.

Beim Entwurf konzeptioneller Methodenschemata ist daher zu analysieren, aus welchen Ursachen im Rahmen bestimmter Tätigkeiten informationelle Komplexität als Herausforderung an den Bearbeiter resultiert. Auf diese abgestimmt sind dann Strategien zur Komplexitätsreduktion auszuwählen bzw. festzulegen.

Im vorgenannten Beispielfall einer der Produktentwicklung vorausgehenden Klärung der Aufgabenstellung kann vor dem Hintergrund dieses Problemverständnisses ein adäquater erster Arbeitsschritt als Teil eines konzeptionellen Methodenschemas als „systembezogene Komplexitätsreduktion“ vorläufig festgelegt werden. Das Wesentliche der zu betrachtenden Systeme ist in diesem Fall der Markt; daher kann der Arbeitsschritt der „systembezogenen Komplexitätsreduktion“ unmittelbar zu einer „marktbezogenen Komplexitätsreduktion“ weiter konkretisiert werden. Komplexität resultiert in diesem Fall aus der Art und Anzahl von Subjekten einerseits und Objekten andererseits sowie aus deren Relationen innerhalb des Systems, d. h. aus der Vielzahl und Vielfalt der Kunden und Produkte sowie deren Beziehungen im Markt. Dementsprechend kann die „marktbezogene Komplexitätsreduktion“ in eine „subjektbezogene Komplexitätsreduktion“ einerseits und eine „objektbezogene Komplexitätsreduktion“ andererseits aufgegliedert werden (*Abb. 5-21*).

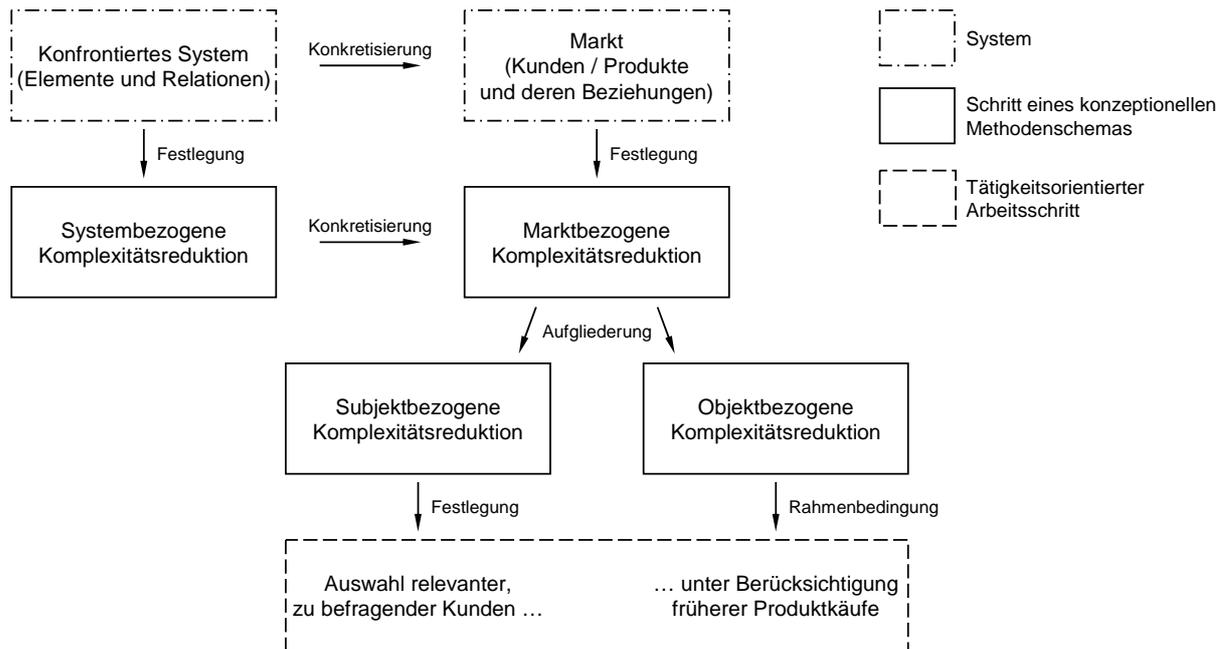


Abb. 5-21: Beispiel für die Entwicklung konzeptioneller Methodenschemata

Eine Reduktion der informationellen Komplexität kann nun beispielsweise durch eine Änderung der Perspektive des Bearbeiters dahingehend erreicht werden, dass dieser anstelle der Gesamtmenge von Elementen und Relationen nur einen bestimmten Ausschnitt aus dieser Menge berücksichtigt. Subjektseitig könnte im vorstehenden Beispiel dementsprechend als mögliche Strategie zur Komplexitätsreduktion eine „Auswahl von relevanten, zu befragenden Kunden“ vorgenommen werden. Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der Objektseite könnte dies entsprechend früheren Produktkäufen erfolgen. Dies führt zur Festlegung eines Arbeitsschritts der „Auswahl relevanter, zu befragender Kunden unter Berücksichtigung früherer Produktkäufe“ (Abb. 5-21).

Das vorstehende Beispiel zeigt, dass konzeptionelle Methodenschemata ein diskursives Vorgehen bei der Festlegung von Informationsverarbeitungsschritten ermöglichen: Beginnend bei einem zunächst nur groben Problemverständnis (siehe Abb. 5-20, S. 120) kann eine schrittweise, transparente und nachvollziehbare Annäherung an eine konkrete tätigkeitsorientierte Beschreibung eines Arbeitsschritts realisiert werden (hier Schritt 2 nach Abb. 5-19, S. 119). Ein weiteres Beispiel im selben Kontext wäre eine Annäherung an die Strukturierung der Anforderungsliste (Schritte 9 und 10 in Abb. 5-19, S. 119) über eine „zielbezogene Komplexitätsreduktion“, insofern, als dies im Vergleich zu einer unstrukturierten Anforderungsmenge deren Transparenz erhöht und damit eine weitergehende, beispielsweise hierarchische Strukturierung im Zuge der Definition des Entwicklungsziels unterstützt.

Konzeptionelle Methodenschemata leiten den Bearbeiter bei der Methodenentwicklung an, die Ursachen von informationeller Komplexität in der jeweiligen Anwendungssituation zu analysieren und zu explizieren. Sie tragen somit zum einen unmittelbar zu einer Erhöhung

des Problemverständnisses und damit der Lösungsqualität bei (siehe 5.2.2). Durch die vorgeschlagene Vorgehensweise kann darüber hinaus der Konkretisierungsgrad bei der Methodenentwicklung dem jeweils erreichten Problemverständnis angepasst werden. Die funktionsorientierte Spezifikation stellt einen effektiven Mechanismus zur Integration von allgemeinen Strategien zur Komplexitätsbewältigung sowie von existierenden Methoden unter Nutzung von Methodenkatalogen dar. So unterstützen konzeptionelle Methodenschemata den Übergang vom „Was“ eine Methode bewirken soll zum „Wie“ sie dies bewirken kann und liefern damit einen wesentlichen Beitrag zu einer diskursiven Methodenentwicklung top-down bis hin zu einer operationalisierten Methode.

Die Verwendung konzeptioneller Methodenschemata ist vorwiegend durch die Rahmenbedingungen einer Methodenentwicklung top-down im Hinblick auf die Selbstreferenzialität der Methodenentwicklung motiviert (siehe 5.2.2). Die genannten Beispiele machen jedoch deutlich, dass ihre Verwendung auch bei der Methodenentwicklung bottom-up möglich ist, bei der existierende Abläufe den Ausgangspunkt der Lösungssuche bilden. In diesem Fall dient eine lösungsneutrale funktionale Beschreibung als Richtlinie bei der Abstraktion und Aggregation von prozeduralen Prozessmodellen, ausgehend von einem deskriptiven prozeduralen Prozessmodell („Was“ wird getan?) hin zu der zugrunde liegenden Wirkung in Bezug auf die Handhabung informationeller Komplexität („Warum“ wird dies getan?).

5.5 Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down

5.5.1 Überblick über das Vorgehensmodell

Das meta-methodische Referenzmodell (siehe *Abb. 5-18*, S. 116) dient der Strukturierung der Methodenentwicklung, -anpassung, -einführung und -anwendung. Es integriert die bisherigen systemtechnischen Überlegungen zur Methodenentwicklung in allgemein anwendbarer Form als Schablone. Eine weitergehende Operationalisierung dieses Referenzmodells kann durch eine Konkretisierung der Formulierung zu einem Programmablaufplan erfolgen (siehe 2.3). Entsprechend dem gewählten Lösungsansatz (siehe 5.2.3) erfolgt diese Konkretisierung anhand der Rahmenbedingungen einer Methodenentwicklung top-down. Der Programmablaufplan gliedert das Vorgehen in einzelne übergeordnete Phasen, die wiederum jeweils mehrere Arbeitsschritte enthalten (*Abb. 5-22*).

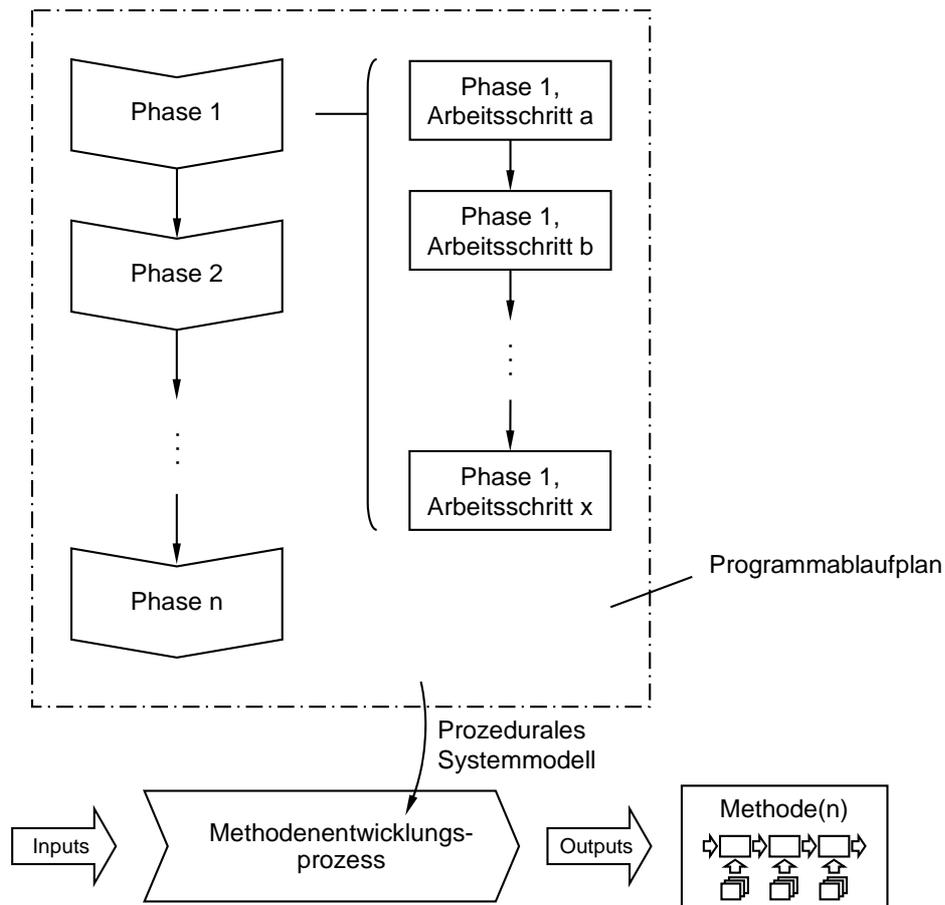


Abb. 5-22: Hierarchische Strukturierung des Programmablaufplans

Eine Anwendung des Referenzmodells auf die Methodenentwicklung top-down sieht zu Beginn des Ablaufs eine Analysephase zur Klärung der operativen Gesamtaufgabenstellung vor. Entsprechend der systemtechnischen Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ beinhaltet diese eine Identifikation bzw. Abgrenzung von Untersuchungs- und Gestaltungsbereich der Methodenentwicklung (siehe 4.2.1). Ihr Fokus liegt daher auf den Prozessnahtstellen, d. h. den Eingangs- und Ausgangsgrößen des zukünftigen Prozesses. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass bei einem Vorgehen top-down die Prozessnahtstellen selbst nicht im Sinne einer Rahmenbedingung fest vorgegeben sein müssen, sondern grundsätzlich auch Bestandteil des Gestaltungsbereichs des Systementwurfs sein können, d. h. dass sie gegebenenfalls auch neu definiert werden können (Phase 1, d. h. Schritte 1a bis 1c in Abb. 5-23).

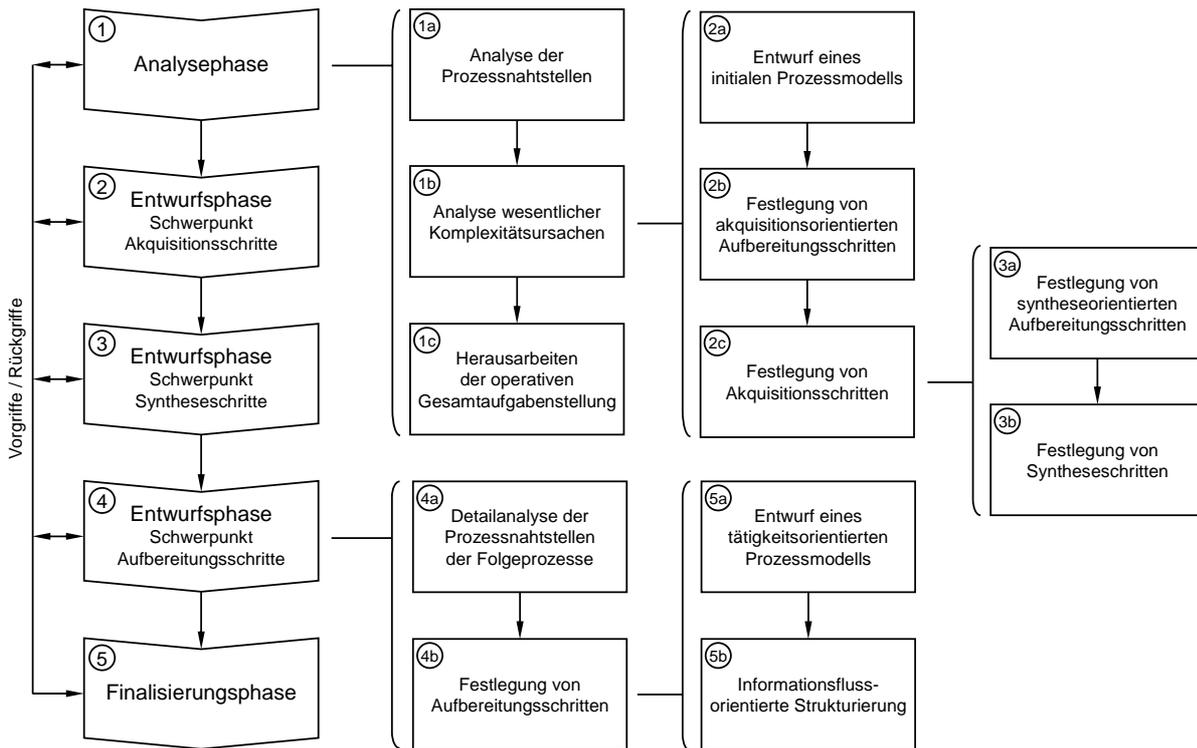


Abb. 5-23: Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down

Die Entwurfsphase dient der Festlegung einer Struktur des zukünftigen Prozesses. Ihr Ausgangspunkt ist ein initiales Prozessmodell, welches auf Grundlage der operativen Gesamtaufgabenstellung und der Analyse der Prozessnahtstellen festgelegt wird. Dieses Prozessmodell wird im Laufe der Entwurfsphase konkretisiert und vervollständigt, wobei Schwerpunkte nacheinander auf der Akquisition weiterer Eingangsinformationen (Phase 2, d. h. Schritte 2a bis 2c), der Festlegung von Syntheseschritten (Phase 3, d. h. Schritte 3a und 3b) sowie schließlich auf der Aufbereitung der Ergebnisse liegen, so dass diese eine zielorientierte Initiierung und Abwicklung nachgelagerter Prozesse ermöglichen (Phase 4, d. h. Schritte 4a und 4b). In der die Methodenentwicklung abschließenden Finalisierungsphase wird eine Aufbereitung des entworfenen Prozessmodells im Hinblick auf dessen Operationalisierung vorgenommen. Das Ziel ist eine Überführung dieses Modells in einen Ablaufplan, der für die Implementierung als Prozess eine zweckmäßige Grundlage darstellt (Phase 5, d. h. Schritte 5a und 5b).

Bei den Phasen 1 bis 5 des Phasenmodells handelt es sich grundsätzlich nicht um einen linearen Ablauf. Es sind phasenübergreifend sowohl Vorgriffe auf nachfolgende Phasen als auch Rückgriffe zur Modifikation oder Konkretisierung von Ergebnissen aus früheren Phasen möglich. Auch innerhalb der einzelnen Phasen können Arbeitsschritte übersprungen oder Iterationen vorgenommen werden, letzteres beispielsweise zum Zweck von Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse vor dem Beginn der nachfolgenden Phase. Das Phasenmodell ist insofern nicht als starres Ablaufschema der Methodenentwicklung top-down zu verstehen. Hin-

gegen sollen dem Bearbeiter bei der Methodenentwicklung die dem meta-methodischen Referenzmodell zufolge zu beachtenden Zusammenhänge hinreichend transparent gemacht werden, so dass er seine konkrete Vorgehensweise an den jeweiligen Kontext und das vorhandene Problemverständnis anpassen kann.

Begleitendes Beispiel zur Anwendung des Vorgehensmodells

Aus Unternehmenssicht ist eine dauerhafte Kundenbindung ein entscheidender Wettbewerbsvorteil. Entsprechendes Potenzial bietet eine Berücksichtigung von in der Phase der Nutzung existierender Produkte erhobenen Informationen in laufenden Innovationsprozessen, um Kundenwünschen besser gerecht werden zu können. Dies erfolgt im Sinne des Frontloading, d. h. zur Verlagerung von ergebniskritischen Teilprozessen in möglichst frühe Phasen des Innovationsprozesses mit dem primären Ziel einer Verkürzung des Entwicklungsprozesses bis zur Serienproduktion durch eine frühe Fundierung von Entwicklungsentscheidungen (Ovtcharova u. a., 2005, S. 9). Vor diesem Hintergrund wurde das meta-methodische Rahmenwerk zur Entwicklung eines Modells eines *Feedback-Prozesses*⁸ angewendet (Abb. 5-24).

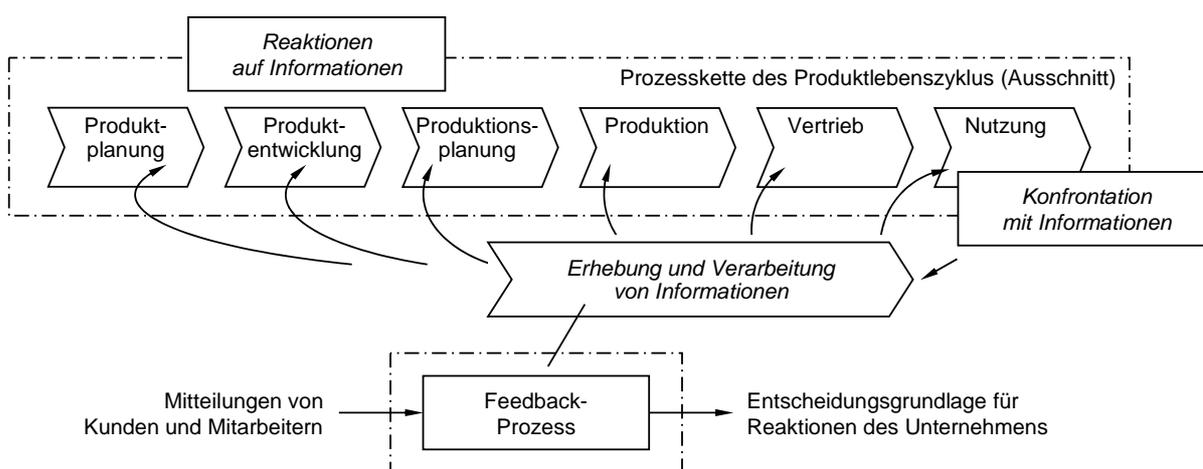


Abb. 5-24: Integration von Informationen aus der Phase der Produktnutzung

Dieses Beispiel wird im Folgenden zur Verdeutlichung der Durchführung der einzelnen Phasen und Arbeitsschritte des Vorgehensmodells der diskursiven Methodenentwicklung top-down genutzt.

⁸ Der Hintergrund der Anwendung war eine Studie zur Erhebung von Informationen im Service und deren Nutzung in der Produktionsplanung in der Automobilindustrie. Darstellungen des Anwendungsfalls finden sich auch in (Weigt, 2006b, 2007).

5.5.2 Analysephase

Die *Analysephase* (Phase 1 in *Abb. 5-23*, S. 126) dient der Klärung der Aufgabenstellung, d. h. der Identifikation bzw. Abgrenzung von Untersuchungs- und Gestaltungsbereich im Fall einer konkreten Methodenentwicklung. Hierzu ist die operative Gesamtaufgabenstellung, für die eine Methode entwickelt werden soll, festzulegen und so zu formulieren, dass der Wesenskern dieser Aufgabenstellung erkennbar wird. Darüber hinaus sollen in dieser Phase die wesentlichen Rahmenbedingungen der konkreten Methodenentwicklung vorläufig identifiziert und festgelegt werden.

Entsprechend dem meta-methodischen Referenzmodell liegt der Schwerpunkt der Betrachtung in dieser Phase auf dem Fluss der Information, d. h. auf der Einbindung des zukünftigen Prozesses in weitere, bereits existierende oder noch zu entwickelnde Prozesse. Wesentliche Aspekte von Form und Inhalt der umzusetzenden Informationen werden in dieser Phase ebenfalls betrachtet, aber noch nicht fokussiert. Den Ausgangspunkt dieser Phase bildet insofern eine *Analyse der Prozessnahtstellen* (Schritt 1a in *Abb. 5-25*).

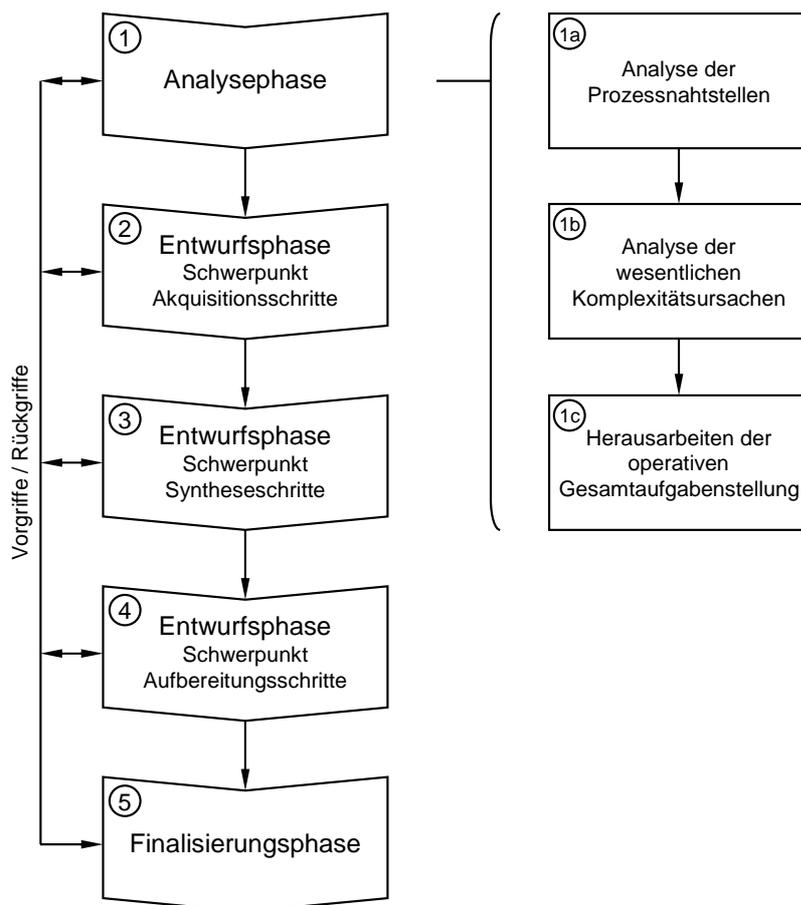


Abb. 5-25: Arbeitsschritte der Analysephase

Hierbei werden zunächst die operativen Vorgängerprozesse des zukünftigen Prozesses identifiziert. Es sind dies diejenigen Prozesse, aus denen der Anstoß für jenen zukünftigen Prozess, der Gegenstand der Methodenentwicklung ist, hauptsächlich resultiert. Auf dieser Grundlage ist festzustellen, in welchen Informationen der Anstoß des zukünftigen Prozesses im Wesentlichen besteht und welche weiteren Informationen ihn im Regelfall begleiten, d. h. es ist die passive Informationsakquisition des zukünftigen Prozesses zu betrachten. Anschließend werden die operativen Folgeprozesse identifiziert und auf deren Grundlage werden die wesentlichen Ausgangsgrößen des zukünftigen Prozesses vorläufig festgelegt. Diese wesentlichen Ausgangsgrößen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie für die zielorientierte Initiierung und Abwicklung der Folgeprozesse geeignet sein müssen, d. h. es ist aus der Sicht der zum Untersuchungsbereich gehörenden Folgeprozesse ein für diese geeigneter informationeller Anstoß zu definieren.

Anstelle von Vorgänger- und Nachfolgeprozessen kann hierbei grundsätzlich auch eine Systemumgebung im Allgemeinen (z. B. der Markt) als Informationsquelle oder -senke in Frage kommen. Dies sollte zwar transparent gemacht werden, eine explizite Unterscheidung dieser Fälle von Vorgänger- bzw. Nachfolgeprozessen in Bezug auf das Vorgehensmodell ist jedoch nicht erforderlich. Der Grund hierfür ist, dass bei den weiteren Arbeitsschritten der Analysephase die passiv akquirierten Eingangsinformationen und deren komplexitätsrelevante Merkmale unabhängig von ihrer Herkunft im Fokus stehen und die Betrachtung der logischen Prozessfolge in erster Linie zur Festlegung der Systemgrenzen bzw. von Untersuchungs- und Gestaltungsbereich dient. Mit der Festlegung der wesentlichen Ein- und Ausgangsgrößen des zukünftigen Prozesses ist der Gestaltungsbereich der Methodenentwicklung vorläufig festgelegt.

Die nachfolgende *Analyse wesentlicher Komplexitätsursachen* (Schritt 1b in Abb. 5-25) dient zum einen dazu, bei der Formulierung der Gesamtaufgabenstellung deren Wesenskern in Bezug auf die Problemlösung deutlich zu machen, zum anderen bereitet sie Aufbereitungsschritte im Rahmen der weiteren Informationsakquisition in der nachfolgenden Phase vor. Es soll im Rahmen dieses Schrittes identifiziert werden, welche generischen Merkmale der zu erwartenden operativen Aufgabenstellungen hauptursächlich für deren Komplexität im weiteren Sinne sind.

Ausgehend von der Analyse der Prozessnahtstellen ist bei diesem Arbeitsschritt in Bezug auf die Eingangs- und Ausgangsinformationen zuerst zu analysieren, inwieweit aus den Fluss-Aspekten des Informationsumsatzes Komplexität resultiert. Es sind also vorwiegend Art und Anzahl der Vorgänger- und Folgeprozesse in Bezug auf den Erhalt der passiv akquirierten Eingangsinformationen und die Weitergabe der Ausgangsinformationen zu betrachten. Hohe Komplexität in Bezug auf den Informationsfluss liegt insofern insbesondere dann vor, wenn es sehr viele oder sehr unterschiedliche Vorgänger- oder Folgeprozesse gibt. Ein Beispiel für hohe flussbezogene Komplexität sind vorliegende Eingangsinformationen aus Prozessen mit

unterschiedlichem Fokus, so dass aus ihnen nicht ohne weiteres eine für die zielorientierte Initiierung und Abwicklung des zukünftigen Prozesses hinreichende Aufgabenstellung abgeleitet werden kann (z. B. unternehmens- und produktstrategische Vorgaben einerseits und Konzepte aus der Forschung bzw. Vorentwicklung unterschiedlicher Unternehmensbereiche andererseits). Ebenso kann Komplexität auch aus den Folgeprozessen resultieren, wenn beispielsweise die zu erzeugenden Ausgangsinformationen für die Weiterverarbeitung in Prozessen mit unterschiedlichen Schwerpunkten vorgesehen sind.

Wurde der Informationsfluss im Hinblick auf die verursachte Komplexität analysiert, so können daraus Rückschlüsse auf komplexitätsursächliche Form- und Inhalts-Aspekte gezogen werden. In Bezug auf formbezogene Komplexitätsursachen ist zu analysieren, *wie* die jeweiligen Eingangsinformationen im Regelfall repräsentiert sind bzw. wie die zu erzeugenden Ausgangsinformationen zu repräsentieren sind. Beispielsweise können die betreffenden Eingangsinformationen lediglich personengebunden vorliegen oder unstrukturiert repräsentiert sein, also z. B. in technischer Umgangssprache dokumentiert. Ebenso können im Fall unterschiedlicher Folgeprozesse unterschiedliche Arten der Ergebnisrepräsentation erforderlich sein, die u. U. nicht ohne weiteres ineinander überführt werden können (z. B. grafisch für eine Entscheidungsvorlage und numerisch für die anschließende Weiterverarbeitung). Im Hinblick auf inhaltsbezogene Komplexitätsursachen ist hingegen zu analysieren, *was* die jeweiligen Eingangs- und Ausgangsinformationen repräsentieren bzw. was mit diesen im zukünftigen Prozess und in dessen Folgeprozessen vorgenommen werden soll.

Aufsetzend auf diesen Betrachtungen ist dann ein *Herausarbeiten der operativen Gesamtaufgabenstellung* vorzunehmen (Schritt 1c in *Abb. 5-25*). Ausgehend von den bisherigen Analysen ist festzulegen, welchen Zweck der zukünftige Prozess in seinem Umfeld erfüllen soll. Hierbei ist gegebenenfalls zu abstrahieren, um Vorfixierungen aufzulösen. Darüber hinaus beinhaltet die herausgearbeitete Gesamtaufgabenstellung eine Beschreibung der Einbindung des zukünftigen Prozesses in andere Prozesse bzw. seine Systemumgebung im Allgemeinen sowie möglichst eine Benennung der wesentlichen Herausforderungen im Hinblick auf die Handhabung informationeller Komplexität in Bezug auf Aspekte von Fluss, Form und Inhalt der Informationen.

Beispiel: Vorgehen in der Analysephase

Im Fall des Feedback-Prozesses (siehe 5.5.1) ergibt sich die Vorgehensweise innerhalb der Analysephase wie folgt:

In systemorientierter Sichtweise betreffen die *Prozessnahtstellen* zum einen die Phase von Produktnutzung bzw. Service (Eingangsinformationen) (siehe *Abb. 5-24*, S. 127). Zum anderen beinhalten die Prozessnahtstellen alle der Phase der Produktnutzung vorgelagerten Prozesse und auch die Phase der Produktnutzung selbst, also z. B. Serviceprozesse (Ausgangsinformationen). Die in diesem Kontext relevanten, passiv akquirierten Eingangsinformationen

sind dementsprechend Mitteilungen von Kunden sowie von Service- bzw. Vertriebsmitarbeitern, die mit den Produkten und den Kunden in Berührung kommen. Das grundsätzliche Ziel ist eine Analyse und Aufbereitung dieser Informationen als Entscheidungsgrundlage für das Unternehmen.

Hiervon ausgehend können *wesentliche Komplexitätsursachen* identifiziert werden:

- Flussbezogene Komplexitätsursachen: Rückmeldungen aus der Phase der Produktnutzung liegen oft als hohe Anzahl von Einzelinformationen vor dem Hintergrund eines heterogenen Kundenstamms und Produktportfolios vor. Darüber hinaus ist eine Weiterverarbeitung der Ausgangsinformationen in Prozessen mit unterschiedlichen Schwerpunkten erforderlich.
- Formbezogene Komplexitätsursachen: Eingangsinformationen liegen oft nur unstrukturiert natürlichsprachlich verbal oder textuell vor. Aufgrund der unterschiedlichen Folgeprozesse ist eine möglichst universell verwendbare Repräsentation der Ausgangsinformationen anzustreben.
- Inhaltsbezogene Komplexitätsursachen: Rückmeldungen von Kunden und Mitarbeitern z. B. aus dem Servicebereich liegen unterschiedliche Perspektiven auf das gleiche technische System zu Grunde. Zudem sind Rückmeldungen insbesondere von Kunden generell subjektiv.

Als *operative Gesamtaufgabenstellung* kann vor diesem Hintergrund definiert werden: Strukturierte Erhebung von Informationen in der Phase der Produktnutzung sowie deren Analyse und Aufbereitung zur Unterstützung einer möglichst objektiven Entscheidungsfindung in unterschiedlichen, möglichst frühen Phasen von Innovationsprozessen mit dem übergeordneten Ziel einer Erhöhung der Kundenzufriedenheit.

5.5.3 Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte)

Die *Entwurfsphase* dient der Festlegung einer Struktur des zukünftigen Prozesses. Ihr erster Abschnitt hat den *Schwerpunkt Akquisitionsschritte* (Phase 2 in *Abb. 5-23*, S. 126). Als Eingangsgrößen liegen die operative Gesamtaufgabenstellung, eine Analyse der passiv akquirierten Eingangsinformationen und der wesentlichen Komplexitätsursachen sowie die festgelegten Ausgangsinformationen vor. Auf dieser Grundlage ist nun zu analysieren, welcher Informationsbedarf über die vorliegenden Eingangsinformationen hinausgehend zur Erzeugung der Ausgangsinformationen grundsätzlich besteht und wie dieser erfüllt werden kann, d. h. es ist schwerpunktmäßig die aktive Informationsakquisition festzulegen.

Der Abschnitt beginnt mit dem *Entwurf eines initialen Prozessmodells* auf Grundlage des in der Analysephase erarbeiteten Problemverständnisses und unter Nutzung einer weitgehend lösungsneutralen Beschreibung (siehe 5.4) (Schritt 2a in *Abb. 5-26*).

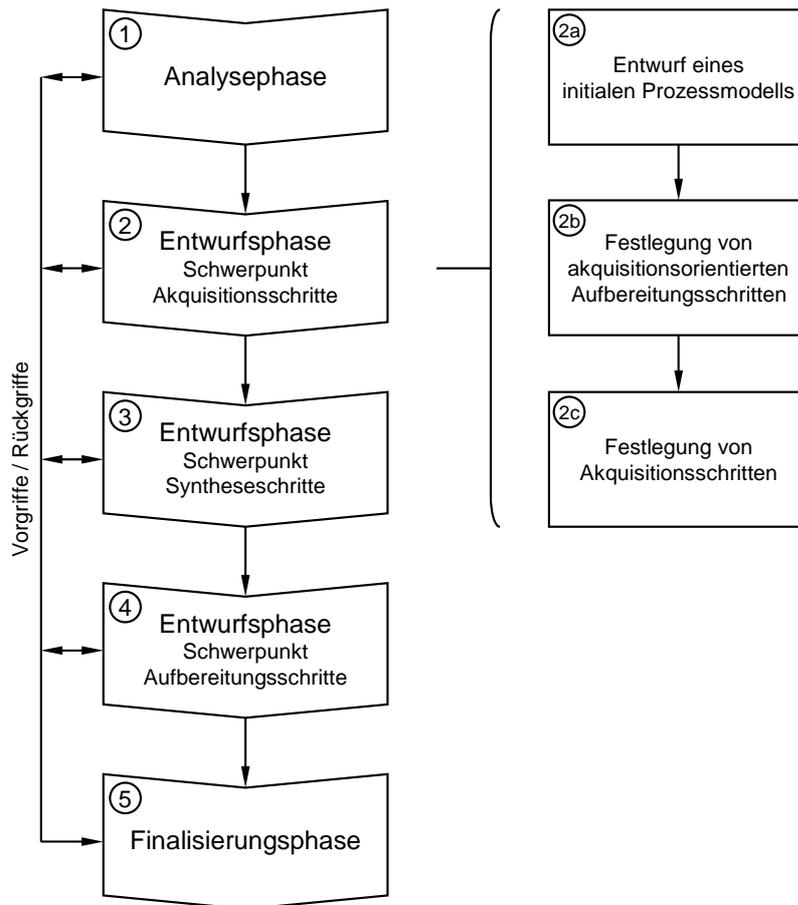


Abb. 5-26: Arbeitsschritte der Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte)

In einem typischen operativen Anwendungsfall, d. h. einem allgemeinen Problembearbeitungsprozess im Ingenieurbereich, ist zu Beginn des Prozesses dessen konkrete Aufgabengstellung unter Berücksichtigung nur der passiv akquirierten Eingangsinformationen oft intransparent und kann ohne eine weitere, aktive Informationsakquisition auch nicht abschließend geklärt werden. Die erforderliche, zielgerichtete aktive Informationsakquisition sollte daher durch eine Analyse der passiv akquirierten Eingangsinformationen und deren transparente Aufbereitung vorbereitet werden. Weiterhin ist für die Unterstützung der eigentlichen Informationssynthese eine zweckmäßige Aufbereitung der insgesamt akquirierten Eingangsinformationen von Bedeutung. Einer Weitergabe der Ergebnisse dieser Informationssynthese sollte eine Aufbereitung der Ausgangsinformationen dahingehend vorangehen, so dass eine zielorientierte Initiierung und Abwicklung der nachgelagerten Prozesse unterstützt wird. In einem solchen, typischen operativen Anwendungsfall beinhaltet das initiale Prozessmodell daher Analyse-, Aufbereitungs-, Akquisitions- und Syntheseschritte. Dieses Modell dient als Grundlage für alle folgenden Arbeitsschritte dieser und der nachfolgenden Phasen, in denen es punktuell konkretisiert und ggf. erweitert wird (Abb. 5-27).

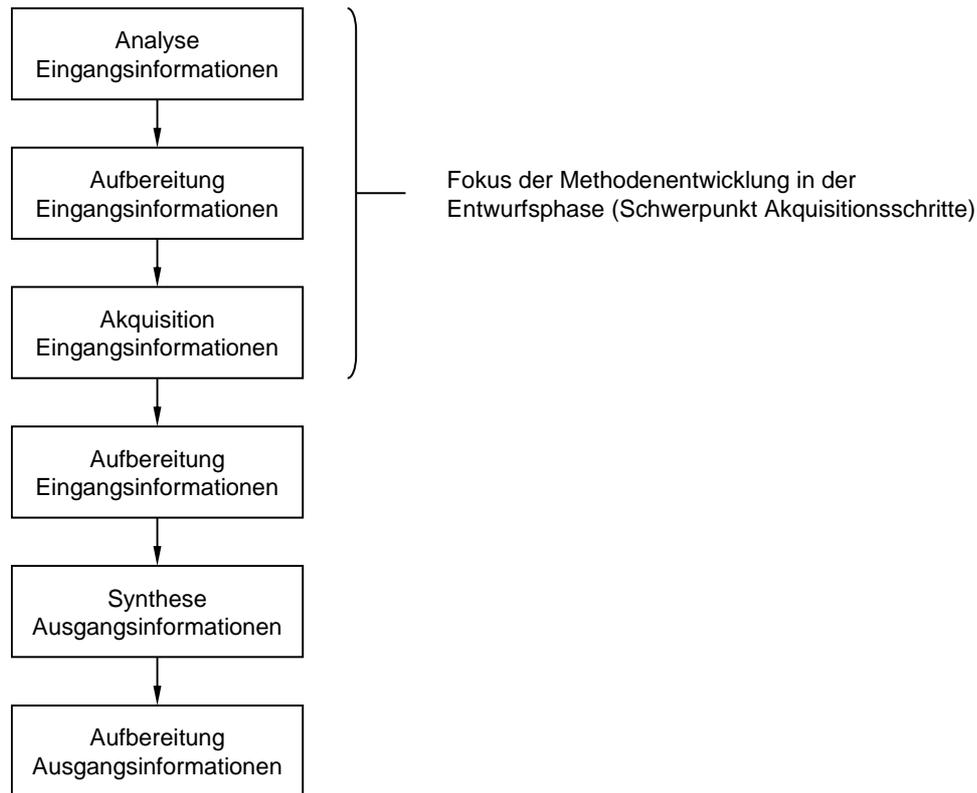


Abb. 5-27: Generische Struktur typischer operativer Problembearbeitungsprozesse

Entsprechend dem meta-methodischen Referenzmodell (siehe 5.4) liegt der Fokus der Betrachtung in dem folgenden Arbeitsschritt der *Festlegung akquisitionsorientierter Aufbereitungsschritte* (Schritt 2b in Abb. 5-26, S. 132) auf der Form der Information. Akquisitionsorientierte Aufbereitungsschritte können beispielsweise in einer strukturierten Dokumentation der passiv akquirierten Eingangsinformationen bestehen, so dass die Informationsdefizite transparent werden. Gegenstand dieses Arbeitsschritts ist also, eine generische Strategie zur Komplexitätsbewältigung in Bezug auf die weitergehende, aktive Informationsakquisition zu definieren. Hierzu ist die bereits in der Analysephase vorgenommene Analyse der wesentlichen Komplexitätsursachen (Schritt 1b in Abb. 5-25, S. 128) zu konkretisieren. Es ist herauszuarbeiten, welche generischen formbezogenen Merkmale der passiv akquirierten Eingangsinformationen im Fall der operativen Gesamtaufgabenstellung typischerweise ursächlich für Komplexität in Bezug auf die Identifikation und Deckung eines weitergehenden inhaltlichen Informationsbedarfs sind. Sind diese Merkmale identifiziert, so können dementsprechend Schritte festgelegt werden, um die passiv akquirierten Eingangsinformationen in eine Darstellung zu überführen, die bestehende inhaltliche Informationsdefizite transparent macht.

Ein Beispiel hierfür im Kontext einer Erweiterung eines existierenden Vertriebsnetzes ist, eine alphabetische Liste von existierenden Vertriebsniederlassungen eines Unternehmens in Einträge in einer Landkarte zu überführen, um Lücken im Vertriebsnetz zu identifizieren: Das formbezogene Merkmal, aus dem in diesem Fall die Komplexität resultiert, ist die tex-

tuelle Darstellung, da die alphabetische Ordnung der Liste keinen Bezug zur tatsächlichen, geografischen Verteilung hat. Werden diese Eingangsinformationen hingegen in eine entsprechende grafische Repräsentation überführt, so können durch das Vertriebsnetz nicht abgedeckte Regionen unmittelbar erkannt werden, bezüglich derer weitergehender Informationsbedarf besteht.

Den Ausgangspunkt des nachfolgenden Arbeitsschritts der *Festlegung von Akquisitionsschritten* (Schritt 2c in *Abb. 5-26*, S. 132) bildet eine Analyse, welche informationellen Sachverhalte von der operativen Aufgabenstellung grundsätzlich berührt sind. Diese Sachverhalte entsprechen den unterschiedlichen informationellen Dimensionen der operativen Aufgabenstellung. Teilaspekte dieser Dimensionen können dann beispielsweise durch eine am Systemzusammenhang des Betrachtungsgegenstands der operativen Gesamtaufgabenstellung orientierte Betrachtung hierarchisch weiter systematisiert werden (vergl. Franke, 1975, S. 398).

Im Fall der geplanten Erweiterung eines Vertriebsnetzes wären die wesentlichen, für die aktive Informationsakquisition relevanten informationellen Dimensionen der operativen Aufgabenstellung die Unternehmens- und Kundenstrukturen in den bislang vom eigenen Vertriebsnetz nicht abgedeckten Regionen. Bezüglich der Unternehmen könnte eine weitergehende aktive Informationsakquisition beispielsweise deren Vertriebsnetze und Produktportfolios betreffen, bezüglich der Kunden beispielsweise deren Einkommensverhältnisse und bisheriges Kaufverhalten.

Durch diese Betrachtung entsteht eine mehrdimensionale Systematik in Anlehnung an die Konzepte der Morphologie (vergl. Zwicky, 1971): Im Idealfall einer vollständigen Explizierung der entsprechenden Dimensionen mit ihren Teilaspekten würde als Ergebnis der Systematisierung ein geschlossenes morphologisches Schema vorliegen (vergl. Ehrlenspiel, 2003, S. 388 ff.). Da die bei der Methodenentwicklung auf Objektebene betrachteten Aufgabenstellungen jedoch generisch sind (siehe 5.3.2), sind diese einer solchen Explizierung zumeist nicht zugänglich. Dennoch machen diese systematischen Überlegungen auch ohne vollständige Explizierung die operative Aufgabenstellung in Bezug auf bestehende Informationsdefizite transparent, so dass denkbare zugehörige Informationsquellen identifiziert und entsprechende Akquisitionsschritte definiert werden können.

Beispiel: Vorgehen in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte)

Das Beispiel des Feedback-Prozesses (siehe 5.5.1) fortführend, ergibt sich die Vorgehensweise in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte) wie folgt:

Die Rahmenbedingungen der operativen Gesamtaufgabenstellung entsprechen grundsätzlich denen eines allgemeinen Problembearbeitungsprozesses. Daher kann eine generische Struktur entsprechend *Abb. 5-27* (S. 133) als *initiales Prozessmodell* sowie als Ausgangspunkt der weiteren akquisitionsbezogenen Überlegungen dienen (*Abb. 5-28a*).

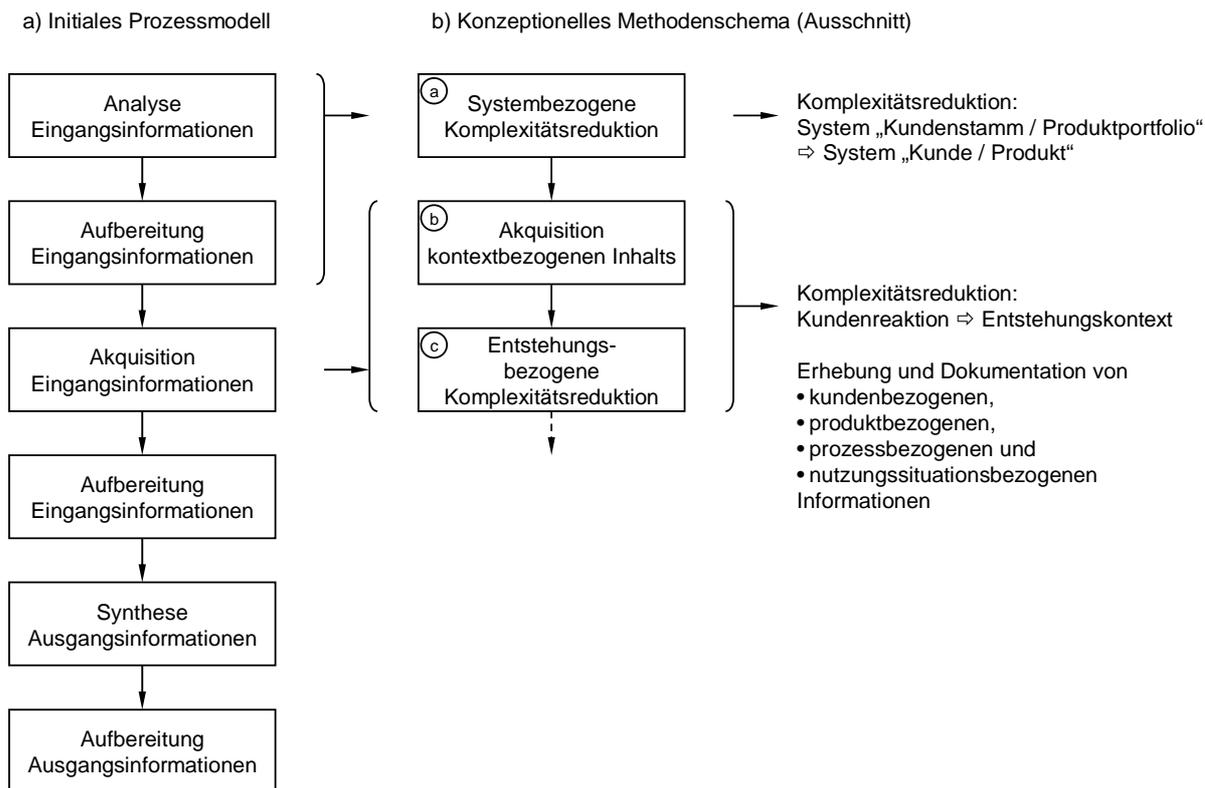


Abb. 5-28: Methodenentwicklung für den Feedback-Prozess. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema (Ausschnitt)

Grundsätzlich kann die Erhebung von Informationen aus der Phase der Produktnutzung sowohl reaktiv als auch proaktiv erfolgen, d. h. sowohl anlassbezogen als auch anlassunabhängig. In beiden Fällen resultiert die Ausprägung der Komplexität aus Art und Anzahl der Elemente und Relationen des aus Kundenstamm und Produktportfolio bestehenden Systemmodells. Als Bestandteil eines konzeptionellen Methodenschemas wird daher eingangs ein Arbeitsschritt der „systembezogenen Komplexitätsreduktion“ (Schritt a in Abb. 5-28b) vorgesehen, dessen Aufgabe eine Eingrenzung der Betrachtung auf relevante Informationsquellen ist. Im Fall der proaktiven Informationserhebung ist dies durch eine Festlegung der allgemein zu befragenden Kunden möglich, beispielsweise gemäß den genutzten Produktkategorien (vergl. 5.4). Bei reaktiver Informationserhebung hingegen erfolgt diese Eingrenzung unmittelbar durch die jeweiligen Anlässe, z. B. durch Beschwerden oder die Nachfrage von Serviceleistungen. Dieser Fall bringt unmittelbar eine Eingrenzung auf bestimmte Kunden und bestimmte Produkte mit sich. In beiden Fällen kann eine *akquisitionsorientierte Aufbereitung* insofern direkt in den Arbeitsschritt der systembezogenen Komplexitätsreduktion integriert werden. Hinreichend wäre beispielsweise eine strukturierte Dokumentation der für eine weitergehende aktive Informationsakquisition notwendigen Kontaktdaten der jeweiligen Kunden sowie ggf. eine explizite Bezeichnung des Produkts, so dass die weitergehende In-

formationserhebung an einen geeigneten Mitarbeiter innerhalb des Unternehmens delegiert werden und durch diesen dann gezielt erfolgen kann.

Zur *Festlegung von Akquisitionsschritten* ist die zur Definition der operativen Gesamtaufgabenstellung bereits vorgenommene Analyse der wesentlichen Komplexitätsursachen zu konkretisieren. Hierbei unterstützt eine weitergehende Betrachtung unterschiedlicher Varianten der Informationserhebung die vorzunehmende Identifikation von informationellen Dimensionen der operativen Gesamtaufgabenstellung:

Grundsätzlich ermöglicht eine reaktive Informationserhebung durch den Bezug zum jeweiligen Anlass im Vergleich zu einer proaktiven Erhebung eine gezieltere Informationsakquisition. Sie bietet dadurch insbesondere auch größeres Potenzial für eine konkrete Entscheidungsunterstützung. Die Methodenentwicklung fokussiert daher im Folgenden eine reaktive und primär kundenbezogene Informationsakquisition. Dies bedeutet, dass durch Kontakte mit dem Unternehmen konkrete, passiv akquirierte Eingangsinformationen dahingehend vorliegen, dass Kunden infolge von Anlässen potenziell unzufrieden sind. Solche Anlässe einer reaktiven Informationserhebung können grundsätzlich geplant (z. B. Routinewartung eines Fahrzeugs) oder ungeplant sein (z. B. ein unerwartet auftretender, die Fahrzeugnutzung beeinträchtigender oder verhindernder Defekt). Grundsätzlich können beide Arten von Anlässen mit einer Nutzungsbeeinträchtigung einhergehen und folglich die Kundenzufriedenheit beeinträchtigen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ungeplante Anlässe tendenziell stärkere Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit haben, da die Nutzungsbeeinträchtigung entweder vom Kunden oder vom Unternehmen ad hoc kompensiert werden muss, was oft nicht vollständig möglich sein wird. Beispielsweise im Fall eines vollständigen Nutzungsausfalls eines Fahrzeugs müsste eine notwendige Fahrt entweder mit einem kundeneigenen oder vom Unternehmen bereitgestellten Fahrzeug unternommen werden. Eine solche Maßnahme bringt regelmäßig zumindest eine Zeitverzögerung mit sich und kann oft gar nicht realisiert werden. Vor diesem Hintergrund kann für die Definition der nachfolgenden Bearbeitungsschritte die vorläufige Analyse der wesentlichen Komplexitätsursachen konkretisiert werden:

Für implizite und explizite Reaktionen von Kunden (d. h. in Bezug auf innere Emotion und äußere Handlung) sind grundsätzlich Diskrepanzen zwischen dem ursächlich, was erwartet und vorgefunden wird. Diese Diskrepanzen und somit die verursachten Reaktionen können grundsätzlich sowohl positiv als auch negativ sein und sie können im Hinblick auf das Verhalten (wenn eine Funktion nicht oder nicht wie erwartet erfüllt wird) und den Zustand eines Produkts vorliegen (wenn der wahrgenommene bauliche Zustand nicht den Erwartungen entspricht). Über das Produkt hinausgehend sind auch die Prozesse von Bedeutung, mit denen Kunden konfrontiert werden: Kundenreaktionen können rein prozessbezogen entstehen, z. B. infolge von Problemen bei der Durchführung von Routinewartungen. Ebenso kann durch entsprechende prozessuale Maßnahmen (außergewöhnliche Prozessfürsorge z. B. in Form

des raschen und unkomplizierten Bereitstellens eines Ersatzfahrzeugs) ein produktbezogen unzufriedener Kunde aber auch beschwichtigt werden. Werden die Prozesse ebenfalls als Systeme aufgefasst, so kann demnach auch hier eine Unterscheidung von Systemverhalten bzw. Systemfunktion und Systemzustand erfolgen (vergl. 2.1):

- Diskrepanz bzgl. Prozessverhalten bzw. -funktion: Ein Prozess erfüllt seinen Zweck unerwartet schlecht (z. B. Reparatur gelingt nicht) oder unerwartet gut (z. B. zusätzlich zur Reparatur wird das Fahrzeug auch gereinigt übergeben).
- Diskrepanz bzgl. Prozesszustand: Zu einer nicht-funktionalen Eigenschaft des Prozesses ergibt sich eine unerwartet gute oder unerwartet schlechte Ausprägung (z. B. Kosten oder Dauer des Prozesses sind unerwartet niedrig oder hoch).

Die für positive und negative Reaktionen von Kunden ursächlichen Diskrepanzen zwischen Erwartetem und Vorgefundenem können also in Bezug auf das *Produkt* und den *Prozess* vorliegen und sie können sich hierbei jeweils auf das *Systemverhalten* und den *Systemzustand* beziehen (Abb. 5-29).

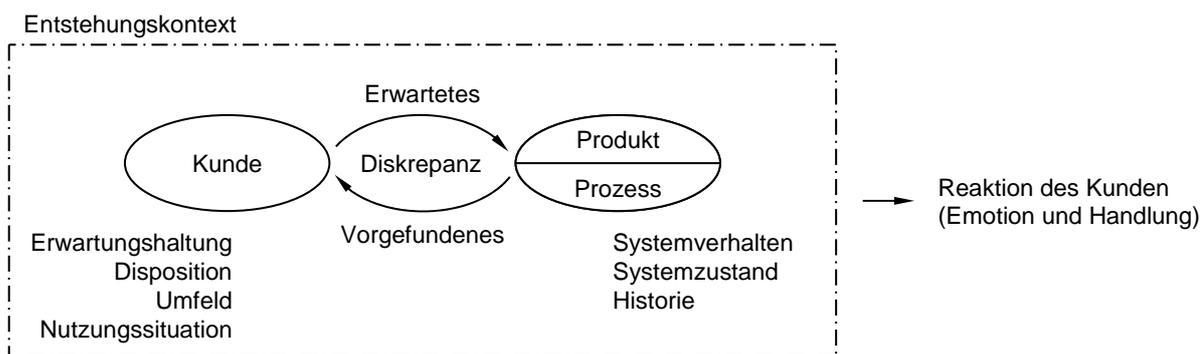


Abb. 5-29: Entstehung von Kundenreaktionen

Grundsätzlich ergibt sich eine Reaktion des Kunden jedoch nicht nur infolge gegenwärtiger produkt- oder prozessbezogener Diskrepanzen, sondern sie ist von der jeweiligen Historie abhängig sowie vom allgemeinen Umfeld des Kunden, welches z. B. eigene und fremde, berichtete Erfahrungen mit Produkten und Prozessen auch anderer Unternehmen beinhaltet (siehe Abb. 5-29).

Einflussfaktoren von besonderer Bedeutung sind darüber hinaus subjektiv-individuelle Parameter von Kunden: Hier sind vor allem deren Anspruch (generelle Tendenz der Erwartungshaltung) und emotionale Disposition (generelle Tendenz von Reaktionen) zu nennen (siehe Abb. 5-29). Diese hängen wiederum mit dem kundenseitig vorhandenen Verständnis von Produkt und Prozess zusammen: Es kann kundenseitig zu einer wahrgenommenen Diskrepanz kommen, obgleich aus Unternehmenssicht objektiv eine Abweichung zwischen Ist- und Soll-Verhalten bzw. -zustand nicht vorliegt. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn eine bestimmte, neue Funktion des Produkts für den Kunden nicht transparent ist und ein

entsprechendes Verhalten daraufhin als Fehler interpretiert wird (z. B. automatisches Einklappen von Außenspiegeln beim Parken).

Die empfundene Bedeutung der Diskrepanzen, und damit die Kundenreaktion, wird weiterhin durch die Nutzungssituation beeinflusst, in welcher die Diskrepanz auftritt bzw. wahrgenommen wird (siehe *Abb. 5-29*). Diese beinhaltet u. a. die Nutzungsabsicht (z. B. Berufsfahrt oder Freizeitfahrt), aus der unmittelbar die empfundene Folgeschwere eines Problems resultiert, die Wahrnehmung von Symptomen (durch den Kunden bzw. durch Diagnosesysteme des Produkts selbst) sowie die Transparenz des Problems (bzgl. Ursache und Konsequenzen), auf deren Grundlage der Kunde Rückschlüsse auf zu erwartende Abhilfemaßnahmen und damit im Zusammenhang stehende Kosten vornehmen kann.

Insgesamt entsteht eine Kundenreaktion also in einem Kontext, dessen wesentliche informationelle Dimensionen durch den *Kunden*, das *Produkt*, den *Prozess* und die *Nutzungssituation* gebildet werden. Komplexität resultiert dabei aus der Intransparenz der Kundenreaktion: Erst in Verbindung mit Informationen zum Kontext ihrer Entstehung entsteht eine zweckmäßige Entscheidungsgrundlage. Um die Kundenreaktion transparent zu machen, sieht das konzeptionelle Methodenschema daher eine „Akquisition kontextbezogenen Inhalts“ und nachfolgend eine „entstehungsbezogene Komplexitätsreduktion“ vor (Schritte b und c in *Abb. 5-28b*, S. 135):

Die kontextbezogene Informationsakquisition kann durch eine gezielte Erhebung von kunden-, produkt-, prozess- und nutzungssituationsbezogenen Informationen vorgenommen werden. Die Erhebung dieser Informationen kann entsprechend den genannten Faktoren weiter systematisiert und sie können entsprechend strukturiert dokumentiert werden. Dies bewirkt insgesamt eine Komplexitätsreduktion in Bezug auf den Entstehungskontext der Kundenreaktion und macht diese transparent. Mit der Transparenz wird auch die Aussagekraft der erhobenen Informationen erhöht und Entscheidungen im Unternehmen können dann durch eine differenzierte Betrachtung der für die konkrete Kundenreaktion ursächlichen Faktoren objektiviert werden.

5.5.4 Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte)

Der folgende Abschnitt der *Entwurfsphase* hat den *Schwerpunkt Syntheseschritte* (Phase 3 in *Abb. 5-23*, S. 126). Die wesentlichen Eingangsgrößen dieser Phase sind die operative Gesamtaufgabenstellung sowie ein initiales, weitgehend lösungsneutrales Prozessmodell. Hierbei ist die Analyse wesentlicher Komplexitätsursachen bereits dahingehend konkretisiert worden, dass die relevanten fluss-, form- und inhaltsbezogenen Aspekte identifiziert worden sind. Zudem ist der über die passiv akquirierten Eingangsinformationen hinausgehende Informationsbedarf in seinen wesentlichen Dimensionen identifiziert worden und die zu dessen Deckung erforderlichen Analyse- und Akquisitionsschritte sind im initialen Prozessmodell

vorgesehen. Die Beschreibung dieser Schritte ist noch weitgehend lösungsneutral, allerdings liefern die zum Zweck ihrer Festlegung angestellten Überlegungen zum Informationsbedarf bereits Hinweise darauf, wie die aktive Informationsakquisition durchgeführt werden könnte.

Vor diesem Hintergrund liegt der Fokus des folgenden Abschnitts nun auf der Konkretisierung der weiteren Aufbereitungs- und Syntheseschritte des initialen Prozessmodells (Abb. 5-30).

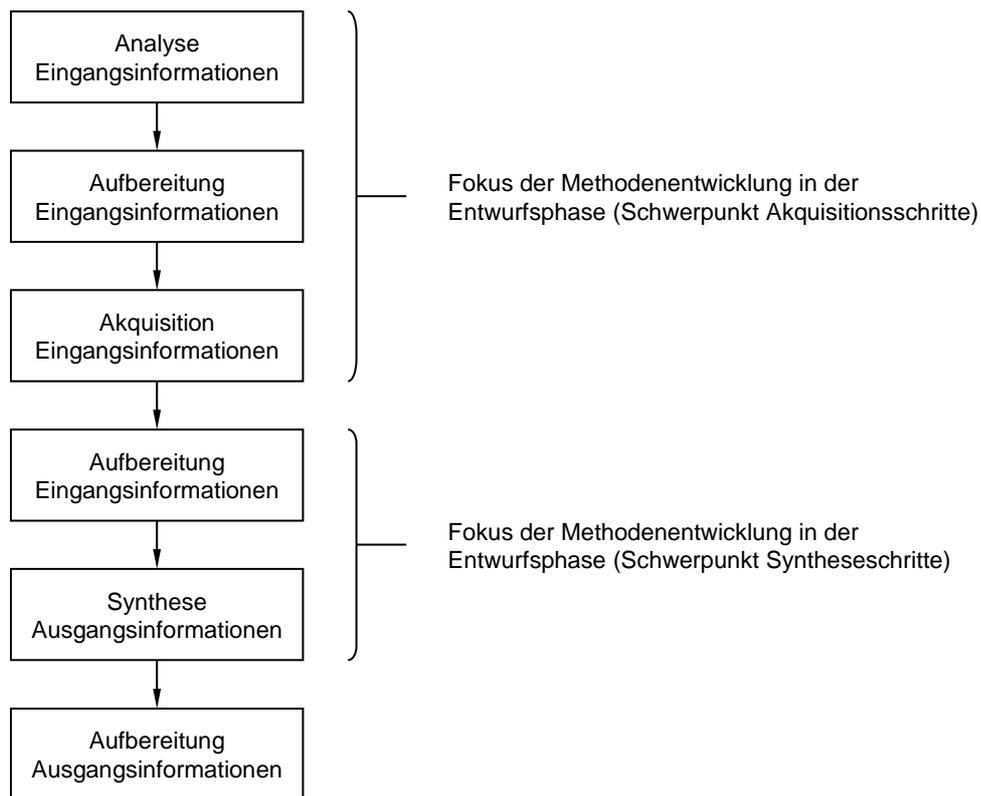


Abb. 5-30: Fokus der Konkretisierung des initialen Prozessmodells

Der Abschnitt beginnt mit der *Festlegung von syntheseorientierten Aufbereitungsschritten* in Bezug auf die nach der aktiven Informationsakquisition vorliegenden Eingangsinformationen. Der Arbeitsschritt bezieht sich hierbei auf die Gesamtheit der Eingangsinformationen, d. h. auf die ursprünglich passiv und die nachfolgend aktiv akquirierten Eingangsinformationen. Das Ziel dieses Schrittes ist es, diese Gesamtheit der Eingangsinformationen in eine Darstellung zu überführen, die die Erzeugung der infolge der operativen Gesamtaufgabenstellung erforderlichen Ausgangsinformationen unterstützt; es soll also mit formbezogenen Mitteln die anschließende inhaltsbezogene Verarbeitung vorbereitet bzw. unterstützt werden. Hierzu wird auf die bereits vorgenommenen Analysen der wesentlichen Komplexitätsursachen (insbesondere Schritt 1b in Abb. 5-25, S. 128, und Schritt 2b in Abb. 5-26, S. 132) aufgesetzt. Es ist nunmehr zu konkretisieren, welche generischen inhaltsbezogenen Merkmale von Informationen im Fall der operativen Gesamtaufgabenstellung typischerweise ursächlich

für Komplexität in Bezug auf die Lösungsfindung sind. Insbesondere ist festzustellen, ob in Bezug auf die für die aktive Informationsakquisition relevanten informationellen Dimensionen über deren ggf. bereits in der Entwurfsphase mit Schwerpunkt Akquisitionsschritte vorgenommene Strukturierung hinausgehend weitere formbezogene Maßnahmen zur Komplexitätsreduktion möglich und zweckmäßig sind (Schritt 3a in *Abb. 5-31*).

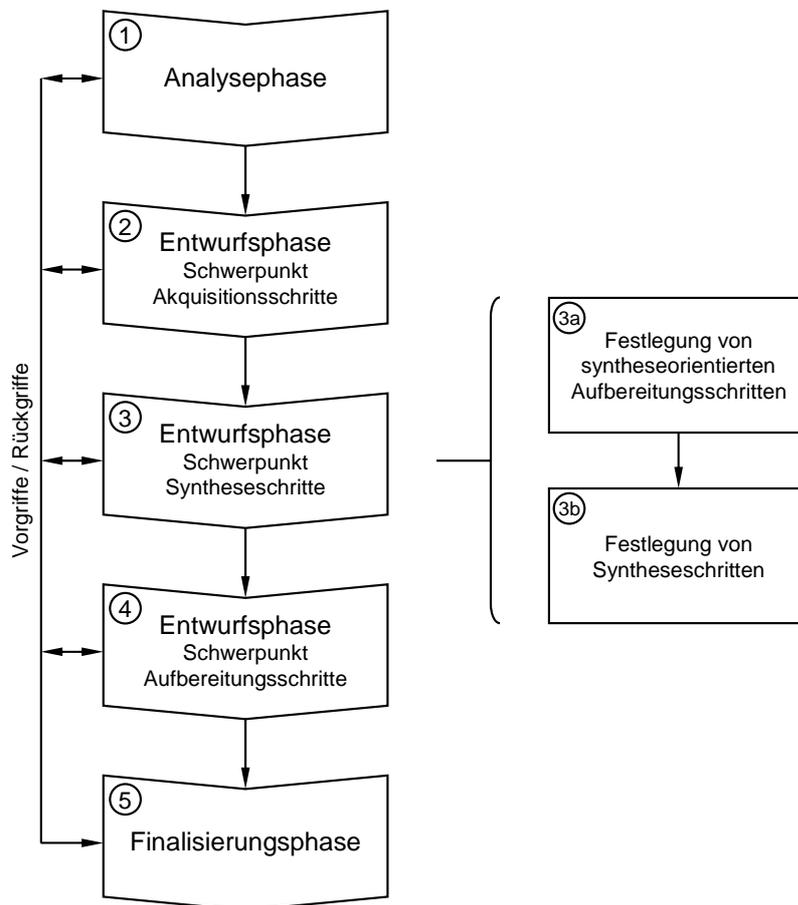


Abb. 5-31: Arbeitsschritte der Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte)

Diese Analyse kann durch eine Orientierung an der operativen Gesamtaufgabenstellung unterstützt werden, die Angaben zu den wesentlichen zu erzeugenden Ausgangsgrößen des zukünftigen Prozesses enthält: Syntheseorientierte Aufbereitungsschritte beinhalten insofern regelmäßig eine strukturierte Gegenüberstellung der insgesamt akquirierten Eingangsinformationen, der zu erzeugenden Ausgangsinformationen sowie zwischen diesen bestehender Relationen, die dem Bearbeiter inhaltsbezogene Komplexitätsursachen deutlich macht.

Als Beispiele für eine syntheseorientierte Aufbereitung können Ordnungsschemata dienen, wie sie im Rahmen des Quality Function Deployment (QFD) und der Morphologie eingesetzt werden. Im Fall der morphologischen Kästen der Konstruktionsmethodik, die als zweidimensionale morphologische Schemata zumeist zur Erzeugung von Gesamtlösungsvarianten durch unterschiedliche Kombination von Teillösungen eingesetzt werden, d. h. typischerweise zur

Bearbeitung von Interpolationsproblemen (siehe 2.2), bestehen die wesentlichen Problemparameter in den zur Realisierung der Gesamtfunktion zu erfüllenden Teilfunktionen einerseits und in den zur Erfüllung dieser Teilfunktionen jeweils in Frage kommenden Wirkprinzipien andererseits. Wesentliche Komplexitätsursache bei diesen Aufgabenstellungen ist, dass die sich aus der Teillösungskombination ergebenden Merkmale der Gesamtlösung für den Bearbeiter nicht ohne weiteres transparent sind. Dies erschwert die Festlegung von für eine weitergehende Beurteilung und Bewertung in Frage kommenden Teillösungskombinationen. Eine Darstellung innerhalb dieser Ordnungsschemata erhöht die Übersichtlichkeit im Hinblick auf evtl. Unverträglichkeiten von Teillösungsprinzipien oder auch im Hinblick auf besonders vorteilhafte Kombinationen, die durch die gewählte Darstellung jeweils leichter identifiziert werden können. Dies nimmt als solche die inhaltliche Lösungssynthese nicht vorweg, unterstützt diese jedoch mit formbezogenen Mitteln, d. h. Mitteln der Darstellung.

Diese Beispiele machen den Bezug dieses Arbeitsschrittes innerhalb der Methodenentwicklung zur aktiven Informationsakquisition (siehe 5.5.3) deutlich, der aus der wechselseitigen Abhängigkeit von Problemverständnis und Problemlösung im Fall von Planungsproblemen resultiert (siehe 5.2.2). Da hierbei das Problemverständnis wesentlich von der intendierten Problemlösung abhängt, besteht ein entsprechend enger Zusammenhang zwischen der Identifikation und Deckung eines weitergehenden inhaltlichen Informationsbedarfs einerseits und der eigentlichen Lösungssynthese andererseits. Berücksichtigt die aktive Informationsakquisition bereits die relevanten informationellen Dimensionen der operativen Gesamtaufgabenstellung in problemadäquatem Auflösungsgrad (vergl. Ausführungen zu Arbeitsschritt 2c in *Abb. 5-26*, S. 132), so unterstützt sie dadurch unmittelbar auch die anschließende Lösungssynthese. Eine dementsprechende Strukturierung der aktiven Informationsakquisition kann daher eine syntheseorientierte Aufbereitung der Eingangsinformationen bereits weitgehend beinhalten.

Die bei der Festlegung aktiver Akquisitionsschritte und syntheseorientierter Aufbereitungsschritte im Rahmen der Methodenentwicklung gewählten Problemparameter und deren Ordnung berücksichtigen inhaltsbezogene Komplexitätsursachen. Sie geben dadurch dem späteren Bearbeiter einer operativen Aufgabenstellung Hinweise zur Auswahl und Anwendung geeigneter Strategien zur Komplexitätsreduktion bzw. zur Komplexitätsbewältigung im Rahmen der eigentlichen Lösungssynthese. Gegenstand des nachfolgenden Arbeitsschritts der *Festlegung von Syntheseschritten* (Schritt 3b in *Abb. 5-31*, S. 140) ist es, diese Strategien vorab soweit festzulegen, wie es in Bezug auf die jeweilige generische operative Aufgabenstellung möglich ist, d. h. unabhängig von den Informationsinhalten einer konkreten operativen Aufgabenstellung.

Die Grundlage hierfür bildet das im Zuge der Methodenentwicklung bislang erreichte Problemverständnis, d. h. das Verständnis für die bei diesem Typ von Aufgabenstellung wesentlichen, vor allem inhaltlichen Komplexitätsursachen. Vor diesem Hintergrund ist festzulegen,

mittels welcher Arbeitsschritte die wesentlichen Ausgangsgrößen des zukünftigen Prozesses erzeugt werden können. Da diese durch ihre Eignung zur zielorientierten Initiierung und Abwicklung der Folgeprozesse gekennzeichnet sind (siehe 5.5.2), ist der Ausgangspunkt für die Festlegung von Syntheseschritten der Zweck des zukünftigen Prozesses aus der Perspektive dieser von ihm bedienten Folgeprozesse. Im Hinblick auf diesen Zweck ist, das konzeptionelle Methodenschema entsprechend vervollständigend bzw. konkretisierend, schrittweise festzulegen, wie mit den für die inhaltsbezogene Komplexität ursächlichen Informationsmerkmalen umgegangen werden kann; eine diskursive Vorgehensweise ergibt sich hierbei, sofern diese Merkmale hierarchisch weiter aufgegliedert werden können, beispielsweise wiederum entsprechend dem Systemzusammenhang (siehe 5.5.3).

Beispiel: Vorgehen in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte)

Das Beispiel des Feedback-Prozesses (siehe 5.5.1) fortführend, ergibt sich die Vorgehensweise in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte) wie folgt:

Ein wesentliches Element der Methodenentwicklung in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte) (siehe 5.5.3) waren Maßnahmen zur Komplexitätsreduktion im Hinblick auf die Bewertung der Kundenreaktion. Hierzu wurde eine Betrachtung der unterschiedlichen informationellen Dimensionen des Entstehungskontexts dieser Reaktion bei einer reaktiven Informationserhebung vorgeschlagen, d. h. eine Analyse von kunden-, produkt-, prozess- und nutzungssituationsbezogenen Aspekten der Entstehung der Kundenreaktion. Diese Strukturierung der aktiven Informationsakquisition bewirkt eine Erhöhung des Problemverständnisses des Bearbeiters der operativen Aufgabenstellung bei reaktiver Informationserhebung, d. h. es wird diesem Bearbeiter transparent gemacht, warum eine bestimmte konkrete Kundenreaktion zustande gekommen ist. Sofern ein Unternehmen potenzielle Ursachen einer negativen Kundenreaktion beeinflussen kann, stehen diese grundsätzlich auch zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit bzw. zur Beschwichtigung eines unzufriedenen Kunden zur Verfügung. Zu diesen Ursachen zählen Produkt- und Prozessaspekte des Entstehungskontexts; die subjektiv-individuellen Parameter eines Kunden und die Nutzungssituation, in der eine Beeinträchtigung aufgetreten ist, sind hingegen im Regelfall nicht bzw. nur mittelbar Teil des Gestaltungsbereichs eines Unternehmens.

Die vorgeschlagene entstehungskontextbezogene Informationsakquisition (Schritte b und c in *Abb. 5-28b*, S. 135) unterstützt den Bearbeiter bei der unmittelbaren Beeinflussung der Kundenzufriedenheit durch prozessuale Maßnahmen, da sie die Gründe für die Kundenreaktion transparent macht und folglich die Wirksamkeit zur Verfügung stehender Maßnahmen der Prozessfürsorge beurteilt und unter diesen bestimmte ausgewählt bzw. bestehende Alternativen priorisiert werden können. In einer aus Kundensicht besonders dringlichen Nutzungssituation beispielsweise kann als Prozessfürsorge eine rasche Bereitstellung eines alternativen Fahrzeugs zur Erledigung der dringlichen Fahrt zweckmäßig sein. Tritt hingegen in einer

weniger dringlichen Nutzungssituation ein bestimmtes produktspezifisches Problem zum wiederholten Male auf, kann es im Hinblick auf die Kundenzufriedenheit wirksamer sein, eine Kulanzregelung in Aussicht zu stellen. Eine zusätzliche syntheseorientierte Aufbereitung der Eingangsinformationen, die über die zuvor festgelegte aktive Informationsakquisition hinausgeht, ist spezifisch hierfür nicht erforderlich, da die notwendige Transparenz bereits infolge dieser Akquisition besteht (Abb. 5-32).

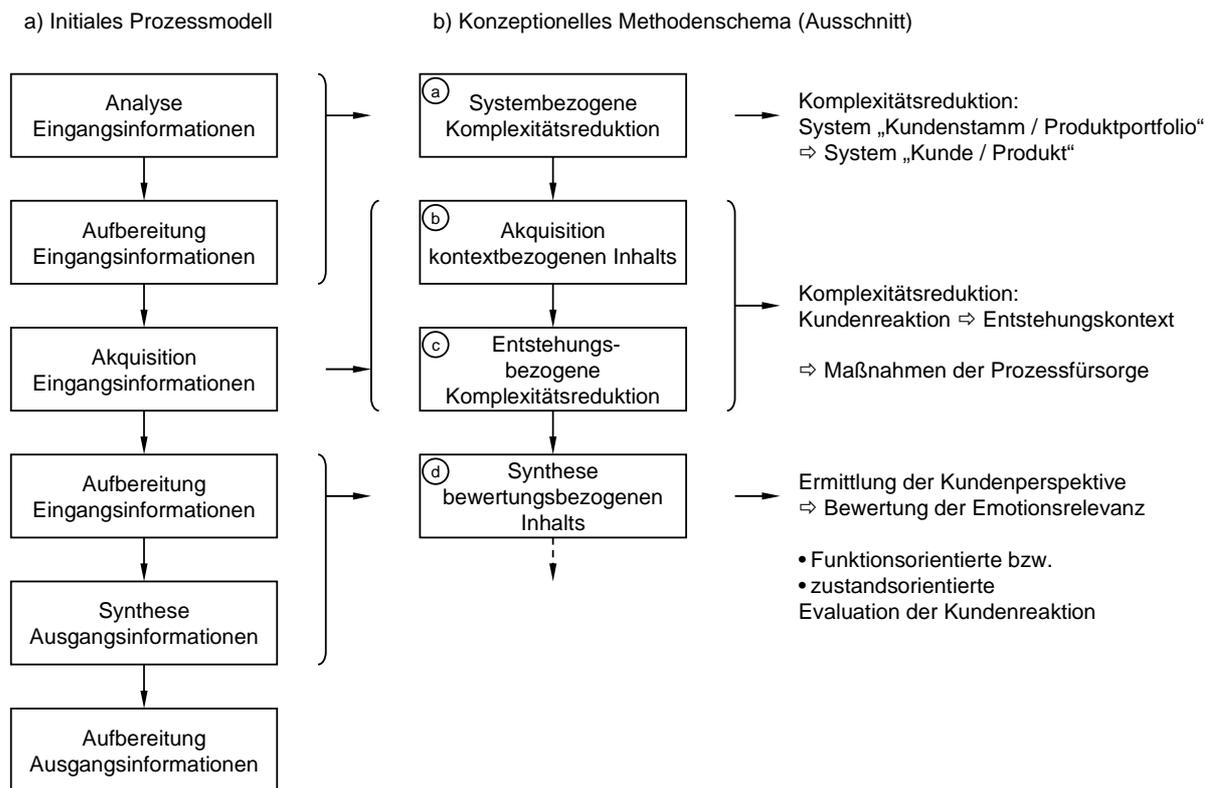


Abb. 5-32: Methodenentwicklung für den Feedback-Prozess. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema (Ausschnitt)

Grundsätzlich sind Maßnahmen, die auf die Beschwichtigung bereits unzufriedener Kunden zielen und dementsprechend erst in der Phase der Produktnutzung ergriffen werden, weniger effizient im Vergleich zu Maßnahmen, die eine Entstehung von Unzufriedenheit verhindern. Die eigentliche operative Gesamtaufgabenstellung zielt daher auf eine Nutzung von Informationen aus der Phase der Produktnutzung als Entscheidungsunterstützung in möglichst frühen Phasen des Innovationsprozesses (siehe 5.5.2).

Gegenstand einer Entscheidung ist grundsätzlich die Auswahl zwischen Alternativen. Im Rahmen der Produktentstehung, deren Ziel das Entwerfen von Strukturen von Systemen sowie die anschließende physische Realisierung dieser Strukturen ist, konfrontieren diese Entscheidungen den Bearbeiter regelmäßig mit Komplexität im weiteren Sinne. Insbesondere sind die Auswirkungen der zu treffenden Entscheidungen oft intransparent, vor allem in den

frühen Phasen der Produktentstehung können sie nur schwer beurteilt werden (vergl. *Abb. 3-1*, S. 31). Diese Schwierigkeit der Beurteilung der Auswirkungen von Entscheidungen in frühen Phasen der Produktentstehung resultiert zum einen aus der Vernetztheit der zu entwerfenden Elemente des zu antizipierenden technischen Systems. Zum anderen sind hierfür aber auch Merkmale von Zielvorstellungen und Zielvorgaben innerhalb konstruktiver Aufgabstellungen ursächlich, die insbesondere unbestimmt, allgemein, unklar und implizit sein, so wie Zielkonflikte beinhalten können (siehe 3.1).

Zur folgenden *Festlegung von syntheseorientierten Aufbereitungsschritten* sowie zur *Festlegung von Syntheseschritten* (Schritte 3a und 3b in *Abb. 5-31*, S. 140) ist vor diesem Hintergrund zu analysieren, welches Unterstützungspotenzial Informationen aus der Phase der Produktnutzung hier bieten und welche inhaltlich komplexitätsbezogenen Herausforderungen die Erschließung dieses Potenzials beinhaltet:

Im Zusammenhang mit Entscheidungen in frühen Phasen von Innovationsprozessen können Informationen aus der Phase der Produktnutzung vor allem dazu beitragen, kundenseitig bestehende Zielvorstellungen zu bestimmen. Eine inhaltlich komplexitätsbezogene Herausforderung besteht hierbei darin, diese Zielvorstellungen für die Produktentstehung greifbar zu machen und ihre Bedeutung für die Erhöhung der Kundenzufriedenheit zu erfassen, so dass sie im Prozess entsprechend gewichtet und darauf abgestimmte Maßnahmen ergriffen bzw. Entscheidungen getroffen werden können. Das Ziel ist es also, dem Bearbeiter die Kundenperspektive auf das Produkt bzw. die Produktnutzung deutlich zu machen: Dies beinhaltet zum einen die Identifikation von für die Kundenzufriedenheit relevanten Parametern sowie zum anderen die Bewertung dieser Parameter aus der Sicht des Kunden. Das konzeptionelle Methodenschema kann demzufolge im Rahmen der *Festlegung von Syntheseschritten* durch einen Arbeitsschritt der „Synthese bewertungsbezogenen Inhalts“ (Schritt d in *Abb. 5-32b*, S. 143) vervollständigt werden.

Produkt- und Prozessaspekte des Entstehungskontexts von Kundenreaktionen zählen zum unmittelbaren Gestaltungsbereich herstellender Unternehmen und sind insofern bei der Erfassung der Kundenperspektive auch aus der Sicht des Unternehmens besonders relevant. Zudem zielen die zu treffenden Entscheidungen, anders als Maßnahmen der Prozessfürsorge in der Phase der Produktnutzung, nicht auf eine nachträgliche Beschwichtigung unzufriedener Kunden; es sollen vorsorglich und nachhaltig positive Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit erreicht bzw. negative Auswirkungen verringert werden. Aus diesem Grunde können produktbezogene Aspekte fokussiert werden, wobei sowohl zukünftig zu entwickelnde, bereits entwickelte, zukünftig zu produzierende, als auch bereits physisch existierende, in Nutzung befindliche Produkte betrachtet werden können. In der Kundenperspektive im Fall von Kraftfahrzeugen stehen regelmäßig die Funktionen bzw. das Verhalten des Produkts im Vordergrund: Der Kunde erwartet, dass das Produkt seine vorgesehenen Funktionen in einer bestimmten Weise erfüllt. Der bauliche Zustand tritt demgegenüber oft in den Hintergrund,

insbesondere sofern eine negative Zustandsabweichung nicht unmittelbar eine negative Verhaltensabweichung zur Folge hat (vergl. *Abb. 5-29*, S. 137).

Da diese Aspekte im Hinblick auf die zu erwartenden Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit bewertet werden sollen, ist eine emotionsbezogene Bewertung vorzunehmen: Es ist qualitativ oder quantitativ zu beschreiben, wie negativ oder positiv Kunden auf bestimmte Diskrepanzen zwischen Erwartetem und Vorgefundenem in Bezug auf bestimmte Funktionen oder bauliche Zustände des Produkts jeweils reagieren (Emotionsrelevanz). Dies kann beispielsweise unter Nutzung von ordinal- oder intervallskalierten Bewertungsverfahren und entsprechende statistische Methoden erfolgen. Unternehmens- und produktstrategische Gesichtspunkte können hierbei dazu dienen, die Vergabe von Werten innerhalb dieses subjektiven Bewertungsschritts zu unterstützen, indem qualitative Beschreibungen der jeweiligen Urteilsstufen für bestimmte emotionale Reaktionen (z. B. Verunsicherung, Verärgerung) bereitgestellt werden. Eine *Festlegung von synthesesorientierten Aufbereitungsschritten* zur Vorbereitung dieses bewertungsbezogenen Syntheseschritts ist in diesem implizit dadurch enthalten, dass die Bewertung bezogen auf eine vom Kunden wahrgenommene Funktion oder ein zustandsbezogenes Merkmal des Produkts erfolgt.

5.5.5 Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte)

Der folgende Abschnitt der *Entwurfsphase* hat den *Schwerpunkt Aufbereitungsschritte* (Phase 4 in *Abb. 5-23*, S. 126). Als wesentliche Eingangsgröße dieser Phase liegt ein konzeptionelles Methodenschema vor, in dem gemäß der operativen Gesamtaufgabenstellung und den damit im Zusammenhang stehenden fluss-, form- und inhaltsbezogenen Komplexitätsursachen die erforderlichen Analyse-, Aufbereitungs- und Syntheseschritte zur Erzeugung der Ausgangsgrößen des zukünftigen Prozesses festgelegt sind. Die Formulierung des konzeptionellen Methodenschemas ist weitgehend lösungsneutral; allerdings liegen als Ergebnis der diskursiven Vorgehensweise der Methodenentwicklung konkrete, das konzeptionelle Methodenschema ergänzende Vorgehenshinweise vor, insbesondere in Bezug auf anwendbare Strategien zur Komplexitätsreduktion bzw. zur Komplexitätsbewältigung, soweit dies unabhängig von den Informationsinhalten einer konkreten operativen Aufgabenstellung möglich ist.

Gegenstand des folgenden Abschnitts ist die Festlegung von Maßnahmen zur Aufbereitung der erarbeiteten Ausgangsgrößen zur Unterstützung von deren Weiterverarbeitung in den dem zukünftigen Prozess nachgelagerten Prozessen, d. h. die Konkretisierung der Schritte des initialen Prozessmodells zur Aufbereitung der erzeugten Ausgangsinformationen (*Abb. 5-33*).

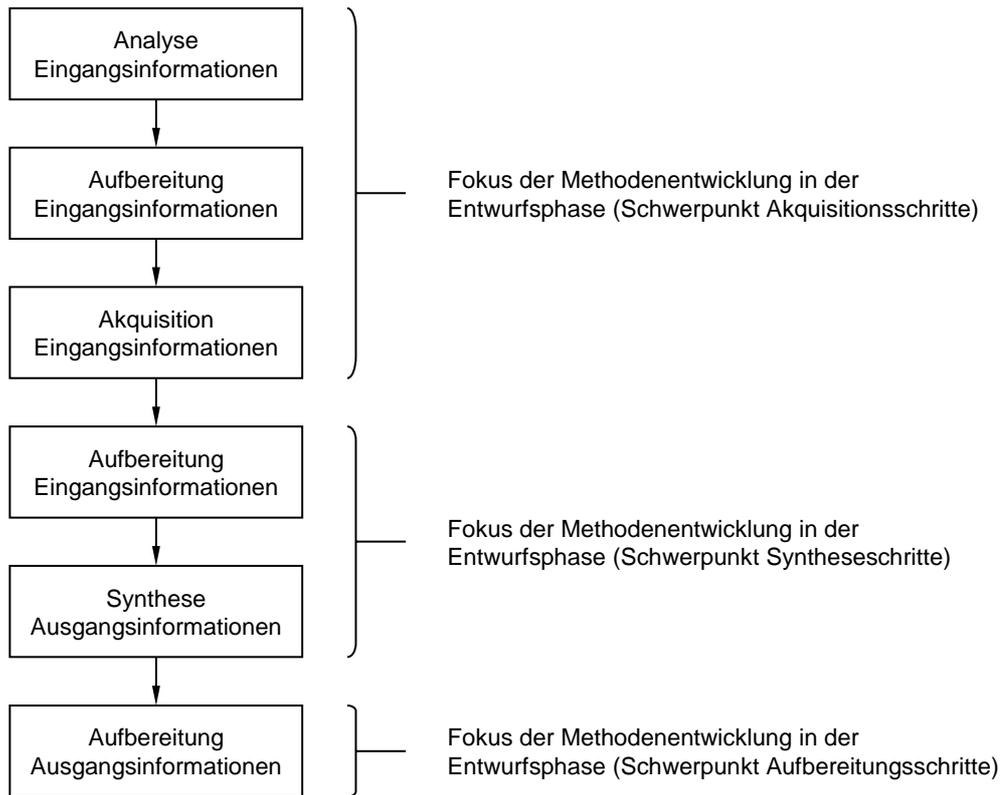


Abb. 5-33: Fokus der Konkretisierung des initialen Prozessmodells

Das wesentliche Kriterium für die Aufbereitung der Ausgangsinformationen ist, dass diese eine zielorientierte Initiierung und Abwicklung nachgelagerter Prozesse ermöglichen sollen. Aus diesen Folgeprozessen resultieren demnach die wesentlichen Anforderungen an die Ergebnisaufbereitung. Der folgende Abschnitt des Phasenmodells beginnt daher mit einer *Detaillanalyse der Prozessnahtstellen der Folgeprozesse* (Schritt 4a in Abb. 5-34).

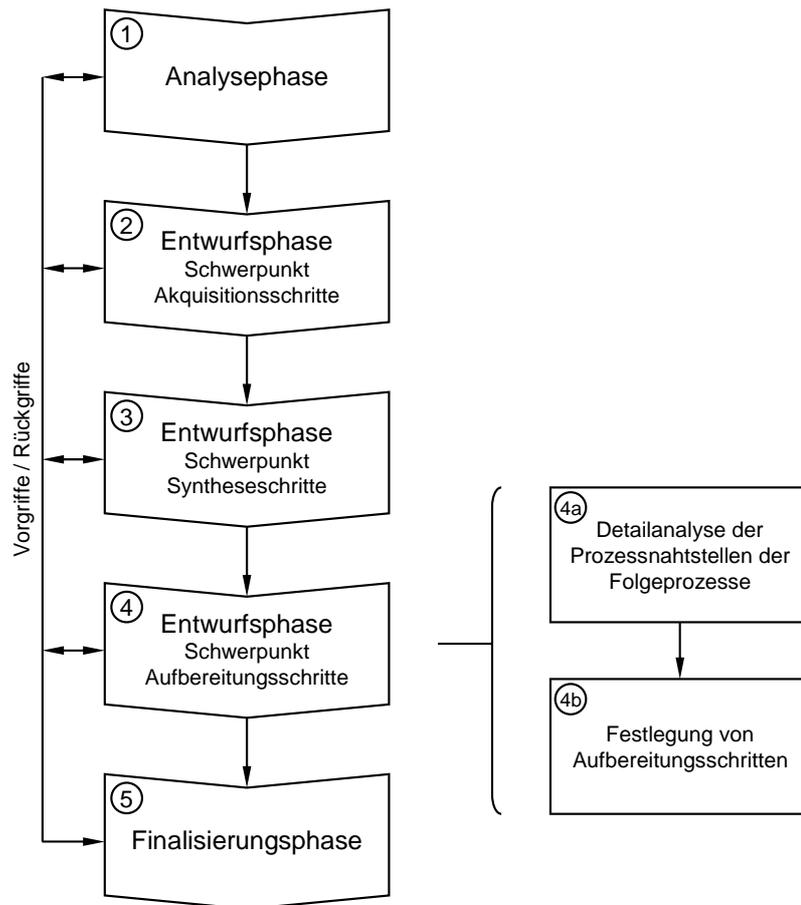


Abb. 5-34: Arbeitsschritte der Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte)

Die fluss- und inhaltsbezogenen Anforderungen eines solchen, für die Folgeprozesse geeigneten informationellen Anstoßes wurden bereits in der Analysephase sowie in den Abschnitten der Entwurfsphase mit den Schwerpunkten Akquisitions- und Syntheseschritte berücksichtigt. Diese Anforderungen betreffen die Adressaten und die Art der zu erzeugenden Ausgangsinformationen (siehe 5.5.2, 5.5.3 und 5.5.4). In diesem Arbeitsschritt geht es hierauf aufbauend um die weitergehende Klärung, welche formbezogenen Anforderungen seitens des Folgeprozesses bestehen, die vor allem aus Effizienzgründen zweckmäßig noch vor der Weitergabe der erzeugten Ausgangsinformationen zu erfüllen sind.

Hierzu sind die wesentlichen Komplexitätsursachen zu identifizieren, die in den nachfolgenden Prozessen die über die Ausgangsinformationen (die in jenen Prozessen passiv akquirierte Eingangsinformationen darstellen) hinausgehende aktive Informationsakquisition sowie die Informationssynthese erschweren. Dementsprechend gleichen die anzustellenden Überlegungen jenen der Arbeitsschritte der Festlegung von akquisitionsorientierten Aufbereitungsschritten (Schritt 2b in *Abb. 5-26*, S. 132) und der Festlegung von syntheseorientierten Aufbereitungsschritten (Schritt 3a in *Abb. 5-31*, S. 140); diese Überlegungen sind hier allerdings

aus der Perspektive der operativen Gesamtaufgabenstellungen der nachgelagerten Prozesse anzustellen.

Diese Komplexitätsursachen hängen zum einen mit der Kommunikation der eigentlichen Ausgangsinformationen selbst zusammen und zum anderen damit, inwieweit über diese hinausgehend auch der Prozess von deren Zustandekommen an die Folgeprozesse kommuniziert werden sollte, d. h. inwieweit die Nachvollziehbarkeit der weitergereichten Lösung in den Folgeprozessen sichergestellt werden soll. Letzteres ist beispielsweise dann von Bedeutung, wenn andernfalls die Akzeptanz der Ausgangsinformationen in Frage gestellt ist oder wenn auf Basis der Ausgangsgrößen sehr früh in den Folgeprozessen richtunggebende Entscheidungen zu treffen sind, beispielsweise weil unmittelbar ein breites Lösungsfeld von Konzeptvarianten erzeugt und beurteilt werden soll. In diesem Fall können in die Aufbereitung der Ausgangsinformationen auch die wesentlichen Eingangsinformationen, die der Lösungssynthese zugrunde lagen, und deren Relationen einbezogen werden, d. h. die Ausgangsinformationen werden für die Folgeprozesse transparent gemacht. Hierbei ist der Entscheidungsprozess, der zu diesen Ergebnissen geführt hat, jedoch nicht erneut in Frage zu stellen; dies ist im Einzelfall gegeneinander abzuwägen.

Bei der nachfolgenden, diesen Anforderungen entsprechenden *Festlegung von Aufbereitungsschritten* (Schritt 4b in *Abb. 5-34*) ist dann darauf zu achten, dass zum einen kein unzweckmäßiger inhaltsbezogener Vorgriff auf die weitere Verarbeitung erfolgt und dass zum anderen keine formbezogenen Verarbeitungsschritte vorgesehen werden, die in Bezug auf die weitergehende inhaltliche Verarbeitung zweckmäßig von diesen nicht getrennt erfolgen sollten.

Beispiel: Vorgehen in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte)

Das Beispiel des Feedback-Prozesses (siehe 5.5.1) fortführend, ergibt sich die Vorgehensweise in der Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte) wie folgt:

Maßnahmen der Prozessfürsorge (siehe 5.5.4) zielen auf die Beschwichtigung bereits unzufriedener Kunden, d. h. sie beeinflussen unmittelbar die Kundenzufriedenheit. Sie greifen jedoch erst nachträglich, in der Phase der Produktnutzung, und sind daher tendenziell weniger effizient als früher im Innovationsprozess angesetzte Maßnahmen, die eine Entstehung von Unzufriedenheit von vornherein verhindern. Für solche Maßnahmen ist es erforderlich, die in der Phase der Produktnutzung ermittelte Kundenperspektive in vorgelagerte Prozesse zu integrieren, um zu ermöglichen, dass gemäß der Kundenperspektive in frühen Phasen des Innovationsprozesses vorbeugende oder abhelfende Entscheidungen getroffen werden. Hierunter fallen z. B. konstruktive Änderungen, Maßnahmen zur Vermeidung von Beschädigungen bei der Montage, Prüfmaßnahmen vor der Auslieferung des Produkts oder auch spezifische Einweisungen des Kunden bei der Produktübergabe.

Die den Feedback-Prozess abschließende Aufbereitung der Ausgangsinformationen sollte insofern eine Zusammenführung von Kundenperspektive und Herstellersicht unterstützen: Zur Abbildung der Kunden- auf die Unternehmensperspektive ist eine „integrationsbezogene Aufbereitung“ der Ausgangsinformationen vorzunehmen (Schritt e in *Abb. 5-35b*).

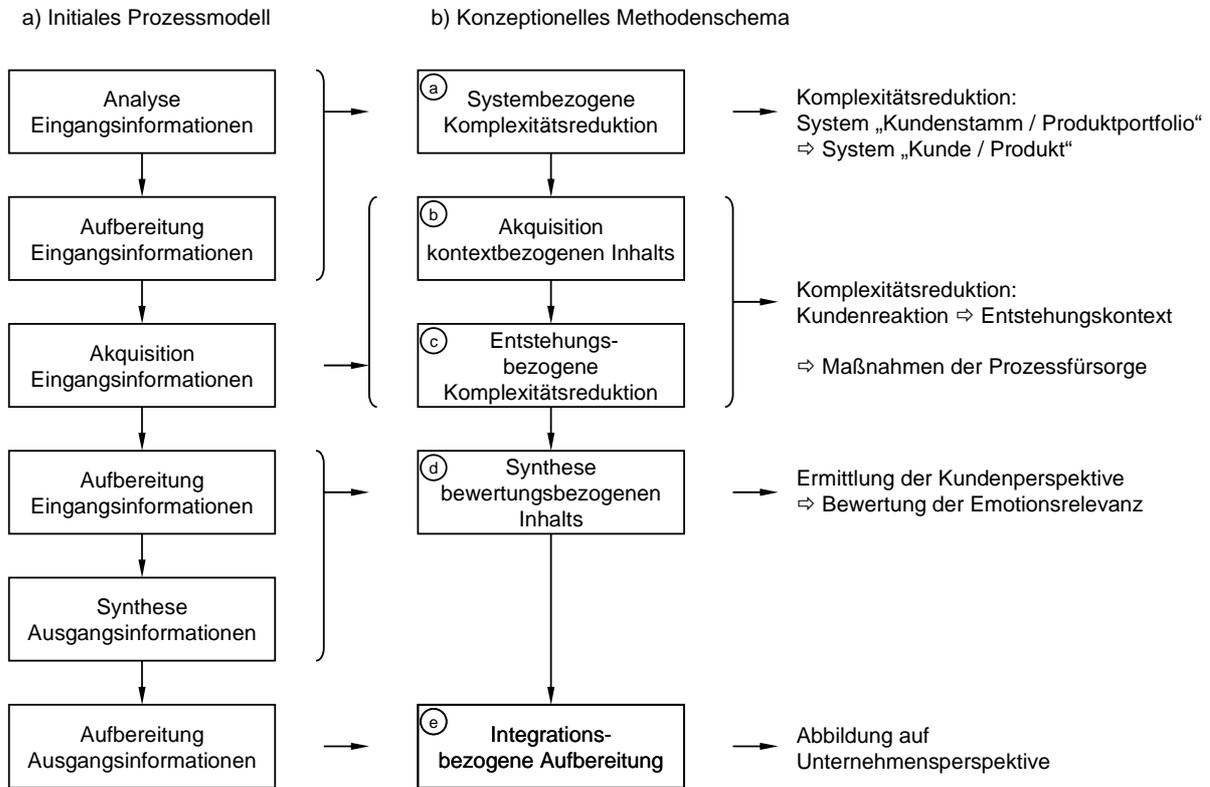


Abb. 5-35: Methodenentwicklung für den Feedback-Prozess. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema

Hierbei ist als Komplexitätsursache aus der Sicht der vorgelagerten Prozesse zu berücksichtigen, dass sich die Perspektive des Kunden auf ein Produkt, die sich in der Kundenreaktion ausdrückt, und die Perspektive des Herstellers auf ein Produkt, die durch die Unternehmensprozesse gegeben ist und auf die abgestimmt die Entscheidungsunterstützung bereitzustellen ist, maßgeblich voneinander unterscheiden können:

Kunden als Nutzer des Produkts betrachten dieses vorwiegend anwendungsbezogen in funktionaler Sichtweise (siehe 5.5.4). Die Herstellersicht ist hingegen vorwiegend realisierungsbezogen und baustrukturell bestimmt. Jedoch kann auch in Entwicklungsprozessen das Funktionskonzept eingesetzt werden, z. B. bei der methodischen Klärung der Aufgabenstellung (Franke, 1975, S. 395 f.), beim Abstrahieren zum Erkennen der wesentlichen Probleme und einer systematischen Erweiterung der Problemformulierung, beim Aufstellen von Funktionsstrukturen sowie bei der Suche nach Wirkprinzipien und deren Kombination zu Wirkstrukturen (Pahl u. a., 2005, S. 204 ff.). Hierbei können für den Hersteller grundsätzlich auch solche

Funktionen von Bedeutung sein, die als integrierte oder Teilfunktionen vom Kunden nicht oder anders wahrgenommen werden. Soll also die ermittelte Emotionsrelevanz von funktions- bzw. verhaltensbezogenen Produktaspekten (als Ergebnis von Schritt d in *Abb. 5-35b*) in den Herstellerprozessen berücksichtigt werden, so bedarf die kundenspezifische, funktionsorientierte Sicht u. U. einer Übersetzung auf die unternehmensspezifische, funktionsorientierte Sicht. Vom Kunden wahrgenommene bauliche Zustandsabweichungen hingegen entsprechen direkt der Herstellersicht, so dass in diesen Fällen keine spezifische Aufbereitung erforderlich ist.

Eine Möglichkeit, die aus diesen Gründen erforderliche Aufbereitung der Ausgangsinformationen zu realisieren, ist die Abbildung der unterschiedlichen funktionsorientierten Sichten von Kunden und Unternehmen mittels zweidimensionaler Matrizen. Angelehnt an Matrixmethoden der QFD oder der Produktmodularisierung können Relationen zwischen vom Kunden wahrgenommenen und für seine Zufriedenheit wichtigen Funktionen sowie zwischen diesen kundenbezogenen Funktionen und der ggf. abweichenden Herstellersicht dokumentiert werden. Darauf aufbauend kann die Kundenperspektive in Unternehmensprozesse integriert werden, beispielsweise indem die Emotionsrelevanz im Rahmen einer Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA), z. B. einer Konstruktions- bzw. Entwicklungs-FMEA oder einer Prozess- bzw. Fertigungs-FMEA (vergl. Pahl u. a., 2005, S. 675 f.), im Rahmen der Risikoanalyse bei der Bewertung der Folgen von Fehlern zusätzlich zu technischen bzw. sicherheitsrelevanten Auswirkungen berücksichtigt wird.

5.5.6 Finalisierungsphase

Die das Vorgehensmodell zur diskursiven Methodenentwicklung top-down abschließende *Finalisierungsphase* (Phase 5 in *Abb. 5-23*, S. 126) dient der Aufbereitung des entworfenen Prozessmodells im Hinblick auf dessen Operationalisierung. Als Ergebnis der bisherigen Phasen liegt ein den gesamten zukünftigen Prozess umfassendes konzeptionelles Methodenschema vor, in dem unter Berücksichtigung der relevanten fluss-, form- und inhaltsbezogenen Komplexitätsursachen die informationsverarbeitenden Schritte festgelegt sind, die zur Erfüllung der operativen Gesamtaufgabenstellung erforderlich sind. Diese weitgehend lösungsneutral bezeichneten Schritte werden als Ergebnis der bisherigen Vorgehensweise durch Hinweise auf Lösungsmöglichkeiten in Form von Strategien zur Komplexitätsreduktion bzw. Komplexitätsbewältigung ergänzt.

Das Ziel dieser Phase ist eine Überführung dieses Modells und der zugehörigen Hinweise in einen Ablaufplan, der eine zweckmäßige Grundlage für eine Implementierung als Prozess darstellt. Der Gestaltungsbereich in der Phase der Finalisierung umfasst insofern sowohl die *Elemente* des Modells des zukünftigen Prozesses, d. h. die einzelnen Schritte des konzeptionellen Methodenschemas, als auch die *Relationen* zwischen diesen Elementen, d. h. die in-

formationellen Nahtstellen zwischen den einzelnen Schritten des konzeptionellen Methodenschemas.

Hierbei stehen vor dem Hintergrund der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit wiederum nicht Belange des Prozessmanagements im Vordergrund, sondern der Probleme lösende Bearbeiter, der diesen Ablaufplan zukünftig ausführen soll, d. h. der entsprechende Tätigkeiten vollziehen soll (vergl. 4.1). Als erster Arbeitsschritt innerhalb dieser Phase ist aus diesem Grunde zur Finalisierung mit dem Fokus auf den Elementen des konzeptionellen Methodenschemas der *Entwurf eines tätigkeitsorientierten Prozessmodells* vorgesehen (Schritt 5a in Abb. 5-36).

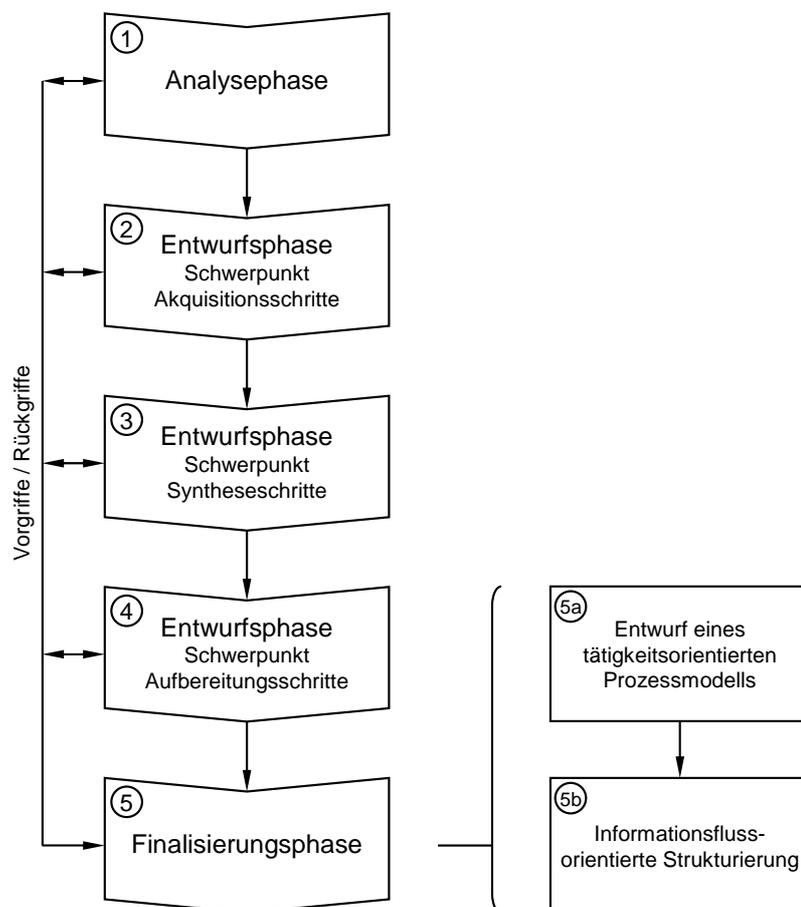


Abb. 5-36: Arbeitsschritte der Finalisierungsphase

Dieser Arbeitsschritt hat zum Inhalt, die innerhalb der Schritte des konzeptionellen Methodenschemas empfohlenen komplexitätsreduzierenden bzw. -bewältigenden Strategien so zu gruppieren und zu formulieren, dass sie dem Bearbeiter innerhalb des zukünftigen Prozesses in Bezug auf die Erfüllung der operativen Gesamtaufgabenstellung in Form konkreter Tätigkeiten formuliert kommuniziert werden können. Diese Gruppierung beinhaltet dabei ein Zusammenfassen oder weiteres Aufgliedern der einzelnen in den vorangegangenen Phasen festgelegten Strategien. Das konzeptionelle Methodenschema gibt hierfür einen Rahmen vor, die

als Ergebnis dieses Arbeitsschritts festzulegenden Tätigkeiten können grundsätzlich sowohl mehrere als auch nur Teile einzelner Schritte des konzeptionellen Methodenschemas umfassen.

Ein Zusammenfassen und Aufgliedern von Schritten des konzeptionellen Methodenschemas zum Entwurf des tätigkeitsorientierten Prozessmodells beeinflusst unmittelbar auch die informationellen Nahtstellen zwischen den Tätigkeiten innerhalb des zukünftigen Prozesses. Dieser Arbeitsschritt ist daher eng mit dem nachfolgenden Arbeitsschritt verknüpft, in dem zur Finalisierung mit dem Fokus auf den Relationen des konzeptionellen Methodenschemas eine *informationsflussorientierte Strukturierung* des tätigkeitsorientierten Prozessmodells vorgenommen wird (Schritt 5b in *Abb. 5-36*). Der Gegenstand dieses Arbeitsschrittes ist eine Prüfung der informationellen Nahtstellen zwischen den einzelnen Schritten des tätigkeitsorientierten Prozessmodells und eine Verknüpfung dieser Tätigkeiten im Hinblick auf eine optimierte Informationsverarbeitung.

Hierbei ist zu prüfen, ob bestimmte Tätigkeiten (bzw. Tätigkeitsfolgen) aufeinander aufbauen bzw. welche der jeweils erzielten Ergebnisse für andere Tätigkeiten erforderlich sind. Entsprechend sind dann informationelle Nahtstellen zwischen Tätigkeiten so festzulegen, dass nur die für die weitere Verarbeitung tatsächlich benötigten Ergebnisse an die jeweiligen Adressaten weitergereicht werden. In diesem Zusammenhang ist auch zu ermitteln, inwieweit Tätigkeiten zweckmäßig verteilt ausgeführt und ggf. parallelisiert werden können. Weiterhin ist innerhalb dieses Arbeitsschritts zu analysieren, ob bestimmte Tätigkeiten sich auf Informationen innerhalb konkreter Aufgabenstellungen beziehen oder übergeordnet auf die operative Aufgabenstellung an sich. In letzterem Fall ist es zweckmäßig, bei der Strukturierung eine vorgelagerte Prüfung auf Änderung der relevanten übergeordneten Rahmenbedingungen vorzusehen, in Abhängigkeit von welcher dann entweder die jeweiligen Tätigkeiten erneut auszuführen oder die generell gültigen Ergebnisse weiterhin zu nutzen sind. Ein Beispiel hierfür ist die Festlegung von Beurteilung- und Bewertungskriterien und deren Gewichtung, die für mehrere konkrete operative Aufgabenstellungen unverändert Gültigkeit haben können und die nur bei Änderung der relevanten strategischen Vorgaben zu aktualisieren sind.

Beispiel: Vorgehen in der Finalisierungsphase

Das Beispiel des Feedback-Prozesses (siehe 5.5.2) fortführend, ergibt sich die Vorgehensweise in der Finalisierungsphase wie folgt:

Auf Grundlage des vorliegenden konzeptionellen Methodenschemas für den Feedback-Prozess (siehe *Abb. 5-35b*, S. 149) können unmittelbar der *Entwurf eines tätigkeitsorientierten Prozessmodells* sowie dessen *informationsflussorientierte Strukturierung* (Schritte 5a und 5b in *Abb. 5-36*, S. 151) vorgenommen werden (*Abb. 5-37*).

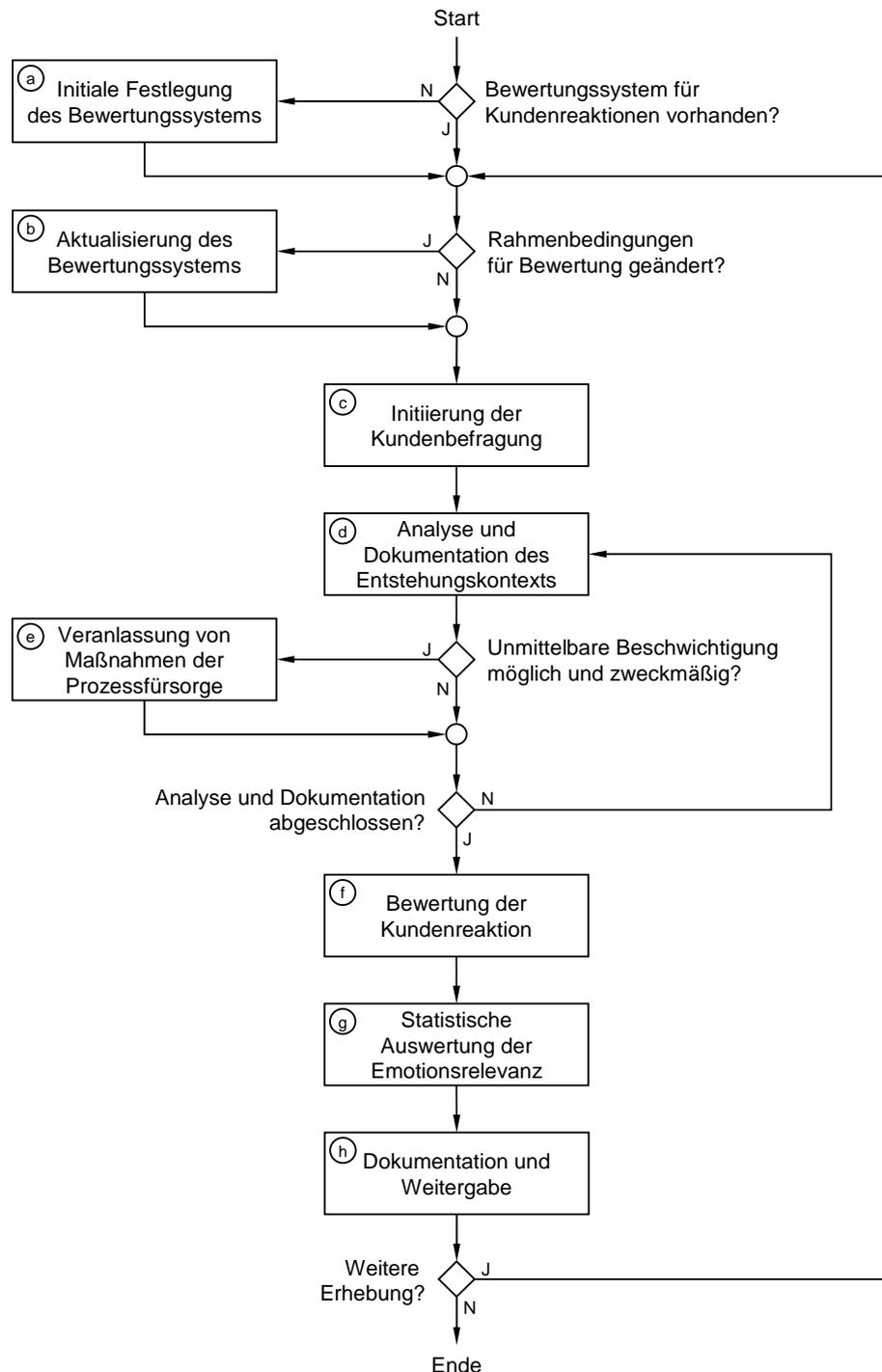


Abb. 5-37: Prozessmodell für den Feedback-Prozess

Hierbei werden die bislang getrennt betrachteten Arbeitsschritte innerhalb der aktiven Informationsakquisition (Schritte b und c in *Abb. 5-28b*, S. 135) zu einem einzelnen Arbeitsschritt der Analyse und Dokumentation zusammengefasst (Schritt d in *Abb. 5-37*). Parallel zu diesem Arbeitsschritt wird eine Veranlassung von Maßnahmen der Prozessfürsorge (Schritte e

in *Abb. 5-37*) vorgesehen, um zu einer Verkürzung der Reaktionszeit beizutragen und darüber hinaus eine unmittelbare Einschätzung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu ermöglichen.

Weiterhin werden die initiale Erstellung sowie die aktualisierende Fortschreibung (Schritte a und b in *Abb. 5-37*) des Bewertungssystems aus dem Arbeitsschritt der bewertenden Synthese (Schritt d in *Abb. 5-32*, S. 143) ausgegliedert. Dies unterstützt eine organisatorische und inhaltliche Trennung der Erstellung des Bewertungssystems von dem eigentlichen operativen Ablauf des Feedback-Prozesses (Schritte c bis h in *Abb. 5-37*). Dies wiederum unterstützt eine Abstimmung auf vergleichbare Beurteilungs- und Bewertungssystematiken in anderen Prozessen, z. B. zur Priorisierung von Kundenanforderungen in Produktplanung und Produktentwicklung, zur Sicherung einer prozessphasenübergreifenden Konsistenz und Strategiekonformität.

6 Anwendung des meta-methodischen Rahmenwerks

6.1 Strukturierung der Produktplanung

6.1.1 Ausgangssituation

Durch Innovationen können Unternehmen nachhaltig ihre Konkurrenzfähigkeit sichern. Entscheidend sind dabei schnelle, zielgerichtete Innovationsprozesse, aus denen technisch und wirtschaftlich überlegene Produkte resultieren. Angesichts der Auswirkungen von Entscheidungen in den frühen Phasen von Innovationsprozessen auf die Merkmale von Produkten wird die Bedeutung von methodischer Unterstützung für die frühen Produktlebensphasen oft betont (vergl. 2.3 und 3.1). Eine besondere Rolle spielt hierbei die Produktplanung, aus der vielfach Aufgabenstellungen an die Produktentwicklung resultieren, anstelle von direkten Kundenaufträgen (Pahl u a., 2005, S. 90), da hier wesentliche, für den wirtschaftlichen Erfolg unmittelbar relevante Merkmale des zukünftigen Produkts definiert werden.

Bei der Entwicklung einer Produktplanungsmethode, d. h. eines prozeduralen Prozessmodells zur Unterstützung der Produktplanung, bestehen infolge der spezifischen Rahmenbedingungen der Produktplanung besondere Anforderungen zum einen an die Unterstützung der *Produktplanungstätigkeiten* und zum anderen an die Einbindung in das jeweilige Unternehmensumfeld, d. h. in die jeweilige *Prozessumgebung* (Seidel, 2005, S. 15 ff.). Vor dem Hintergrund dieser Ausgangssituation wurde das meta-methodische Rahmenwerk genutzt, um eine auf die informationellen Rahmenbedingungen bzw. Komplexitätsursachen in Produktplanungssituationen abgestimmte Struktur eines Produktplanungsprozesses zu entwickeln⁹.

6.1.2 Methodenentwicklung

Im Rahmen einer *Analyse der Prozessnahtstellen* ergeben sich unter Berücksichtigung der wesentlichen Informationsflüsse die Unternehmens- sowie die Produktstrategieplanung einerseits, die Forschung und Vorentwicklung andererseits sowie das Unternehmen und sein Umfeld im Allgemeinen als wesentliche der Produktplanung vorgelagerten bzw. kontinuier-

⁹ Über die Anwendung des meta-methodischen Rahmenwerks zur Strukturierung der Produktplanung hinausgehend, über die im Folgenden ein Überblick gegeben wird, ist das resultierende, tätigkeits- und informationsflussorientierte Prozessmodell von Seidel (2005) mit Fokus auf der konkreten Durchführung seiner einzelnen Schritte ausgearbeitet und in der Automobilzulieferindustrie angewendet worden. Darstellungen des Anwendungsfalls finden sich auch in (Weigt, 2005b; Weigt & Seidel, 2004, 2005).

lich und simultan zu dieser ablaufende Prozesse. Als operativer Folgeprozess ist die Produktentwicklung der Produktplanung nachgelagert (Abb. 6-1).

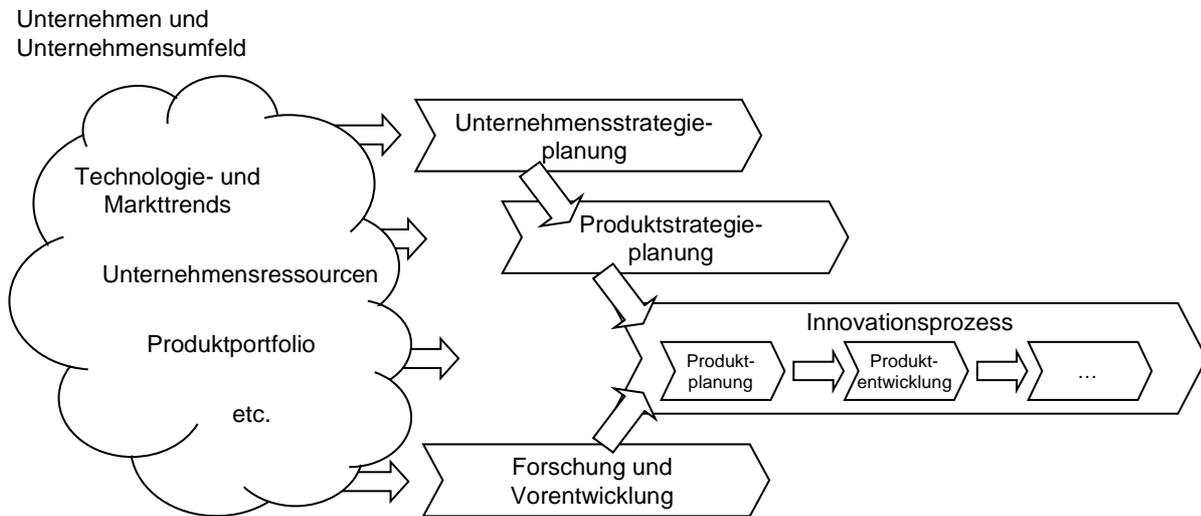


Abb. 6-1: Prozess- und Systemnahtstellen der Produktplanung (modifiziert nach: Seidel, 2005, S. 53)

Eine zweckmäßige Ausgangsgröße des zukünftigen Produktplanungsprozesses ist eine Definition der wesentlichen Merkmale eines zukünftigen Produkts, auf deren Grundlage in der nachfolgenden Produktentwicklung eine Klärung der Aufgabenstellung betrieben werden kann, ein sog. Produktvorschlag (Pahl u. a., 2005, S. 103 f.).

Die *wesentlichen Komplexitätsursachen* innerhalb der Produktplanung ergeben sich vor diesem Hintergrund vor allem aus der Vielfalt der vorgelagerten Prozess- und Systemnahtstellen (flussbezogene Komplexitätsursachen), d. h. im Hinblick auf die passive und aktive Informationsakquisition. Markt- und Strategieinformationen liegen hierbei oft nur unstrukturiert dokumentiert vor und sind folglich intransparent (formbezogene Komplexitätsursachen). Zudem sind Strategieinformationen oft unscharf oder allgemein formuliert und Marktinformationen sind oft dynamisch. In diesem Umfeld dient die Produktplanung als Nahtstelle zwischen den in erster Linie zielorientierten Sichten der Unternehmens- und Produktstrategieplanung sowie den in erster Linie lösungsorientierten Sichten der Forschung und Vorentwicklung sowie der nachfolgenden Produktentwicklung (inhaltsbezogene Komplexitätsursachen).

Die *operative Gesamtaufgabenstellung* der Produktplanung kann hiervon ausgehend wie folgt formuliert werden: Definition eines Produktvorschlags entsprechend der produkt- und unternehmensstrategischen Vorgaben, unter Berücksichtigung den informationellen Rahmenbedingungen von Produktplanungssituationen, z. B. der Unstrukturiertheit, Intransparenz und Dynamik von Strategie- bzw. Marktinformationen.

Die Rahmenbedingungen der operativen Gesamtaufgabenstellung entsprechen grundsätzlich denen eines allgemeinen Problembearbeitungsprozesses. Daher kann eine generische Struktur entsprechend *Abb. 5-27* (S. 133) als *initiales Prozessmodell* und als Grundlage zur weiteren Konkretisierung dienen (*Abb. 6-2a*).

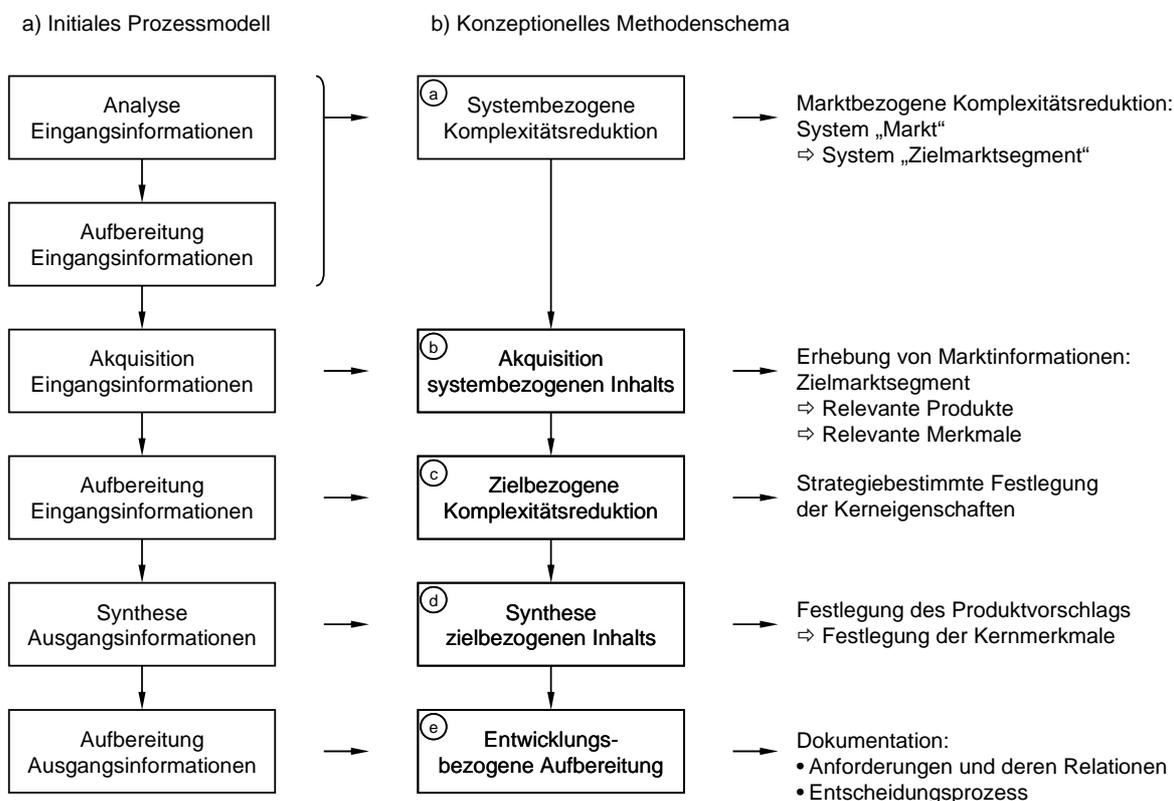


Abb. 6-2: Methodenentwicklung. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema

Wesentliche Komplexitätsursachen innerhalb der aktiven Informationsakquisition resultieren aus der Vielfalt der vorgelagerten Systemnahtstellen, insbesondere in Bezug auf Marktinformationen. Als Arbeitsschritt der *akquisitionsorientierten Aufbereitung* wird daher eine „systembezogene Komplexitätsreduktion“ (Schritt a in *Abb. 6-2b*) in Bezug auf den Markt vorgehen. Diese Komplexitätsreduktion kann schrittweise realisiert werden. In einem ersten Schritt ist ausgehend von den passiv akquirierten Eingangsinformationen anstelle des Markts an sich ein aufgrund der unternehmens- und produktstrategischen Vorgaben festzulegender Ausschnitt dieses Markts in Form eines Zielmarktsegments festzulegen. Während dieser erste komplexitätsreduzierende Schritt auf Grundlage der passiv akquirierten, strategiebezogenen Eingangsinformationen vorgenommen wird, werden weitergehende komplexitätsreduzierende Schritte durch die folgende „Akquisition systembezogener Inhalte“ (Schritt b in *Abb. 6-2b*) beeinflusst, die sich auf das zuvor festgelegte Zielmarktsegment bezieht:

Ausgehend von einer Analyse des Zielmarktsegments wird entsprechend der systemtechnischen Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ (siehe 4.2.1) gemäß unternehmens- und

produktstrategischen Vorgaben die Betrachtung schrittweise vom Zielmarktsegment über darin enthaltene relevante Produkte bis hin zu deren relevanten Produktmerkmalen und deren Relationen fokussiert. Der Arbeitsschritt der „Akquisition systembezogenen Inhalts“ des konzeptionellen Methodenschemas wird entsprechend weiter aufgegliedert, womit die *Festlegung von Akquisitionsschritten* und somit die Entwurfsphase (Schwerpunkt Akquisitionsschritte) abgeschlossen wird (Abb. 6-3).

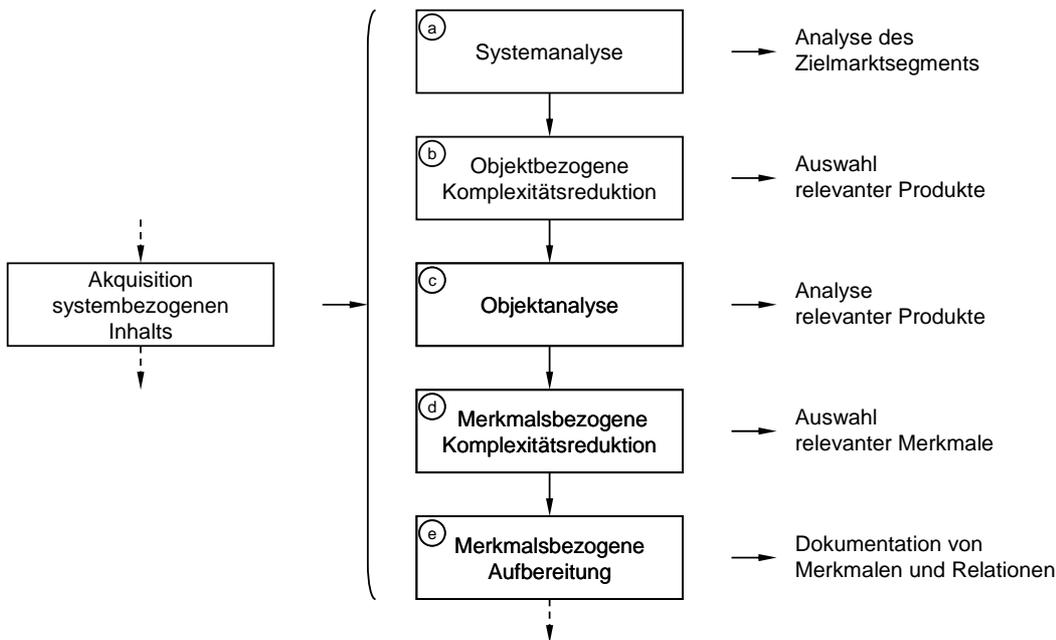


Abb. 6-3: Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ bei der Akquisition

Mit diesen Arbeitsschritten wird das aus unternehmens- und produktstrategischer Sicht relevante Zielmarktsegment für die nachfolgende Entwurfsphase mit dem Schwerpunkt Syntheschritte transparent gemacht.

Als *synthesorientierter Aufbereitungsschritt* der insgesamt akquirierten Eingangsinformationen wird im Hinblick auf die operative Aufgabenstellung nachfolgend eine „zielbezogene Komplexitätsreduktion“ (Schritt c in Abb. 6-2b, S. 157) vorgesehen. In diesem Schritt werden strategiebestimmt diejenigen der im Rahmen der aktiven Informationsakquisition als relevant identifizierten Eigenschaften (Schritt d in Abb. 6-3) ausgewählt, die mit entsprechenden Ausprägungen versehen grundsätzlich geeignet sind, ein potenziell erfolgreiches Merkmalsprofil eines zukünftigen Produkts zu ergeben (sog. Kerneigenschaften). Im Rahmen der *Festlegung von Syntheschritten* wird entsprechend eine „Synthese zielbezogenen Inhalts“ (Schritt d in Abb. 6-2b, S. 157) vorgesehen. Hierbei wird der eigentliche Produktvorschlag definiert, indem diesen ausgewählten Kerneigenschaften nach Maßgabe einer technisch-wirtschaftlichen Bewertung Ausprägungen zugeordnet werden. Hierdurch entsteht ein Profil von auf die strategischen Vorgaben abgestimmten Anforderungen an das zukünftige Produkt. Im Rahmen der abschließenden „entwicklungsbezogenen Aufbereitung“ (Schritt e in Abb. 6-2b, S. 157)

geben diese mitsamt einer Dokumentation der wesentlichen Aspekte des Entscheidungsprozesses den Rahmen für die anschließende Klärung der Aufgabenstellung zu Beginn des Entwicklungsprozesses vor.

Ausgehend von den Arbeitsschritten des konzeptionellen Methodenschemas (Abb. 6-2 in Verbindung mit Abb. 6-3) dienen deren bislang festgelegte Inhalte als Anwendungskriterien für den Einsatz existierender Methoden, die beispielsweise in Methodenkatalogen dokumentiert sein können. Anhand dieser Anwendungskriterien können Methoden in Bezug auf ihre grundsätzliche Einsatzzeichnung bzw. das Erfordernis ihrer Anpassung an die spezifischen informationellen Rahmenbedingungen von Produktplanungssituationen beurteilt und dementsprechend den unterschiedlichen Arbeitsschritten zugeordnet werden (Abb. 6-4).

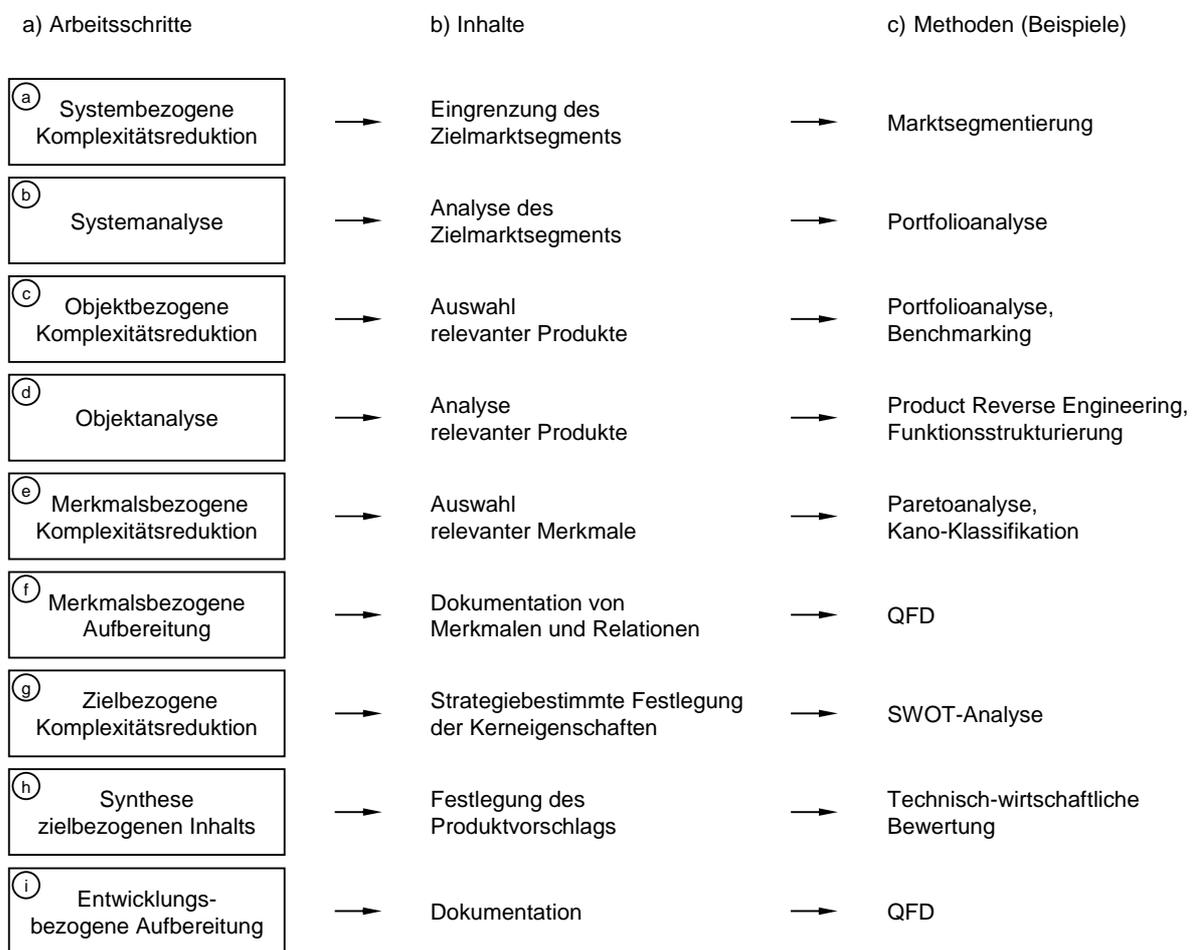


Abb. 6-4: Zuordnung existierender Methoden. a) Arbeitsschritte; b) Inhalte; c) Methoden (Beispiele)

Beispielsweise kann die Anwendung von Methoden zur technisch-wirtschaftlichen Bewertung (vergl. bspw. Ehrlenspiel, 2003, S. 481 ff.; Pahl u. a., 2005, S. 143 ff.) bei der Synthese zielbezogenen Inhalts (Schritt h in Abb. 6-4a) Unterstützung leisten: In diesem Arbeitsschritt sollen Lösungsvarianten erzeugt werden, indem zuvor festgelegten Kerneigenschaften be-

stimmte Ausprägungen zugeordnet werden. Hierdurch ergeben sich unterschiedliche Produktvorschläge in Form von Merkmalsprofilen in Bezug auf bestimmte, wettbewerbsrelevante Produkteigenschaften. Diese Profile können u. a. in Bezug auf ihre Marktpotenziale und unterschiedliche Risikofaktoren (z. B. technisch oder terminlich) bewertet werden, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Ebenso können die Methoden Product Reverse Engineering (vergl. bspw. Lindemann, 2005, S. 89) und Funktionsstrukturierung (vergl. bspw. Pahl u. a., 2005, S. 42 ff.) bei der Objektanalyse (Schritt d in *Abb. 6-4a*) eingesetzt werden: Mit diesen Methoden können Merkmale von existierenden Produkten ermittelt werden, die dann in den anschließenden Auswahl- und Aufbereitungsschritten weiterverarbeitet werden.

Über die Zuordnung von existierenden Methoden hinausgehend stellen die Arbeitsschritte des konzeptionellen Methodenschemas (siehe *Abb. 6-4a*) die Grundlage für eine Entwicklung neuer Methoden dar, sofern existierende Methoden den informationellen oder unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen der operativen Gesamtaufgabenstellung nicht hinreichend gerecht werden (*Abb. 6-5*).

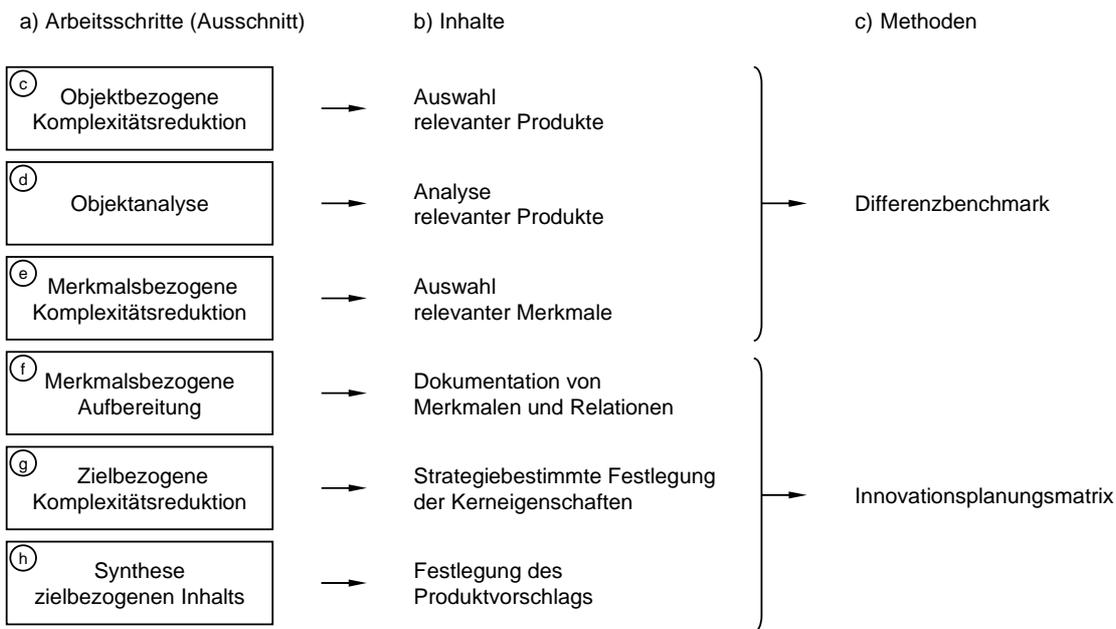


Abb. 6-5: Entwicklung neuer Methoden. a) Arbeitsschritte (Ausschnitt); b) Inhalt; c) Methoden

Existierende Methoden können zum einen nicht hinreichend sein, d. h. die operative Aufgabenstellung stellt Anforderungen an methodische Unterstützung, die von existierenden Methoden nicht bzw. untererfüllt werden. Ebenso können existierende Methoden aber auch die Anforderungen der operativen Aufgabenstellung übererfüllen, so dass ihre Anwendung in bestimmten Fällen operativer Aufgabenstellungen zu aufwändig wäre.

Beispielsweise kann in überschaubaren Zielmarktsegmenten eine Anwendung der Methode QFD (Schritte f und i in *Abb. 6-4a*, S. 159) in unveränderter Form aus Gründen des entste-

henden Aufwands unter Umständen nicht angezeigt sein. Ebenso können, insbesondere bei Neuplanungen, fehlende informationelle Nahtstellen zur Unternehmens- und Produktstrategieplanung als Defizit der Methode QFD angesehen werden (vergl. Seidel, 2005, S. 46 f.): Die inhaltsbezogene Komplexitätsursache der operativen Gesamtaufgabenstellung, dass die Produktplanung als Nahtstelle zwischen den in erster Linie zielorientierten Sichten der Unternehmens- und Produktstrategieplanung sowie den in erster Linie lösungsorientierten Sichten der Forschung und Vorentwicklung sowie der nachfolgenden Produktentwicklung fungiert (vergl. Strategiebezug innerhalb von Schritt g in *Abb. 6-5a*), wird nicht hinreichend berücksichtigt. Dieses Ergebnis der Analyse der Prozessnahtstellen bietet dementsprechend Anhaltspunkte für eine Anpassung der Methode QFD bzw. dafür, die dieser Methode zugrunde liegenden Mechanismen der Strukturierung und Abbildung von Merkmalen und Relationen in eine neue Methode einfließen zu lassen, die diese inhaltsbezogene Komplexitätsursache berücksichtigt.

Als eine solche Methode wurde ausgehend von dieser Analyse die sog. *Innovationsplanungs-matrix* (Seidel, 2005, S. 89 ff.) vorgeschlagen. Diese Methode führt in Form einer Matrix die produktplanungsspezifischen ziel- und lösungsorientierten Sichten zusammen, die den Modellbildungen in den mit der Produktplanung verknüpften Prozessen zugrunde liegen, d. h. der Unternehmens- und Produktstrategieplanung einerseits sowie der Forschung, Vorentwicklung und Produktentwicklung andererseits (*Abb. 6-6*).

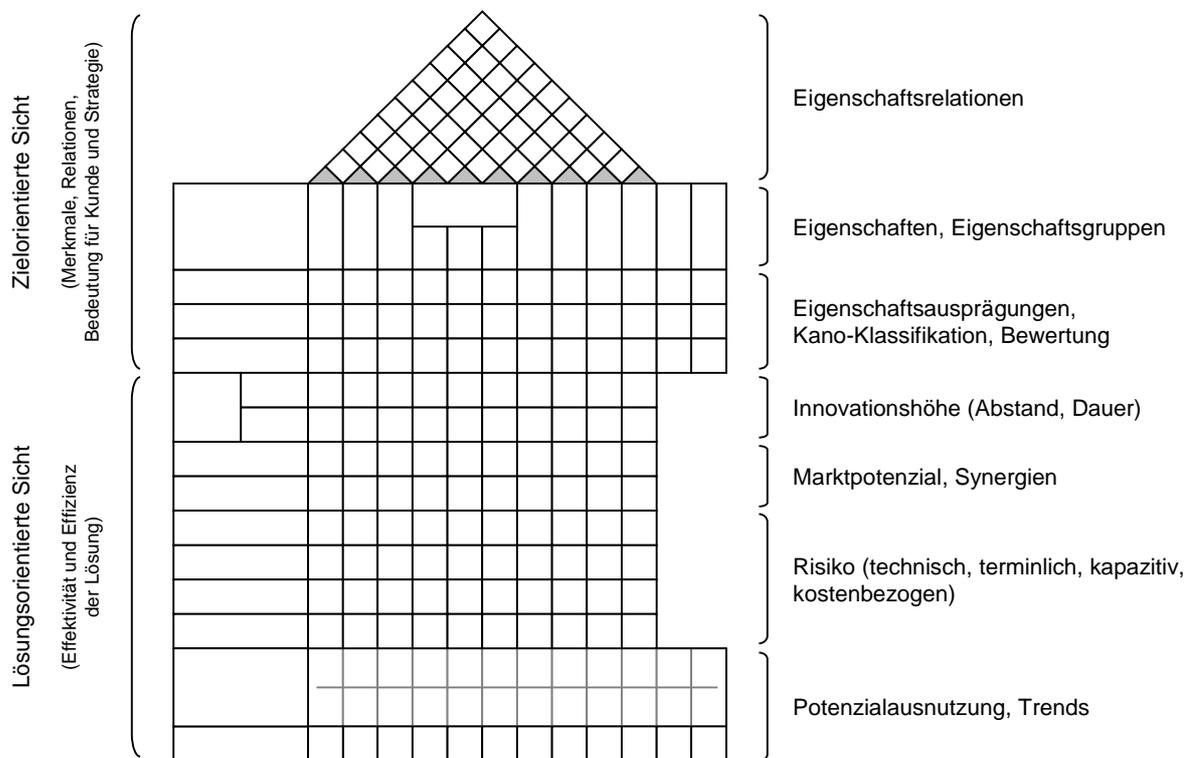


Abb. 6-6: Aufbau der Innovationsplanungs-matrix (modifiziert nach: Seidel, 2005, S. 94)

Die Unterstützungswirkung der Innovationsplanungsmatrix beruht darauf, dass dem Bearbeiter eine Struktur für die Modellbildung innerhalb der Produktplanung vorgegeben wird. Er wird angehalten, wesentliche modellbildende Eigenschaften und deren Relationen festzulegen, diesen Eigenschaften Ausprägungen zuzuordnen, die sich dadurch ergebenden Merkmale zu klassifizieren und in Bezug auf unterschiedliche Potenziale und Risiken zu bewerten. Sie macht insofern fiktive Produktvorschläge für die folgende Auswahlentscheidung transparent.

Ein weiteres Beispiel für eine Methode, die auf Grundlage der Analyse der wesentlichen Komplexitätsursachen der Produktplanung vorgeschlagen wurde, ist der sog. *Differenzbenchmark* (Seidel, 2005, S. 80 f.). Diese Methode dient insbesondere bei inkrementellen Innovationen dazu, ausgehend von einer Analyse des Zielmarktsegments die Merkmalsvielfalt der innerhalb dieses Segments existierenden Produkte für die weitere Betrachtung handhabbar zu machen (Schritte c bis e in *Abb. 6-5a*, S. 160). Die Methode klassifiziert die Eigenschaften von Produkten in Gleich- und Differenzierungseigenschaften, d. h. in Eigenschaften, deren Ausprägungen bei den Wettbewerbsprodukten innerhalb des jeweiligen Marktsegments übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen. Während Gleicheigenschaften (z. B. Anzahl der Räder eines Personenkraftwagens) unter anderem dazu genutzt werden können, die grundsätzliche Akzeptanz des zukünftigen Produkts innerhalb des Marktsegments zu sichern, sind Differenzierungseigenschaften (z. B. Motorleistung oder Stauraum eines Fahrzeugs) eher geeignet, sich von Wettbewerbsprodukten erfolgreich abzuheben.

Auf Grundlage der Arbeitsschritte des vorliegenden konzeptionellen Methodenschemas (siehe *Abb. 6-4a*, S. 159) kann im Rahmen der Finalisierungsphase der *Entwurf eines tätigkeitsorientierten Prozessmodells* vorgenommen werden, indem die Inhalte dieser Arbeitsschritte, die den Komplexitätsursachen der operativen Gesamtaufgabenstellung gemäß festgelegt wurden, als entsprechende Tätigkeiten formuliert werden (*Abb. 6-7*).

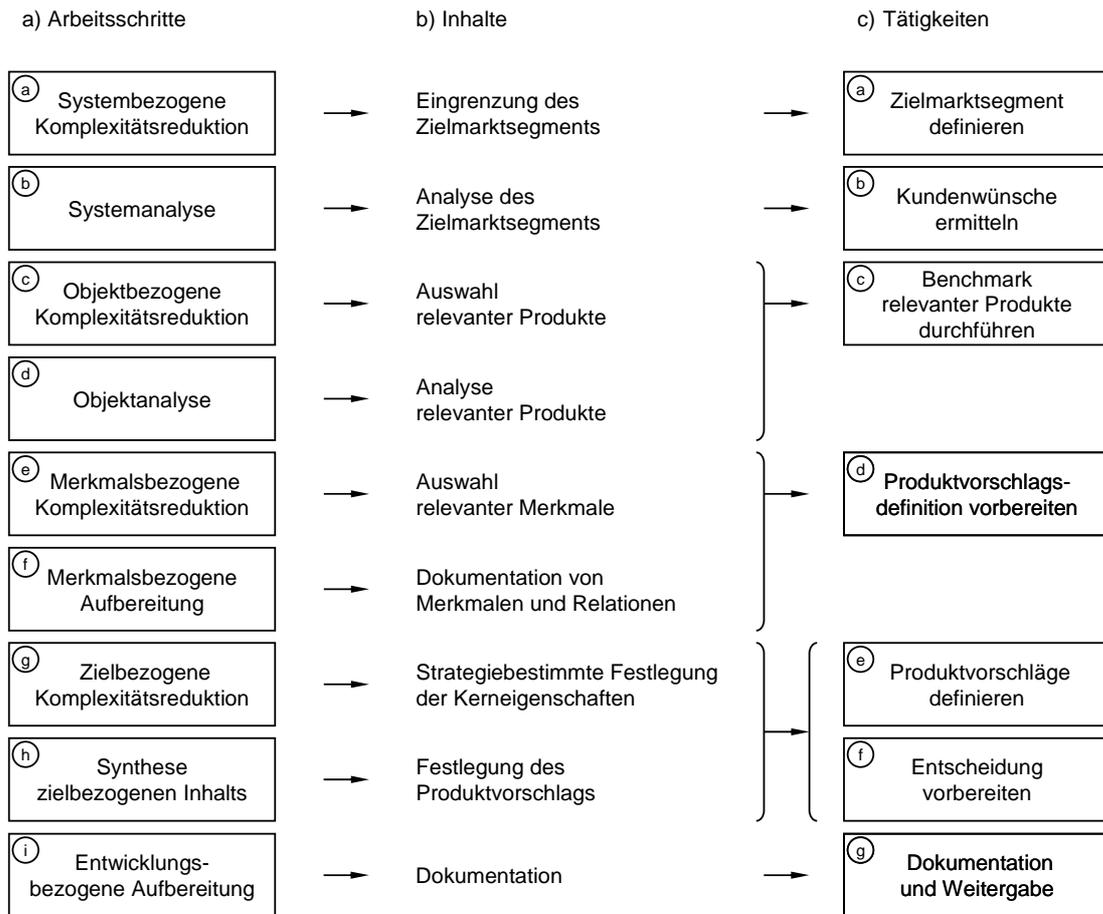


Abb. 6-7: Entwurf eines tätigkeitsorientierten Prozessmodells. a) Arbeitsschritte; b) Inhalte; c) Tätigkeiten

Die Inhalte mehrerer Arbeitsschritte werden zu einzelnen Tätigkeiten zusammengefasst, sofern diese so eng miteinander verknüpft sind, dass insbesondere deren Ausführung durch unterschiedliche Bearbeiter nicht zweckmäßig erscheint. Dies ist bei den Arbeitsschritten c und d sowie den Arbeitsschritten e und f in *Abb. 6-7a* der Fall. Hierbei wird deutlich, dass der Einsatz von bestimmten Methoden tätigkeitsübergreifend erfolgen und insbesondere auch ineinander übergehen kann (vergl. Zuordnung der Methoden Differenzbenchmark und Innovationsplanungsmatrix nach *Abb. 6-5c*, S. 160, mit den Tätigkeiten c bis f in *Abb. 6-7c*).

Die *informationsflussorientierte Strukturierung* im Rahmen der Finalisierungsphase erfolgt auf Grundlage der wesentlichen Eingangsgrößen der einzelnen Tätigkeiten: Die Definition des Zielmarktsegments erfolgt unmittelbar auf Grundlage der Strategieinformationen. Das Zielmarktsegment ist dann wiederum eine wesentliche Eingangsgröße für die weitergehende aktive Informationsakquisition (vergl. Schritte a bis e in *Abb. 6-3*, S. 158). Die Festlegung eines Produktvorschlags erfordert die Durchführung von Beurteilungs- und Bewertungsschritten (vergl. Schritt h in *Abb. 6-4*, S. 159) und somit eine festzulegende Bewertungssystematik (*Abb. 6-8*).

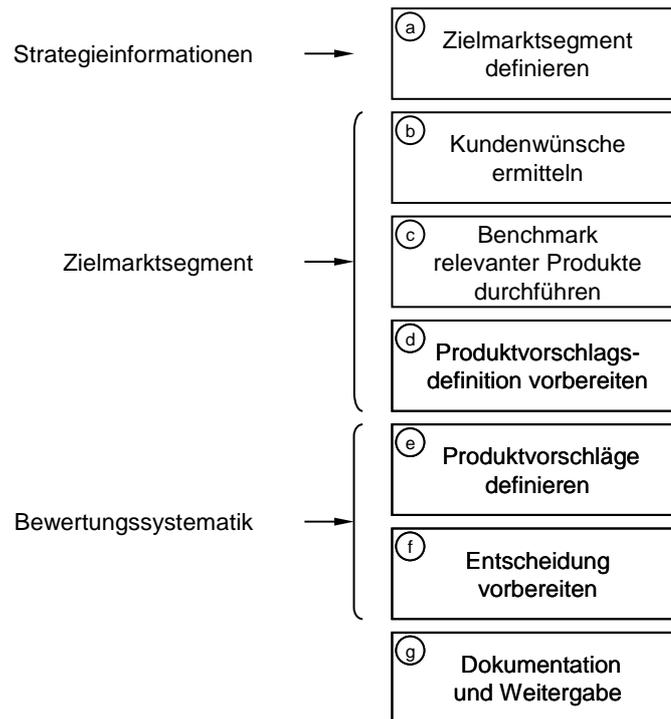


Abb. 6-8: Wesentliche Eingangsgrößen der Tätigkeiten

Diese Bewertungssystematik hängt ebenfalls unmittelbar von den unternehmens- und produktstrategischen Vorgaben ab: Diese Strategieinformationen beeinflussen, welche Eigenschaften grundsätzlich als Kriterien zur Anwendung kommen und wie bestimmte Ausprägungen dieser Eigenschaften im Fall einer konkreten Produktplanung zu bewerten sind. Es können in diesem Zusammenhang also projektunabhängige und projektspezifische Aspekte unterschieden werden, d. h. im Regelfall kann ein generischer Kriterienkatalog erstellt werden, der projektspezifisch anzupassen ist.

Auf Grundlage dieser Überlegungen kann die informationsflussorientierte Strukturierung des tätigkeitsorientierten Prozessmodells vorgenommen und die Finalisierungsphase somit abgeschlossen werden (Abb. 6-9).

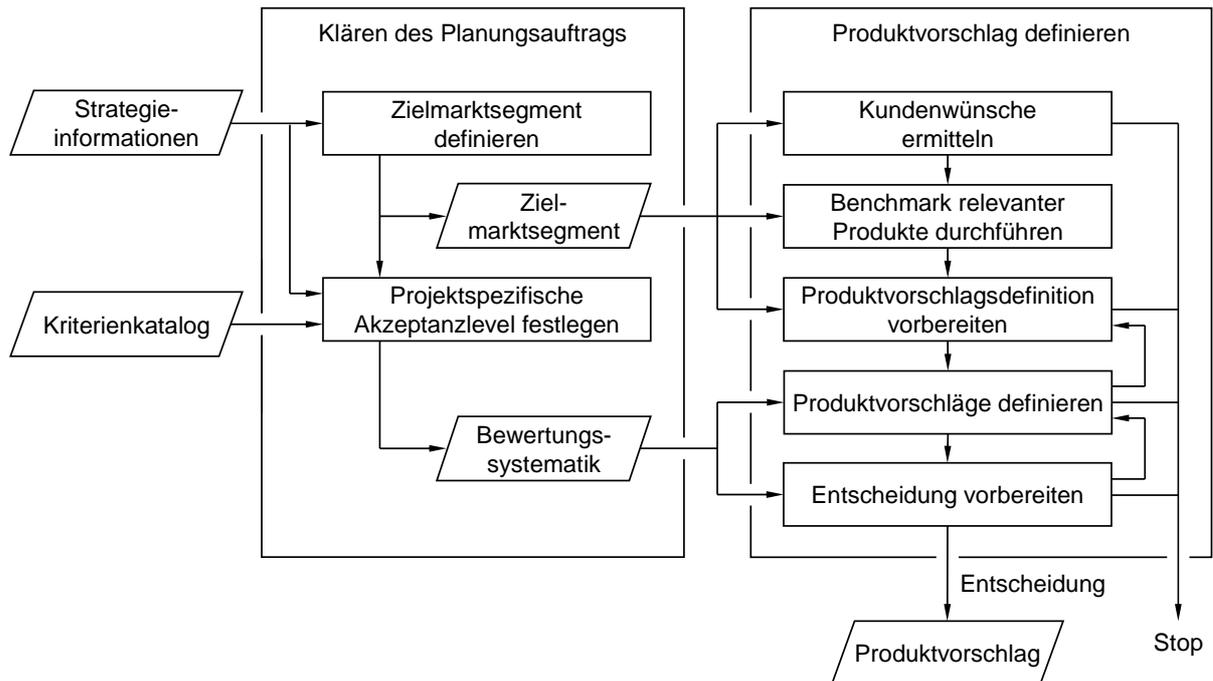


Abb. 6-9: Strukturierung der Produktplanung (modifiziert nach: Seidel, 2005, S. 56)

Aus Gründen der Nachhaltigkeit der Produktplanung in Bezug auf die Unternehmens- und Produktstrategien und der Objektivierung der Entscheidungsfindung ist es zweckmäßig, innerhalb einer Klärung des Planungsauftrags zum einen die initiale Zielvorgabe und zum anderen die projektspezifische Konkretisierung der Bewertungssystematik inhaltlich getrennt von der eigentlichen Ideenfindung bzgl. neuer Produktvorschläge vorzunehmen.

6.1.3 Operative Anwendung

Eine Anwendung der vorgeschlagenen Produktplanungsmethode erfolgte unter den Rahmenbedingungen der Automobilzulieferindustrie (Seidel, 2005, S. 109 ff.). Die Fahrzeugindustrie kann generell als Innovationstreiber angesehen werden. Fahrzeugtechnische Entwicklungen beinhalten komplexe, interdisziplinäre Fragestellungen, in die die Zulieferindustrie aktiv eingebunden ist. Aufgrund der zunehmenden technologischen Ähnlichkeit der Produkte gewinnen die miteinander vernetzten Kosten- und Markenimageaspekte zunehmend an Bedeutung. Von entsprechender Bedeutung ist daher die Definition und Einhaltung unternehmens- und produktstrategischer Vorgaben (Seidel, 2005, S. 130).

Gegenstand der Anwendung waren vor diesem Hintergrund mechatronische Fahrzeugkomponenten überschaubarer Komplexität. Das Planungsumfeld des Technologieführers war hierbei durch bestimmte Technologie- und Markttrends gekennzeichnet, die gemeinsam mit absehbaren Veränderungen gesetzlicher Vorgaben hohe Anforderungen an das zukünftige Produkt stellten. Vor diesem Hintergrund wurde ein Produktplanungsprojekt durchgeführt,

bei dem Zeitdauer und Personaleinsatz im Vergleich zu früheren Projekten deutlich gesenkt werden konnten (Seidel, 2005, S. 109 f.; Weigt & Seidel, 2005, S. 26 f.) (Abb. 6-10).

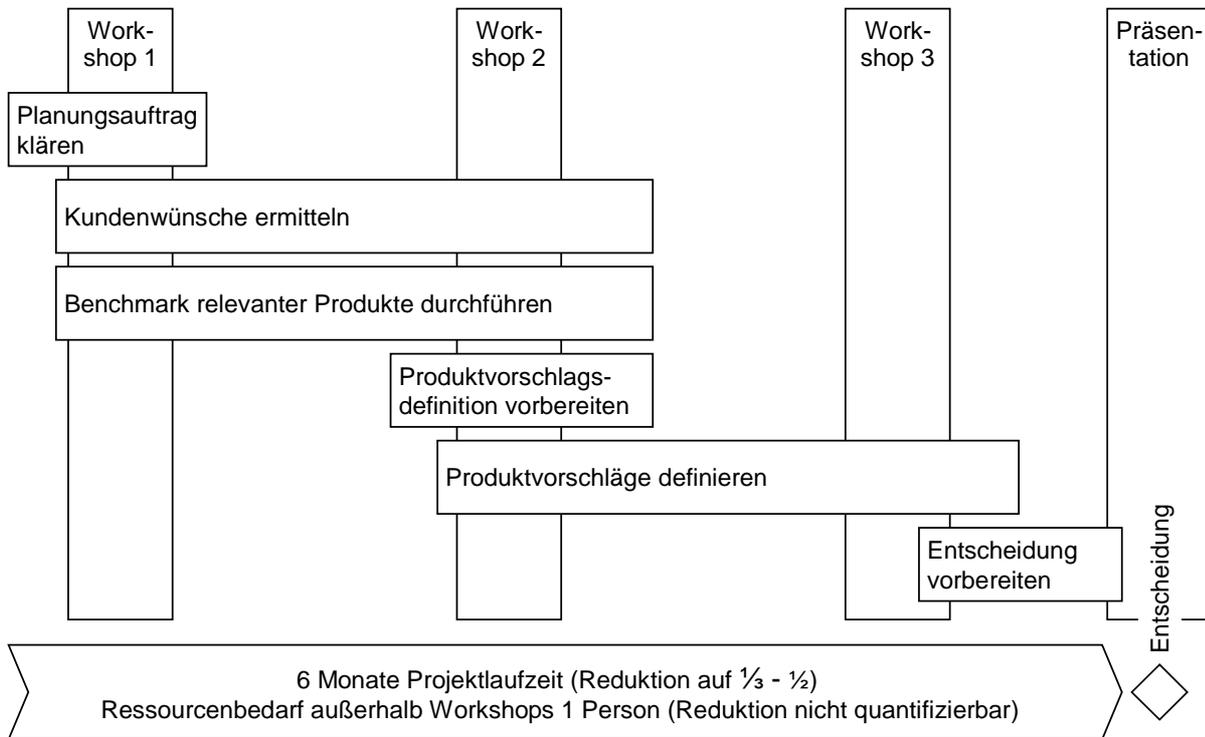


Abb. 6-10: Anwendung in der Automobilzulieferindustrie (modifiziert nach: Seidel, 2005, S. 109; Weigt & Seidel, 2005, S. 27)

Hierbei konnten die Transparenz des Produktplanungsprozesses insgesamt und insbesondere auch des Entscheidungsprozesses im konkreten Projekt und somit auch die Akzeptanz des Ergebnisses sichergestellt werden (Seidel, 2005, S. 125).

6.2 Funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten

6.2.1 Ausgangssituation

Im Zug der Weiterentwicklung technischer Produkte erfolgt zunehmend ein Übergang von mechanischen Lösungsprinzipien zu elektronischen in Kombination mit Software. In der Automatisierungstechnik¹⁰ beispielsweise konnte eine Regelung früher mechanisch über einen

¹⁰ Die im Folgenden beschriebene Anwendung des meta-methodischen Rahmenwerks beruht auf Ergebnissen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts „Funktionale Eigenschaftsbeschreibung im Anlagenbau“, welches in Kooperation mit Siemens Automation and Drives durchgeführt wurde. Darstellungen des Anwendungsfalls finden sich auch in (Weigt, 2005a, 2006a; Weigt u. a., 2006).

Fliehkraftregler realisiert werden; heute kommen für dieselbe Aufgabe intelligente Sensoren und Aktoren als prozessnahe Elemente zum Einsatz. Diese werden wiederum z. B. mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) verbunden, auf der ein Regler als Softwarebaustein abläuft. Wesentliche Potenziale zur Steigerung der Effizienz von Entwicklungsprozessen moderner technischer Produkte bietet die Wiederverwendung solcher Softwarebausteine, wodurch zugleich der technologische Reifegrad und damit die Qualität dieser Komponenten gesteigert werden. Die Grundlage hierfür ist eine Spezifikation der für die Wiederverwendung in Bezug auf eine gegebene technische Aufgabenstellung relevanten Merkmale dieser Komponenten und deren Ablage in einem strukturierten Lösungsspeicher in Form von Produktdaten (Abb. 6-11).

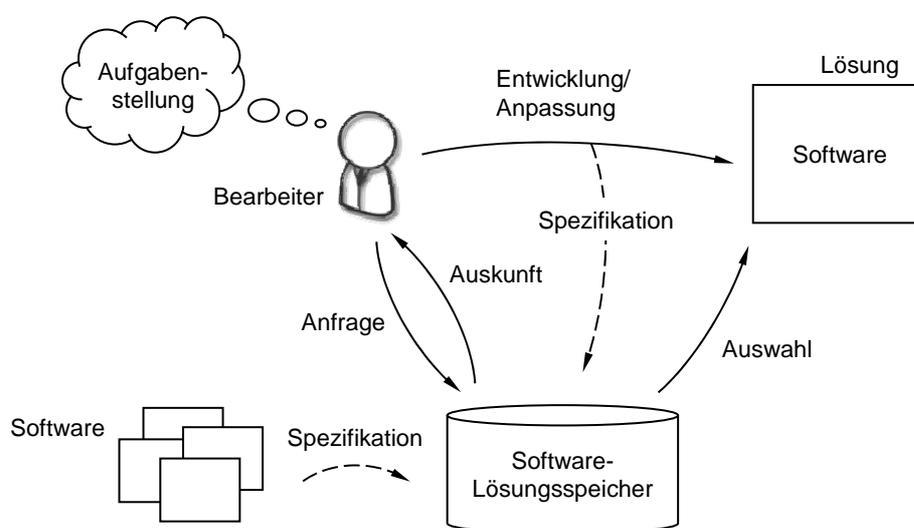
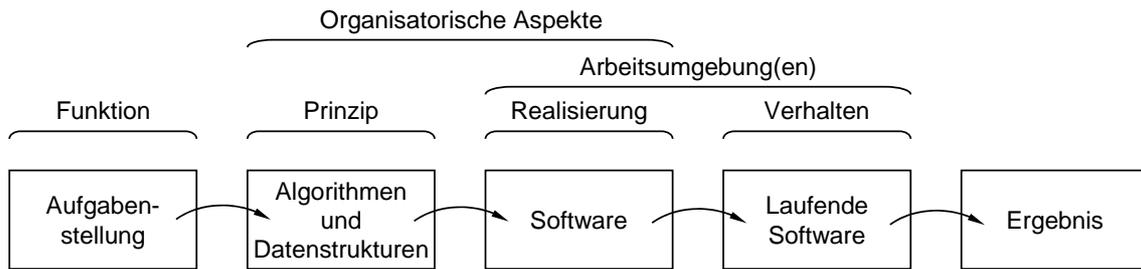


Abb. 6-11: Wiederverwendung von Softwarekomponenten

Für die Beschreibung mechanisch-konstruktiver Teile kann z. B. STEP/EXPRESS (ISO 10303-11) genutzt werden. Zur strukturierten Beschreibung elektrischer Größen und Geräteeigenschaften in der Automatisierungstechnik dient die Methode Electronic Device Description Language (EDDL) (IEC 61804-2), die zur Parametrierung von Automatisierungsgeräten genutzt wird. Eine Beschreibung von Softwareprodukten erfolgt bislang meist in Form von unstrukturiertem Fließtext. Die Bedingungen, unter welchen eine Software abläuft bzw. eine gegebene Aufgabe erfüllen kann, können aus einer solchen Beschreibung nicht ohne weiteres entnommen werden, so dass die Möglichkeiten zur Wiederverwendung, zur gezielten Anpassung oder zum Vertrieb über elektronische Marktplätze eingeschränkt sind. Zur Verbesserung solcher Beschreibungen im Hinblick auf eine Wiederverwendung von Softwarekomponenten können für deren strukturierte Spezifikation in Frage kommende Eigenschaften und deren mögliche Ausprägungen auf Grundlage zum einen des Systemzusammenhangs und zum anderen der Systemlebensphasen der betreffenden Softwarekomponenten ermittelt werden (Abb. 6-12).

a) Systemzusammenhang



b) Systemlebensphasen

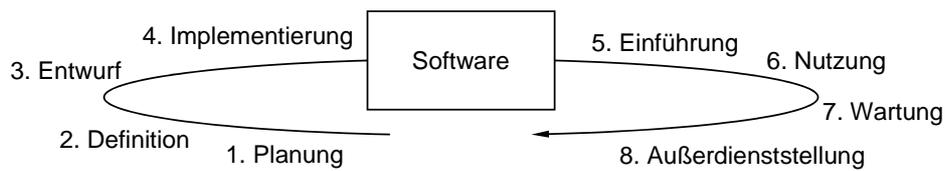


Abb. 6-12: Grundlagen eines Suchschemas für Softwareeigenschaften. a) Systemzusammenhang; b) Systemlebensphasen

Anhand des *Systemzusammenhangs* (Abb. 6-12a) können grundlegende Eigenschaften bzw. Eigenschaftskategorien von Softwareprodukten ermittelt werden, wobei gegenüber mechanischen maschinenbaulichen Systemen Besonderheiten bestehen: Software stellt eine programmtechnische Realisierung eines Algorithmus dar. Sie zeigt ein Verhalten und erzielt ein Ergebnis (d. h. erfüllt ihre Funktion) nur in Arbeitsumgebungen im Zusammenspiel mit Hardware und ggf. weiterer Software. Die prinzipiellen Lösungseigenschaften einer Software hängen von der Art der genutzten Algorithmen und den verarbeiteten Datenstrukturen ab. Darüber hinaus gibt es bestimmte organisatorische Aspekte, die aus der Herstellersicht bei der Entwicklung der Software beispielsweise im Hinblick auf Aufbau- und Ablauforganisation zu berücksichtigen sind (z. B. Verantwortlichkeiten und Statusinformationen). Werden diese unterschiedlichen Aspekte des Systemzusammenhangs ergänzend vor dem Hintergrund der unterschiedlichen *Systemlebensphasen* (Abb. 6-12b) betrachtet, so entsteht eine zweidimensionale Struktur für ein Suchschema für Softwareprodukteigenschaften und zugehörigen Ausprägungen, die zur Integration von Softwarekomponenten in produktdatengetriebene Entwicklungsprozesse verwendet werden können.

Der Beschreibung der Funktion der Softwarekomponenten kommt dabei in Bezug auf eine Wiederverwendung besondere Bedeutung zu, da sie eine lösungsneutrale Abstraktion der Aufgabenstellung darstellt (vergl. 2.1 und Abb. 6-11, S. 167). Auch die anlagenbauspezifischen Produktdatenmodelle der Normen DIN EN 61131-3 und IEC-PAS 61499-1, die Softwarekomponenten explizit berücksichtigen, bieten in diesem Zusammenhang keine hinreichende Unterstützung:

Ziel der Normenreihe DIN EN 61131 ist die vereinheitlichte Strukturierung von Programmen und die Definition normierter Programmiersprachen mit festgelegten Datentypen. Sie stellt ein Variablenkonzept mit Datenkapselung und standardisierte Funktionsbibliotheken bereit. Hierzu werden Programme, Funktionsblöcke und Funktionen als sog. Program Organisation Units definiert. Der Schwerpunkt der Norm liegt auf der Programmierung, nicht auf der Beschreibung einer programmtechnischen Realisierung mittels Produktdaten. Eine Verknüpfung zu Eigenschaften der Hardware ist nicht vorgesehen, die Norm geht explizit von Ressourcen maximaler Leistungsfähigkeit aus (Mehrprozessorsystem mit beliebig viel Speicherplatz, beliebig vielen Ein- und Ausgangskanälen, beliebigen Kommunikationsschnittstellen, multitaskingfähiges Laufzeitsystem). Das Ablaufverhalten wird nur bezüglich der Ausführungssteuerung berücksichtigt, es werden zyklische, zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Tasks als Konfigurationselemente bereitgestellt. Die in der Norm definierten Standardfunktionen und Standardfunktionsbausteine sind von grundlegender Art, wie z. B. Arithmetik, Vergleiche und Zähler. Sie dienen der Erleichterung der Programmierung und stellen keine wieder verwendbaren automatisierungstechnischen Lösungen im eigentlichen Sinne dar.

Der Schwerpunkt der IEC-PAS 61499 liegt auf der verteilten Programmierung durch Konfiguration. Die Norm sieht eine grafische Darstellung der Verteilung von Programmen, ihrer übergreifenden Konfiguration und Vernetzung mit anderen Teilen eines verteilten Automatisierungsprojekts vor. Auf einer höheren, abstrakteren Ebene werden Programmteile wie Funktionsbausteine verschaltet. Das Ablaufverhalten wird mittels Mechanismen zur Synchronisierung berücksichtigt; es wird die Datenkonsistenz zwischen den Knoten des verteilten Systems sichergestellt, indem die Zeitpunkte des gegenseitigen Datenaustauschs eindeutig definiert werden. Hierzu wird ein sog. Kontrollfluss definiert, der die Gültigkeit der Anwenderdaten als Ereignisinformationen steuert. Die Norm sieht weiterhin die Verschaltung von Basisfunktionsbausteinen zu Composite Function Blocks (CFB) vor. Die Darstellung von CFB beinhaltet die Systemstruktur, jedoch keine Beschreibung der sich durch die Zusammensetzung ergebenden Funktion.

6.2.2 Methodenentwicklung

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Ausgangssituation (siehe 6.2.1) wurde das meta-methodische Rahmenwerk genutzt, um das systemtechnische bzw. konstruktionsmethodische Funktionskonzept zur Spezifikation von Softwarekomponenten im Hinblick auf deren Wiederverwendung anzupassen. Im gegebenen Anwendungsfall lagen keine existierenden Abläufe für die funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten vor, so dass das Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down angewendet werden konnte.

Im vorliegenden Fall bezieht sich die funktionale Spezifikation auf bestimmte existierende Softwarekomponenten, die als passiv akquirierte Eingangsinformationen den Anstoß des

Spezifikationsprozesses bilden. Ein Bezug zu existierenden Prozessen besteht dahingehend, dass als operative Vorgängerprozesse Softwareentwicklungsprozesse im Allgemeinen betrachtet werden und als operative Folgeprozesse grundsätzlich alle Prozesse des Anlagenengineering in Frage kommen, in denen die betreffenden Softwarekomponenten als Lösung oder als Referenz für Neuentwicklungen oder Anpassungen genutzt werden. Die Analyse der Prozessnahtstellen und damit zusammenhängender *Komplexitätsursachen* kann vor diesem Hintergrund im Wesentlichen auf Aspekte von Form und Inhalt der Eingangs- und Ausgangsgrößen beschränkt werden:

Die Eingangsgrößen des Spezifikationsprozesses, d. h. die Softwarekomponenten, liegen als in Anweisungsliste (AWL) (DIN EN 61131-3) programmierter Quellcode vor, einer maschinennahen Programmiersprache. Die Lesbarkeit des Quellcodes für einen menschlichen Bearbeiter ist hierdurch grundsätzlich eingeschränkt (formbezogene Komplexitätsursache) und sie wird dadurch weiter vermindert, dass die Softwarekomponenten für zeitkritische Anwendungen optimiert sind (inhaltsbezogene Komplexitätsursache). Vom Vorliegen einer begleitenden Dokumentation oder natürlichsprachlichen Kommentierung kann in der Regel nicht ausgegangen werden (Abb. 6-13).

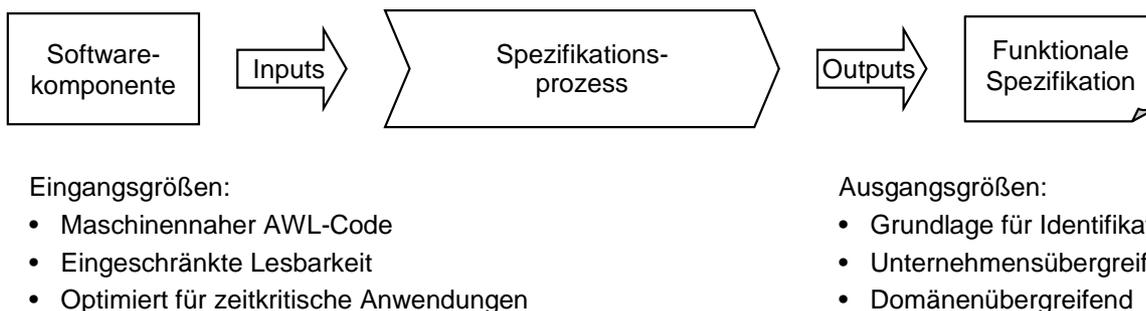


Abb. 6-13: Ein- und Ausgangsgrößen zur funktionalen Spezifikation

Als Ausgangsgrößen sind durch den zukünftigen Prozess funktionale Spezifikationen der Funktionen dieser Softwarekomponenten zu erzeugen. Vor dem Hintergrund der Wiederverwendung sollen diese Spezifikationen genutzt werden können, um Softwarekomponenten zu identifizieren, die in Bezug auf eine gegebene technische Aufgabenstellung als Lösung (unmittelbare Wiederverwendung) oder als Grundlage für eine Anpassung (mittelbare Wiederverwendung) in Frage kommen. Da diese technischen Aufgabenstellungen aus den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen stammen können, ist eine unternehmens- und domänenübergreifende Spezifikation anzustreben (fluss- und formbezogene Komplexitätsursache) (Abb. 6-13).

Die *operative Gesamtaufgabenstellung* des zukünftigen Prozesses kann hiervon ausgehend wie folgt formuliert werden: Spezifikation der Funktionen von in Quellcode eingeschränkter Lesbarkeit vorliegenden Softwarekomponenten, so dass in Bezug auf technische Aufgaben-

stellungen unterschiedlicher Domänen deren Wiederverwendung und Anpassung innerhalb von Prozessen des Anlagenengineerings unterstützt werden.

Ausgehend von dieser operativen Gesamtaufgabenstellung kann ein initiales Prozessmodell entworfen werden. Da mit dem Quellcode der jeweiligen Softwarekomponenten alle verfügbaren Eingangsinformationen vorliegen, können hierbei im Vergleich zu einem generischen Problembearbeitungsprozess (vergl. *Abb. 5-27*, S. 133) die Arbeitsschritte der aktiven Informationsakquisition und der diese vorbereitenden Aufbereitung von Eingangsinformationen entfallen (*Abb. 6-14a*).

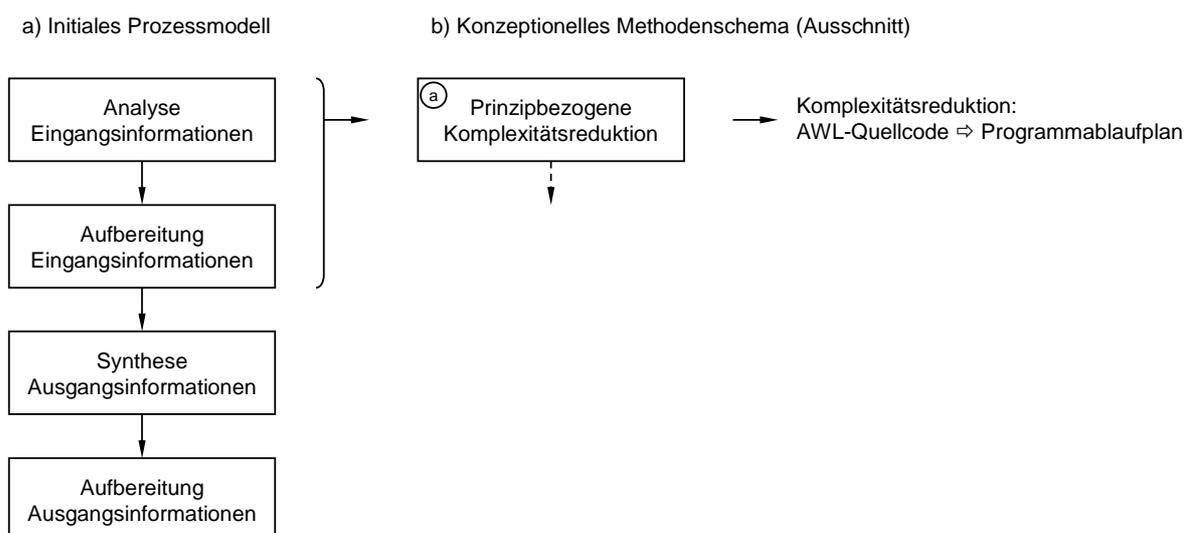


Abb. 6-14: Methodenentwicklung. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema (Ausschnitt)

Mit dieser Festlegung des initialen Prozessmodells ist in diesem Fall der Abschnitt der Entwurfsphase mit dem Schwerpunkt Akquisitionsschritte abgeschlossen und es kann zum Abschnitt der Entwurfsphase mit dem Schwerpunkt Syntheseschritte übergegangen werden, die mit der Festlegung von *syntheseorientierten Aufbereitungsschritten* (Schritt 3a in *Abb. 5-31*, S. 140) beginnt.

Eine wesentliche, formbezogene Komplexitätsursache innerhalb der operativen Gesamtaufgabenstellung ist die eingeschränkte Verständlichkeit des maschinennahen AWL-Quellcodes für den menschlichen Bearbeiter, der die funktionale Spezifikation vornehmen soll, d. h. die Intransparenz der prinzipiellen Lösungseigenschaften der zu spezifizierenden Softwarekomponente. Dies betrifft die Frage der Repräsentation der Eingangsgrößen. Daher wird zur formbezogenen Aufbereitung (vergl. 5.4) der Eingangsgrößen als erster Arbeitsschritt eines konzeptionellen Methodenschemas eine „prinzipbezogene Komplexitätsreduktion“ (Schritt a in *Abb. 6-14b*) festgelegt. Dies kann durch eine Überführung des AWL-Quellcodes in die

dem Bearbeiter leichter zugängliche, grafisch strukturierte Repräsentation eines Programmablaufplans erreicht werden (Abb. 6-15).

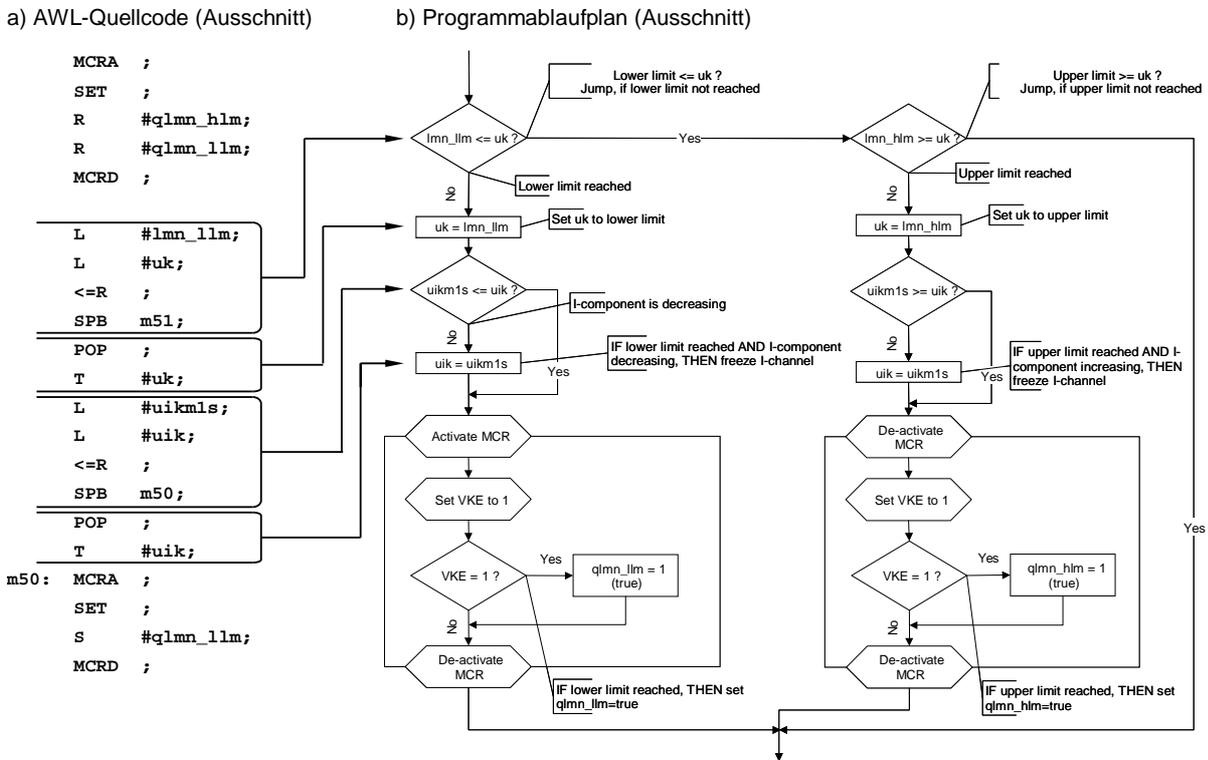


Abb. 6-15: Aufbereitung der Eingangsgrößen zur funktionalen Spezifikation. a) AWL-Quellcode (Ausschnitt); b) Programmablaufplan (Ausschnitt)

Mit diesem Arbeitsschritt werden dem Bearbeiter wirkprinzipielle Lösungseigenschaften der jeweiligen Softwarekomponente (d. h. deren Algorithmen und Datenstrukturen) transparent gemacht. Insbesondere wird auch das Verständnis für im Laufe der Entwicklung getroffene Maßnahmen zur Optimierung des Laufzeitverhaltens erhöht, die sich unmittelbar in diesen Algorithmen und Datenstrukturen widerspiegeln. Diese Maßnahme der formbezogenen Aufbereitung unterstützt insofern Rückschlüsse auf die Funktion der jeweiligen Komponente und trägt daher zur Komplexitätsreduktion vor dem Hintergrund der funktionalen Spezifikation bei (vergl. Abb. 6-12a, S. 168).

Zur folgenden Festlegung von Syntheseschritten (Schritt 3b in Abb. 5-31, S. 140) ist zu berücksichtigen, dass Software gegenüber mechanischen und elektrischen Teilen und Geräten bestimmte Besonderheiten aufweist. Software ist ein logisches System, d. h. durch Software werden logische Aussagen der Form {P}S{Q} implementiert: Ist eine Vorbedingung P wahr, so wird nach der Ausführung des Programms S die Nachbedingung Q wahr. Physikalische Effekte spielen für Software nur im Zusammenhang mit Umgebungsbedingungen eine Rolle. Daher ist nicht die Analysis die mathematische Grundlage für die Softwareentwicklung, sondern diese bilden stattdessen Kombinatorik, mathematische Logik und Algebra (Goos &

Aßmann, 1998, S. 93). Von Software werden Daten algorithmisch verarbeitet (wirkprinzipielle Sicht). Eine funktionale Sicht auf ein technisches System zielt jedoch auf die Erfüllung einer technischen Aufgabenstellung ab. Diese Aufgabenstellung stellt den Kontext dar, in dem die zu verarbeitenden Daten zu interpretieren sind. Softwarekomponenten sind in Bezug auf die funktionale Spezifikation daher als informationsumsetzende Systeme anzusehen. Einem Informationsumsatz sind grundsätzlich quantitative Grenzen gesetzt (bei Softwarekomponenten entsprechend der Verfügbarkeit von Rechenzeit und Speicher), nicht aber qualitative. Damit hängt zusammen, dass die Funktion bzw. das Verhalten von Softwarekomponenten oft in hohem Maße konfigurierbar ist.

Dementsprechend sind die wesentlichen *inhaltsbezogenen Komplexitätsursachen* in Bezug auf die funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten die folgenden: Software ist kein durch physikalische Gegebenheiten festgelegtes System, dem Informationsumsatz sind keine qualitativen Grenzen gesetzt und die Softwarefunktion bzw. das Softwareverhalten sind in hohem Maße konfigurierbar. Diesen Komplexitätsursachen entsprechend sind geeignete Strategien zur Komplexitätsreduktion bzw. Komplexitätsbewältigung festzulegen. Dies beinhaltet im vorliegenden Fall eine *Prüfung existierender Funktionskonzepte* auf ihre Eignung bzw. die Möglichkeit ihrer Anpassung zur Spezifikation von Softwarekomponenten unter den gegebenen Rahmenbedingungen:

Das Funktionskonzept der Konstruktionsmethodik wird grundsätzlich daraus abgeleitet, dass für eine gegebene technische Aufgabenstellung mit Stoff-, Energie- und Signalumsatz eine Lösung gesucht wird, d. h. dass in einem System ein eindeutiger, reproduzierbarer Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang bestehen soll (Pahl u. a., 2005, S. 42; vergl. 2.1) (*Abb. 6-16*).



Abb. 6-16: Konstruktionsmethodisches Funktionskonzept (nach: Pahl u. a., 2005, S. 41)

Als Bestandteil des konstruktionsmethodischen Funktionskonzepts wird als Mittel zur Komplexitätsbewältigung eine hierarchische Strukturierung vorgeschlagen, d. h. die Aufgliederung einer Gesamtfunktion (GF) in Teilfunktionen (TF) und deren sinnvolle und verträgliche Verknüpfung zu einer Funktionsstruktur (Pahl u. a., 2005, S. 42 f.).

Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Möglichkeiten zur Beschreibung von Funktionen. Eine dieser Möglichkeiten ist die Beschreibung durch Angabe von Haupt- und Zeitwörtern, die direkt aus der vorliegenden technischen Aufgabenstellung abgeleitet werden, d. h. eine Be-

schreibung in Form von sog. *aufgabenspezifischen Funktionen* (Pahl u. a., 2005, S. 44) (Abb. 6-17 und Abb. 6-18).

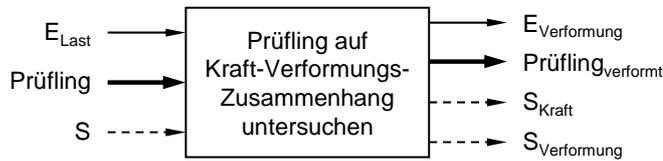


Abb. 6-17: *Aufgabenspezifische Funktion* (nach Pahl u. a., 2005, S. 221)

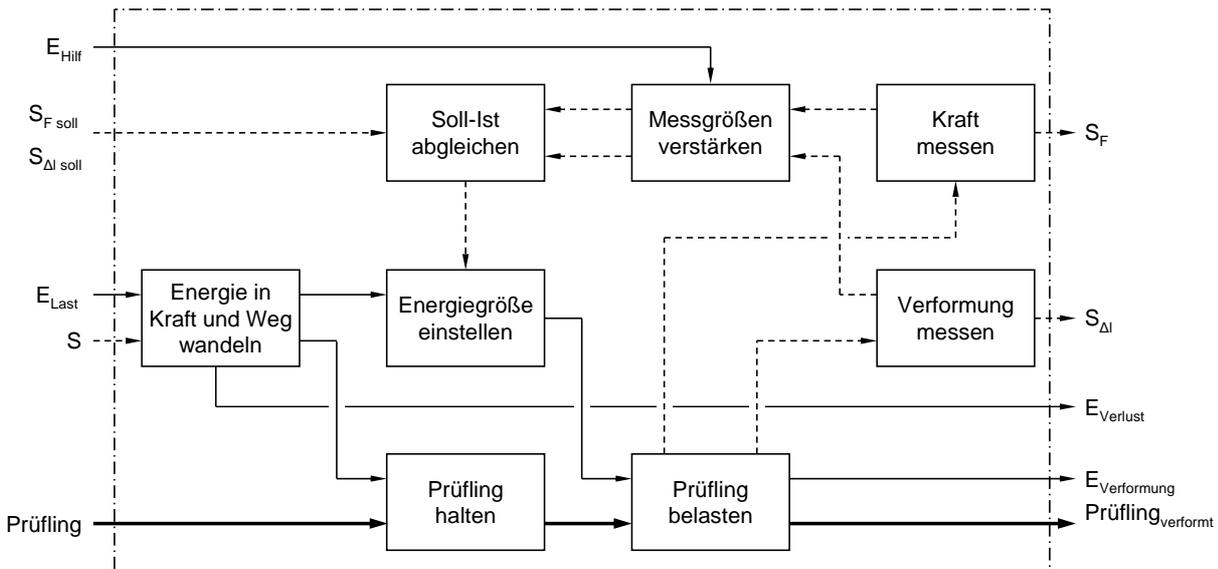


Abb. 6-18: *Funktionsstruktur für Gesamtfunktion* nach Abb. 6-17 (nach: Pahl u. a., 2005, S. 221)

Eine abstraktere Beschreibung als die der aufgabenspezifischen Funktionen stellt die Beschreibung mittels sog. *allgemein anwendbarer Funktionen* dar. Krumhauer (1974) beispielsweise schlägt eine Systematisierung entsprechend den durch die Funktion beeinflussten Eigenschaften vor (Abb. 6-19).

| Eigenschaft Eingang E / Ausgang A | Allgemein anwendbare Funktionen | Symbole | Erläuterungen |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---|
| Art | Wandeln | | Art und Erscheinungsform von E und A unterschiedlich |
| Anzahl | Verknüpfen | | Anzahl von E > A Anzahl von E < A |
| Zeit | Speichern | | Zeitpunkt von E ≠ A |
| Größe | Ändern | | E < A E > A |
| Ort | Leiten | | Ort von E ≠ A Ort von E = A |

Abb. 6-19: Allgemein anwendbare Funktionen (nach: Krumhauer, 1974, S. 50 ff.; Symbolik nach: Pahl u. a., 2005, S. 46)

Vergleicht man aufgabenspezifische und allgemein anwendbare Funktionen, so liegen die Vorteile der aufgabenspezifischen Funktionen darin, dass sie direkt aus der technischen Aufgabenstellung abgeleitet und unmittelbar in technischer Umgangssprache problemnah formuliert werden können. Sie sind dementsprechend dem Entwickler direkt zugänglich und können ihn effektiv bei der Lösungssuche stimulieren und leiten. Die Vorteile der allgemein anwendbaren Funktionen hingegen liegen darin, dass durch das hohe Abstraktionsniveau der Beschreibung alle Lösungsmöglichkeiten im Entwicklungsprozess offen gelassen werden und sie einer Systematisierung gut zugänglich sind. Andererseits sind allgemein anwendbare Funktionen wenig anschaulich und regen nicht unmittelbar die Lösungssuche an (Pahl u. a., 2005, S. 46).

Eine *spezielle Funktion* „ist eine mathematisch beschreibbare kausale Beziehung zwischen unabhängigen und abhängigen Funktionsgrößen, die über Konstruktionsgrößen erfolgt“ (Simonek, 1974, S. 13). Die kausale Beziehung besteht infolge von Gesetzen der klassischen Physik, die als Funktionsgleichungen die Funktionsgrößen miteinander verknüpfen (Simonek, 1974, S. 9 ff.). Im methodischen Konstruktionsprozess sind die speziellen Funktionen

insofern an der Nahtstelle zwischen funktionaler und wirkprinzipieller Modellbildung bei der Auswahl physikalischer Effekte angesiedelt (Abb. 6-20).

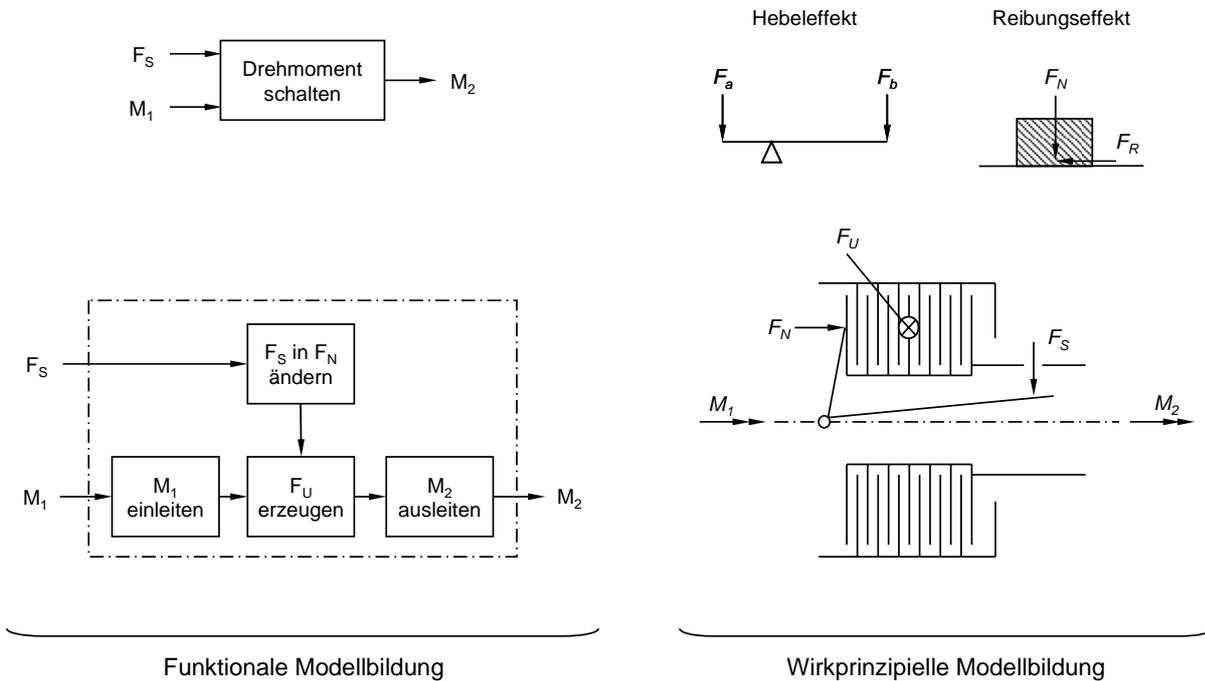


Abb. 6-20: Übergang von Funktion zu Wirkprinzip (modifiziert nach: Pahl u. a., 2005, S. 54)

Ein Vergleich der beschriebenen Funktionskonzepte mit den Komplexitätsursachen in Bezug auf die funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten zeigt, dass das Konzept der *aufgabenspezifischen Funktionen* grundsätzlich geeignet ist, um den Informationsumsatz in Softwarekomponenten funktional zu beschreiben. Eine vom Kontext der Aufgabe unabhängige Beschreibung auf Grundlage physikalischer Effekte (vergleichbar den speziellen Funktionen) oder generischer, durch die Funktion beeinflusster Eigenschaften von Ein- und Ausgangsgrößen (vergleichbar den allgemein anwendbaren Funktionen) ist hingegen nicht zweckmäßig. Dies gilt auch für eine Nutzung des noch abstrakteren logischen Funktionskonzepts (vergl. Pahl u. a., 2005, S. 46 ff.). Aufgabenspezifische Funktionen werden direkt aus der technischen Aufgabenstellung abgeleitet. Ihre problemorientierte Formulierung nutzt *technische Umgangssprache*. Da diese keine Beschränkung auf einen bestimmten Satz technischer Verben oder physikalischer Größen mit sich bringt, ist sie zur Spezifikation des qualitativ nicht beschränkten Informationsumsatzes in Software geeignet. Eine solche aufgabenspezifische Funktionsbeschreibung unter Nutzung der natürlichen Sprache kann sich grundsätzlich an dem mit dem Einsatz der Softwarekomponente verfolgten Zweck (z. B. „Prozess stabilisieren“) oder an ihren Funktionsgrößen (z. B. „Regelabweichung ermitteln“) orientieren. Eine Spezifikation anhand des Zwecks sollte dann erfolgen, wenn ein hinreichend konkreter Bezug zu einer spezifischen technischen Aufgabenstellung besteht; ist die Funktion

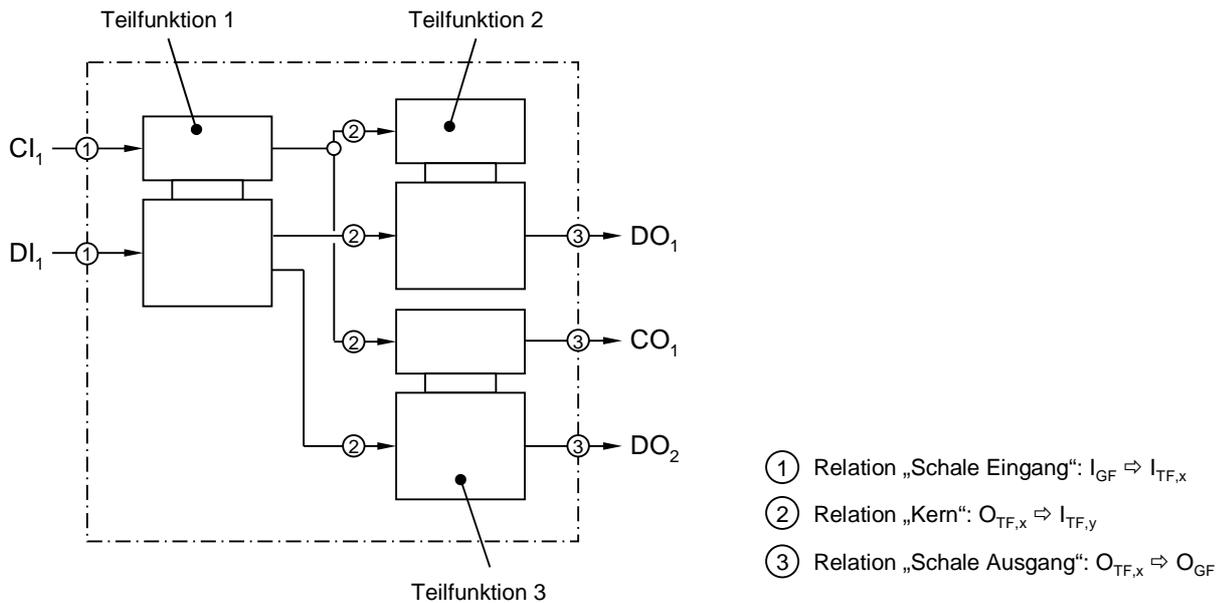


Abb. 6-22: Elemente und Relationen einer Software-Funktionsstruktur (nach: Weigt u. a., 2006, S. 51)

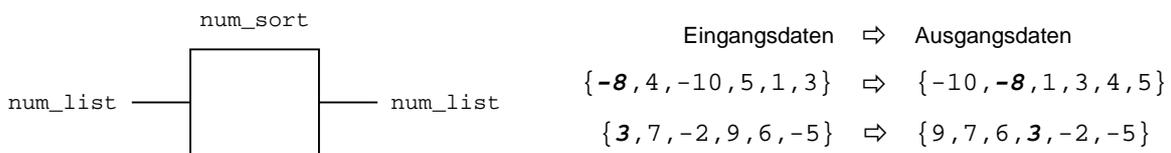
Diese Relationen der Funktionsstruktur verknüpfen die Ein- und Ausgänge von Gesamtfunktion und Teilfunktionen bzw. von Teilfunktionen untereinander. Daten- und Steuerfluss werden hierbei jeweils voneinander getrennt betrachtet. Es werden innerhalb der Funktionsstruktur Relationen der Schale und des Kerns unterschieden: Die Relationen der Schale stellen eine Verknüpfung der Funktionsstruktur mit der in dieser nur noch mittelbar enthaltenen Gesamtfunktion her, die Relationen des Kerns verknüpfen Ausgänge und Eingänge von verschiedenen Teilfunktionen miteinander. Relationen, die einen Ausgang einer Teilfunktion direkt mit einem Eingang derselben Teilfunktion ($O_{TF,x} \Rightarrow I_{TF,x}$) verknüpfen, werden bei der Erstellung der Funktionsstruktur nicht betrachtet, sondern als innerhalb der Systemgrenze der jeweiligen Teilfunktion stattfindend angesehen (siehe Abb. 6-22).

Bezüglich des zweckmäßigen Auflösungsgrads einer solchen Funktionsstruktur sind die folgenden Fälle zu unterscheiden (vergl. Pahl u. a., 2005, S. 224): Erfolgt die funktionale Spezifikation im Zuge der Entwicklung einer neuen Softwarekomponente, so hängt der zweckmäßige Auflösungsgrad vom Neuheitsgrad der Aufgabenstellung und dem Vorhandensein bestehender Lösungen ab, auf die zugegriffen werden kann. Sollen hingegen die funktionalen Eigenschaften einer bestehenden Softwarekomponente analysiert und beschrieben werden, so gibt der Grad der erfolgten Optimierung der Software Hinweise auf den zweckmäßigen Auflösungsgrad: Eine Optimierung zeitkritischer Anwendungen ist nicht durch die Aufgabenstellung an sich motiviert, sondern durch die Rahmenbedingungen ihrer Erfüllung. Daher entstehen bei einer Erhöhung des Auflösungsgrads zunehmend Abweichungen zwischen dem an den verfügbaren Ressourcen orientierten Quellcode und der an der technischen Aufgabenstellung orientierten Funktionsstruktur. Dementsprechend steigt der notwendige Anpassungs-

aufwand für eine Nutzung von Softwarekomponenten bei ähnlichen Aufgabenstellungen. Insofern setzt eine Codeoptimierung der Wiederverwendung von Software generell Grenzen, unabhängig von der verwendeten Beschreibungsmethodik.

In Bezug auf die Art der grafischen Darstellung ähnelt die vorgeschlagene Methode den existierenden Modellierungsmethoden aus DIN EN 61131 und IEC-PAS 61499. Inhaltlich unterscheiden diese sich jedoch deutlich: Die dort beschriebenen sog. Funktionsbausteine orientieren sich nicht an der zu erfüllenden technischen Aufgabenstellung, sondern am jeweiligen softwaretechnischen Wirkprinzip der Lösung (Abb. 6-23a).

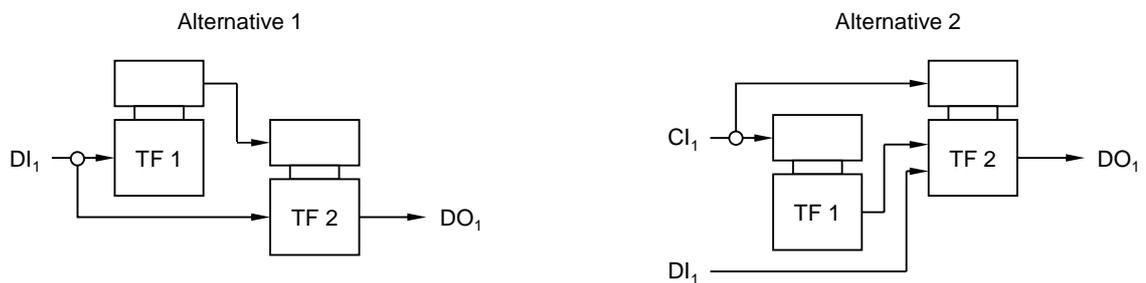
a) Funktionsbaustein



\Rightarrow Orientierung am Lösungsprinzip

(grafische Notation ähnlich DIN EN 61131)

b) Teilfunktionen



\Rightarrow Orientierung an Aufgabenstellung

(grafische Notation nach Abb. 6-22)

Abb. 6-23: Abgrenzung gegenüber Funktionsbausteinen. a) Funktionsbaustein; b) Teilfunktionen

Das Beispiel zeigt als Beispiel einen Funktionsbaustein, der eine Liste von Ganzzahlen in Abhängigkeit vom Vorzeichen des ersten Listenelements entweder aufsteigend oder absteigend sortiert (Abb. 6-23a). In funktionaler Sichtweise kann dies unterschiedlich modelliert werden, je nachdem, welche Bedeutung der unterschiedlichen Sortierrichtung im Kontext der Aufgabenstellung beigemessen wird. Eine Möglichkeit ist die Modellierung eines entsprechenden Steuerflusses als Relation des Kerns, die nur bei einer expliziten Betrachtung der in Teilfunktionen aufgelösten Gesamtfunktion sichtbar würde (Alternative 1 in Abb. 6-23b). In diesem Fall extrahiert Teilfunktion 1 (TF 1) aus dem Datenfluss den Steuerfluss zur Festlegung der Sortierrichtung innerhalb von Teilfunktion 2 (TF 2). Andererseits kann ein Steuerfluss zur Festlegung der Sortierrichtung auch als Relation der Schale modelliert werden, d. h. als eine Eingangsgröße der Gesamtfunktion, die auch bei einer reinen Black-Box-

Betrachtung der Softwarekomponente ein sichtbarer Teil der Spezifikation ist (Alternative 2 in *Abb. 6-23b*). TF 1 ist in diesem Fall dafür zuständig, den Steuerfluss in einen Datenfluss zu wandeln, so dass er in die eigentliche Sortierung in TF 2 einbezogen werden kann.

Ausgehend von der operativen Gesamtaufgabenstellung wird das konzeptionelle Methodenschema für den Spezifikationsprozess (vergl. *Abb. 6-14*, S. 171) durch einen Arbeitsschritt der „Synthese funktionsbezogenen Inhalts“ ergänzt. Innerhalb dieses Schritts kommen Strategien zur Komplexitätsreduktion bzw. Komplexitätsbewältigung zum Einsatz, die entsprechend der Analyse der Komplexitätsursachen im Zusammenhang mit der funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten aus der Anpassung des konstruktionsmethodischen Funktionskonzepts resultieren (Schritt b in *Abb. 6-24b*).

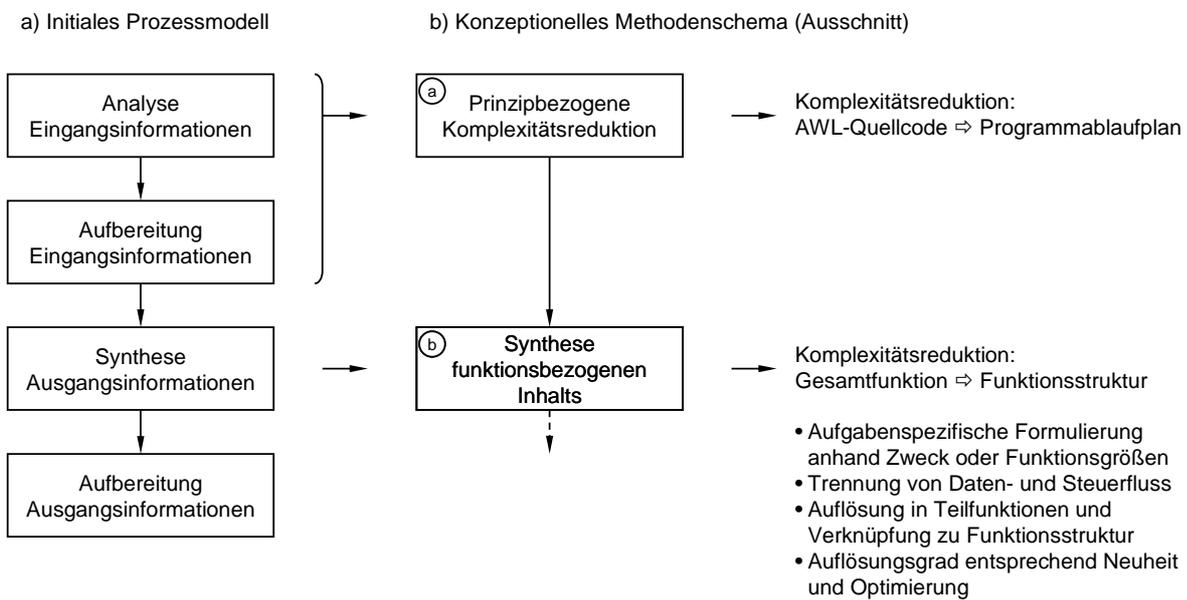


Abb. 6-24: Methodenentwicklung. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema (Ausschnitt)

Die Anwendung dieser Strategien in einem konkreten Beispielfall wird im Folgenden am Beispiel einer Softwarekomponente PID_EXT_1 gezeigt, die in AWL programmiert eine PID-Regelung (Proportional-Integral-Differential-Regelung) realisiert. PID-Regler funktionieren unter verschiedenen Betriebsbedingungen robust und können zudem unkompliziert verwendet werden. Daher werden sie häufig in Regelsystemen eingesetzt (Dorf & Bishop, 2006, S. 983) (*Abb. 6-25*).

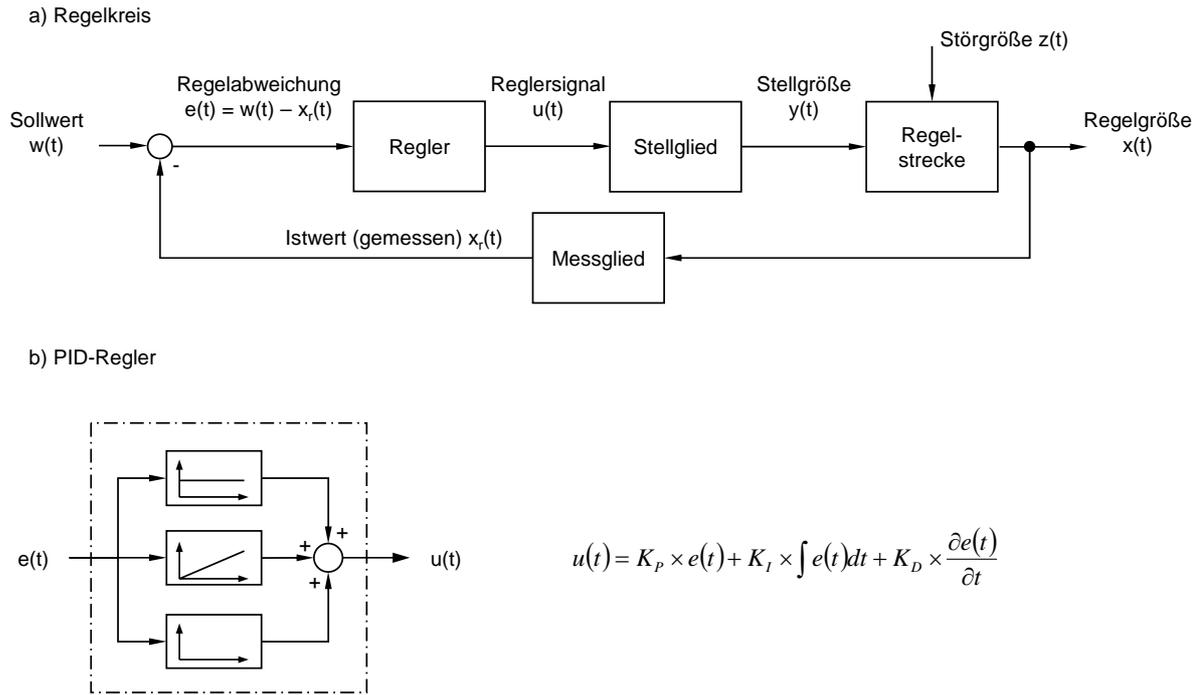


Abb. 6-25: *Regelsystem. a) Regelkreis; b) PID-Regler*

Die Softwarekomponente PID_EXT_1 weist eine große Anzahl von Ein- und Ausgangsgrößen auf. Diese können anhand eines erstellten Programmablaufplans dem Daten- bzw. Steuerfluss zugeordnet werden. Die Gesamtfunktion der Komponente wird anhand der Haupt-Ausgangsgröße zu „Stellwert ermitteln“ angegeben (Abb. 6-26).

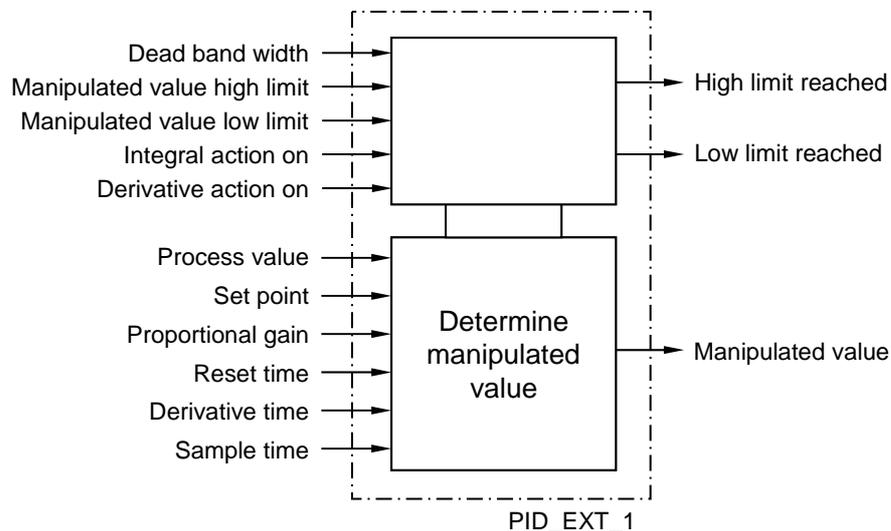


Abb. 6-26: *Gesamtfunktion einer PID-Regelungssoftware (nach: Weigt u. a., 2006, S. 52)*

Mit Unterstützung des erstellten Programmablaufplans wird die Gesamtfunktion in Teilfunktionen aufgegliedert. Diese werden mittels der jeweiligen Daten- und Steuerflüsse zu einer Funktionsstruktur verknüpft. Der Auflösungsgrad der Funktionsstruktur wird schrittweise so

weit erhöht, bis einerseits die für die funktionale Spezifikation relevanten Elemente und Relationen sichtbar werden, andererseits aber noch keine zu erheblichen Abweichungen zwischen Funktionsstruktur und Codestructur aufgrund von wirkprinzipiellen Optimierungen im Hinblick auf das Laufzeitverhalten der Softwarekomponente auftreten (Abb. 6-27 und Abb. 6-28).

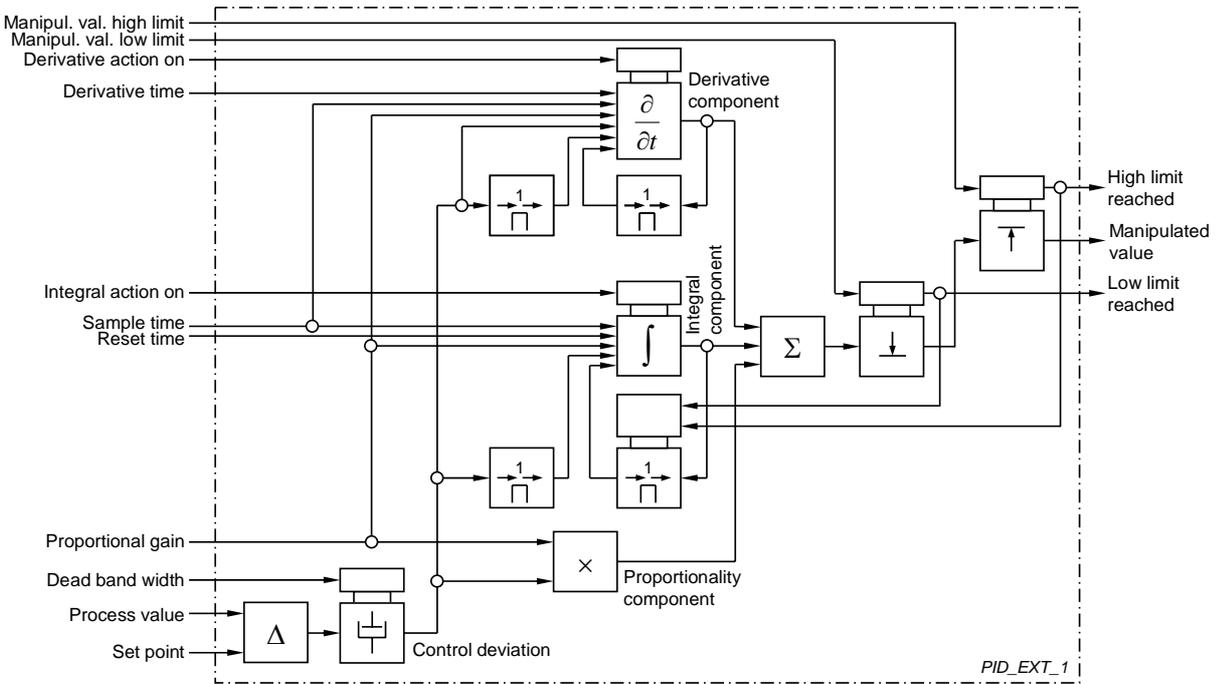


Abb. 6-27: Funktionsstruktur einer PID-Regelungssoftware (nach: Weigt u. a., 2006, S. 52)

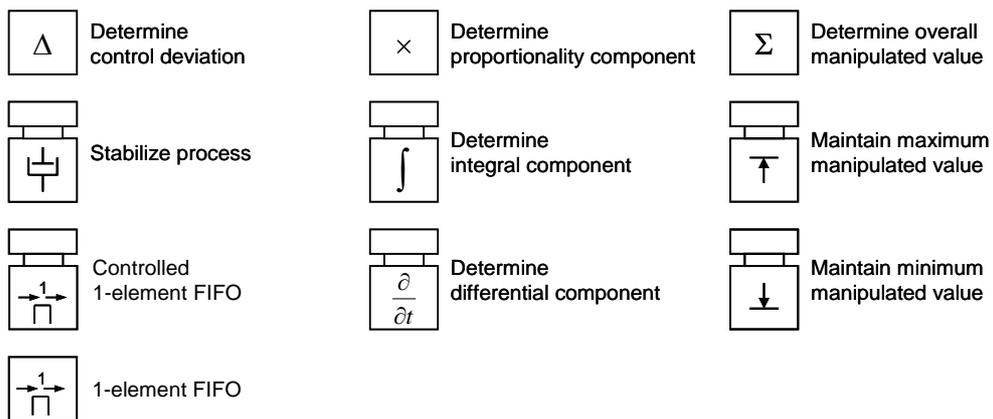


Abb. 6-28: Bedeutung der Funktionssymbole in Abb. 6-27 (nach: Weigt u. a., 2006, S. 53)

Dieses Beispiel macht die Vorteile der vorgeschlagenen Methode zur funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten deutlich:

Zum einen unterstützt eine solche Funktionsstruktur die strukturierte Beschreibung von Softwarekomponenten. Im Vergleich zu einer Beschreibung der Gesamtfunktion ist die Be-

schreibung der Teilfunktionen deutlich vereinfacht, zudem wird das Zusammenspiel der Teilfunktionen deutlich. Für einen Anwender, der die Eignung einer in dieser Weise beschriebenen Softwarekomponente beurteilen soll, wird durch die Funktionsstruktur also das Verständnis für deren Wirkungsweise deutlich erhöht. Beispielsweise wird durch die Funktionsstruktur ein Zusammenhang zwischen dem Erreichen der oberen und unteren Stellgrößenbegrenzung und dem Verhalten des integrierenden Teils der Komponente PID_EXT_1 erkennbar (siehe *Abb. 6-27*): Der integrierende Kanal wird richtungsabhängig „eingefroren“; dies und die konkreten Bedingungen hierfür gehen aus der Beschreibung der betroffenen Teilfunktionen hervor.

Zum anderen werden durch die Aufgliederung in Teilfunktionen und deren Verknüpfung zur Funktionsstruktur zusätzliche Elemente und Relationen für die funktionale Spezifikation nutzbar. Der in der Regelungstechnik zentrale Begriff „Regelabweichung“ (siehe *Abb. 6-25a*, S. 181) beispielsweise steht auf Basis einer Betrachtung der Gesamtfunktion und von deren Ein- und Ausgangsgrößen nicht für die Spezifikation der Komponente PID_EXT_1 zur Verfügung (siehe *Abb. 6-26*, S. 181). Die Eingangsgrößen der Softwarekomponente sind Istwert und Sollwert, die Regelabweichung wird aus diesen erst durch die Komponente ermittelt (siehe *Abb. 6-27*, S. 182). Innerhalb der Funktionsstruktur taucht der Begriff „Regelabweichung“ hingegen explizit sowohl bei der Beschreibung einer Teilfunktion wie auch als Teil des Datenflusses auf. Die Folge ist, dass in einer entsprechenden Datenbank vereinfacht auch anhand dieses Begriffs erfolgreich nach der Softwarekomponente PID_EXT_1 gesucht werden kann.

Mit den Hinweisen zur Anpassung des konstruktionsmethodischen Funktionskonzepts an die Rahmenbedingungen und Komplexitätsursachen der Spezifikation von Softwarekomponenten ist der Arbeitsschritt der „Synthese funktionsbezogenen Inhalts“ (Schritt b in *Abb. 6-24*, S. 180) hinreichend konkretisiert. Die Entwurfsphase (Schwerpunkt Syntheseschritte) ist mit diesen Hinweisen daher abgeschlossen und es kann zur Entwurfsphase (Schwerpunkt Aufbereitungsschritte) bzw. zur *Detailanalyse der Prozessnahtstellen der Folgeprozesse* sowie zur entsprechenden *Festlegung von Aufbereitungsschritten* (Schritte 4a und 4b in *Abb. 5-34*, S. 147) übergegangen werden.

Auf Basis der operativen Aufgabenstellung ist hierbei zu berücksichtigen, dass die zu erzeugende funktionale Spezifikation möglichst ohne Einschränkungen für technische Aufgabenstellungen unterschiedlicher Domänen, in unterschiedlichen Prozessen sowie vor dem Hintergrund elektronischer Marktplätze auch in unterschiedlichen Unternehmen nutzbar sein soll. Vor diesem Hintergrund resultiert eine wesentliche formbezogene Komplexitätsursache aus der bei der Methodenentwicklung gewählten Lösung selbst, da die aufgabenspezifische funktionale Spezifikation die Verwendung der natürlichen Sprache bzw. einer technischen Umgangssprache vorsieht. Da eine solche Spezifikation nicht eindeutig ist, wird im konzept-

tionellen Methodenschema ein Arbeitsschritt der „bedeutungsbezogenen Komplexitätsreduktion“ (Schritt c in *Abb. 6-29*) vorgesehen.

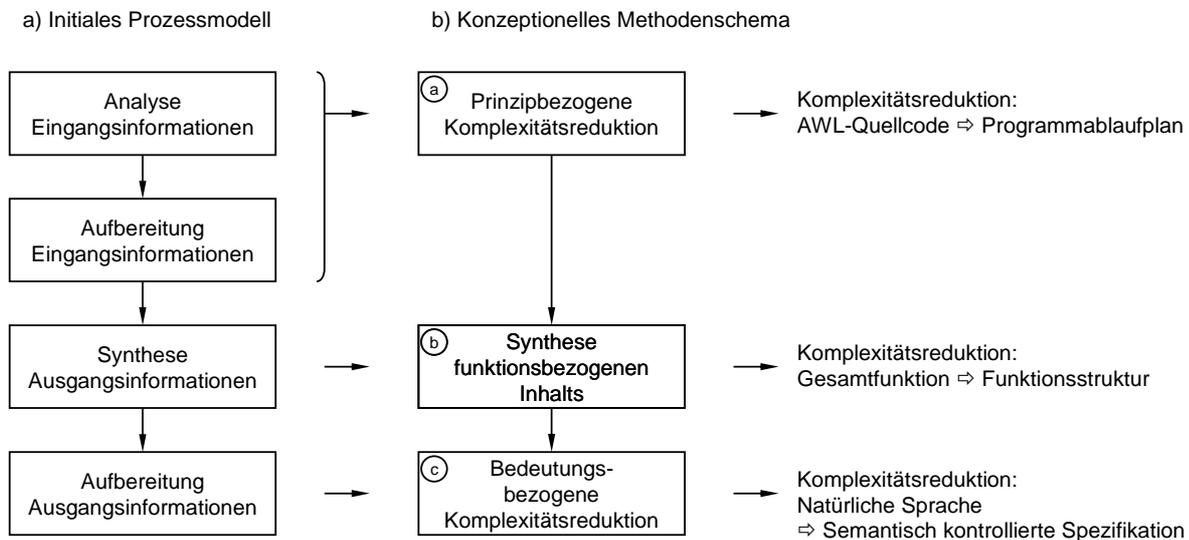


Abb. 6-29: Methodenentwicklung. a) Initiales Prozessmodell; b) Konzeptionelles Methodenschema

Das Ziel dieses Arbeitsschritts ist es, die Aussagekraft der Spezifikation zu erhöhen und die Suche nach existierenden Softwarekomponenten zu unterstützen. Aus Gründen des entstehenden Aufwands wurde von einer eindeutigen, formalen Beschreibung der funktionalen Eigenschaften beispielsweise mit einer kontrollierten Sprache wie Attempto Controlled English (ACE) (Schwitter, 1998) abgesehen. Eine weniger aufwändige Möglichkeit zur bedeutungsbezogenen Komplexitätsreduktion besteht darin, die bei der funktionalen Spezifikation genutzten Begriffe um Definitionen zu ergänzen, z. B. unter Nutzung der Begriffs- und Bedeutungsdatenbank nach (Fellbaum, 1998) (*Abb. 6-30*).

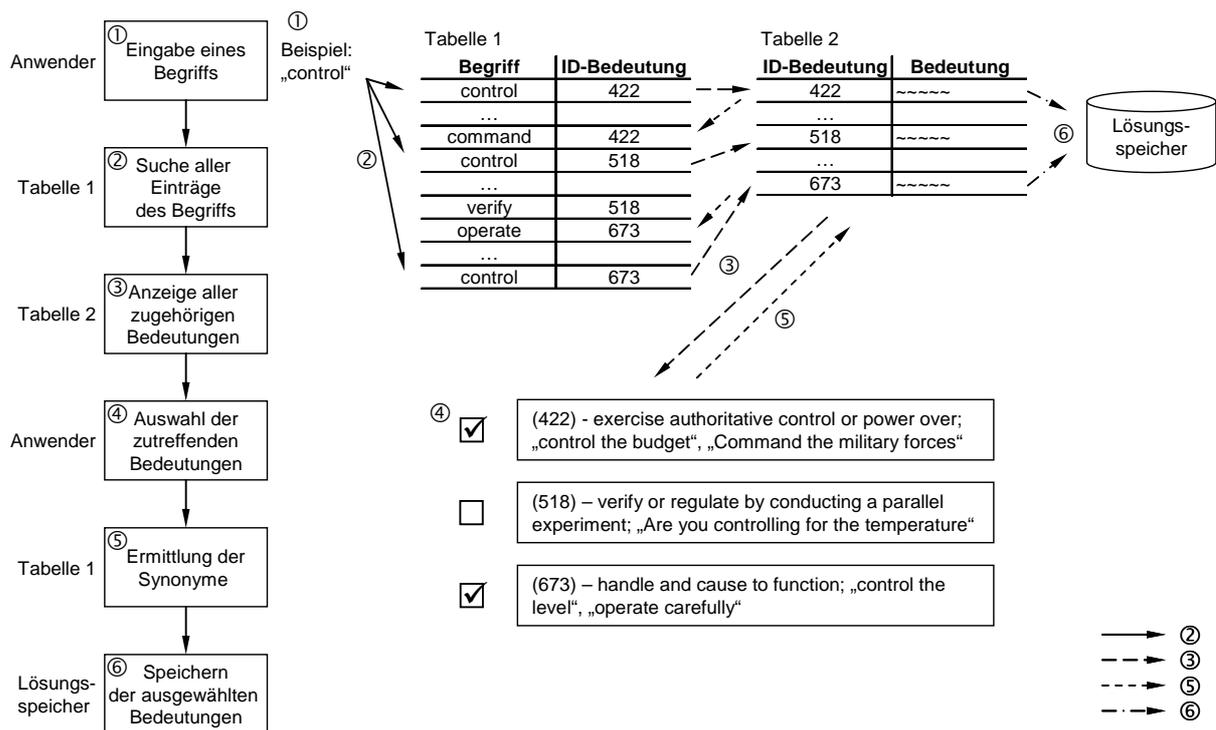


Abb. 6-30: Vorgehensweise bei der semantisch kontrollierten Spezifikation (modifiziert nach: Weigt u. a., 2006, S. 53)

Aus einer solchen lexikalischen Datenbank können Begriffe und dazugehörige Definitionen selektiert werden. Sowohl bei der funktionalen Spezifikation als auch bei der Suche können also Begriffe mit Definitionen verknüpft werden. Hierdurch wird zum einen die Aussagekraft der funktionalen Spezifikation erhöht. Zum anderen kann auch anhand der selektierten Definitionen nach existierenden Softwarekomponenten gesucht werden; bei der Bearbeitung einer Suchanfrage werden nicht die bei der funktionalen Spezifikation verwendeten Begriffe mit den Suchbegriffen verglichen (d. h. Freitextsuche), sondern nur die jeweils spezifizierten Definitionen miteinander (d. h. Synonymsuche). Stehen einheitliche Begriffs- und Bedeutungsdatenbanken für unterschiedliche Sprachen zur Verfügung, so kann eine solche Suche selbst dann erfolgreich durchgeführt werden, wenn Spezifikation und Suchanfrage in verschiedenen Sprachen formuliert sind.

Ausgehend von dem vorliegenden konzeptionellen Methodenschema (siehe Abb. 6-29b, S. 184) erfolgt im Rahmen der Finalisierungsphase der Entwurf eines tätigkeitsorientierten Prozessmodells (Schritt 5a in Abb. 5-36, S. 151) (Abb. 6-31).

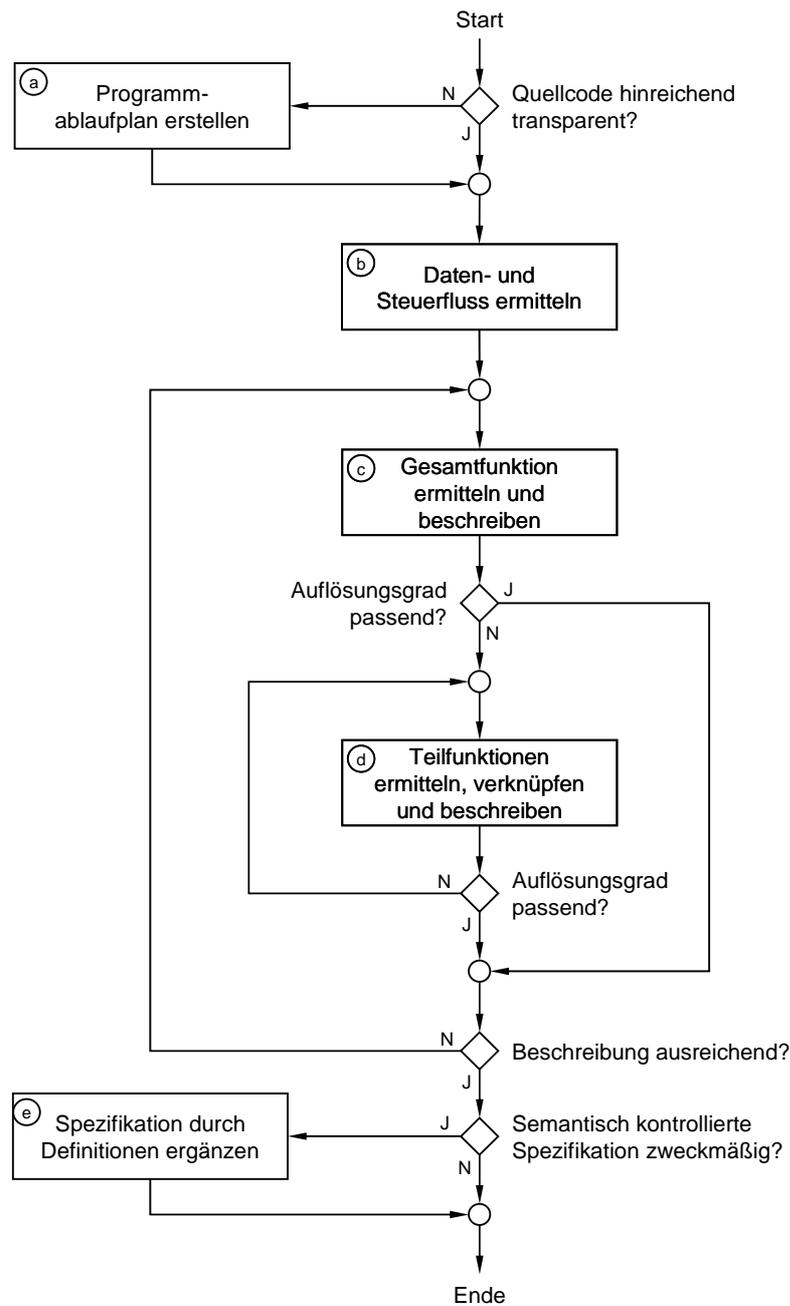


Abb. 6-31: Prozessmodell für die funktionale Spezifikation

Da diese Methode zur funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten nicht einen umfassenden Prozess strukturiert, sondern hingegen einen relativ engen Fokus aufweist, ist eine anschließende *informationsflussorientierte Strukturierung* (Schritt 5a in Abb. 5-36, S. 151) des tätigkeitsorientierten Prozessmodells in diesem Fall nicht erforderlich.

6.2.3 Programmtechnische Realisierung eines Demonstrators

Die vorgeschlagene Methode zur funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten ist zu Demonstrationszwecken als Bestandteil der Applikation *SoftPDB* (Software-Produktdaten-Browser) programmtechnisch realisiert worden (Abb. 6-32).

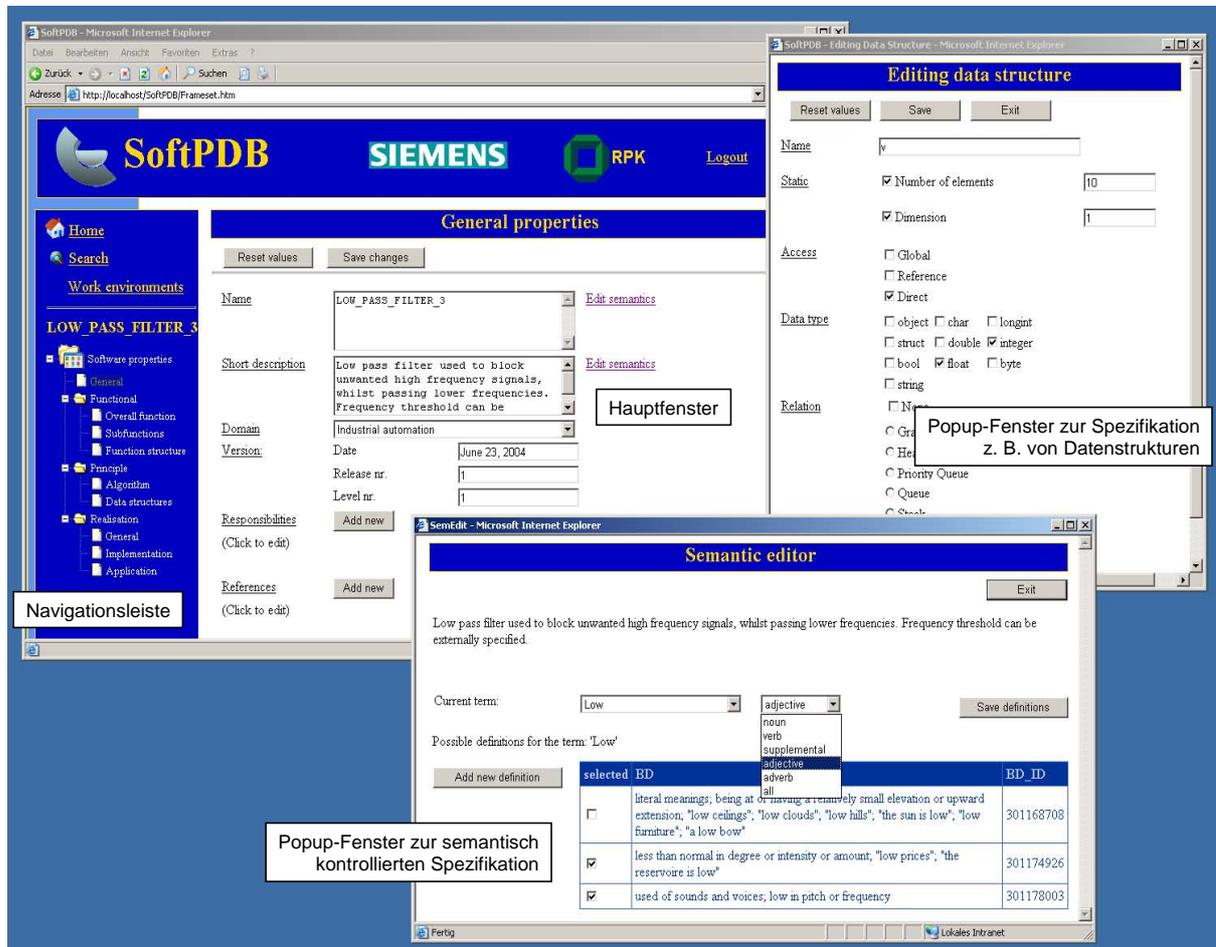


Abb. 6-32: Benutzungsoberfläche des Demonstrators

Die Grundlage für diese Web-basierte Datenbankanwendung ist eine hierarchische Struktur von Produkteigenschaften von Softwarekomponenten. Diese Eigenschaftsstruktur resultierte aus einer Analyse des Systemzusammenhangs sowie der Systemlebensphasen (siehe 6.2.1, insbesondere Abb. 6-12, S. 168). Sie sieht unter anderem Beschreibungen von Algorithmen und Datenstrukturen, dem vorgesehenen Arbeitsumfeld sowie von organisatorischen Aspekten mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklung und dem Vertrieb der Softwarekomponenten vor. In der Navigationsleiste im linken Bereich des Hauptfensters kann durch die oberen Ebenen der Eigenschaftshierarchie navigiert werden. Die jeweiligen Produktdaten können im Hauptfenster editiert werden. Popup-Fenster werden verwendet, um übersichtlich auch auf die niedrigeren Hierarchieebenen zugreifen zu können.

Die Eigenschaftshierarchie beinhaltet auch funktionale Eigenschaften. Beispielsweise können die Gesamtfunktion sowie die Ein- und Ausgangsgrößen des Daten- und Steuerflusses einer Softwarekomponente mit Bezeichnungen und Beschreibungen versehen und um weitere Angaben ergänzt werden (Abb. 6-33).



Abb. 6-33: Spezifikation der Gesamtfunktion einer PID-Regelungssoftware

Diese Gesamtfunktion kann entsprechend der vorgeschlagenen Methode zur funktionalen Spezifikation in Teilfunktionen weiter aufgegliedert und deren Relationen des Daten- und Steuerflusses können spezifiziert und insbesondere auch mit Spezifikationen von ggf. zugehörigen Datenstrukturen verknüpft werden (Abb. 6-34).

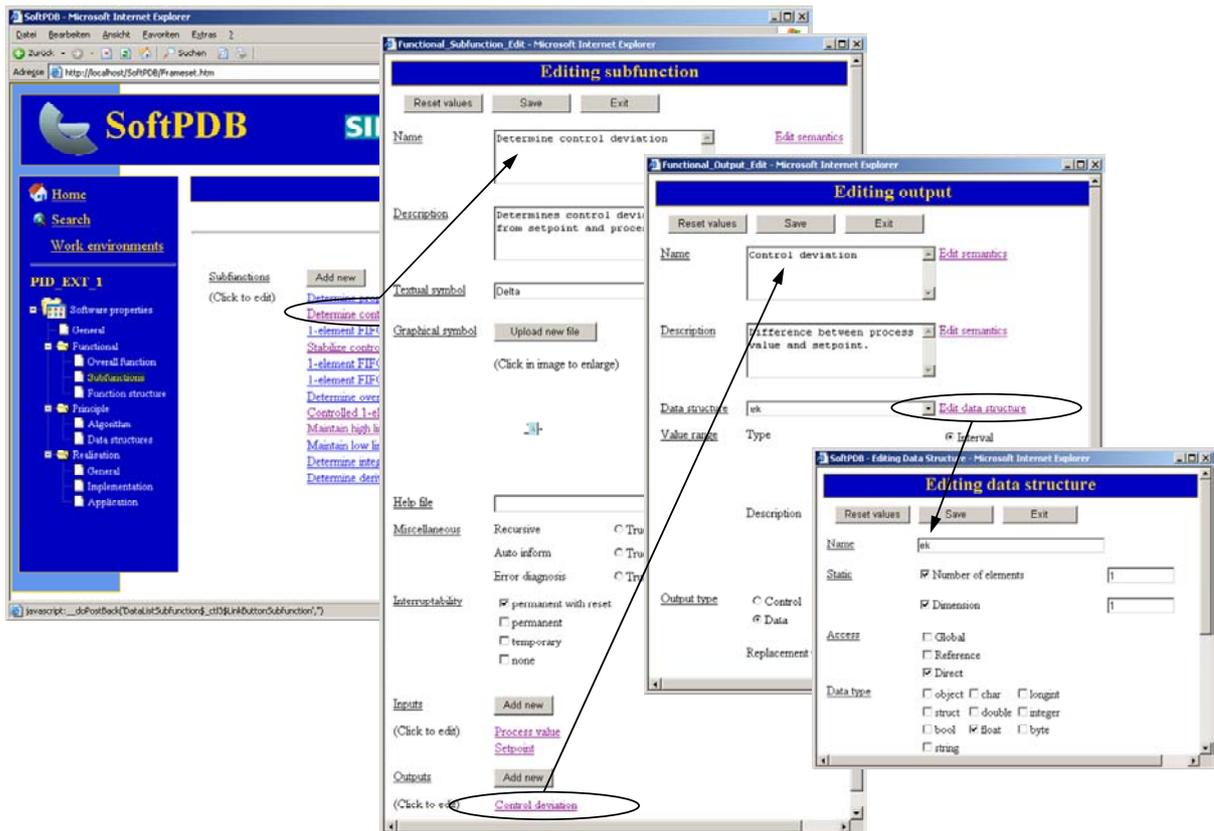


Abb. 6-34: Spezifikation von Teilfunktionen, Eingangsgrößen, Datenstrukturen

Im Hinblick auf die Mehrdeutigkeit aufgabenspezifischer Funktionsbeschreibungen (siehe 6.2.2) ist ein semantischer Editor unter Nutzung der WordNet-Datenbank (Fellbaum, 1998) zur semantisch kontrollierten Spezifikation (vergl. Abb. 6-30, S. 185) integriert worden. Mittels dieses Editors können die innerhalb von Bezeichnungen und Beschreibungen der Gesamtfunktion, der Teilfunktionen sowie aller jeweiligen Ein- und Ausgangsgrößen verwendeten Begriffe sowie die eingegebenen Suchbegriffe mit Definitionen verknüpft werden, die gemeinsam mit den Produktdaten abgelegt werden. Bei der Suche nach potenziellen Lösungen unter den abgelegten Softwarekomponenten dienen die Bezeichnungen und Beschreibungen von Elementen und Relationen von Gesamtfunktion und Funktionsstruktur als Suchkriterien (siehe 6.2.1). Bei der Bearbeitung einer semantisch kontrollierten Suchanfrage werden nicht die verwendeten Bezeichnungs- und Beschreibungsbegriffe sowie die gewünschten Suchbegriffe miteinander verglichen, sondern nur die jeweils spezifizierten Bedeutungen. Dies ermöglicht die effiziente Verwendung von Synonymen, die Suche wird dadurch genauer. Über eine zusätzliche Freitextsuche können auch solche Begriffe für Spezifikation und Suche verwendet werden, die keine inhärente Bedeutung haben, wie beispielsweise Namen (Abb. 6-35).

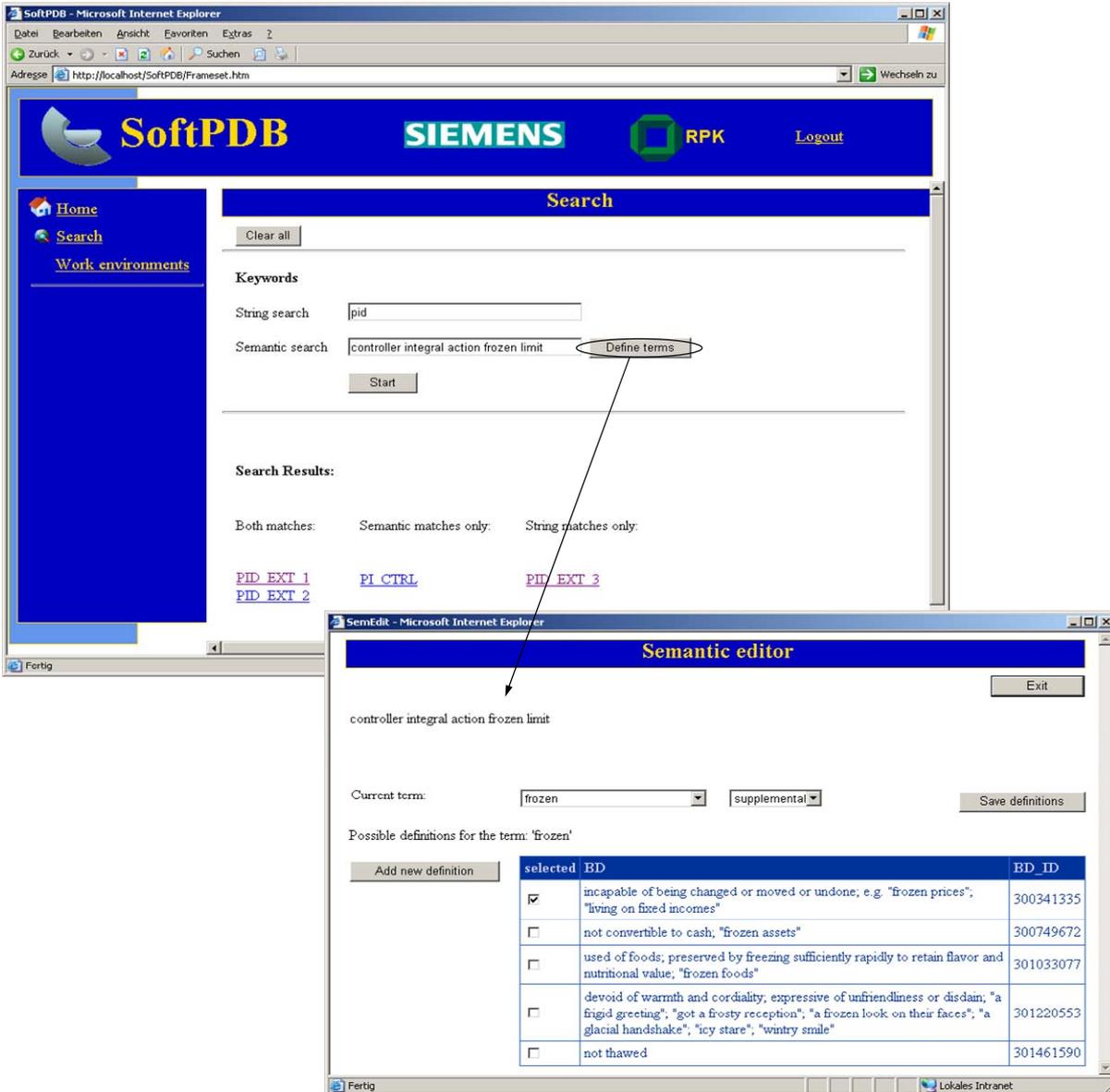


Abb. 6-35: Kombinierte semantisch kontrollierte und Freitextsuche

Sind grundsätzlich als Lösungen für eine gegebene technische Aufgabenstellung in Frage kommende Softwarekomponenten identifiziert, so kann deren Einsatzeignung bzw. das Erfordernis und die Möglichkeit der Anpassung anhand ihrer funktionalen und sonstigen Merkmale beurteilt werden. Dies betrifft insbesondere die minimal und maximal sich im Zusammenspiel mit bestimmten Einsatzumgebungen ergebenden Ausführungszeiten, die durch Codeanalyse und CPU-Benchmarking ermittelt werden und ebenfalls in der Datenbank der Applikation abgelegt sind.

6.3 Diskussion und weiterführende Fragestellungen

Vor dem Hintergrund der Anwendungsfälle der Definition eines Feedback-Prozesses (siehe 5.5.2 bis 5.5.6), der Strukturierung der Produktplanung (siehe 6.1) und der funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten (siehe 6.2) kann das vorgeschlagene Konzept in Bezug auf die spezifischen Anforderungen an meta-methodische Unterstützung (siehe 3.3, insbesondere *Tab. 3-1*, S. 40) beurteilt werden:

Gegenstand dieser Anwendungen des meta-methodischen Rahmenwerks waren durch unterschiedliche Rahmenbedingungen gekennzeichnete operative Aufgabenstellungen aus verschiedenen Produktlebensphasen. Im Fall der Produktplanung war der Gegenstand der Entwurf einer Struktur eines Prozesses innerhalb eines existierenden, globalen Prozessumfelds. Im Fall des Feedback-Prozesses war hingegen eine weniger umfassende prozessuale Nahtstelle zur Erhebung und Aufbereitung von Informationen aus der Nutzungsphase technischer Produkte zu definieren, d. h. zur Abbildung unterschiedlicher Perspektiven auf eine bestimmte Art von informationellem Sachverhalt. Die funktionale Spezifikation von Softwarekomponenten schließlich betraf eine Teilmenge von Tätigkeiten innerhalb der übergeordneten Fragestellung der strukturierten Beschreibung von Softwarekomponenten im Rahmen eines Softwareproduktmanagements. Zur Unterstützung dieser Tätigkeiten wurden existierende Methoden an konkrete Rahmenbedingungen angepasst, die in Form von definiten Merkmalen der Eingangsinformationen gegeben waren (*Abb. 6-36*).

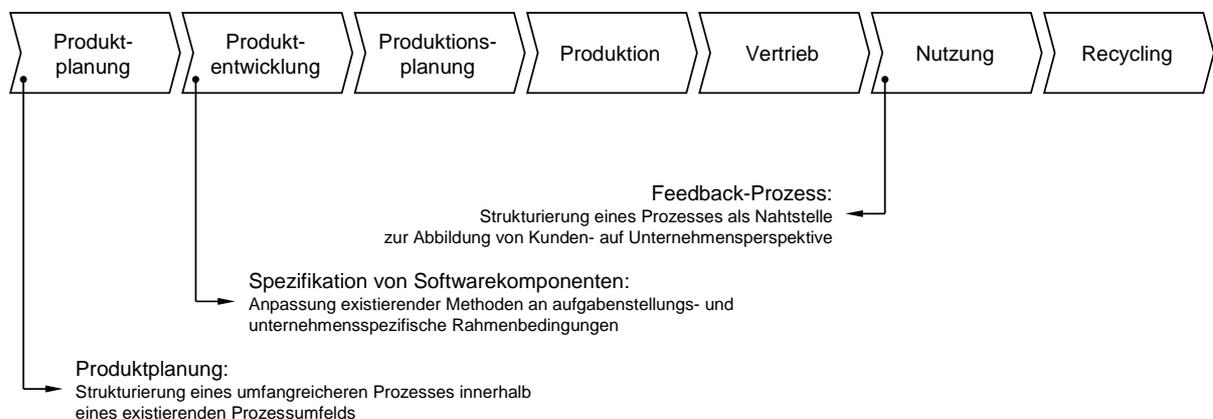


Abb. 6-36: Anwendungen in unterschiedlichen Produktlebensphasen

Die operativen Aufgabenstellungen und mithin die Methodenentwicklung in diesen Anwendungsfällen waren in unterschiedlichem Maße durch unternehmensspezifische Rahmenbedingungen beeinflusst. Während das Anwendungsbeispiel der Produktplanung weitgehend generisch ist, nimmt das Anwendungsbeispiel des Feedback-Prozesses komplexe technische Produkte an, die durch Endkunden genutzt und im Rahmen von Servicemaßnahmen betreut werden. Das Anwendungsbeispiel der funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten

ist im Hinblick auf die vorliegenden Eingangsgrößen unternehmensspezifisch; allerdings ist mit der Analyse der Komplexitätsursachen die Grundlage für eine Beurteilung der Anwendungseignung der entwickelten Methode unter abweichenden Rahmenbedingungen gegeben.

Entsprechend diesen Unterschieden der operativen Aufgabenstellungen waren in den jeweiligen Anwendungsfällen unterschiedliche Komplexitätsursachen zu betrachten und es konnten unterschiedlich konkrete Hinweise in Bezug auf Strategien zur Handhabung der informationellen Komplexität gegeben werden:

Die Herausforderungen an die Methodenentwicklung resultierten im Fall der Produktplanung im Wesentlichen aus der Vielfalt der Nahtstellen zu anderen Prozessen bzw. der Systemumgebung im Allgemeinen sowie aus der Vielfalt der zu berücksichtigenden Informationen, mit denen ein Mitarbeiter im Rahmen der Informationsakquisition konfrontiert ist. Ein weiterer wesentlicher Aspekt war die Notwendigkeit, Informationen zu verarbeiten und ineinander zu überführen, die ziel- und lösungsorientierten Sichten entstammen, d. h. als Nahtstelle zwischen diesen Sichten zu fungieren (vergl. Weigt & Seidel, 2005, S. 28). Als wesentliche komplexitätsreduzierende Maßnahmen wurden dementsprechend eine frühzeitige und deutliche Einengung des Betrachtungsfelds (Festlegung des Zielmarktsegments) sowie eine schrittweise weitere Reduktion der zu betrachtenden Aspekte im Rahmen der aktiven Informationsakquisition (Ermittlung der Kerneigenschaften) vorgesehen. Zentrale Elemente der entwickelten Methode sind demnach eine zielgerichtete, strategiebestimmte Konzentration auf die wesentlichen Aspekte des zukünftigen Produkts und darüber hinaus die Dokumentation der dem Entscheidungsprozess zu Grunde gelegten Zusammenhänge (*Abb. 6-37*).

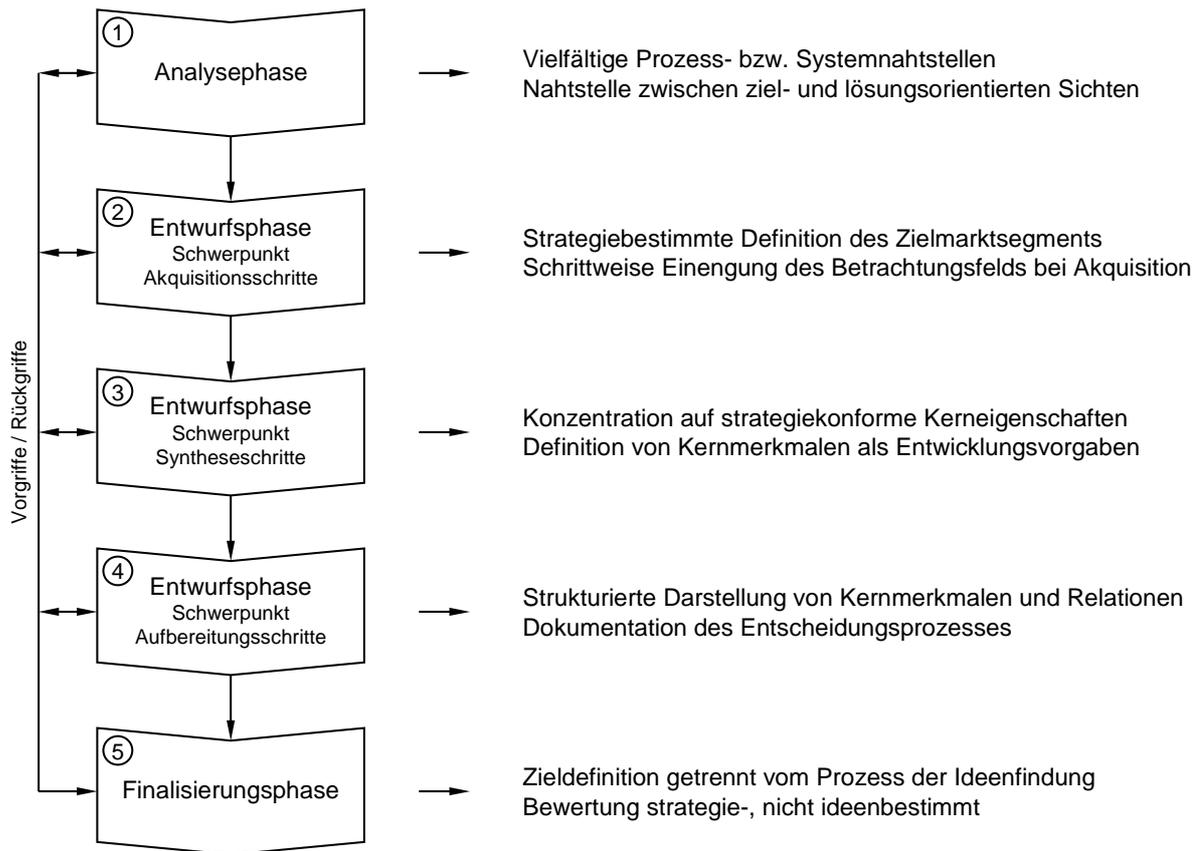


Abb. 6-37: Anwendungsfall Produktplanung

Weitere Maßnahmen, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet wurden, da sie die Durchführung der einzelnen Tätigkeiten stärker als die Strukturierung des Gesamttablaufs betonen, behandeln Potenzial- und Risikobetrachtungen und die Definition von alternativen Produktvorschlägen bzw. Strategien unter Berücksichtigung dieser Potenziale und Risiken sowie der Dynamik von Planungssituationen (vergl. Seidel, 2005, S. 92 ff.).

Im Zusammenhang mit der Erhebung und Aufbereitung von Informationen aus der Nutzungsphase technischer Produkte bestand eine wesentliche Komplexitätsursache in der Notwendigkeit der Verarbeitung einer Vielzahl von Einzelinformationen, die inhaltlich subjektiv sowie unstrukturiert repräsentiert sind. Vergleichbar mit dem Beispiel der Produktplanung erfolgt diese Verarbeitung wiederum als Nahtstelle zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven, in diesem Fall der Kunden- und der Unternehmensperspektive auf ein technisches Produkt. Bei der im Rahmen der Methodenentwicklung fokussierten reaktiven (d. h. anlassbezogenen) Informationsakquisition wird als Maßnahme zur Komplexitätsbewältigung eine Analyse und strukturierte Dokumentation des Entstehungskontexts der Kundenreaktion in Bezug auf die Aspekte Kunde, Produkt, Prozess und Nutzungssituation vorgeschlagen sowie eine funktions- und zustandsbezogene Bewertung der Kundenreaktionen (Abb. 6-38).

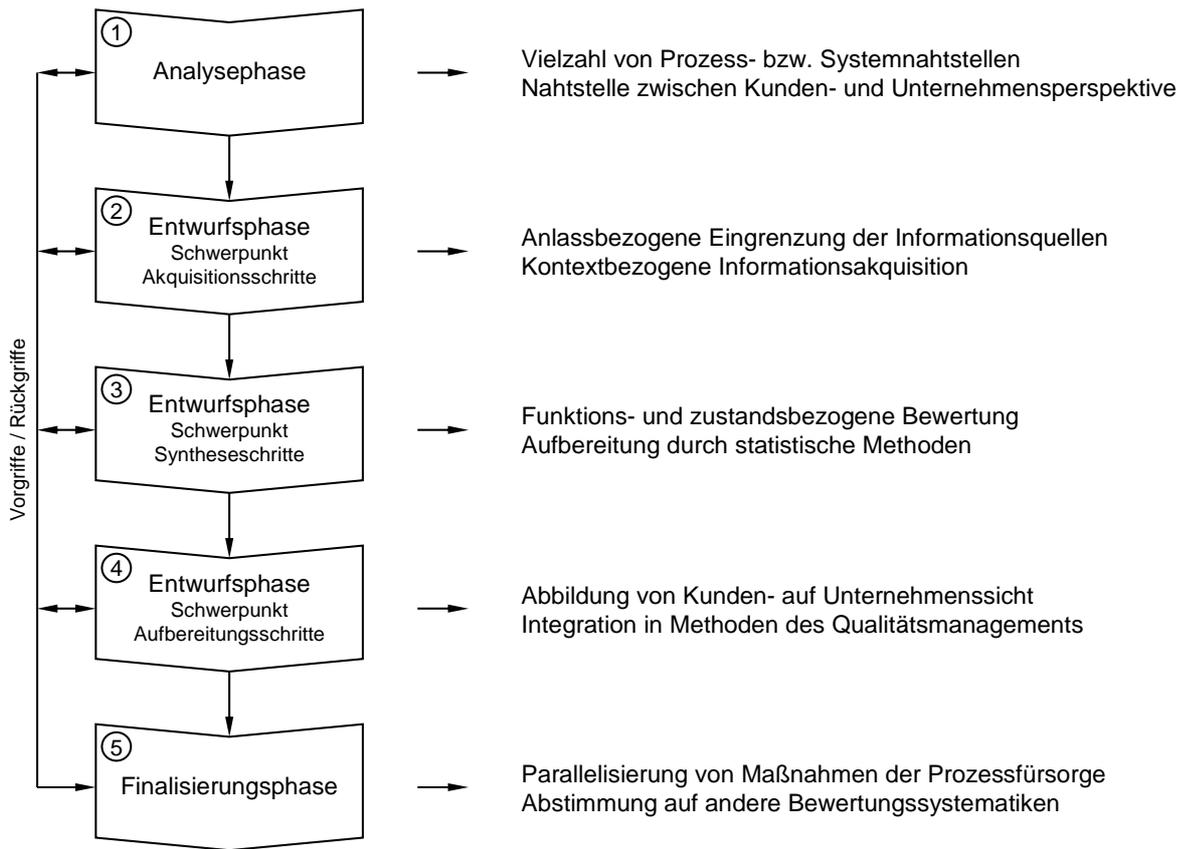


Abb. 6-38: Anwendungsfall Feedback-Prozess

Diese Bewertung bildet die Grundlage für eine Integration in vorgelagerte Unternehmensprozesse durch eine Abbildung auf unternehmensspezifische funktionale oder baustrukturelle Sichten, beispielsweise im Rahmen von in anderen Prozessen bereits implementierten Qualitätsmanagementmaßnahmen wie QFD oder FMEA.

Im Fall der funktionalen Spezifikation von Softwarekomponenten war die operative Aufgabenstellung unternehmensspezifisch. Insbesondere waren hierdurch die komplexitätsrelevanten Merkmale der Ein- und Ausgangsgrößen bestimmt. Im Vergleich zu den allgemeineren Fällen der Produktplanung und des Feedback-Prozesses konnte aufgrund dessen die Analyse der Komplexitätsursachen detaillierter durchgeführt werden und es konnten entsprechend konkretere Hinweise zu Maßnahmen für die Handhabung der informationellen Komplexität gegeben werden. Dies beinhaltet die Aufbereitung der Eingangsgrößen, aber insbesondere auch die Synthese der funktionalen Spezifikation unter Nutzung des entsprechend den Rahmenbedingungen des Informationsumsatzes in diesen Softwarekomponenten angepassten Funktionskonzepts (Abb. 6-39).

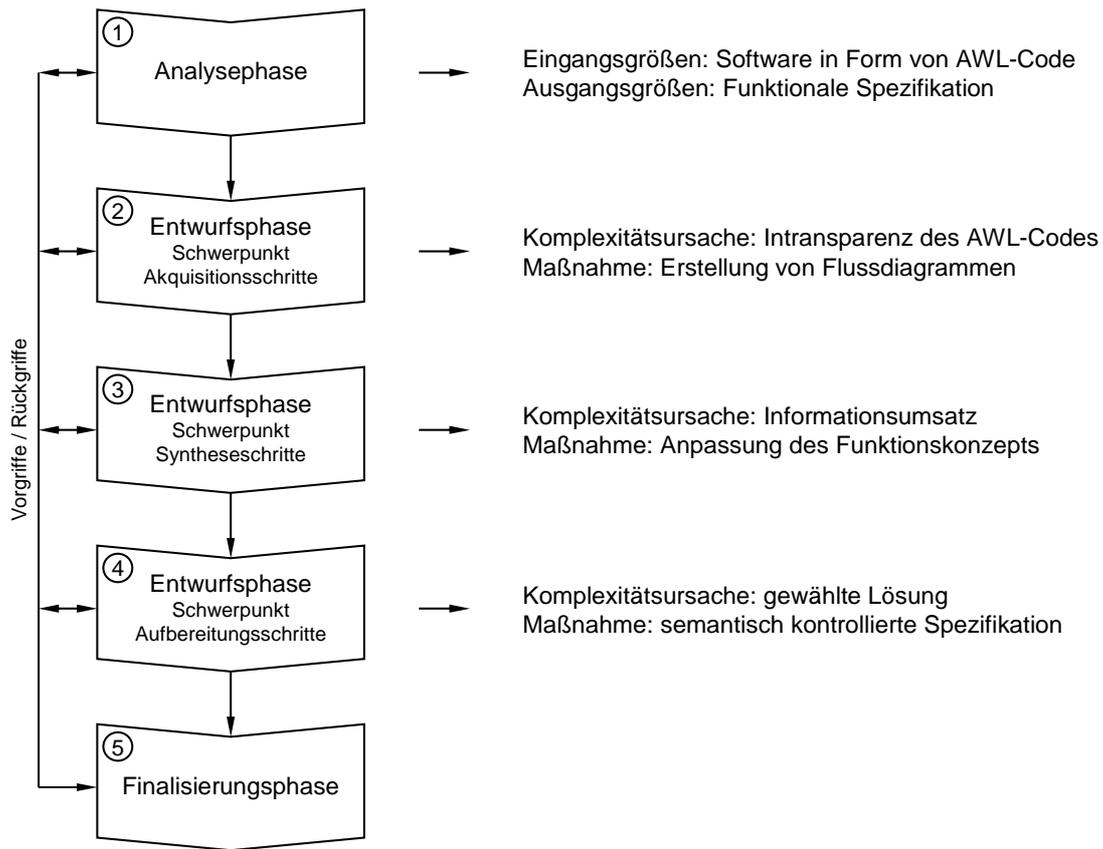


Abb. 6-39: Anwendungsfall Spezifikation von Softwarekomponenten

Dieser Anwendungsfall macht deutlich, dass auch Merkmale der gewählten methodischen Lösung maßgeblich komplexitätsursächlich sein können: In diesem Fall betrifft dies die Mehrdeutigkeit der aufgabenspezifischen Funktionsbeschreibung, welche ein wesentlicher Bestandteil der entwickelten Methode selbst ist und der mit einer semantisch kontrollierten Spezifikation begegnet werden konnte, d. h. mit einer Spezifikation und Suche, die an der Bedeutung der verwendeten Begriffe orientiert ist.

In diesen unterschiedlichen Anwendungsfällen konnten unter Anwendung des vorgeschlagenen meta-methodischen Rahmenwerks tätigkeitsorientierte Prozessmodelle in Form von Ablaufplänen definiert werden. Mit diesen Ablaufplänen liegen heuristische Methoden für operative Aufgabenstellungen des jeweils betrachteten Typs vor, die konkrete Hinweise zur Handhabung der hierbei auftretenden informationellen Komplexität beinhalten, so dass das meta-methodische Rahmenwerk insofern mittelbar die diskursive Bearbeitung dieser operativen Aufgabenstellungen unterstützen konnte.

Diese heuristischen Methoden sind ausgehend von generischen prozessorientierten Betrachtungen schrittweise entwickelt worden. Vergleichbar der Entwicklung technischer Produkte handelt es sich hierbei nicht um einen Vorgang der Deduktion; das Muster des logischen Schlusses vom Ziel hin zu Mitteln zur Erreichung dieses Ziels wird als innovative Abduktion

bezeichnet (Roozenburg, 2002, S. 10 ff.). Es handelt sich bei der Methodenentwicklung mit- hin um eine Folge von Entscheidungen innerhalb bestehender Freiheitsgrade, durch die ein bestehender Lösungsraum zunehmend eingeschränkt wird. Diese Entscheidungen im Zuge der Methodenentwicklung ließen sich vor dem Hintergrund der Reduzierung bzw. Bewältigung der informationellen Komplexität der operativen Aufgabenstellungen begründen. Die unmittelbare Unterstützung der Handhabung von informationeller Komplexität durch das meta-methodische Rahmenwerk (d. h. die Unterstützung der Handhabung der methodenentwicklungsspezifischen Komplexität) beruhte hierbei wesentlich auf der Unterscheidung von fluss-, form- und inhaltsbezogenen Komplexitätsursachen und dem Konzept einer in Bezug auf die Handhabung informationeller Komplexität funktionsorientierten Beschreibung in Form konzeptioneller Methodenschemata. Der schrittweise Aufbau und die Konkretisierung dieser Schemata sind wesentliche Bestandteile des vorgeschlagenen Vorgehensmodells, so dass diskursive Prozeduren bei der Definition von Methoden unmittelbar unterstützt werden konnten.

Die Verwendung konzeptioneller Methodenschemata ist vorwiegend durch die Rahmenbedingungen einer Methodenentwicklung top-down im Hinblick auf die Selbstreferenzialität der Methodenentwicklung motiviert. Dennoch bildet diese funktionsorientierte Beschreibung grundsätzlich auch für eine Vorgehensweise bottom-up eine geeignete Grundlage: Bei dieser stellen existierende Abläufe den Ausgangspunkt der Lösungssuche dar. Diese Tätigkeiten können in Bezug auf ihre beabsichtigte Wirkung in Bezug auf die Handhabung informationeller Komplexität abstrahiert beschrieben werden (vergl. das in 5.4 angeführte Beispiel eines Ablaufs zur Aufgabenklärung). Infolge der Betrachtung der allgemeinen fluss-, form- und inhaltsbezogenen Aspekte des Informationsumsatzes und der entsprechenden Komplexitätsursachen zum einen sowie der allgemeinen informationsumsetzenden Operatoren zum anderen (siehe 5.3.2 und 5.3.3) sind hierbei sowohl eine Konkretisierung wie auch eine Abstraktion bzw. Aggregation nach einheitlichen Kriterien möglich. Darüber hinaus unterstützten die konzeptionellen Methodenschemata in Verbindung mit einer Analyse der Komplexitätsursachen der jeweiligen operativen Aufgabenstellung die Auswahl und Bewertung existierender Methoden im Hinblick auf ihre grundsätzliche Einsatzsignung bzw. das Erfordernis ihrer Anpassung an die spezifischen informationellen Rahmenbedingungen dieser Aufgabenstellungen.

Durch das diskursive Vorgehen bei der Methodenentwicklung konnte die Transparenz der entwickelten Methoden erhöht werden; die Hintergründe der bei der Methodenentwicklung getroffenen Festlegungen können bis hin zu den operativen Aufgabenstellungen und den bei deren Klärung eingangs ermittelten wesentlichen Komplexitätsursachen zurückverfolgt werden. Somit kann in Bezug auf unternehmensspezifische Rahmenbedingungen die grundsätzliche Anwendungseignung der jeweiligen Methoden evaluiert werden und ggf. erforderliche Maßnahmen zu ihrer Anpassung an diese Rahmenbedingungen können festgelegt werden. Im

Fall des Feedback-Prozesses beinhalten solche weiterführenden Maßnahmen beispielsweise die Vorgabe von Kriterien zur konkreten Bewertung von Kundenreaktionen, die Ausarbeitung qualitätssichernder Maßnahmen in Abstimmung mit bereits existierenden Prozeduren und unternehmensstrategischen Vorgaben. Mit der Transparenz der entwickelten Methoden wird auch deren Akzeptanz zum einen bei ihren jeweiligen Anwendern und zum anderen bei den ggf. für die Implementierung der Methoden als Prozesse zuständigen Entscheidungsträgern erhöht (vergl. Ehrlenspiel, 2003, S. 8). Darüber hinaus unterstützt das vorgeschlagene Vorgehensmodell eine Formulierung der Methoden als Programmablaufpläne, die grundsätzlich gut für eine Implementierung als Prozesse geeignet sind (vergl. 4.4), da die auszuführenden Tätigkeiten direkt Ressourcen zugeordnet werden können und die informationellen Ein- und Ausgangsgrößen dieser Tätigkeiten als Meilensteine zu Zwecken des Prozessmanagements genutzt werden können.

Weiterführende Fragestellungen

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht die Entwicklung von heuristischen Methoden zur Sicherung und Erhöhung der Qualität der Bearbeitung von operativen Aufgabenstellungen, bei der Bearbeiter mit informationeller Komplexität konfrontiert werden. Der im Rahmen der vorliegenden Arbeit gewählte Lösungsansatz fokussiert vor dem Hintergrund der methodenentwicklungsspezifischen Komplexität die Strukturierung von Problemsachverhalten bei der Methodenentwicklung, d. h. das Erkennen von komplexitätsrelevanten Zusammenhängen sowohl in Bezug auf die operativen Aufgabenstellungen als auch in Bezug auf die Methodenentwicklung. Im Hinblick hierauf ist eine Vorgehensweise top-down ein wesentliches Element des vorgeschlagenen Lösungsansatzes (siehe 5.2.3) und der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Grundphase der Methodenentwicklung des meta-methodischen Referenzmodells. Potenzial für zukünftige Arbeiten ist insofern zum einen in Bezug auf eine weiterführende Untersuchung von Vorgehensweisen bottom-up gegeben. Für diese ist in Form der konzeptionellen Methodenschemata eine Basis geschaffen worden, sie können jedoch konzeptionell noch weitergehend mit Ansätzen des prozessorientierten Managements verknüpft werden. Zum anderen besteht in diesem Zusammenhang Potenzial im Hinblick auf die zweite Grundphase des meta-methodischen Referenzmodells, d. h. die Phase der Methodenanpassung und -einführung, in Bezug auf Konzepte zur formalisierten qualitativen und quantitativen Beschreibung von Unternehmensressourcen im Hinblick auf die Ausführung heuristischer Prozeduren.

Die Bearbeitung von Aufgabenstellungen beinhaltet grundsätzlich neben schöpferischen auch algorithmische Prozeduren (Müller, 1990, S. 24) (siehe 2.3), die effizient durch Computer vollzogen werden können. Dies kann am Beispiel von Aufgabenstellungen der Strukturmechanik verdeutlicht werden, d. h. der Analyse mechanischer Strukturen hinsichtlich ihres Spannungs- und Verformungszustands unter Last. Bei der Bearbeitung dieser Art von Aufga-

benstellungen werden regelmäßig Diskretisierungs- und Berechnungsverfahren wie die Finite-Elemente-Methode (FEM), die Finite-Differenzen-Methode (FDM) oder die Randelementmethode (REM) als Näherungsverfahren angewendet (Knothe & Wessels, 1999, S. 6 ff.). Ausgehend von einer vorliegenden rechnerinternen Repräsentation des Berechnungsobjekts stellen die Netzgenerierung, die Berechnung des Spannungs- und Verformungszustands sowie die Darstellung des Berechnungsergebnisses algorithmische Prozeduren dar. Diese jedoch sind Bestandteil übergeordneter heuristischer Prozeduren, die beispielsweise die Entscheidung für eine bestimmte Art der Netzgenerierung und die Interpretation des Berechnungsergebnisses beinhalten. Die Entwicklung insbesondere von Anwendungssoftware beinhaltet insofern die rechnerverarbeitbare Formulierung von algorithmischen Prozeduren innerhalb übergeordneter Bearbeitungsvorgänge. Für die Klärung der Aufgabenstellung im Rahmen einer solchen Entwicklung ist eine Modellvorstellung eines Prozesses bzw. der typischen Arbeitsabläufe in einem Anwendungsbereich also eine wesentliche Eingangsgröße (Balzert, 2001, S. 62; Gausemeier u. a., 2001, S. 261 und S. 272 ff.) (vergl. auch die in 6.2.3 beschriebene programmtechnische Realisierung eines Demonstrators). Insofern steht die vorliegende Arbeit auch in einem grundsätzlichen Zusammenhang mit der Entwicklung von Anwendungssoftware. Insbesondere macht das vorgeschlagene meta-methodische Rahmenwerk die Wirkungsweise heuristischer Methoden transparent und unterstützt somit bereits mittelbar die Identifikation von algorithmierbaren Prozeduren. Auch werden mit formbezogenen Komplexitätsursachen und Maßnahmen zur Komplexitätsbewältigung technologische Aspekte der Informationsverarbeitung berührt (vergl. 5.3.2). Die vorliegende Arbeit kann insofern auch als Ausgangspunkt für zukünftige Arbeiten im Hinblick auf eine konkretere und weiter formalisierte Unterstützung der Softwareentwicklung dienen.

7 Zusammenfassung

Die Handhabung von informationeller Komplexität ist zur wesentlichen Herausforderung für im derzeitigen Wettbewerbsumfeld agierende Unternehmen geworden. Diese Herausforderung besteht auf allen Ebenen der Prozesshierarchien der inner- und interbetrieblichen Wertschöpfungskette und betrifft somit unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter von Aufgabenstellungen im Zentrum vieler dieser Prozesse steht. Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Arbeit ein meta-methodisches Rahmenwerk vor, welches diskursives Vorgehen bei der Entwicklung heuristischer Methoden unterstützen soll.

Den Gegenstandsbereich dieser heuristischen Methoden bilden komplexe Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen. Eine weitergehende Einschränkung des Gegenstandsbereichs erfolgt im Interesse der Größe des Geltungsbereichs des meta-methodischen Rahmenwerks nicht von vornherein. Sofern exemplarisch eine solche Eingrenzung des Gegenstandsbereichs zweckmäßig ist, werden Tätigkeiten der Produktentwicklung fokussiert. Die Auswahl dieses Beispiels erfolgt aus Gründen der zentralen Bedeutung für entwickelnde und produzierende Unternehmen sowie wegen denkpsychologischer und anderer situativer Besonderheiten von Entwicklungstätigkeiten, aufgrund derer diese für komplexe Problemlösungstätigkeiten repräsentativ sind.

Existierende Ansätze aus dem Bereich der generischen und spezifischen Vorgehensstrategien der Systemtechnik sowie der Konstruktionsmethodik unterstützen die Bewältigung von Komplexität im Rahmen von operativen Aufgabenstellungen der Gestaltung von Sachsystemen durch die Bereitstellung diskursiver Prozeduren. Die Komplexität der Methodenentwicklung selbst wird jedoch innerhalb dieser Ansätze nicht hinreichend berücksichtigt, so dass eine hinreichende Unterstützung diskursiven Vorgehens bei der Methodenentwicklung durch sie nicht erfolgt.

Für diese Komplexität der Methodenentwicklung erweisen sich zum einen Aspekte der operativen Aufgabenstellungen, deren Bearbeitung durch die zu entwickelnden Methoden unterstützt werden soll, und zum anderen Besonderheiten der Methodenentwicklung als Vorgang der Prozesse planenden Modellbildung als ursächlich. Angesichts der meta-methodischen Selbstanwendbarkeit und der Selbstreferenzialität der Methodenentwicklung ist es wesentlich für einen meta-methodischen Lösungsansatz, dass durch ihn Prozeduren und die Handlungsgegenstände und Ergebnisse dieser Prozeduren in unterschiedlichen Perspektiven konzeptuell fassbar werden.

Vor diesem Hintergrund beruht das vorgeschlagene Konzept zur Unterstützung der diskursiven Methodenentwicklung auf einem Lösungsansatz, der zum einen durch eine systemtechni-

sche Interpretation der Methodenentwicklung und zum anderen durch einen Fokus auf einer Vorgehensweise top-down gekennzeichnet ist:

Ausgehend von einer *systemtechnischen Perspektive*, in der sich die Methodenentwicklung als Vorgang der prozeduralen Systemmodellbildung darstellt, werden die Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung auf der operativen Anwendungsebene sowie auf der Objektebene und der Meta-Ebene der Methodenentwicklung analysiert. Diese Rahmenbedingungen resultieren aus den jeweiligen Ursachen der informationellen Komplexität, die sich auf diesen unterschiedlichen Abstraktionsebenen ergeben und die mit dem Informationsumsatz in konkreten Anwendungssituationen (Anwendungsebene), generischen Anwendungssituationen (Objektebene) sowie generischen Problemsituationen (Meta-Ebene) im Zusammenhang stehen.

Auf Grundlage dieser Rahmenbedingungen und vom systemtechnischen Problemlösungszyklus ausgehend werden entsprechende Kriterien für die Strukturierung von Methoden sowie von Methodenentwicklungsprozessen definiert. Im Hinblick auf die Ursachen methodenentwicklungsspezifischer Komplexität ist hierbei zu berücksichtigen, dass im Fall einer Vorgehensweise bottom-up ein deskriptives, an Tätigkeiten orientiertes Prozessmodell einen zweckmäßigen Startpunkt der Methodenentwicklung darstellt, sich im Fall der Methodenentwicklung top-down für die initiale Modellbildung bei der Lösungssuche hingegen eine Abstraktion vom Tätigkeitskontext empfiehlt. Vor diesem Hintergrund werden zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen zum einen die allgemeinen Operatoren Analyse, Akquisition, Aufbereitung und Synthese und zum anderen die Aspekte Fluss, Form und Inhalt des Informationsumsatzes als deren Operanden festgelegt. Diese Operanden beziehen sich auf organisatorische, technologische und psychologische Aspekte des Informationsumsatzes, d. h. auf die Kommunikation, die Repräsentation und die Verarbeitung von Informationen.

Die Ergebnisse dieser Analysen werden in einem *meta-methodischen Referenzmodell* zusammengeführt, welches entsprechend den jeweils vorherrschenden Rahmenbedingungen zwei Grundphasen beinhaltet. Hierbei handelt es sich zum einen um die Phase der eigentlichen Methodenentwicklung, für die vorwiegend aufgabenstellungsspezifische Rahmenbedingungen bestimmend sind. Zum anderen wird die Phase der Methodenanpassung und -einführung betrachtet, in der vorwiegend unternehmensspezifische Rahmenbedingungen betrachtet werden. Diese Grundphasen wiederum werden entsprechend den genannten Operatoren und Operanden zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen in Hauptaktivitäten mit bestimmtem Fokus weiter untergegliedert.

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Referenzmodells ist die Nutzung konzeptioneller Methodenschemata. Mittels dieser wird der Bearbeiter bei der Methodenentwicklung angeleitet, die Ursachen von informationeller Komplexität in der jeweiligen Anwendungssituation zu expli-

zieren und Methoden schrittweise, in einem dem jeweils erreichten Problemverständnis angepassten Konkretisierungsgrad, funktionsorientiert zu spezifizieren. Hierdurch können allgemeine Strategien zur Komplexitätsbewältigung sowie existierende Methoden integriert werden. Konzeptionelle Methodenschemata unterstützen so bei der Methodenentwicklung top-down den schrittweisen Übergang vom „Was“ eine Methode bewirken soll zum „Wie“ sie dies bewirken kann. Im Fall der Methodenentwicklung bottom-up dienen sie als Richtlinie bei der Abstraktion und Aggregation von prozeduralen Prozessmodellen, ausgehend von einem deskriptiven prozeduralen Prozessmodell („Was“ wird getan?) hin zu der zugrunde liegenden Wirkung in Bezug auf die informationelle Komplexität („Warum“ wird dies getan?).

Zur Operationalisierung wird dieses Referenzmodell zu einem *Vorgehensmodell der diskursiven Methodenentwicklung top-down* konkretisiert. Dieses Vorgehensmodell unterstützt ausgehend von einer Analyse der Prozessnahtstellen und der Festlegung eines allgemeinen Lösungsrahmens in Form eines initialen Prozessmodells dessen schrittweise Konkretisierung bzw. Vervollständigung zu einer tätigkeitsorientierten Vorgehensbeschreibung. Im Vordergrund stehen hierbei eine Analyse des Informationsumsatzes innerhalb des zukünftigen Prozesses im Hinblick auf Ursachen von Komplexität sowie die Festlegung von Maßnahmen zu deren Reduzierung und Bewältigung.

Die Anwendung des meta-methodischen Rahmenwerks und insbesondere des Vorgehensmodells zur diskursiven Methodenentwicklung top-down wird anhand von Methodenentwicklungen für operative Aufgabenstellungen aus verschiedenen Produktlebensphasen demonstriert, die in Kooperationen mit industriellen Partnern durchgeführt wurden. Hierbei handelt es sich im Einzelnen um die Erhebung und Aufbereitung von Informationen aus der Nutzungsphase technischer Produkte, um die Strukturierung der Produktplanung sowie um die Anpassung des konstruktionsmethodischen Funktionskonzepts zur funktionalen Spezifikation automatisierungstechnischer Softwarekomponenten im Hinblick auf ein lebenszyklusorientiertes Management von Software-Produktdaten. Diese Anwendungsfälle sind dementsprechend durch deutlich unterschiedliche, aufgabenstellungs- wie unternehmensspezifische Rahmenbedingungen gekennzeichnet, so dass mit ihrer Hilfe die unterschiedlichen Aspekte einer Anwendung des meta-methodischen Rahmenwerks dargestellt werden können.

8 Literaturverzeichnis

- Albers, A., Burkardt, N., Meboldt, M. & Saak, M. (2005). SPALTEN problem solving methodology in the product development. In: A. Samuel & W. Lewis (Hrsg.). *Engineering Design and the global economy. Proc. of the 15th International Conference on Engineering Design ICED 2005* (1-12), CD-ROM, 15.-18. August 2005, Melbourne. Barton ACT: The Institution of Engineers Australia.
- Albers, A. & Meboldt, M. (2007). SPALTEN Matrix. In: F.-L. Krause (Hrsg.). *The Future of Product Development. Proc. of the 17th CIRP Design Conference* (43-52), 26.-28. März 2007, Berlin. Berlin: Springer-Verlag.
- Altshuler, G. S. (1984). *Erfinden*. Berlin: Verlag Technik.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie* (3. Auflage). Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Ashby, W. R. (1956). *An introduction to cybernetics*. London: Chapman and Hall.
- Balzert, H. (2001). *Lehrbuch der Software-Technik. Bd. 1. Software-Entwicklung* (2. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Balzert, H. (2005). *Lehrbuch Grundlagen der Informatik* (2. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Banse, G. (2000). Konstruieren im Spannungsfeld: Kunst, Wissenschaft oder beides? In: G. Banse & K. Friedrich (Hrsg.). *Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft* (19-79). Berlin: Ed. Sigma.
- Bender, B. (2004). Erfolgreiche individuelle Vorgehensstrategien in frühen Phasen der Produktentwicklung. In: VDI (Hrsg.). *Fortschritt-Berichte VDI* (1) Nr. 377. Düsseldorf: VDI Verlag. Zugl.: Dissertation. TU Berlin.
- Berger, T. & Vienenkötter, A. (2004). Einführung. In: J. Gausemeier, U. Lindemann & G. Schuh (Hrsg.). *Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen* (1-16). Frankfurt: VDMA Verlag.
- Bertalanffy, L. von (1949). Zu einer allgemeinen Systemlehre. In: K. Bleicher (Hrsg.) (1972). *Organisation als System* (31-45). Wiesbaden: Gabler Verlag.

- Bichlmaier, C. (2000). Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Produktentwicklungsprozessen. In: U. Lindemann (Hrsg.). Reihe Produktentwicklung München (39). München: Herbert Utz Verlag. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Bogaschewsky, R. & Rollberg, R. (1998). *Prozeßorientiertes Management*. Berlin: Springer-Verlag.
- Brandenburg, F. (2002). Methodik zur Planung technologischer Produktinnovationen. In: W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer & M. Weck (Hrsg.). Berichte aus der Produktionstechnik (7/2002). Aachen: Shaker Verlag. Zugl.: Dissertation. RWTH Aachen.
- Braun, T. E. (2005). Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld. In: U. Lindemann (Hrsg.). Reihe Produktentwicklung München (60). München: Dr. Hut. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: Wiley.
- Cooper, R. G. (2002). *Top oder Flop in der Produktentwicklung*. Weinheim: Wiley.
- Daenzer, W. F. & Huber, F. (Hrsg.) (2002). *Systems Engineering* (11. durchges. Auflage). Zürich: Verlag Industrielle Organisation.
- Demers, M. T. (2000). Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen. In: U. Lindemann (Hrsg.). Reihe Produktentwicklung München (40). München: Dr. Hut. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Dobberkau, K. (2002). Aufgabenorientierte Methodenanpassung in der Produktentwicklung am Beispiel des Qualitätsmanagements. In: G. Warnecke (Hrsg.). FBK Produktionstechnische Berichte (41). Kaiserslautern: Universität Kaiserslautern. Zugl.: Dissertation. Universität Kaiserslautern.
- Dörner, D. (1987). *Problemlösen als Informationsverarbeitung* (3. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer-Verlag.
- Dörner, D. (1989). *Die Logik des Misslingens*. Reinbek: Rowohlt Verlag.
- Dörner, D. (1994a). Gruppenverhalten beim Konstruktionsprozess. In: VDI (Hrsg.). VDI-Berichte 1120 (27-37). Düsseldorf: VDI Verlag.
- Dörner, D. (1994b). Gedächtnis und Konstruieren. In: G. Pahl (Hrsg.). *Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren. Ergebnisse des Ladenburger Diskurses vom Mai 1992 - Oktober 1993* (150-160). Köln: Verlag TÜV Rheinland.

- Dörner, D. (1995). Konstruktion und Intuition. In: VDI (Hrsg.). VDI-Berichte 1169 (1-10). Düsseldorf: VDI Verlag.
- Dörner, D. (1998). Thought and Design. In: E. Frankenberger, P. Badke-Schaub, & H. Birkhofer (Hrsg.). *Designers* (3-11). Berlin: Springer-Verlag.
- Dörner, D. (1999). *Approaching design thinking research*. Amsterdam: Elsevier.
- Dörner, D., Kreuzig H. W., Reither, F. & Stäudel, T. (1983). *Lohhausen*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Dörner, D. & Wearing, A.T. (1995): Complex Problem Solving. In: J. Funke & P. Frensch (Hrsg.). *Complex Problem Solving* (65-99). New Jersey: Erlbaum.
- Dorf, R. C. & Bishop, R. H. (2006). *Moderne Regelungssysteme* (10. überarb. Auflage). München: Pearson Studium.
- Dylla, N. (1991). Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren. In: K. Ehrlenspiel (Hrsg.). Reihe Konstruktionstechnik München (5). München: Carl Hanser Verlag. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Ehrlenspiel, K. (2003). *Integrierte Produktentwicklung* (2. überarb. Auflage). München: Carl Hanser Verlag.
- Ehrlenspiel, K., Kiewert, A. & Lindemann, U. (2003). *Kostengünstig entwickeln und konstruieren* (4. bearb. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Engelbrecht, A. (2001). Biokybernetische Modellierung adaptiver Unternehmensnetzwerke. In: VDI (Hrsg.). Fortschritt-Berichte VDI (16) Nr. 137. Düsseldorf: VDI Verlag. Zugl.: Dissertation. Universität Hannover.
- Eversheim, W. (1995). *Prozessorientierte Unternehmensorganisation*. Berlin: Springer-Verlag.
- Eversheim, W. (Hrsg.) (2003). *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Berlin: Springer-Verlag.
- Eversheim, W. & Schuh, G. (Hrsg.) (2005). *Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung*. Berlin: Springer-Verlag.
- Fellbaum, C. (Hrsg.) (1998). *WordNet: An Electronic Lexical Database*. Cambridge: MIT Press.

- Franke, H.-J. (1975). Methodische Schritte beim Klären konstruktiver Aufgabenstellungen. *Konstruktion*, 27, 395-402.
- Franke, H.-J. (2007). Holistic Methods in Product Development. In: F.-L. Krause (Hrsg.). *The Future of Product Development. Proc. of the 17th CIRP Design Conference* (185-195), 26.-28. März 2007, Berlin. Berlin: Springer-Verlag.
- Franke, H.-J., Löffler, S. & Deimel, M. (2003). The database "Methodos" assists an effective application of design methods. In: A. Folkesson, K. Gralen, M. Norell & U. Sellgren (Hrsg.). *Research for Practice. Proc. of the 14th International Conference on Engineering Design ICED 2003* (1-10), CD-ROM, 19.-21. August 2003, Stockholm. Stockholm: Design Society.
- Franke, H.-J. & Deimel, M. (2004). Selecting and combining methods for complex problem solving within the design process. In: D. Marjanović (Hrsg.). *Proc. of the DESIGN 2004. 8th International Design Conference* (213-218), 18.-21. Mai 2004, Dubrovnik. Glasgow: Design Society.
- Freisleben, D. (2001). Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell. In: S. Vajna (Hrsg.). *Integrierte Produktentwicklung* (2). Magdeburg: Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik. Zugl.: Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Fricke, G. (1993). Konstruieren als flexibler Problemlöseprozess. In: VDI (Hrsg.). *Fortschritt-Berichte VDI* (1) Nr. 227. Düsseldorf: VDI Verlag. Zugl.: Dissertation. TU Darmstadt.
- Gaitanides, M., Scholz, R. & Vrohling, A. (1994). Prozeßmanagement. In: M. Gaitanides, R. Scholz, A. Vrohling, M. Raster (Hrsg.). *Prozeßmanagement* (1-19). München: Carl Hanser Verlag.
- Gausemeier, J., Ebbesmeyer, P. & Kallmeyer, F. (2001). *Produktinnovation*. München: Carl Hanser Verlag.
- Gerst, M. (2002). Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung. In: U. Lindemann (Hrsg.). *Reihe Produktentwicklung München* (52). München: Dr. Hut. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Giapoulis, A. (1998). Modelle für effektive Konstruktionsprozesse. In: U. Lindemann (Hrsg.). *Reihe Konstruktionstechnik München* (27). Aachen: Shaker Verlag. Zugl.: Dissertation. TU München.

- Goldhahn, H. (1978). Beitrag zur Verallgemeinerung wirkpaarungstechnischer Zusammenhänge. Dissertation. TU Dresden.
- Gomez, P. (1981). *Modelle und Methoden des systemorientierten Managements*. Bern: Verlag Paul Haupt.
- Goos, G. & Aßmann, U. (1998). Systematic Software Construction. In: H. Grabowski, S. Rude & G. Grein (Hrsg.). *Universal Design Theory* (91-101). Aachen: Shaker Verlag.
- Haider & Paral, T. (2004). Das prozessorientierte Wissensmanagement-Werkzeug. In: H. Grabowski & T. Paral (Hrsg.). *Erfolgreich Produkte entwickeln* (79-93). Stuttgart: LOG_X Verlag.
- Hall, A. D. (1962). *A methodology for systems engineering*. Princeton: van Nostrand.
- Helbig, D. (1994). Entwicklung produkt- und unternehmensorientierter Konstruktionsleitsysteme. In: W. Beitz (Hrsg.). *Schriftenreihe Konstruktionstechnik* (30). Zugl.: Dissertation. TU Berlin.
- Herstatt, C. & Verworn, B. (Hrsg.) (2003). *Management der frühen Innovationsphasen*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Hubka, V. (1973). *Theorie der Maschinensysteme*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hubka, V. (1984). *Theorie technischer Systeme* (2. völlig neubearb. u. erw. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Hubka, V. & Eder, W. E. (1992). *Einführung in die Konstruktionswissenschaft*. Berlin: Springer-Verlag.
- Klaus, G. & Liebscher, H. (Hrsg.) (1976). Wörterbuch der Kybernetik (4. völlig überarb. Auflage). Berlin: Dietz Verlag.
- Kleinschmidt, E. J., Geschka, H. & Cooper, R. G. (1996). *Erfolgsfaktor Markt*. Berlin: Springer-Verlag.
- Klimesch, C. & Paral, T. (2004). Prozesse, Wissen und Methoden verknüpfen. In: H. Grabowski & T. Paral (Hrsg.). *Erfolgreich Produkte entwickeln* (29-50). Stuttgart: LOG_X Verlag.
- Knothe, K. & Wessels, H. (1999). *Finite Elemente* (3. überarb. u. erw. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.

- Koller, R. (1998). *Konstruktionslehre für den Maschinenbau* (4. neubearb. u. erw. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Krumhauer, P. (1974). Rechnerunterstützung für die Konzeptphase der Konstruktion. Dissertation. TU Berlin.
- Lindemann, U. (2005). *Methodische Entwicklung technischer Produkte*. Berlin: Springer-Verlag.
- Löffler, S. & Jagusch, B. (2004). „Methodos“ - ein Methodenbaukasten zur effizienten Produktentwicklung. In: S. Zelewski & A. Alparslan (Hrsg.). *Industrieerprobte Lösungen und Werkzeuge für Produktentwicklung, Engineering und Kompetenzmanagement. Proc. zum Abschlussworkshop der Verbundprojekte GINA, KoEffizient und KOWIEN* (175-188), 5.-6. Oktober 2004, Braunschweig.
- Lüer, G. & Spada, H. (1990). Denken und Problemlösen. In: H. Spada (Hrsg.). *Lehrbuch Allgemeine Psychologie* (189-280). Bern: Verlag Hans Huber.
- Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Luhmann, N. (2002). *Einführung in die Systemtheorie*. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme Verlag.
- Marca, D. A. & McGowan, C. L. (1987). *SADT*. New York: McGraw-Hill.
- Meißner, M., Gericke, K., Gries, B. & Blessing, L. (2005). Eine adaptive Produktentwicklungsmethodik als Beitrag zur Prozessgestaltung in der Produktentwicklung. In: H. Meerkamm (Hrsg.). *Design for X. Beiträge zum 16. Symposium* (67-76), 13.-14. Oktober 2005, Neukirchen.
- Meißner, M. & Blessing, L. (2006a). Defining an adaptive product development methodology. In: D. Marjanović (Hrsg.). *Proc. of the DESIGN 2006. 9th International Design Conference* (69-78), 15.-18. Mai 2006, Dubrovnik. Glasgow: Design Society.
- Meißner, M. & Blessing, L. (2006b). Eine Vorgehensweise zur projektspezifischen Gestaltung eines methodenunterstützten Produktentwicklungsprozesses. In: H. Meerkamm (Hrsg.). *Design for X. Beiträge zum 17. Symposium* (51-60), 12.-13. Oktober 2006, Neukirchen.
- Miller, G. A., Galanter, E. & Pribram, K. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rhinehart & Winston.

- Müller, J. (1970). *Grundlagen der Systematischen Heuristik*. Berlin: Dietz Verlag.
- Müller, J. (1990). *Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften*. Berlin: Springer-Verlag.
- Naumann, T. (2006). Adaptive Systemmanagement. In: S. Vajna (Hrsg.). *Integrierte Produktentwicklung (6)*. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität. Zugl.: Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Negele, H. (1998). Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. München: Herbert Utz Verlag. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Nesges, D. (2004). Das Konzept in der Erprobung. In: H. Grabowski & T. Paral (Hrsg.). *Erfolgreich Produkte entwickeln (51-76)*. Stuttgart: LOG_X Verlag.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Ovtcharova, J., Weigt, M. & Seidel, M. (2005). Virtual Engineering. In: *Virtuelle Produkt- und Prozessentwicklung. Tagungsband 7. Magdeburger Maschinenbau-Tage (9-14)*, 11.-12. Oktober 2005, Magdeburg. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K. H. (2005). *Konstruktionslehre (6. Auflage)*. Berlin: Springer-Verlag.
- Patzak, G. (1982). *Systemtechnik*. Berlin: Springer-Verlag.
- Pleschak, F. & Sabisch, H. (1996). *Innovationsmanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Ponn, J. & Lindemann, U. (2005). Characterization of design situations and processes and a process module set for product development. In: A. Samuel & W. Lewis (Hrsg.). *Engineering Design and the global economy. Proc. of the 15th International Conference on Engineering Design ICED 2005 (1-15)*, CD-ROM, 15.-18. August 2005, Melbourne. Barton ACT: The Institution of Engineers Australia.
- Ponn, J. & Lindemann, U. (2006a). Systematisches Vorgehen und gezielter Methodeneinsatz unter Berücksichtigung der Entwicklungssituation. In: H. Meerkamm (Hrsg.). *Design for X. Beiträge zum 17. Symposium (69-80)*, 12.-13. Oktober 2006, Neukirchen.

- Ponn J. & Lindemann, U. (2006b). What information can we extract from the documentation of student design projects? In: D. Marjanović (Hrsg.). *Proc. of the DESIGN 2006. 9th International Design Conference* (1211-1220), 15.-18. Mai 2006, Dubrovnik. Glasgow: Design Society.
- Probst, G. J. B. (1991). Was also macht eine systemorientierte Führungskraft als Vertreter des "vernetzten Denkens"? In: G. J. B. Probst & P. Gomez (Hrsg.). *Vernetztes Denken* (2. erw. Auflage) (331-340). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Probst, G. J. B. & Gomez, P. (1991a). Die Methodik des vernetzten Denkens zur Lösung komplexer Probleme. In: G. J. B. Probst & P. Gomez (Hrsg.). *Vernetztes Denken* (2. erw. Auflage) (3-20). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Probst, G. J. B. & Gomez, P. (1991b) (Hrsg.). *Vernetztes Denken* (2. erw. Auflage). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Pulm, U. (2004). Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung. In: U. Lindemann (Hrsg.). *Reihe Produktentwicklung München* (56). München: Dr. Hut. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Rapp, T. (1999). Produktstrukturierung. Wiesbaden: Gabler Verlag. Zugl.: Dissertation. Universität St. Gallen.
- Reinhart, G., Lindemann, U. & Heinzl, J. (1996). *Qualitätsmanagement*. Berlin: Springer-Verlag.
- Rittel, H. W. J. & Webber, M. M. (1973). Planning Problems are Wicked Problems. In: N. Cross (1984) (Hrsg.). *Developments in Design Methodology* (135-144). Chichester: Wiley.
- Rodenacker, W. G. (1984). *Methodisches Konstruieren* (3. überarb. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Römer, A. (2002). Unterstützung des Design Problem Solving. Dissertation. TU Dresden.
- Rozenburg, N. F. M. (2002). Defining synthesis. In: A. Chakrabarti (Hrsg.). *Engineering Design Synthesis* (3-18). Berlin: Springer-Verlag.
- Ropohl, G. (1975). Einleitung in die Systemtechnik. In: G. Ropohl (Hrsg.). *Systemtechnik* (1-77). München: Carl Hanser Verlag.
- Ropohl, G. (1999). *Allgemeine Technologie* (2. Auflage). München: Hanser Verlag.

- Roth, K. (1994). *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Bd. 2. Kataloge* (2. erw. u. neu gest. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Roth, K. (2000). *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Bd. 1. Konstruktionslehre* (3. erw. u. neu gest. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Saak, M. (2006). Entwicklung eines Konzeptes und eines Prototypen für ein rechnergestütztes Werkzeug zum effizienten Einsatz der Problemlösungsmethodik „SPALTEN“. In: A. Albers (Hrsg.). *Forschungsberichte des Instituts für Produktentwicklung* (23). Zugl.: Dissertation: Universität Karlsruhe (TH).
- Sachse, P. & Hacker, W. (1995). Wie denkt, handelt der Konstrukteur? *Forschungsberichte der TU Dresden, Institut für Allgemeine Psychologie und Methoden der Psychologie*, Bd. 24.
- Sage, A. P. (1992). *Systems Engineering*. Chichester: Wiley.
- Sage, A. P. & Rouse, W. B. (1999). An Introduction to Systems Engineering and Systems Management. In: A. P. Sage & W. B. Rouse (Hrsg.). *Handbook of Systems Engineering and Management* (1-58). Chichester: Wiley.
- Scharer, M. (2001). Quality Gates mit integriertem Risikomanagement. Dissertation. Universität Karlsruhe (TH).
- Schuh, G. (1989). Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten. Dissertation. RWTH Aachen.
- Schwitzer, R. (1998). Kontrolliertes Englisch für Anforderungsspezifikationen. Dissertation. Universität Zürich.
- Seidel, M. (2005). Methodische Produktplanung. In: J. Ovtcharova (Hrsg.). *Reihe Informationsmanagement im Engineering Karlsruhe* (1-2005). Karlsruhe: Universitätsverlag. Zugl.: Dissertation. Universität Karlsruhe (TH).
- Simonek, R. (1974). Ein Beitrag zur Ermittlung der Speziellen Funktionsstruktur in der Konstruktion. Dissertation. TU Braunschweig.
- Spath, D., Dill, C. & Scharer, M. (2001). Der Referenzprozess „Vom Markt zum Produkt“ für verschiedene Unternehmenstypen. In: D. Spath (Hrsg.). *Vom Markt zum Produkt* (51-61). Stuttgart: LOG_X Verlag.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Berlin: Springer-Verlag.

- Tegel, O. (1996). Methodische Unterstützung beim Aufbau von Produktentwicklungsprozessen. In: W. Beitz (Hrsg.). Schriftenreihe Konstruktionstechnik (35). Zugl.: Dissertation. TU Berlin.
- Vahs, D. & Burmester, R. (2005). *Innovationsmanagement* (3. überarb. Auflage). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Vester, F. (2000). *Die Kunst, vernetzt zu denken* (5. Auflage). Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Wach, J. J. (1994). Problemspezifische Hilfsmittel für die integrierte Produktentwicklung. In: U. Lindemann (Hrsg.). Reihe Konstruktionstechnik München (12). München: Carl Hanser Verlag. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Walter, S. (2007). Die Elementarisierung von Produktentwicklungsmethoden - Ein Ansatz zur flexiblen Konfiguration von Methoden in Lehre und Anwendung. In: VDI (Hrsg.). Fortschritt-Berichte VDI (1) Nr. 397. Düsseldorf: VDI Verlag. Zugl.: Dissertation. TU Darmstadt.
- Weaver, W. (1948). Science and Complexity. *American Scientist*, 36, 536-544.
- Weigt, M. (2005a). Optimierung von Informationsprozessen im Anlagenengineering - Effiziente Bereitstellung von Produktdaten für automatisierungstechnische Softwarekomponenten. In: G. Zülch (Hrsg.). Informationsgerechte Prozesse für schnelle Produktionsanläufe. Tagungsunterlagen zum Abschlusskolloquium des Transferbereichs 48 „Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen“ (47-55), 15. Februar 2005, Karlsruhe.
- Weigt, M. (2005b). An information-centred approach to the development and implementation of design methods. In: A. Samuel & W. Lewis (Hrsg.). *Engineering Design and the global economy. Proc. of the 15th International Conference on Engineering Design ICED 2005* (1-14), CD-ROM, 15.-18. August 2005, Melbourne. Barton ACT: The Institution of Engineers Australia.
- Weigt, M. (2006a). The concept of functions and information conversion in software - Design method adaptation in an industrial context. In: D. Marjanović (Hrsg.). *Proc. of the DESIGN 2006. 9th International Design Conference* (401-408), 15.-18. Mai 2006, Dubrovnik. Zagreb: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture. Glasgow: Design Society.

- Weigt, M. (2006b). Komplexität als Herausforderung an die Entwicklung von Ingenieurmethoden - Problemanalyse und Lösungsansatz. In: H. Meerkamm (Hrsg.). *Design for X. Beiträge zum 17. Symposium* (199-210), 12.-13. Oktober 2006, Neukirchen.
- Weigt, M. (2007). Implications of complexity in early stages of innovation processes for the definition of heuristic engineering methods. In: F.-L. Krause (Hrsg.). *The Future of Product Development. Proc. of the 17th CIRP Design Conference* (135-144), 26.-28. März 2007, Berlin. Berlin: Springer-Verlag.
- Weigt, M., Djordjevic, Z., Drumm, O. & Döbrich, U. (2006). Elektronisches Datenblatt für Softwarebausteine. *atp*, 48 (1), 48-55.
- Weigt, M. & Seidel, M. (2004). Systematic process engineering and its application in product planning. In: *Proc. of the 5th Integrated Product Development Workshop IPD 2004* (1-9), CD-ROM, 22.-24. September 2004, Schönebeck/Bad Salzelmen b. Magdeburg.
- Weigt, M. & Seidel, M. (2005). Methodical support of the Fuzzy Front End of the innovation process and implications for software engineering. In: N. León & J. Ovtcharova (Hrsg.). *Trends in Computer Aided Innovation. Proc. of the 1st IFIP Working Conference on Computer Aided Innovation* (18-30), CD-ROM, 14.-15. November 2005, Ulm.
- Wenzel, S. (2003). Organisation und Methodenauswahl in der Produktentwicklung. München: Herbert Utz Verlag. Zugl.: Modellbasierte Dekomposition und Integration zur Entwicklung soziotechnischer Systeme. Dissertation. TU München.
- Zanker, W. (1999). Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden. In: U. Lindemann (Hrsg.). Reihe Konstruktionstechnik München (36). Aachen: Shaker Verlag. Zugl.: Dissertation. TU München.
- Zwicky, F. (1971). *Entdecken, Erfinden, Forschen*. München: Droemer Knauer Verlag.

Richtlinien und Normen:

- IEC 61804-2. *Function blocks for process control. Part 2: Specification*. (2000)
- IEEE Std. 610.12-1990. *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. (1990)
- IEEE Std. 1320.1-1998. *IEEE Standard for Functional Modeling Language*. (1998)

ISO 9000:2000. *Qualitätsmanagementsysteme; Grundlagen und Begriffe*. (Dezember 2000)

ISO 9001:2000. *Qualitätsmanagementsysteme; Anforderungen*. (Dezember 2000)

ISO 10303-11. *Product data Representation and Exchange. Part 11: Description Methods. The EXPRESS Language Reference Manual*. (1994)

VDA 4.3. *Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Bd. 4.3. Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz*. (April 1998)

VDA 12. *Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Bd. 12. Prozessorientierung*. (2002)

VDI 2206. *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. (Juni 2004)

VDI 2220. *Produktplanung*. (Mai 1980)

VDI 2221. *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. (Mai 1993)

VDI 2222. *Konstruktionsmethodik. Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien*. (Juni 1997)

Anhang A: Glossar

AUFGABE (S. 12)

Situation, die durch einen unerwünschten Anfangszustand und einen erwünschten Endzustand gekennzeichnet ist, wobei zwischen diesen Zuständen eine Differenz besteht, zu deren Reduktion beim verantwortlichen Bearbeiter im jeweiligen Zeitpunkt die Voraussetzungen zur Lösung gegeben sind (Müller, 1990, S. 10).

AUFGABENSTELLUNG (S. 12)

Die Gesamtheit der Informationen, die einem Bearbeiter vorgegeben oder bekannt geworden sind, und die einen Aufgaben- oder Problemsachverhalt im Zusammenhang mit bestehenden Interessen ausdrücken (Müller, 1990, S. 145).

ALGORITHMISCHE METHODE (S. 21)

Endliche geordnete Menge von Vorschriften, die, adäquat angewendet, nach endlich vielen Operationen das anzustrebende Ergebnis sicher erreichen oder begründen lässt, dass abubrechen ist (Müller, 1990, S. 22).

ANALYSE (S. 9)

Typ von Aufgabenstellung, bei gegebener oder feststellbarer Struktur eines Systems dessen Verhalten zu ermitteln (Hubka, 1984, S. 16).

AUSPRÄGUNG (S. 6)

Qualitativ oder quantitativ bestimmbarer Wert, den ein Objekt in Bezug auf eine bestimmte Eigenschaft aufweist.

BLACK-BOX-PROBLEM (S. 10)

Typ von Aufgabenstellung, bei nicht oder nur teilweise bekannter Struktur eines Systems dessen Verhalten zu ermitteln und gegebenenfalls aus dem Verhalten die Struktur zu bestimmen (Hubka, 1984, S. 17).

DIALOG (S. 22)

Mehr oder weniger implizite Einbettung einer Methode in einen Arbeitsablauf mit einem Rechner, so dass die Anwendung der Methode vom Bearbeiter insofern erzwungen wird, als er anders im Dialog nicht zum Zuge kommen kann (Müller, 1990, S. 25).

EIGENSCHAFT (S. 6)

Aspekt eines Objekts, bezüglich dessen eine Beschreibung des Objekts und dessen Unterscheidung von anderen Objekten möglich sind.

ELEMENT (S. 5)

Bestandteil eines Systems, der innerhalb der gewählten Beschreibungsebene in seiner Struktur nicht weiter differenziert wird (Müller, 1990, S. 58).

EPISTEMISCHE STRUKTUR (S. 15)

Informationen über Sachverhalte des Realitätsbereichs und Kenntnisse über die Operatoren, mit deren Hilfe Sachverhalte umgewandelt werden können (Dörner, 1987, S. 26).

FUNKTION (S. 8)

Gewollter Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang eines Systems mit dem Ziel, eine Aufgabe zu erfüllen (Pahl u. a., 2005, S. 42).

HANDLUNGSSYSTEM (S. 48)

In ingenieurtechnischer Sichtweise ein soziotechnisches System, welches aus einer gewissen Anzahl von Menschen bzw. Gruppen von Menschen besteht, die unter Nutzung von technischen Einrichtungen zusammenwirken, um Zielsystemen entsprechende Sachsysteme hervorzubringen (Ropohl, 1975, S. 45).

HARDWARE (S. 26)

Materielle Teile eines Computersystems (Balzert, 2005, S. 30), die benutzt werden, um Computerprogramme oder Daten zu verarbeiten, zu speichern oder zu übertragen (ANSI/IEEE Std. 610.12-1990, S. 36).

HEURISTISCHE METHODE (S. 22)

Endliche geordnete Menge von Vorschriften, die, adäquat angewendet, das anzustrebende Ergebnis zwar nicht sicher erreichen lässt, aber bewirkt, dass der Bearbeitungsprozess zielstrebig, sicherer bzw. effektiver abläuft (Müller, 1990, S. 22).

HEURISTISCHE STRUKTUR (S. 16)

Gesamtmenge von Verfahren zur Entwicklung von Operatoren zur Transformation eines gegebenen Sachverhalts in einen gesuchten, sowie die Organisation dieser Verfahren im Gedächtnis eines Bearbeiters (Dörner, 1987, S. 27).

HILFSMITTEL (S. 25)

Hilfsmittel für die Bearbeitung einer Aufgabenstellung ist, was im Rahmen einer Methode die Bearbeitung dieser Aufgabenstellung unmittelbar unterstützt, sofern für diese Unterstützungswirkung mindestens eine stoffliche Komponente außerhalb des Bearbeiters erforderlich ist.

INFORMATION (S. 12)

Von einer Zeichenmenge getragener Inhalt, d. h. im Kontext interpretierte Daten oder Signale (in Anlehnung an DIN 44300).

KLASSIFIZIERUNG (S. 9)

Der Vorgang des Ordnen von Objekten in Gruppen (Klassen) aufgrund hinreichend ähnlicher Ausprägungen bestimmter gewählter Eigenschaften.

KOMPLEXITÄT (S. 10)

Im engeren Sinn Eigenschaft eines Systems, deren Ausprägung aus der Art und Anzahl der Elemente und der Art und Anzahl der Relationen des Systems resultiert. Im weiteren Sinn Eigenschaft einer Handlungssituation, deren Ausprägung zum einen aus der Komplexität im engeren Sinn des Systems, mit dem der Handelnde konfrontiert ist, und zum anderen aus weiteren situativen Merkmalen wie insbesondere Dynamik, Intransparenz sowie Unkenntnis und falschen Hypothesen resultiert (in Anlehnung an Dörner, 1989, S. 59 ff. und Hall, 1962, S. 5).

KONSTRUIEREN (S. 25)

Gesamtheit aller Tätigkeiten, mit denen - ausgehend von einer Aufgabenstellung - die zur Herstellung und Nutzung eines Produkts notwendigen Informationen erarbeitet werden und die in der Festlegung der Produktdokumentation enden. Diese Tätigkeiten schließen die vormaterielle Zusammensetzung der einzelnen Funktionen und Teile eines Produkts, den Aufbau zu einem Ganzen und das Festlegen aller Einzelheiten ein (VDI 2221, S. 40).

KONZEPTIONELLES METHODENSHEMA (S. 121)

Funktionsorientiert in Bezug auf ihre beabsichtigte Wirkung im Rahmen der Handhabung informativeller Komplexität formulierte Methode.

MENGE (S. 5)

Eine Zusammenfassung von bestimmten Objekten der Anschauung oder des Denkens, den Elementen der Menge, zu einem Ganzen (Hubka, 1984, S. 11).

MERKMAL (S. 6)

Beschaffenheit eines (materiellen oder immateriellen) Objekts in Bezug auf einen bestimmten Aspekt. Ein Merkmal ergibt sich daraus, dass ein Objekt bezüglich einer bestimmten Eigenschaft eine bestimmte Ausprägung aufweist.

META-METHODE (S. 34)

Methode, deren beabsichtigte Operationsfolge die Definition einer Methode ist.

METHODE (S. 19)

Menge von Vorschriften, deren Ausführung den Vollzug einer als zweckmäßig erachteten Operationsfolge unter gegebenen Bedingungen hinreichend sicherstellt (Müller, 1990, S. 17).

METHODIK (S. 20)

Im weiteren Sinne das Teilgebiet einer einzelnen bzw. einer Klasse wissenschaftlicher Disziplinen, das sich analytisch und entwickelnd mit dem Methodengefüge des jeweiligen Fachgebiets befasst. Im

engeren Sinne das Ergebnis solcher Tätigkeit, das fachspezifische System adäquater Methoden (Müller, 1990, S. 17).

METHODOLOGIE (S. 20)

Wissenschaftlich fundierte Untersuchung von Methoden und Methodensystemen, nach denen in gegebenen Wissenschaftsgebieten gearbeitet wird (Müller, 1990, S. 2).

MODELL (S. 6)

Ein Modell ist eine Abbildung eines natürlichen oder künstlichen Originals, welches selbst wiederum ein Modell sein kann (Stachowiak, 1973, S. 131).

OPERATION (S. 13)

Konkrete Ausführung eines Operators, d. h. eine der meist zahlreichen Realisierungsmöglichkeiten eines Operators (Dörner, 1987, S. 15 f.).

OPERATOR (S. 13)

Allgemeine Form einer Handlung, die einen Sachverhalt in einen anderen Sachverhalt transformiert (Dörner, 1987, S. 15 f.).

PRINZIP (S. 23)

Verbale Benennung, mittels derer ein als versiert angenommener Bearbeiter in seinem Verhalten angestoßen, orientiert, gerichtet, umstrukturiert bzw. aufgelockert werden soll (Müller, 1990, S. 25).

PROBLEM (S. 12)

Situation, die durch einen unerwünschten Anfangszustand, einen erwünschten Endzustand und eine Barriere gekennzeichnet ist, welche die Transformation des einen Zustands in den anderen im jeweiligen Zeitpunkt verhindert (Dörner, 1987, S. 10).

PRODUKT (S. 97)

Ergebnis eines Prozesses (ISO9000:2000, S. 23).

PROGRAMM (S. 26)

Eine Kombination von Computerbefehlen und Datendefinitionen, mittels derer von Computerhardware berechnende oder steuernde Funktionen erfüllt werden können (ANSI/IEEE 610.12-1990, S. 19).

PROGRAMMABLAUFPLAN (S. 22)

Vorzugsweise sequenzielle Anordnung von Hinweisen, Regeln, Vorschriften oder Befehlen unter Verwendung eines mehr oder weniger strikt vereinbarten allgemeingültigen Symbolvorrats, evtl. Verzweigungen und Schleifen beinhaltend (Müller, 1990, S. 24).

PROZESS (S. 20)

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt (ISO 9000:2000, S. 23).

PROZESSORIENTIERTER ANSATZ (S. 97)

Das systematische Erkennen sowie Handhaben der verschiedenen Prozesse innerhalb einer Organisation, vor allem aber der Wechselwirkungen zwischen solchen Prozessen (ISO 9000:2000, S. 10).

RELATION (S. 5)

Beziehung, die zwischen Elementen einer Struktur besteht (Müller, 1990, S. 59).

SACHSYSTEM (S. 48)

In ingenieurtechnischer Sichtweise ein konkretes, d. h. objektiv in der empirisch fassbaren Welt vorkommendes System, welches künstlich ist, d. h. vom Menschen gestaltet (Ropohl, 1975, S. 34).

SCHABLONE (S. 23)

Anordnung von Zeichen (Namen, Ikone, Symbole) in einer geläufigen ganzheitlichen Konfiguration (Formular, Muster, Formel), so dass der Bearbeiter sie auf den konkreten Anwendungsfall anwenden und interpretieren kann und so zum zweckentsprechenden Einsatz von Prozeduren angeleitet, veranlasst oder gezwungen wird (Müller, 1990, S. 25).

STRUKTUR (S. 5)

Menge von Elementen eines Systems und von den die Elemente miteinander verbindenden Relationen (Hubka, 1984, S. 13).

SYNTHESE (S. 9)

Typ von Aufgabenstellung, eine Struktur eines Systems zu entwerfen, die ein gewünschtes Verhalten zu erfüllen vermag (Hubka, 1984, S. 16).

SYSTEM (S. 5)

Menge von Elementen, die durch Relationen miteinander verknüpft sind. Ein System steht über Ein- und Ausgangsgrößen mit seiner Umgebung in Beziehung, von welcher es durch eine Systemgrenze abgegrenzt ist (Daenzer & Huber, 2002, S. 5 f.).

SYSTEMS ENGINEERING (S. 43)

Eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Wegleitung zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme (Daenzer & Huber, 2002, S. XVIII).

UMGEBUNG (S. 5)

Umgebung eines Systems S ist im weiten Sinne die Menge aller Phänomene, die nicht Teil des Systems S sind. Im engen Sinne die Gesamtheit aller Systeme, die mindestens ein Element enthalten, dessen Output ein Input eines Elements des Systems S ist, oder die mindestens ein Element umfassen, dessen Input ein Output eines Elements des Systems S ist (Hubka, 1984, S. 13).

VERHALTEN (S. 8)

Gesamtheit der charakteristischen Reaktionen, die an einem System bei gegebenem Zustand unter gegebenen Einwirkungen zu beobachten sind (Müller, 1990, S. 57).

ZIELSYSTEM (S. 48)

In ingenieurtechnischer Sichtweise eine geordnete Menge von Zielvorstellungen, d. h. zueinander in bestimmten Beziehungen stehende Bewusstseinsinhalte bezüglich Zielvorgaben an die Ingenieurtaetigkeit, die aus dem Handlungssystem oder dessen Umgebung resultieren koennen (Ropohl, 1975, S. 33 und S. 58).

ZUSTAND (S. 8)

Teilmenge der aus der Vorgeschichte bedingten Menge von Merkmalen eines Systems, die fuer das Verstaendnis bzw. fuer die Beherrschung seines Verhaltens in gegebener Situation ueber ein endliches Zeitintervall relevant sind (MueLLer, 1990, S. 59).

Anhang B: Alternative Begriffsdefinitionen

B.1 Komplexität

Ehrlenspiel (2003, S. 31) betrachtet den Begriff der Komplexität zum einen im engen Sinne als Eigenschaft technischer Systeme. Die Komplexität eines technischen Systems ist abhängig von Art und Unterschiedlichkeit der Elemente (Varietät) und der Art und Vielfalt der Relationen zwischen den Elementen (Vernetztheit, Konnektivität) des Systems. Die Komplexität ist demnach eine objektiv messbare Eigenschaft eines Systems, die aus Parametern berechnet werden kann, die zur Beschreibung des Systems benutzt werden. Von der Komplexität eines technischen Systems wird in dieser Darstellung die Kompliziertheit als subjektive Schwierigkeit bei der Behandlung von technischen Systemen unterschieden. Zum anderen betrachtet Ehrlenspiel (2003, S. 49 f.) Komplexität als ein Objektmerkmal von Problemen und spricht in diesem Falle von der sog. *Objektkomplexität*. Die Objektkomplexität wird als hauptursächlich für die sachliche Problemschwierigkeit (Kompliziertheit) angesehen. Als Einflussfaktoren auf die Objektkomplexität werden die Anzahl der Variablen, die Vernetztheit der variablen Parameter, die Unklarheit bezüglich der Eigenschaften des Systems oder der Situation (Intransparenz) sowie die Veränderung eines Systems ohne äußeres Zutun (Eigendynamik) genannt.

Gausemeier u. a. (2001, S. 81) bezeichnen als Komplexität das Zusammentreffen von *Vielfalt* und *Dynamik*. Dies erfolgt in Bezug auf ein aus dem Unternehmen und seiner Umwelt gemeinsam gebildetes Gesamtsystem. Ähnlich grenzt auch Engelbrecht komplexe Systeme von lediglich komplizierten dadurch ab, dass die Interaktion ebenfalls stark verknüpfter Einflussgrößen sich „zusätzlich laufend verändert“ (2001, S. 32).

Gomez (1981, S. 15 f.) unterscheidet nach (Weaver, 1948) einfache Probleme, Probleme unorganisierter Komplexität und Probleme organisierter Komplexität. *Einfache Probleme* sind durch eine geringe Anzahl von Elementen und Beziehungen zwischen diesen Elementen gekennzeichnet. *Probleme unorganisierter Komplexität* weisen eine Vielzahl von Elementen und eine weitgehende Zufallsbestimmtheit der Interaktion dieser Elemente auf (Weaver, 1948, S. 537 f.). Der Ansatz fokussiert *Probleme organisierter Komplexität*, die durch eine relativ große Anzahl von Elementen und Beziehungen zwischen diesen Elementen charakterisiert sind, die ein „organic whole“ (Weaver, 1948, S. 539) bilden. Diese Art von Problemen lässt sich wegen der Vielzahl von Elementen und Relationen nicht analytisch, und wegen der Individualität der Elemente und Relationen nicht statistisch bearbeiten. An anderer Stelle (Probst & Gomez, 1991a, S. 7) wird die Komplexität einer Situation als aus Systemstruktur und Dynamik resultierend beschrieben (vergl. Probst, 1991, S. 335).

Müller (1990, S. 6 f.) diskutiert die Begriffe Komplexität und Kompliziertheit vor dem Hintergrund von Wirkpaarungen nach (Goldhahn, 1978) als relativ elementarer Glieder jedes technischen Verfahrens. Als *kompliziert* wird ein System bezeichnet, welches aus einer Menge von Wirkpaarungen und dazu erforderlicher Mittel besteht. *Komplex* ist ein System, wenn die Elemente dieser Menge von Wirkpaarungen mehr oder weniger stark relational gekoppelt sind. Als Kopplung wird in Abgrenzung von einer räumlich anordnenden Beziehung eine funktionelle, logische, zeitliche Beziehung verstanden (Müller, 1990, S. 59).

Negele (1998, S. 10 ff.) fokussiert bezüglich der Komplexität von technischen Systemen die Auswirkung von hoher Komplexität und bezeichnet Komplexität als ein „Maß für die Schwierigkeit beim Umgang [...] mit dem System“ (Negele, 1998, S. 14). Als relevante Einflussgrößen auf die Systemkomplexität werden beispielsweise Varietät von Elementen, Relationen und Verhalten, Offenheit und Dynamik des Systems, Emergenz von Systemeigenschaften, Unschärfe, Art und Weise der Strukturierung und Grad der Detaillierung genannt (Negele, 1998, S. 11 f.).

Pahl u. a. (2005, S. 58) beschreiben Komplexität als ein Merkmal von Problemen. Ursächlich für Komplexität ist das Vorhandensein vieler Komponenten mit unterschiedlich starker Verknüpfung, die sich gegenseitig beeinflussen. Als weiteres Problemmerkmal wird Unbestimmtheit genannt. Diese entsteht, wenn nicht alle Anfangsbedingungen oder Zielkriterien bestimmt sind oder wenn Einflüsse von Teillösungen untereinander oder auf das Ganze nicht oder erst nach und nach überschaubar sind. Die aus der Unbestimmtheit resultierenden Schwierigkeiten verschärfen sich bei zeitlicher Änderung des Bereichs, in dem Probleme zu lösen sind.

Nach Pulm liegt ein komplexes System dann vor, wenn „aufgrund bestimmter Beschränkungen nicht mehr alle Elemente mit allen anderen verknüpft werden können und die Gesamtheit somit nicht kontrolliert werden kann“ (2004, S. 19). Als Beispiel wird ein Soziosystem genannt, in dem sich aufwandsbedingt „nicht jeder mit *allen* anderen abstimmen“ (Pulm, 2004, S. 19; Hervorhebung im Original) kann.

Fazit

Komplexität gilt in der einschlägigen Literatur weit überwiegend als Eigenschaft von Systemen. Es wird jedoch zumeist nicht explizit zwischen Systemmodell und Original differenziert. Die Konsequenz hieraus ist einerseits eine nicht hinreichende Berücksichtigung der Subjektivität der Frage, *wie* komplex ein System ist (Ausprägung der Komplexität). Zum anderen bestimmt sich dementsprechend grundsätzlich pragmatisch, *was* im Einzelfall zweckmäßig unter Komplexität zu verstehen ist. Die Uneinheitlichkeit des Komplexitätsbegriffs in der einschlägigen Literatur resultiert unmittelbar hieraus.

Von dem mit der Definition verfolgten Zweck hängt auch ab, ob in den jeweiligen Arbeiten in Ergänzung zur Komplexität explizit auch Kompliziertheit betrachtet wird, und ob eine Komplexitäts*reduktion* als möglich angesehen wird oder mit Komplexität bestenfalls zweckmäßig *umgegangen* werden kann.

Der Komplexitätsbegriff in der einschlägigen Literatur hat stets zumindest mittelbar einen Bezug zur Schwierigkeit der Beschreibung und Handhabung von Systemmodell bzw. Original. Vor diesem Hintergrund ist von Bedeutung, dass Systemmodelle immaterielle Abstraktionen sind, d. h. mentale Modelle. Mentale Modelle sind grundsätzlich nur über Beschreibungen zugänglich. Eine Beschreibung von Systemmodell bzw. Original durch Angabe einer qualifizierenden oder quantifizierenden Ausprägung der Eigenschaft Komplexität stellt folglich eine abstrakte Beschreibung des Originals dar. Diese Beschreibung gibt unter anderem wieder, wie schwierig die Beschreibung des Originals ist. Je komplexer ein System ist, desto schwieriger ist es dementsprechend auch, eine für dieses System und im konkret beabsichtigten Kontext zweckmäßige Definition des Begriffs Komplexität zu finden, d. h. einzugrenzen, woraus die Schwierigkeit der Beschreibung konkret resultiert.

B.2 Methoden und Hilfsmittel

Auf die im Rahmen der vorliegenden Arbeit genutzten Definitionen des Methodenbegriffs nach Müller (1990) wird beispielsweise auch in (Gausemeier u. a., 2001) Bezug genommen. In anderer Literatur und in der Praxis werden die Begriffe Methode und Hilfsmittel uneinheitlich und teilweise deutlich anders verwendet, und auch andere Begriffe werden zur Beschreibung dieses Gegenstandsbereichs genutzt.

Pahl u. a. bezeichnen als Methode ein „planmäßiges Vorgehen zum Erreichen eines bestimmten Ziels“ und als Methodik ein „planmäßiges Vorgehen unter Einschluss mehrerer Methoden und Hilfsmittel“ (2005, S. 750). Teil einer Methodik sind nach Pahl u. a. „Vorgehenspläne zur inhaltlichen und organisatorischen Verknüpfung von Arbeitsschritten und Konstruktionsphasen, die flexibel an die jeweilige Problemlage angepasst werden“, und eine Methodik beinhaltet die „Beachtung von generellen Zielsetzungen und die Verwirklichung von Regeln und Prinzipien (Strategien)“ (2005, S. 10). Der Begriff des Hilfsmittels wird nicht definiert. Sehr ähnlich definiert auch Ehrlenspiel eine Methode als „planmäßiges Vorgehen in einer Abfolge von Tätigkeiten zum Erreichen eines bestimmten Ziels“ (2003, S. 667). Als Methodik wird eine „planmäßige Vorgehensweise zur Erreichung eines bestimmten Ziels nach einem Vorgehensplan unter Einschluss von Strategien, Methoden, Werkzeugen und Hilfsmitteln“ (Ehrlenspiel, 2003, S. 134) bezeichnet. Methoden sind konkreter als Strategien, welche oft das Handeln bestimmende Leitideen ausdrücken. Werkzeuge werden als noch konkretere Teilmethoden oder auch als Computer-Tools verstanden. Hilfsmittel schließlich sind „körperliche Objekte zur Abwicklung der Informationsverarbeitung Entwickeln“ (Ehrlenspiel, 2003,

S. 134). Als Beispiele für Hilfsmittel werden Rechner, Zeichenbretter und Rapid-Prototyping-Maschinen genannt. An anderer Stelle werden Computer als „Gestalt gewordene Methoden“ (Ehrlenspiel, 2003, S. 135) bezeichnet.

Lindemann bezeichnet als Methode die „Beschreibung eines regelbasierten und planmäßigen Vorgehens [...], nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind“ (2005, S. 48). Methoden sind präskriptiv und zielorientiert. Eine Abgrenzung gegenüber Vorgehensmodellen oder Grundprinzipien erfolgt durch einen operativen Charakter und eine formale Beschreibung von Methoden. Unter formaler Beschreibung wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass durch die Methode nicht nur beschrieben wird, was, sondern auch wie etwas auszuführen ist (Lindemann, 2005, S. 48). Da sich das *Wie* einer Methodenausführung auf Randbedingungen des Prozesses und auf konkret auszuführende Arbeitsschritte beziehen kann, lassen sich generative und konstituierende Methoden unter den vorgeschlagenen Methodenbegriff subsumieren. Die Definition schließt als Prinzip formulierte Methoden aufgrund nicht ausreichender Konkretisierung aus. Als Methodik wird die „Kombination diverser Einzelmethoden“ (Lindemann, 2005, S. 48) bezeichnet, wobei die Kombination bereits darin bestehen kann, dass innerhalb einer Methode eine andere Methode zur Anwendung kommt. Im Ergebnis ist der vorgeschlagene Methodenbegriff „sehr weit gefasst und nicht immer klar abgrenzbar“ (Lindemann, 2005, S. 48). Werkzeuge und Tools werden begrifflich gleichgesetzt und als „Unterstützung von Methoden“ (Lindemann, 2005, S. 52) bezeichnet, die deren „Anwendung effektiver und effizienter machen sollen“ (Lindemann, 2005, S. 52). Auch der Begriff des Werkzeugs ist sehr umfassend und reicht von „einfachen Hilfsmitteln, wie zum Beispiel **Formularen**, bis hin zu komplexer Software, beispielsweise zur **Simulation** oder zu statistischen Auswertungen“ (Lindemann, 2005, S. 52; Hervorhebungen im Original).

Nach Zanker ist eine Methode „ein Hilfsmittel, das bei der *Durchführung einzelner Aktivitäten* - also Teilausschnitten des Gesamtprozesses - *unterstützend wirkt*“ (1999, S. 37; Hervorhebungen im Original). Als notwendiges Kriterium für eine Methode wird angesehen, dass diese einzelnen Aktivitäten direkt zugeordnet werden kann (Zanker, 1999, S. 38). Methoden können sowohl mehrere als auch vornehmlich nur eine Tätigkeit unterstützen (Zanker, 1999, S. 42). Methoden, die mehrere Aufgaben unterstützen, werden als „*übergeordnete Methoden*“ (Zanker, 1999, S. 43; Hervorhebung im Original) bezeichnet. Als Beispiele für übergeordnete Methoden werden die den Gesamtprozess unterstützenden Vorgehenspläne der Richtlinien VDI 2221 und VDI 2222 genannt (Zanker, 1999, S. 43). Diese Vorgehenspläne strukturieren grob die Bearbeitung von konstruktiven Aufgabenstellungen in einzelne Arbeitsschritte. Sie können insofern als allgemeingültig definierte Standardabläufe angesehen werden, die größere Bearbeitungsumfänge in Teilaufgaben strukturieren. Solche Teilaufgaben festlegende Standardabläufe wiederum werden an anderer Stelle explizit als Randbedingungen des Bearbeitungsprozesses und somit des Methodeneinsatzes angesehen und sollen

demzufolge nicht als Methoden betrachtet werden (Zanker, 1999, S. 41). Andererseits wird der Vorgehenszyklus nach (Ehrlenspiel u. a., 2003, S. 46 f.), der auf hohem Abstraktionsniveau ebenfalls eine allgemeingültige Abfolge von Arbeitsschritten bei der Bearbeitung von Aufgabenstellungen festlegt (Ehrlenspiel, 2003, S. 80 ff.), ausdrücklich als eine Methode bezeichnet (Zanker, 1999, S. 38 und S. 13). Dieser Vorgehenszyklus basiert auf dem Problemlösungszyklus der Systemtechnik (Daenzer & Huber, 2002). Letzterer wiederum wird als übergeordnete Methode bezeichnet (Zanker, 1999, S. 43).

Nach Dobberkau ist eine Methode „eine systematische Vorgehensweise zur Erlangung von Ergebnissen und Erreichung von Zielen. Sie erfordert Eingaben und besteht aus Regeln, einem Vorgehen, Modellen, Hilfsmitteln und Rollen“ (2002, S. 16). Das Ergebnis einer Methode stellt die konkrete Ausgangsgröße des Methodeneinsatzes dar, das Ziel hingegen ist der übergeordnete Zweck, zu dem das Ergebnis einen Beitrag liefern sollte. Regeln repräsentieren Randbedingungen des Methodeneinsatzes, das Vorgehen beschreibt die diskursiven Aspekte der Methode. Modelle stellen „Bausteine und komplette Strukturen zur Verfügung, die den Umgang mit den Eingaben und Ergebnissen der Methode unterstützen“ (Dobberkau, 2002, S. 17). Hilfsmittel sind „Gegenstände“, insbesondere auch „Computer oder Software“ (Dobberkau, 2002, S. 17). Rollen beschreiben die Beteiligung von Personen bei einem Einsatz der Methode (Dobberkau, 2002, S. 18). Es ist festzustellen, dass eine Beschreibung der Ziele des Methodeneinsatzes oft allgemeingültig nicht möglich ist oder vage bleibt („Abhängig vom konkreten Methodeneinsatz“, „Hohe Qualität“) (vergl. Dobberkau, 2002, S. 126 ff.). Je allgemeiner einsetzbar eine Methode ist, desto schwieriger sind die Angabe des verfolgten Ziels und insbesondere auch die Angabe von Randbedingungen in Form von Regeln. Im Fall der Methode Matrixdiagramm beispielsweise ist eine solche Angabe nicht möglich (vergl. Dobberkau, 2002, S. 130). Ebenso existieren spezifische Modelle und Rollen im Falle vieler Methoden nicht und die Angabe von Hilfsmitteln bleibt oft ebenfalls vage („EDV-System“, „Formular“) (vergl. Dobberkau, 2002, S. 131 und 134).

Wenzel (2003, S. 21) definiert eine Methode als „(implizites/explizites) Prozesswissen [...], welches die effektive und effiziente Bearbeitung eines Prozesses unterstützt.“ Methoden regeln das Vorgehen bei der Durchführung von Prozessaktivitäten, d. h. sie beschreiben als Transformationsregeln die notwendigen Arbeitsschritte, um von einem gegebenen Eingangszustand zu einem angestrebten Ausgangszustand zu gelangen. Dabei können sie unterschiedlich formuliert bzw. formalisiert sein, beispielsweise in Form von Regeln, Anweisungen, Checklisten oder rechnergestützten Algorithmen. Werkzeuge werden beschrieben als „Sach-/Betriebsmittel, die durch ihren Einsatz den Menschen bei der Prozessabwicklung entlasten oder der Verbesserung der Leistung dienen. [...] Werkzeuge unterstützen und erleichtern die praktische Umsetzung, Anwendung und Überprüfung der gewünschten bzw. notwendigen Methoden und Verfahren“ (Wenzel, 2003, S. 21).

Daenzer und Huber benutzen die Begriffe Methode und Methodik vielfach, geben aber keine explizite Definition. SE wird als „methodische Komponente der Problemlösung“ (2002, S. XVIII) und als „Methodik“ bzw. „Problemlösungsmethodik“ (2002, S. XIX und XXI) bezeichnet. SE wird als „eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Wegleitung zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme“ (Daenzer & Huber, 2002, S. XVIII) beschrieben. Der Begriff der Systematik wird als Synonym für Methodik verwendet (Daenzer & Huber, 2002, S. 219). Im Rahmen der Anwendung des SE können „Techniken, Hilfsmittel und Verfahren“ (Daenzer & Huber, 2002, S. XX) eingesetzt werden. Eine Abgrenzung des Begriffs Hilfsmittel erfolgt nicht.

Fazit

Den vorstehend diskutierten Ansätzen ist gemein, dass Methoden im Wesentlichen als unterschiedlich konkrete Empfehlungen für ein zielorientiertes Handeln verstanden werden. Eine unterschiedliche Zuverlässigkeit einer Methode an sich und in Abhängigkeit von den Randbedingungen ihres konkreten Einsatzes wird von den genannten Autoren im Rahmen der gewählten Definitionen zumeist nicht explizit berücksichtigt. Zur Abgrenzung von Methoden werden oft Kriterien gewählt, die die Natur von Methoden nicht eindeutig zu bestimmen erlauben, beispielsweise die Art der Formulierung der Methode und damit zusammenhängend die Unmittelbarkeit der Anwendbarkeit. Die existierende Vielfalt unterschiedlicher Methoden kann in dieser Weise nicht zweckmäßig begrifflich fassbar gemacht werden.

Bezüglich der Abgrenzung von Hilfsmitteln gegenüber Methoden sind die existierenden Ansätze sehr uneinheitlich. Teilweise wird davon ausgegangen, dass im Rahmen des Methodeneinsatzes Hilfsmittel zum Einsatz kommen können (Wenzel, 2003). Andere Autoren betrachten Hilfsmittel als einen Teil von Methoden (Dobberkau, 2003) oder von Methodiken (Ehrlenspiel, 2003; Pahl u. a., 2005). Besonders uneinheitlich ist die begriffliche Handhabung von informationstechnischer Unterstützung.

ISSN: 1860-5990

ISBN: 978-3-86644-285-6

www.uvka.de