

Jochen Oerding

**Ein Beitrag zum Modellverständnis der  
Produktentstehung -  
Strukturierung von Zielsystemen mittels  
C&CM**







**Ein Beitrag zum Modellverständnis der  
Produktentstehung -  
Strukturierung von Zielsystemen mittels  
C&CM**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines  
**Doktors der Ingenieurwissenschaften**  
von der Fakultät für Maschinenbau der  
Universität Karlsruhe

genehmigte

**Dissertation**

von

Dipl.-Ing. Jochen Oerding  
aus Heidelberg am Neckar

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Juni 2009  
Hauptreferent: o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers  
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann





## **Vorwort des Herausgebers**

Wissen ist einer der entscheidenden Faktoren in den Volkswirtschaften unserer Zeit. Der Unternehmenserfolg wird in der Zukunft mehr denn je davon abhängen, wie schnell ein Unternehmen neues Wissen aufnehmen, zugänglich machen und verwerten kann. Die Aufgabe eines Universitätsinstitutes ist es, hier einen wesentlichen Beitrag zu leisten. In den Forschungsarbeiten wird ständig Wissen generiert. Dieses kann aber nur wirksam und für die Gemeinschaft nutzbar werden, wenn es in geeigneter Form kommuniziert wird. Diese Schriftenreihe dient als eine Plattform zum Transfer und macht damit das Wissenspotenzial aus aktuellen Forschungsarbeiten am Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau verfügbar.

Die Forschungsfelder des Institutes sind die methodische Entwicklung und das Entwicklungsmanagement, die rechnergestützte Optimierung von hochbelasteten Strukturen und Systemen, die Antriebstechnik mit einem Schwerpunkt auf den Gebieten Antriebsstrangengineering und Tribologie von Lager- und Funktionsreibsystemen, die Mechatronik und der Kraftfahrzeugbau mit dem Schwerpunkt Fahrwerk und Reifen. Die Forschungsberichte werden aus allen diesen Gebieten Beiträge zur wissenschaftlichen Fortentwicklung des Wissens und der zugehörigen Anwendung – sowohl den auf diesen Gebieten tätigen Forschern als auch ganz besonders der anwendenden Industrie – zur Verfügung stellen. Ziel ist es, qualifizierte Beiträge zum Produktentwicklungsprozess zu leisten.

Albert Albers





## Vorwort zu Band 37

Der Erfolg von Unternehmen auf den globalisierten Märkten wird entscheidend durch eine erfolgreiche Entwicklung neuer Produkte bestimmt. Hierbei ist sowohl die inventive Arbeit, d. h. das Finden neuer Ansätze und Konzepte, als auch die innovative Arbeit, d. h. die erfolgreiche Umsetzung dieser Konzepte hin zu erfolgreichen Produkten am Markt gleichermaßen von hoher Bedeutung. Die Produktentwicklung ist dabei gekennzeichnet durch einen zunehmenden interdisziplinären Ansatz, da moderne technische Systeme immer auch mechatronische Systeme sind. Diese bestehen sowohl aus Elementen des Maschinenbaus wie auch der Elektrotechnik und der Informatik, die erst in ihrem Zusammenwirken die gewünschte Marktlösung darstellen. Sowohl die Globalisierung und die zunehmende Sättigung in den Märkten und damit Wandlung zu Käufermärkten, als auch dieser verstärkt integrierte Ansatz bei der Lösungsgenerierung führen zu einer ständig steigenden Komplexität sowohl der technischen Lösung selbst als auch der Prozesse zu ihrer Generierung. In der Forschungsgruppe „Entwicklungsmethodik und Entwicklungsmanagement“ am IPEK - Institut für Produktentwicklung des KIT wird unter Leitung des Unterzeichners, basierend auf den grundlegenden Forschungsarbeiten zum Systems-Engineering und ersten eigenen Arbeiten aus den Neunzigerjahren des vorigen Jahrhunderts, kontinuierlich an einer neuen ganzheitlichen Lösung zur Beschreibung der Produktentstehungsprozesse und der für sie notwendigen Methoden gearbeitet. Der Kernansatz ist dabei, die heutigen in der Forschung noch verbreiteten phasenorientierten Modelle zu überwinden und die Produktentstehungsprozesse aus grundlegenden Aktivitäten aufgebaut zu verstehen. Diese Aktivitäten werden bei der jeweils individuellen Entwicklung eines neuen Produktes bedarfsorientiert entlang des Zeitstrahls angeordnet und bilden dann die individuellen Phasen der jeweiligen Entwicklung eines bestimmten Produktes. Die zentralen Hypothesen, die diesem Ansatz zugrunde liegen lauten:

1. Jeder Prozess der Entstehung eines bestimmten Produktes ist immer **einzigartig und individuell**.
2. Das Entstehen eines Produktes kann auf den Grundlagen der Systemtechnik als **Handlungssystem** beschrieben werden. Es **erstellt und komplettiert** einerseits kontinuierlich ein **Zielsystem**, in dem alle Informationen zu einem

Produkt und dessen Wechselwirkungen mit den jeweiligen Supersystemen (technisches Obersystem, soziotechnisches Obersystem z. B. bei der Erstellung oder der Nutzung, sowie gesellschaftliches Obersystem) beschrieben werden. Aus diesem Zielsystem werden kontinuierlich **Objekte generiert**, die unter Berücksichtigung Ihrer Vernetzung das **Objektsystem** des individuellen Projektentwicklungsprozesses bilden. **Für ein Produkt gibt es genau ein Zielsystem und genau ein korrespondierendes Objektsystem.**

3. Produktentwicklung ist die Synthese von gestalteten Systemen, deren Funktion immer auf die Wechselwirkung von Wirkflächenpaaren und den sie verbindenden Leit-Stütz-Strukturen (**Contact & Channel Model**) zurück geführt werden kann. Alle Flüsse von Materie, Energie und Information können in diesem Modell beschrieben werden.
4. Das kleinste Element zur Beschreibung der Funktion einer Maschine sind die Wirkflächenpaare und die sie verbindenden Leit-Stütz-Strukturen. **Ein Bauteil hat keine Funktion.**
5. Die zentrale Aktivität im Produktentstehungsprozess ist die **Validierung**, da in ihr die zielgerichtete **Fortentwicklung des Zielsystems** und damit der Erfolg des Produktes durch die kontinuierliche Spiegelung des erreichten Ist-Zustandes an dem geplanten Soll-Zustand definiert wird. Erst durch Validierung entsteht Wissen.

Die in den Hypothesen beschriebene Kernidee überwindet die aus den vergangenen Jahrzehnten oft beobachteten Probleme der Phasenmodelle, die in der Praxis so nicht realisiert werden konnten und schlägt eine flexible Kombination von Aktivitätenmodellen für die Produktentstehung in Kombination mit einem Managementmodell zur zeitlichen Steuerung und zum Controlling vor. Die Ansätze beruhen auf den Grundlagen des Systems Engineering und nehmen die Arbeiten aus vielen Wissenschaftsbereichen auf, um sie zu einem geschlossenen Ansatz – dem iPeM-Modell – zusammenzuführen. Mit der Umsetzung dieser Konzepte wird es möglich, den Produktentstehungsprozess als individuell zu formulieren, wie es der Unterzeichner aus seiner eigenen Tätigkeit in der Industrie wie auch aus vielen Projekten mit Industriepartnern in der realen Produktentwicklung immer wieder erfahren hat. Das iPeM-Konzept lautet also, die Produktentstehung durch grundlegende Aktivitäten zu beschreiben, die für den individuellen Produktentstehungsprozess jeweils problemangepasst auf dem Zeitstrahl

angeordnet werden. Dieser Ansatz zeigt in ersten Umsetzungen bereits seine hohe Flexibilität und führt die Welten der Entwicklungsmethodik und des Entwicklungsmanagements in einem koordinierten System zusammen. Der iPeM ist in mehrjährigen Forschungsarbeiten zum Teil intuitiv und aus pragmatischen Analysen entstanden. Die vorliegende Lösung musste allerdings, um ihre Nachhaltigkeit abzusichern, durch eine grundlegende Einordnung in die Wissenschaftswelt sowie eine Begründung über die Ansätze der Systemforschung abgesichert werden. Dies erfolgte in der Dissertation von Mirko Meboldt. Ein weiterer konsequenter Schritt ist die Verknüpfung der zentralen Hypothesen insbesondere um die Grundlagen zur Definition und zum Prozess der Generierung komplexer Zielsysteme in der Produktentwicklung zu schaffen. Dieser Herausforderung stellt sich Herr Dr.-Ing. Jochen Oerding in seiner Dissertation. Er hat sich zum Ziel gesetzt, die Definitionen der wesentlichen Elemente des iPeM-Konzeptes auf der Grundlage der Systemtechnik zu erarbeiten und durch die Verknüpfung des Z-H-O Modells mit dem C&C-Modell einen Weg zur Modellierung, Generierung und kontinuierlichen Erweiterung des Zielsystem im Produktentstehungsprozess und dem anschließenden Nutzungsprozess des Life-Cycles aufzuzeigen. Die Arbeit leistet so einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung des iPeM Modells der Produktentstehungsprozesse.

Juni, 2009

Albert Albers



## Kurzfassung

Vernetzung und Integration spielen in der heutigen Produktentstehung eine zentrale Rolle. Daraus ergeben sich vielfältige und unüberschaubare Prozesse. Kooperation und Kommunikation zwischen den Menschen prägen heutige Entwicklungsprojekte.

Die Ansätze aus dem Bereich der Systemtechnik und der Erkenntnistheorie bilden die Grundlage für das in diesem Forschungsbericht dargebrachte Verständnis. Das Ziel ist das Aufzeigen der Verbindung zwischen den klassischen Ansätze und den modernen Ansätzen, wie sie auch am IPEK entstanden sind. Moderne Ansätze greifen Kommunikation in der Produktentwicklung auf.

In der vorliegenden Arbeit wurden das Handlungssystem, das Zielsystem sowie das Objektsystem der Produktentstehung als Elemente des iPeM beschrieben.

Das Handlungssystem richtet sich an seinen Zielen aus. Diese werden durch das Handlungssystem im Zielsystem kontinuierlich erfasst und validiert. Bei der Validierung entsteht Erkenntnis im Handlungssystem. Diese muss im Zielsystem erfasst werden. Damit sind Handlungssystem und Zielsystem fortlaufenden Änderungen unterworfen.

Die Strukturierung der Ziele im Zielsystem ist notwendig, um die Handlungen danach ausrichten zu können. So wird Ordnung im Handlungssystem erzeugt, was zu einer Steigerung der Entwicklungsqualität führt. Zur Strukturierung wird im vorgestellten Ansatz das C&CM eingesetzt.

Das Contact and Channel Model (C&CM) bietet zur Darstellung von Funktionen nur zwei Grundelemente. Daraus erklärt sich die Stärke des Modells. Diese ist eine universelle Einsetzbarkeit über die Grenzen einzelner Anwendungsbereiche hinaus. Das Modell verwendet systemtechnische Elemente, was die Darstellung beliebiger Details wie auch die von Gesamtansichten erlaubt. Das C&CM ist ein „Denkwerkzeug“ und ein Modellierungswerkzeug, das bereits in ersten rechnerbasierten Tools prototypisch eingesetzt wird. Der Einsatz von C&CM zur Strukturierung von Zielsystemen ermöglicht eine Vernetzung von Zielen, Funktionen und Gestalt und stellt eine wesentliche Neuerung dar.

Hierzu wurde auf der Basis von modelltheoretischen, systemtheoretischen, kybernetischen sowie entwicklungsmethodischen Grundüberlegungen ein Rahmen geschaffen. Dieser ermöglicht das gleichzeitige modellieren des Produktes und der Prozesse.



## Danksagung

Während meiner Zeit am Institut für Produktentwicklung habe ich nie aufgehört zu lernen und mich weiterzuentwickeln. Diese Entwicklung verdanke ich meinem Doktorvater Herrn o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers, der mich mit seiner stets fordernden Art unglaublich förderte. Für das entgegengebrachte Vertrauen und die immer konstruktive Atmosphäre in allen Konsultationen möchte ich mich von Herzen bedanken.

Für die ebenso konstruktive wie kritische Durchsicht meiner Arbeit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann vom Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München bedanken. Im Rahmen des Korreferats entstanden fruchtbare Diskussionen, die sicherlich Ihre Fortführung in weiteren Forschungsarbeiten finden. Herrn o. Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gert Zülch danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Zum Gelingen einer Dissertation tragen sicherlich zwei wesentliche Faktoren bei. Das „professionelle“ Umfeld und das „private“ Umfeld. Ich danke von Herzen allen IPEKianern des 8. und 7. OGs die immer für Diskussionen zur Verfügung standen. Die unterschiedlichen Forschungsstandpunkten im Hochhaus und die offene Kultur sind sicherlich ebenso beispiellos wie die Integrität aller Hochhausbewohner. Ein Blick zurück auf die gemeinsame Zeit am IPEK wird immer Freude und gute Erinnerungen hervorrufen.

In meinem privaten Umfeld gilt mein größter Dank meiner Familie. Das sind meine Eltern, die mich immer unterstütz und an mich geglaubt haben. Ohne das Vertrauen und die Freiheit die mir meine Eltern gegeben haben, wäre mein Weg vermutlich ein anderer gewesen. Neben meinen Eltern gilt mein Dank meiner Frau Birgit. Ohne die Liebe, das Verständnis und die Unterstützung von Dir, hätte ich die Schlussphase meiner Dissertation nicht gemeistert. Entschuldigen möchte ich mich bei meinen Kindern die so oft auf mich verzichten mussten.

Ein großer Dank geht darüber hinaus an Benni, danke für die kritischen Fragen und Diskussionen in allen Bereichen des Lebens.

Jochen Oerding





## Inhalt

<b>Vorwort des Herausgebers .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Vorwort zu Band 37 .....</b>	<b>X</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>XIV</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>XVI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Fokus und Ziel der Arbeit .....	3
1.2 Aufbau der Arbeit .....	5
<b>2 Stand der Forschung .....</b>	<b>7</b>
2.1 Modelle .....	7
2.1.1 Modelle der Produktentstehung .....	12
2.1.2 Projekt .....	29
2.1.3 C&CM – Das “Contact and Channel Model” .....	30
2.1.4 Zwischenfazit .....	34
2.2 Systeme .....	36
2.2.1 Systemtheorie - Begriffsgeschichte .....	38
2.2.2 Zwischenfazit .....	50
2.2.3 Systemtechnik .....	51
2.2.4 Komplexität .....	64
2.2.5 Kybernetik .....	70
2.3 Information und Wissen .....	75
2.3.1 Zwischenfazit .....	77
2.4 Rechnerbasierte Werkzeuge .....	78
2.4.1 SysML .....	78
2.4.2 Ontologien zum Informations- und Wissensmanagement in der Produktentstehung .....	82
2.5 Methoden .....	85
2.6 Anforderungen und Ziele .....	88
2.6.1 Zwischenfazit .....	90
<b>3 Zielsetzung .....</b>	<b>91</b>
<b>4 Regelung des komplexen Systems der Produktentwicklung .....</b>	<b>97</b>
4.1 Randbedingungen und Definitionen des Systems der Produktentstehung .....	99
4.1.1 Methoden und Prozesse .....	100
4.1.2 Ziele in der Produktentstehung .....	102
4.1.3 Erkenntnis als kleinster Teil der Produktentstehung .....	104
4.2 Das Handlungssystem der Produktentstehung .....	109
4.2.1 Elemente des Handlungssystems .....	111
4.2.2 Hierarchisches Konzept des Handlungssystems – Das Super-Sub-System Dilemma ..	115
4.2.3 Funktionales Konzept des Handlungssystems der Produktentstehung .....	117

4.2.4	Struktureles Konzept des Handlungssystems der Produktentstehung .....	122
4.3	Das Objektsystem.....	130
4.4	Das Zielsystem .....	132
4.4.1	Aspekt der verbesserten Lösungsauswahl durch das Zielsystem .....	135
4.4.2	Aspekt der Wiederverwendung von Subsystemen .....	136
4.4.3	Zwischenfazit.....	137
4.5	Integration der Konzepte .....	138
4.5.1	Umsetzung von Zielen mittels des Zielsystems und des Systemarchitekten .....	142
4.5.2	Das Zielsystem zur Steuerung .....	145
4.5.3	Zwischenfazit.....	160
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>162</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>166</b>
<b>7</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>187</b>

Zi-lu sprach zu Konfuzius: "Wenn Euch der Herrscher des Staates Wei die Regierung anvertraute - was würdet Ihr zuerst tun?" Der Meister antwortete: "Unbedingt die Worte richtigstellen." Darauf Zi-lu: "Damit würdet Ihr beginnen? Das ist doch abwegig. Warum eine solche Richtigstellung der Worte?" Der Meister entgegnete: "Wie ungebildet du doch bist, Zi-lu! Der Edle ist vorsichtig und zurückhaltend, wenn es um Dinge geht, die er nicht kennt. Stimmen die Worte und Begriffe nicht, so ist die Sprache konfus. Ist die Sprache konfus, so entstehen Unordnung und Misserfolg. Gibt es Unordnung und Misserfolg, so geraten Anstand und gute Sitten in Verfall. Sind Anstand und gute Sitten in Frage gestellt, so gibt es keine gerechten Strafen mehr. Gibt es keine gerechten Strafen mehr, so weiß das Volk nicht, was es tun und was es lassen soll. Darum muss der Edle die Begriffe und Namen korrekt benutzen und auch richtig danach handeln können. Er geht mit seinen Worten niemals leichtfertig um."

## **KONFUZIUS**

chinesischer Philosoph, bestimmend für die Gesellschafts- u. Sozialordnung Chinas

0551 - 0479 (v.Chr.)

# 1 Einleitung

Neue Produkte sind Motor jeder Volkswirtschaft und damit überlebenswichtig für die Gesellschaft und ihre Unternehmen. Grundstein für den Wohlstand einer Gesellschaft ist der Erfolg der Produkte, die durch die Gesellschaft erzeugt werden. Mehr denn je spielt dabei der Verkauf der Produkte auf weltweiten Absatzmärkten eine Rolle. Daraus resultieren unterschiedliche Herausforderungen für die Produktentstehung.

- 1) Weltweite Absatzmärkte bedeuten unterschiedliche Kundentypen mit unterschiedlichen Anforderungen an das Produkt. Käufermärkte reagieren sensibel auf nicht erfüllte Anforderungen. Die Produktentstehung muss Produkte hervorbringen, die den Kunden in den adressierten Märkten gefallen.
- 2) Aus diesem Zusammenhang entstehen unterschiedliche Varianten für die jeweiligen Märkte. Dabei muss das Unternehmen die hieraus resultierende Komplexität beherrschen.
- 3) Weltweite Märkte erfordern, weltweit Anforderungen an Produkte zu sammeln und Bedürfnisse der Kunden zu erkennen. Dies bedingt weltweite Vertriebsstrukturen und eine Informationsrückführung aus den Märkten.
- 4) Konkurrenz entsteht weltweit. Die globalen Märkte weisen unterschiedliche Lebensstandards und Einkommensstrukturen auf. Es ergeben sich divergente Entwicklungs- und Herstellungskosten in den Herstellungsländern.–Das jeweilige Ausmaß der Kaufkraft bedingt die Akzeptanz der angepassten Produktmerkmale in den weltweiten Märkten. Hierauf kann entweder mit der Verlagerung der Entwicklung und Herstellung, oder mit einer Anpassung der Produktmerkmale reagiert werden.
- 5) Die Entwicklungszeit ist von den Lieferzeiten für Werkzeuge und andere systemimmanente Faktoren abhängig. Entwicklungszeiten werden nicht weiter abnehmen. Die Erhaltung von Arbeitsplätzen im Inland hängt von der Effizienz ab mit der wir Produktentstehung betreiben. Wir müssen uns in die Lage versetzen, mit weniger zur Verfügung stehender personeller Ausstattung in höherer Qualität zu entwickeln um die Kosten zu senken.

Der gesamte Lebenszyklus von Produkten ist stark der Forderung nach Effektivität und Effizienz unterworfen. In der Produktentstehung hat das zur Folge, dass weniger Ingenieure bei wachsenden Märkten mit differenzierten Bedürfnissen und bei wachsendem internationalem Konkurrenz- und Preisdruck in kürzerer Zeit komplexe Produkte entwickeln müssen. Neben der Zunahme an fachlicher Qualifikation der Akteure erfordert dies zunehmend die Fähigkeit, mit multidisziplinären Produkten in komplexen soziotechnischen Systemen umgehen zu können.

**BÄCKER**<sup>1</sup> beschreibt die Situation der Unternehmen in der Zeit wachsender Globalisierung insofern als schwierig, als Unternehmen auf der einen Seite ihre internen Prozesse und Abläufe haben, nach denen sie leben und agieren. Er nennt dies den geschlossenen Teil des Systems. Auf der anderen Seite sei es jedoch von entscheidender Bedeutung für den Erfolg, sich zu öffnen und mit den Lieferanten an gewissen Themen gemeinsam zu entwickeln. Dies stelle den offenen Teil des Systems dar. Mit dieser Herausforderung stünden Unternehmen heute vor der Frage, an der die europäische Philosophie seit Platon forsche, nämlich wie eine Öffnung bei gleichzeitiger Geschlossenheit von Systemen möglich sei.

Die Zunahme der Komplexität ist darin begründet, dass Produktentstehung in unserer Zeit meist nur möglich ist, wenn die Akteure unterschiedliche Hintergründe der fachlichen Ausbildung besitzen. Ein Produkt muss, um oben genannten Faktoren<sup>2</sup> gerecht zu werden, unterschiedliche Eigenschaften<sup>3</sup> aufweisen. Diese

---

<sup>1</sup> <http://de.youtube.com/watch?v=Y0FiavYpR4k&feature=related>.

<sup>2</sup> vgl. S.1.

<sup>3</sup> „Eigenschaft, Merkmal oder Besonderheit einer Sache. Unterschieden werden wesentliche (substanzielle) Eigenschaften oder Attribute und zufällige (akzidentelle) Eigenschaften. In der Psychologie werden unter Eigenschaften Verhaltensdispositionen verstanden, die sich im Lauf der individuellen Entwicklung in Wechselwirkung zwischen Anlage und Umwelt ausprägen.“ [Bibliographische Details für Eigenschaft: Seitenname: Eigenschaft; Autor: Meyers Lexikonverlag; Herausgeber: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG; Datum der Ausgabe: 27 Februar 2007 15:31 UTC; Aktuelles Datum: 19 Juli 2008 13:54 UTC; Permanente URL: <http://lexikon.meyers.de/index.php?title=Eigenschaft&oldid=188247>; Seiten Version ID: 188247.

werden realisiert durch die Kombination unterschiedlicher Technologien und Disziplinen.

Konzerne agieren heute weltweit vernetzt. Es reicht nicht aus, gewisse Schnittstellen zu definieren, an denen die Anforderungen und Produkte übergeben werden. Vielmehr müssen internationale Teams mit unterschiedlichem kulturellem und fachlichem Hintergrund gemeinsam die Aufgabe der Produktentstehung lösen.

Dabei erhebt die Industrie/Wirtschaft stets die Forderung nach exakter Planung von Kosten und Verlauf der Produktentstehung.

Die folgende Darstellung zeigt die Folge dieser Sachverhalte. Es liegen sich widersprechende Forderungen vor. Diese gilt es zu analysieren und Maßnahmen abzuleiten.

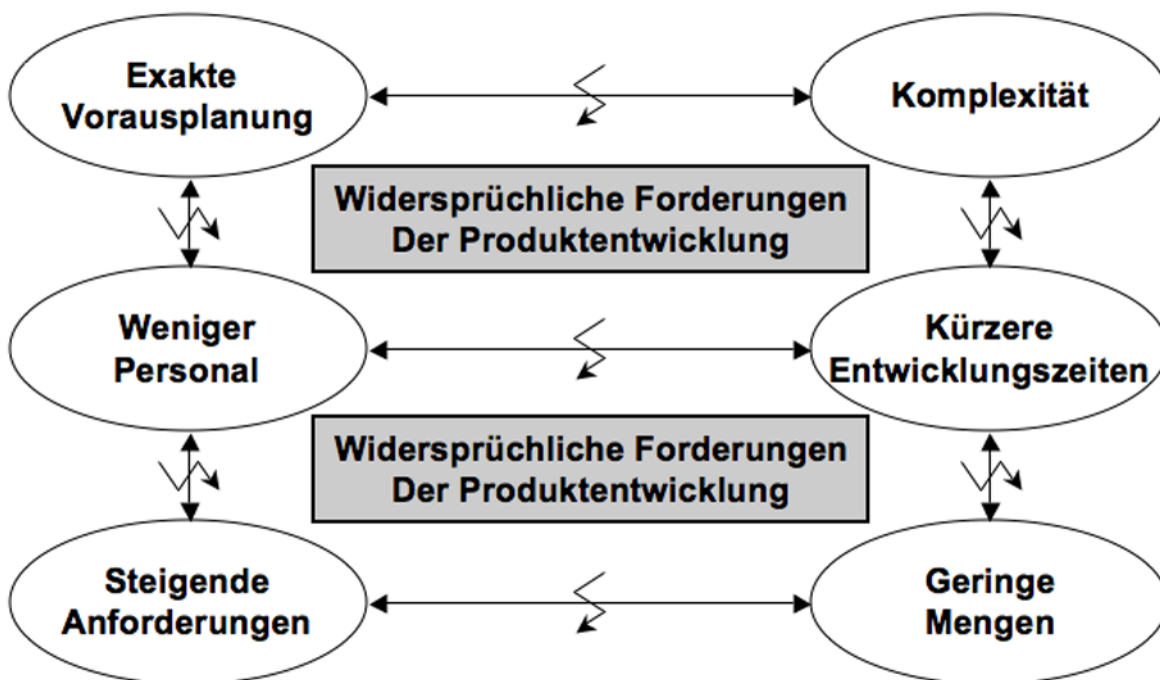


Abbildung 1 "Widersprechende Forderungen in der Produktentstehung"

## 1.1 Fokus und Ziel der Arbeit

Mit der vorliegenden Arbeit soll ein Rahmenwerk um wesentliche Definitionen erweitert werden, mit dessen Hilfe die Beschreibung von Produktentwicklungszielen und deren Implementierung in das Produktentwicklungsprojekt vereinfacht wird. Das

von **ALBERS** entwickelte iPeM, basiert auf dem Metamodell der SPALTEN-Aktivitätenmatrix. Diese ist durch die Makro-Aktivitäten, die sich aus dem logischen Ablauf der Produktentstehung ergeben und durch einen SPALTEN-Problemlösungszyklus aufgespannt. Darüber hinaus soll mit der vorliegenden Arbeit ein systemtechnischer Ansatz der Produktentstehung in das iPeM implementiert werden. Hierzu wird das Systemtripler der Ziel-, Handlungs- und Objektsysteme aufgegriffen und im Kontext des iPeM definiert.

Der Einzug der Informationstechnologien in unser Zeitalter brachte eine Steigerung der Anforderungen an Produktentwickler mit sich. Durch Informationstechnologien und den Einsatz von Computern haben sich die Möglichkeiten vervielfacht, Funktionen zu erfüllen und Kundenbedürfnisse zu befriedigen. Parallel ist damit allerdings auch der Aufwand in der Abstimmung der Technologien aufeinander gestiegen. Die Ausbildung von Ingenieuren, Informatikern und Designern adressiert jeweils nur das spezifische Fachwissen. Die Integration der Disziplinen ist nur selten Bestandteil des Lehrplans. Ein gemeinsames Modell für Produktentwickler ist die logische Forderung, die sich aus obigen Zusammenhängen ergibt. Ein erhebliches Verbesserungspotential würde erschlossen, mit dem disziplinübergreifend und damit durchgängig Produkte beschrieben werden könnten.

Gleichermaßen ist ein Umdenken in der Produktentstehung erforderlich. Neue Technologien haben die Möglichkeiten der Produktgestaltung erheblich erweitert. Diese Möglichkeiten erstrecken sich über zahlreiche Disziplinen. So ist die Entscheidung über die beste Lösung für das System aus dem isolierten Blickwinkel einer Disziplin nicht mehr möglich. Es müssen Funktionen mit Personen besetzt werden, die über inter- und transdisziplinäre Fähigkeiten zur Entscheidung zwischen Technologien verfügen.<sup>4</sup>

Die zweite Auflage der „Systemtheorie der Technik“ von **ROPOHL** führt im Vorwort an, dass die substantiellen Überlegungen am Ende der 70er Jahre nicht an Bedeutung

---

<sup>4</sup> vgl. Ropohl 2005.



verloren hätten.<sup>5</sup> Vielmehr seien diese mittlerweile „freundlich“ aufgenommen worden. Sie stützen sich auf die klassische Systemtheorie, wobei sich **ROPOHL** ausdrücklich von der gesellschaftstheoretischen Systemtheorie nach **LUHMANN** distanziert. Die vorliegende Arbeit geht von den grundlegenden Definitionen der Systemtheorie aus und erweitert auf deren Fundament das integrierte Produktentstehungs-Modell (iPeM). Die Arbeit legt Wert darauf, dabei vornehmlich jene Quellen zu verwenden, die den Ursprung der systemtheoretischen Ansätze bilden. Dass einige der Quellen über 200 Jahre alt sind, mindert deren Bedeutung und vor allem die Richtigkeit ihrer Aussagen in keiner Weise. Vielmehr zeigt sich, dass in der Systemtechnik und im Systems Engineering einige fundamentale Erkenntnisse bis heute kaum weiter entwickelt wurden.

## **1.2 Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit betrachtet die Produktentstehung unter systemtheoretischen Gesichtspunkten. Mit dem Bedarf und dem Nutzen einer solchen Betrachtung befasst sich Kapitel eins.

Kapitel zwei geht auf die Geschichte des Systembegriffs ein. Beginnend mit der Betrachtung und den Definitionen des Systembegriffs aus dem Umfeld von Aristoteles wird die Entwicklung bei gleichzeitiger Konstanz des Systembegriffs in der Forschung und der Philosophie aufgezeigt. Es wird der Begriff der Kybernetik eingeführt und ein Überblick über die Forschungsansätze auf diesem Gebiet gegeben. Darauf aufbauend wird die moderne Anwendung der Systemtheorie (Systems Engineering) in der technisch geprägten Welt aufgezeigt sowie deren Stärken und Schwächen diskutiert. Es wird der Stand der Forschung zur Modelltheorie beschrieben. Die Anwendung der Modelltheorie in der allgemeinen Wissenschaft und insbesondere in der Produktentstehung wird erklärt. Es werden die grundlegenden Modelle der Produktentstehung dargestellt.

---

<sup>5</sup> vgl. Ropohl 1999, S. 10.

Die Bedeutung von Informationen und deren Verarbeitung in der modernen Produktentstehung wird definiert. Es wird erläutert, wie der Informationsbegriff zu verstehen ist und was Informationen in der Produktentstehung bedeuten. Es wird gezeigt, wie Ontologien in Informationssystemen verwendet werden und Informationen auch im Produktentstehungsprozess strukturieren.

Das dritte Kapitel geht auf den Forschungsanspruch ein und zeigt die Lücken der beschriebenen Ansätze. Es beschreibt auf dem Stand der Forschung aufbauende Maßnahmen und erläutert die Zielsetzung der Arbeit.

Kapitel vier betrachtet die Produktentstehung als systemwissenschaftliche Herausforderung und stellt vor, wie mittels des Zielsystems Informationen in der Produktentstehung aufgenommen und gespeichert werden können. Es werden die Funktionen, die Struktur und die hierarchische Einordnung des Handlungssystems beschrieben. Darüber hinaus wird das Contact and Channel Modell verwendet, um dem Zielsystem eine Struktur zu geben und die Ziele erfolgreich in ein Objektsystem umzusetzen.

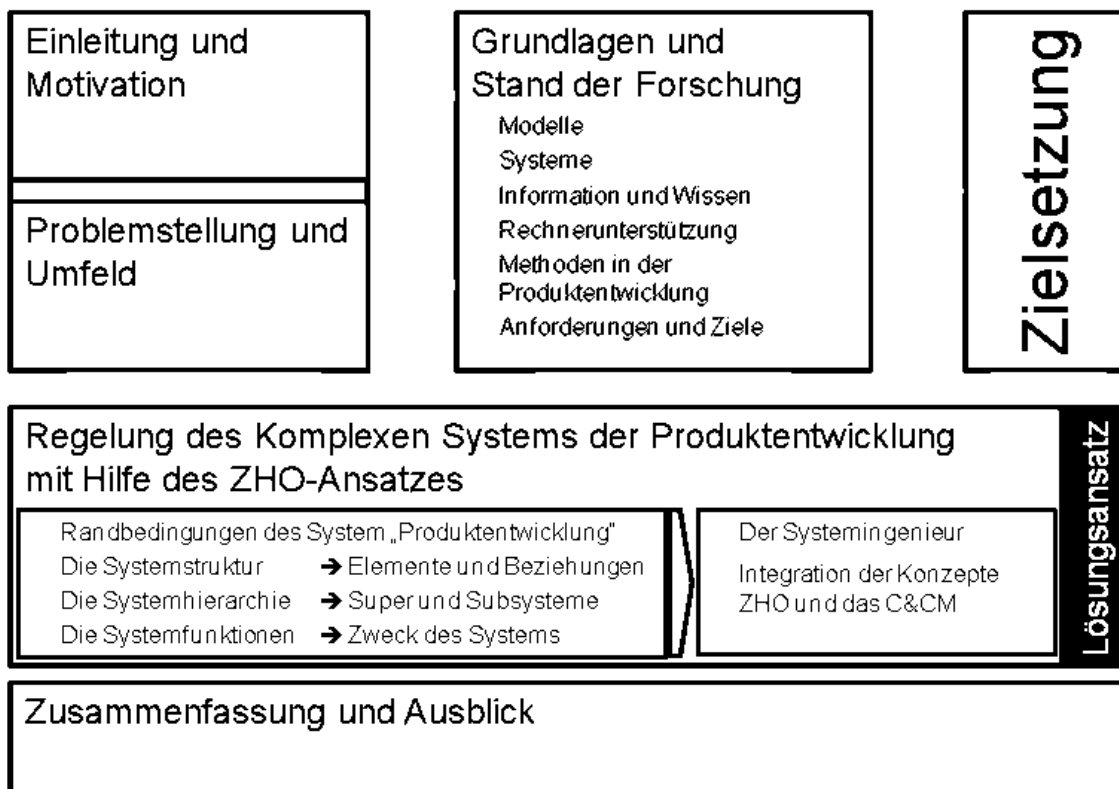


Abbildung 2 "Aufbau der Arbeit"

## 2 Stand der Forschung

Im Folgenden wird ein umfassender Überblick über die Ergebnisse von Arbeiten aus dem Forschungsbereich gegeben. Zu Beginn der Kapitel wird jeweils eine allgemeine Definition gegeben, die an das behandelte Thema heranführen soll. Es folgen jeweils speziellere Arbeiten, die das Thema vertiefen.

### 2.1 Modelle

#### Definition 1 "Modelle"

Modell [italienisch] das,

- 1) allgemein: Vorbild, Muster, Entwurf von Gegenständen, auch gedankliche Konstruktionen.
- 2) Kunst: a) in Malerei und Bildhauerkunst ein Naturgegenstand, besonders der Mensch, als Vorbild künstlerischer Gestaltung. b) In der Bildhauerkunst kann das Modell auch ein genaues Vorbild des endgültigen Werkes sein, z. B. ein Gipsmodell, das in Stein oder Holz übertragen oder in Bronze gegossen wird.
- 3) Mode: als Einzelstück angefertigtes Kleidungsstück; kann abgewandelt als Vorlage für die serienweise Herstellung (Konfektion) dienen.
- 4) Naturwissenschaften, Technik: materielles Objekt oder theoretisches Konstrukt, das einem Untersuchungsgegenstand in bestimmten Eigenschaften oder Relationen entspricht (Struktur-, Funktions- oder Verhaltensanalogie) und für sonst nicht mögliche oder zu aufwendige experimentelle Untersuchungen, mathematische Berechnungen, Erklärungs- oder Demonstrationzwecke oder zur Optimierung des Originals verwendet wird. Technische Modelle dienen besonders zur Veranschaulichung von Strukturen und Konstruktionen, zur Unterrichtung und (in Modellversuchen) als wissenschaftliches Versuchsobjekt. Beispielsweise werden in der Gießerei Modelle zur Herstellung von Gussformen verwendet. Wissenschaftliche Modelle (z. B. Atommodelle, wirtschaftstheoretische Modelle) entstehen aus der Wechselwirkung zwischen Hypothesenbildung und Beobachtung beziehungsweise messendem Experiment. Eine Modellvorstellung fußt in der Regel auf früherer Erkenntnis, wird im Bedarfsfall durch Postulate erweitert und mündet idealerweise in einer umfassenden Theorie. Wirtschaftstheoretische Modelle sind ein vereinfachtes Abbild des tatsächlichen Wirtschaftsablaufs, zum Teil in mathematischer Formulierung. 6

---

<sup>6</sup> Seitenname: Modell; Autor: Meyers Lexikonverlag; Herausgeber: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG; Datum der Ausgabe: 27 Februar 2007 15:31 UTC; Aktuelles Datum: 28 Juni 2008 12:49 UTC; Permanente URL: <http://lexikon.meyers.de/index.php?title=Modell&oldid=186452>; Seiten Version ID: 186452.

In seiner „Allgemeinen Modelltheorie“ entwickelt **STACHOWIAK** systematisch das Modellkonzept der Erkenntnis. Er definiert den allgemeinen Modellbegriff und baut darauf die begründete These auf, dass alle Erkenntnis modellhaft ist. Er beschreibt die drei Hauptmerkmale des allgemeinen Modellbegriffs und erklärt diese für erfüllt.<sup>7</sup>

1. Das *Abbildungsmerkmal*:

Informationen werden durch Wahrnehmung des Menschen abgebildet.

„Modelle sind stets Modelle von etwas, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können.“<sup>8</sup>

2. Das *Verkürzungsmerkmal*:

Der Mensch verkürzt die Informationen auf die für ihn wesentlichen.

„Modelle erfassen im Allgemeinen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/ oder Modellbenutzern relevant scheinen.“<sup>9</sup>

3. Das *pragmatische Merkmal*:

Informationen werden immer in Abhängigkeit vom erkennenden Subjekt und seinen Interessen wahrgenommen.

„Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion:

- für *bestimmte* - erkennende und/ oder handelnde, modellbenutzende - *Subjekte*;
- innerhalb *bestimmter Zeitintervalle* und
- unter Einschränkung auf *bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen*.“<sup>10</sup>

---

<sup>7</sup> Stachowiak 1973, S. 56.

<sup>8</sup> Ebda., S. 131.

<sup>9</sup> Ebda., S. 132.

<sup>10</sup> Ebda., S. 132f.

Auf das Wahrnehmungsmodell bauen kognitive oder gedankliche Modelle, wie Begriffe, Abstraktionen oder Gedanken anderer Art, als weitere interne Modelle auf.

„Alle Erkenntnis ist Erkenntnis in Modellen und durch Modelle und jegliche menschliche Weltbegegnung überhaupt bedarf des Mediums ‚Modell‘: indem sie auf das – passive oder aktive – Erfassen von etwas aus ist, vollzieht sie sich relativ zu bestimmten Subjekten, ferner selektiv – intentional selektierend und zentrierend – und in je zeitlicher Begrenzung ihres Original-Bezuges“.<sup>11</sup>

**STACHOWIAK** verbindet die aus der Sprachwissenschaft stammende Theorie der semantischen Stufen mit dem „Modellkonzept der Erkenntnis“.<sup>12</sup> Die nullte semantische Stufe stellt die Außenweltinformationen, die „Realität“ dar. Die erste semantische Stufe bildet die Abbildung der Realität in Form von Wahrnehmungsmodellen oder gedanklichen Modellen. Auf der zweiten semantischen Stufe findet sich dann die Abbildung der oben genannten Modelle durch Sprache.

**PETERS** erklärt, dass ab dieser Stufe Modelle sprachlich mitteilbar werden. „Ab dieser Stufe können Modelle damit erst beschreibbare Originale für weitere Modellierungsstufen darstellen, so dass ab dieser (zweiten) Stufe erst ein Original-Modell-Vergleich möglich ist, der für Außenstehende nachvollziehbar und damit überprüfbar wird - eine wichtige Voraussetzung für wissenschaftliche Modellbildung und Modellbildung im Planungsprozess“.<sup>13</sup>

Auf der dritten semantischen Ebene findet sich die Abbildung des gesprochenen Wortes durch Schrift- oder Bildzeichen. Weitere Stufen ergeben sich von dieser Stufe an in beliebiger Anzahl.

---

<sup>11</sup> Ebda., S. 56.

<sup>12</sup> Ebda., S. 196ff.

<sup>13</sup> Peters 1998, S. 35.

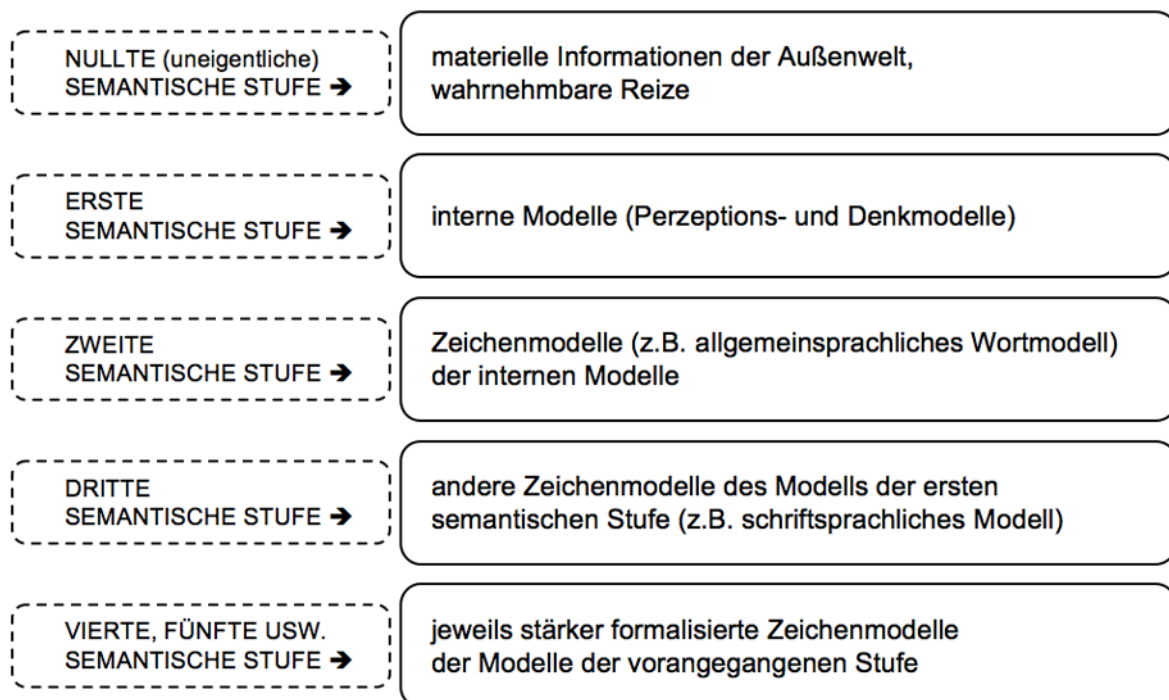


Abbildung 3 "Die semantischen Stufen von Modellen"<sup>14</sup>

Eine Übersicht über die Modellarten nach Stachowiak gibt darüber hinaus die folgende Tabelle.

---

<sup>14</sup> Ebda. S. 48

<b>Graphische Modelle</b>	
<u>Ikonische oder Bildmodelle</u> <sup>15</sup> 1) Abbildungen, Abbilder, Bilder a) Photographische Modelle b) Nichtphotographische Bildmodelle 2) Teilschematische Abbildungen 3) Vollschematische Abbildungen	<u>Darstellungsmodelle oder graphische Darstellungen</u> <sup>16</sup> 1) Diagramme, Schaubilder 2) Darstellungsgraphen 3) Gerichtete Graphen: Fluidogramme a) Flussdiagramme b) Schaltbilder
<b>Technische Modelle</b>	
<u>Physikotechnische Modelle</u> <sup>17</sup> 1) Mechanische Modelle a) Statisch-mechanische b) Dynamisch-mechanische 2) Elektrotechnische Modelle a) Elektromechanische b) Elektronische c) Elektrochemische	<u>Bio-, psycho- und soziotechnische Modelle</u> <sup>18</sup> 1) Biotechnische Modelle 2) Psychotechnische Modelle 3) Soziotechnische Modell
<b>Semantische Modelle</b>	
<u>Interne Modelle</u> <sup>19</sup> 1) Perzeptionsmodelle (Wahrnehmungssysteme) a) Perzeptionsformen (Partialmodelle) b) Interne Aussenweltmodelle 2) Nichtperzeptuelle, d. h. kogitative Modelle a) Innere Kombinationsmodelle b) Innere Derivationsmodelle c) Emotionale Modelle d) Kognitive Modelle	<u>Externe Modelle (Zeichen-Modelle), zusammen mit Verwendungsregeln</u> <sup>20</sup> 1) Kommunikationssysteme 1. Ordnung 2) Sekundäre Kommunikationssysteme 3) Kommunikationssysteme 3. Ordnung

Tabelle 1: "Modelle nach Stachowiak"<sup>21</sup>

<sup>15</sup> Stachowiak 1973, S. 159ff

<sup>16</sup> Ebda., S. 165ff

<sup>17</sup> Ebda., S. 175ff

<sup>18</sup> Ebda., S. 190ff

<sup>19</sup> Ebda., S. 207ff

<sup>20</sup> Ebda., S. 214ff

<sup>21</sup> vgl. Stachowiak 1973

Aufbauend auf diesem Modellverständnis nach **STACHOWIAK** wurden die Modellebenen des integrierten Produktentstehungs-Modells definiert und von **ALBERS** und **MEBOLDT** beschrieben.<sup>22</sup>

### 2.1.1 Modelle der Produktentstehung

Modelle der Produktentstehung existieren in einer großen Vielfalt. In diesem Kapitel sollen einige Ergebnisse der Forschung an Produktentstehungsprozessen aufgezeigt werden. Wesentliche Erkenntnis hierbei ist, dass ein Prozess nur im Ausnahmefall in der geplanten Art und Weise abläuft. Dies ist bedingt durch mehrere Faktoren.

1. Die Planung von Prozessen beschäftigt sich mit zukünftigen Ereignissen deren Eintreten nur bedingt vorhersagbar ist.
2. Das Ergebnis des Prozesses und seiner Teilschritte hängt mit den Fähigkeiten und den Fertigkeiten der beteiligten Menschen im Handlungssystem zusammen. Die Teilergebnisse ergeben die weiteren Schritte im Prozess.
3. Jedes Produktentwicklungsprojekt ist einzigartig, da es sich um Wissensarbeit handelt, die nicht oder nur in geringen Teilen formalisierbar ist.<sup>23</sup>

In Tabelle 2 ist eine Übersicht einiger Prozessansätze gegeben. Eine Differenzierung der Ansätze fällt dabei schwer, da durch die Art der Anordnung der Elemente nur schwer unterschiedliche Zielsetzungen oder Fokusse abzuleiten sind.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> vgl. Kapitel 2.1.1.5

<sup>23</sup> Kläger 1993, S. 22, Krusche 2000 über Kläger 1993 S. 15

<sup>24</sup> nach Daenzer 2002.



Generelles Phasenschema Produktentwicklung (IPEK)	Beispiel Produktentwicklung für Serie (MAN)	Generelles Phasenschema Bauprojekte (HOAI)	Beispiel Bauprojekt (Itten)	Generelles Phasenschema Anlagenbau (Rüsberg)	Beispiel Anlagenbau (May)	Generelles Phasenschema Orga-projekte (AfürO)	Beispiel Organisationsprojekt (Bölsterli)	Generelles Phasenschema EDV-Projekte (Rosove)	Beispiel EDV-Projekt (BIFOA)	Generelles Phasenschema Wehrtechnik (BWB)	Beispiel Wehrtechnik (Heuer)	Generelles Phasenschema (Frese)	Generelles Phasenschema*) (Haberfellner)	Generelles Phasenschema (AKM)
Profil	Planungsphase	GundLern. Vorplanung	Voruntersuchung	Konzeption	Diskussionsphase	Vorstudie	Vorstudie	Formulierung d. Anford.	Vorstudien	Phasen-vorlauf	Einleitung Probl.phase	Projektidee Projektplanung	Vorstudie	Projektvorbereitung
Idee	Konzeptionsphase	Entwurfsplanung	Vorprojekt	Vorplanung und Feasibility-study	Vorentwurf	Hauptstudie	Grundsatzstudie	Entwurf	Gesamtkonzeption Grobplanung	Konzeptphase	Konzeptphase	Projektrealisation	Hauptstudie	Konzeption
Konzept			Bauprojekt		Entwurf					Definitionenphase	Definitionenphase			Durchf. Planung
Gestaltung	Konstruktionsphase	Genehmigungsplg.	Detailprojekt	Hauptplanung	Ausführungsplanung	Teilstudien	Detailstudie	Feinplanung Teilsysteme	Entwicklungsphase	Entwicklungsphase	Fertigungs- und Beschaffungsphase	Projektrealisation	Detailstudien	Auswahl HAN
Validierung														Erprobungsphase
	Produktionsumsetzung	Freig. Phase	Mitwirkung Vergabe	Ausführung	Durchführung	Produktion	Systembau	Realisierung	Produktion	Programmierung	Fertigungs- und Beschaffungsphase	Projektrealisation	Systembau	Serienreife-machung
Produktion														Objektüberwachung (Bauausführung)
Einführung	Produktionsvorbereitungsphase	Objektüberwachung (Bauausführung)	Betriebsaufnahme							Beschaffungsphase	Verwendungsphase	Projektbetreuung und/oder -nutzung	Systemeinführung	Vorserie
														Erprobung im System
Nutzung	Serienphase	Objektbetreuung + Dokumentation				Erhaltung		Operation		Nutzungsphase	Verwendungsphase	Projektbetreuung und/oder -nutzung	Systembenutzung	Einsatz, Betrieb, Logistik
Ende														Anstoss zur Um-/Neugestaltung oder Ausserdienstsetzung

Tabelle 2 "Prozessmodelle" (nach DAENZER 2002)

### 2.1.1.1 Prozesse

#### Definition 2 "Prozess"

**Prozess** [mittellateinisch process »Erlass«, »gerichtliche Entscheidung«, über mittellateinisch processus »Rechtsstreit« von lateinisch processus »Fortgang«, »Verlauf«] der, -es/-e, allgemein: Verlauf, Ablauf, Hergang, Entwicklung.

Technik: ein strukturverändernder Vorgang, bei dem Werkstoffe, Energien oder Informationen transportiert oder umgeformt werden.

Ein Stoffwandlungsprozess der Verfahrenstechnik ist ein technologischer Vorgang, bei dem chemische Veränderungen an den Ausgangsstoffen gezielt vorgenommen werden.

Bei einem Energiewandlungsprozess wird eine Energieart in eine andere umgewandelt (z. B. die Wandlung von Primär- in Sekundärenergie).

Informationswandlungsprozesse sind Vorgänge, bei denen die Struktur der an Signale gebundenen Informationen durch logische Verknüpfungen (logische Schaltungen) verändert wird.<sup>25</sup>

Ein Prozess folgt demnach einem festen Ablaufschema. Prozesse legen bestimmte Punkte fest. An diesen Punkten wird der Zustand des Systems überprüft. Die zu prüfenden Parameter sind im Prozess festgelegt. Erfüllen alle Parameter die Planung, so geht der Prozess weiter. Prozesse sind im systemtheoretischen Verständnis aneinandergereihte Funktionen.

Die Definition gilt auch für den Bereich der Produktentstehung, es bedarf jedoch einer weiteren Detaillierung. Notwendig ist bei der Betrachtung von Produktentstehungsprozessen, dass Ereignisse nicht vorhersagbar sind. Bei chemischen Reaktionen oder elektrischen Schaltungen ist eine solche Vorhersage möglich. Hier sind Prozesse tatsächlich deterministisch geplant.

---

<sup>25</sup> Meyers Lexikon online (2008). Prozess (Sachartikel) Technik.

<http://lexikon.meyers.de/beosearch/permlink.action?pagelId=151784477&version=1>

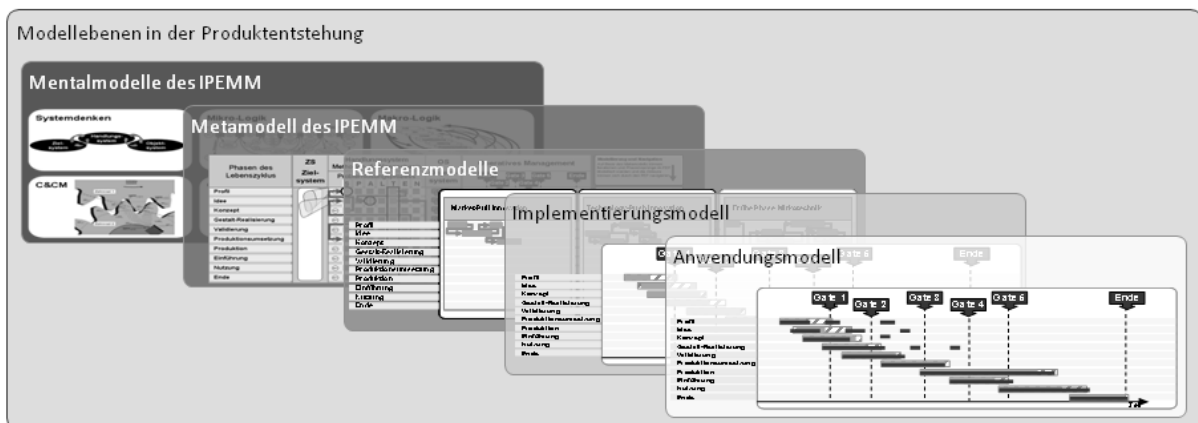
(2. Apr 2008 16:03).

Diesen Anspruch muss man für die Produktentstehung weitestgehend aufgeben.

Auf die Produktentstehung bezogen ist der Produktentstehungsprozess die Wandlung von Kundenwünschen in Produkte. Das heißt, dass der Prozess mit Informationen<sup>26</sup> beginnt und diese Schritt für Schritt in konkrete Gestalt wandelt, bis schließlich das Produkt den Kundenwunsch erfüllt.

### 2.1.1.2 Das integrierte Produktentstehungs-Modell – iPeM

In dem von **ALBERS** entwickelten integrierten Produktentstehungs-Modell, wurden zunächst fünf Modellebenen definiert die in dieser Arbeit den Ausgangspunkt der



Untersuchungen darstellen.

Abbildung 4 "Modellebenen des iPeM"<sup>27</sup>

Diese Modellebenen dienen der Schaffung einer gemeinsamen Grundlage zum Aufbau von Modellen im Kontext der Produktentstehung. Die einzelnen Stufen beschreibt **MEBOLDT** wie folgt.

#### Mentalmodelle

Mit den Mentalmodellen auf der abstraktesten Ebene der Modelle im iPeM wird ein gemeinsamer Denk- und Sprachraum für die Produktentstehung geschaffen. Sie

<sup>26</sup> In diesem Fall das Fehlen von Informationen

<sup>27</sup> vgl. Meboldt 2009, S. 202.

dienen laut **MEBOLDT** dem intersubjektiven Verständnis und bilden die Grundlage für kooperative Produktentstehung in multidisziplinären Teams.<sup>28</sup>

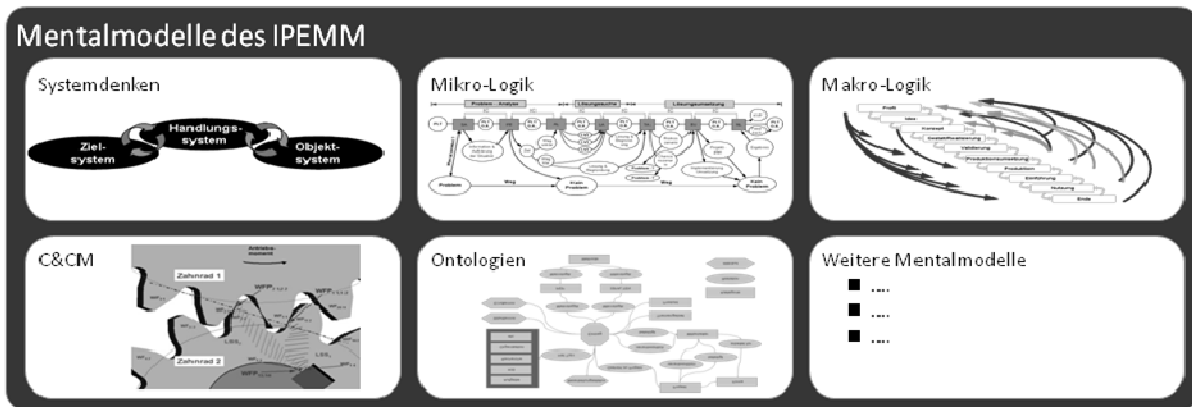


Abbildung 5 "Mentalmodelle"<sup>29</sup>

### Metamodelle

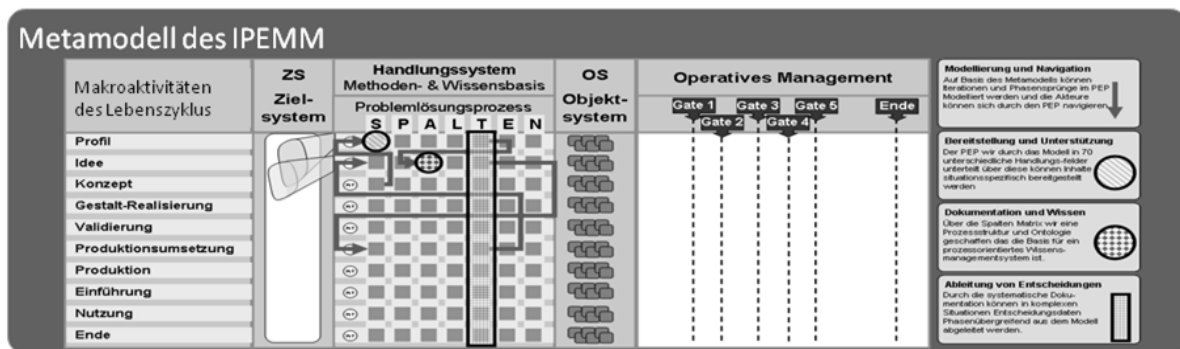


Abbildung 6 "Metamodell"<sup>30</sup>

Mit Metamodellen beschreibt **MEBOLDT** den Entwicklungsprozess auf Basis der Elemente und der Syntax. Die Syntax und die Elemente werden durch die

<sup>28</sup> Ebda.

<sup>29</sup> Ebda., S. 204.

<sup>30</sup> Ebda., S. 205

SPALTEN-Aktivitätenmatrix vorgegeben. Das Metamodell „dient zur Entwicklung und Ableitung formaler Modelle mit Anwendungsbezug“.<sup>31</sup>

## Referenzmodelle

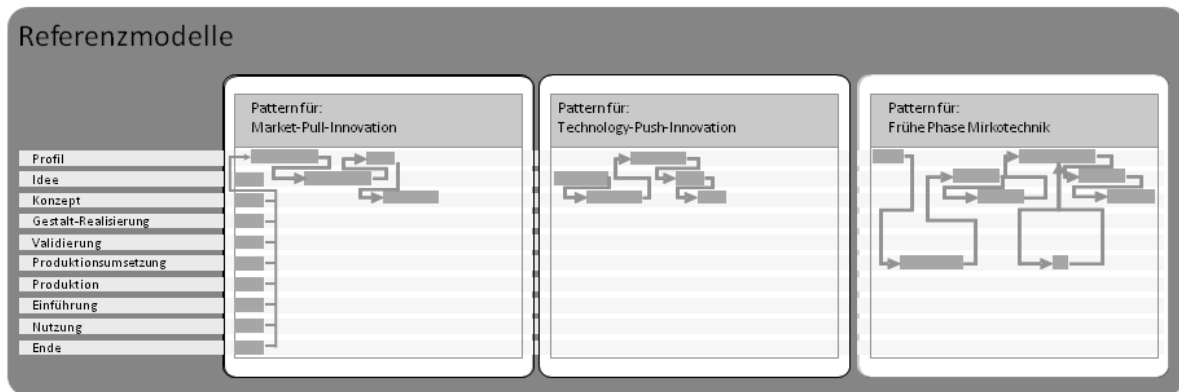


Abbildung 7 "Referenzmodell"<sup>32</sup>

Die Referenzmodelle bilden den zeitlichen und logischen Ablauf der Produktentstehung ab. Sie können auf konkrete Anwendungsbereiche bezogen sein und enthalten Prozessbausteine und Patterns.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Ebda.

<sup>32</sup> Ebda., S. 206.

<sup>33</sup> Ebda.; Der Begriff Patterns ist hier im Sinne von Muster oder Vorlage zu verstehen. Mit Patterns soll eine Wiederverwendbarkeit von wiederkehrenden Aufgaben vereinfacht werden. „Design Patterns“ wurden erstmals von dem Architekten **CHRISTOPHER ALEXANDER** beschrieben. vgl. Alexander 1977.

## Implementierungsmodelle

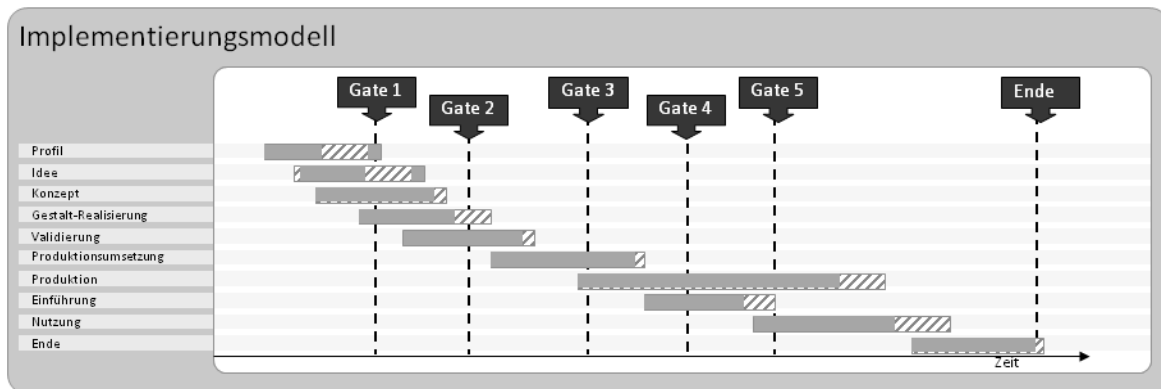


Abbildung 8 "Implementierungsmodell"<sup>34</sup>

Das Implementierungsmodell hat **MEBOLDT** für die Ebene der konkreten Projektplanung entwickelt. Ergebnis nach Anwendung des Implementierungsmodells ist ein Projektplan mit terminlichen Vorgaben und inhaltlicher Planung.<sup>35</sup>

## Anwendungsmodelle

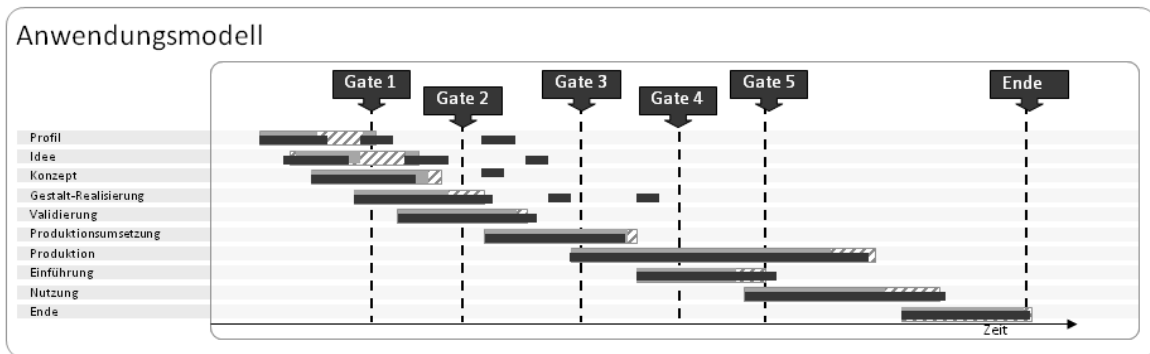
Anwendungsmodelle sind Basis für die Weiterentwicklung der Referenzprozesse. **MEBOLDT** sieht diese Ebene als solche der Rückkopplung. Die Anwendungsmodelle sind die „Aufzeichnung des realen Produktentwicklungsprozesses (Workflow)“.<sup>36</sup>

<sup>34</sup> Ebda., S. 207.

<sup>35</sup> Ebda.

<sup>36</sup> Ebda.

Abbildung 9 "Anwendungsmodell"<sup>37</sup>



Die aufgezeigten Modellebenen als Fundament des iPeM zur Bildung von Modellen auf den unterschiedlichen Stufen der Konkretisierung ermöglichen ein intersubjektives Verständnis.

Aufbauen auf einer Makrologik verwendet das iPeM die Aktivitäten

- Profil
- Idee
- Konzept
- Gestalt/Realisierung
- Validierung
- Produktionsumsetzung
- Produktion
- Einführung
- Nutzung
- Ende.

Diese Aktivitäten sind in loser Kopplung zueinander zu sehen, geben jedoch keinen strengen Ablauf vor.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Ebda., s. 208.

<sup>38</sup> vgl. hierzu auch Abbildung 38: "Aktivität im Handlungssystem"

Eine weitere Dimension des iPeM ist die Mikrologik. Hier findet die Problemlösungssystematik SPALTEN Anwendung.<sup>39</sup> Diese Systematik zur Überwindung von Problemen ist allgemein anwendbar und hat sich in der Technik als effizient erwiesen. Sie besteht aus den Schritten

- **Situationsanalyse,**
- **Problemeingrenzung,**
- **Alternative Lösungen,**
- **Lösungsauswahl,**
- **Tragweitenanalyse,**
- **Einführen und Umsetzen sowie**
- **Nacharbeiten und Lernen.**

Die Schritte sind in jeder Problemsituation pragmatisch zu durchlaufen.

Darüber hinaus hat das iPeM Schnittstellen zum operativen Management, zu Wissensmanagementwerkzeugen sowie zu einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

---

<sup>39</sup> vgl. Albers 2002b, Albers 2003a.



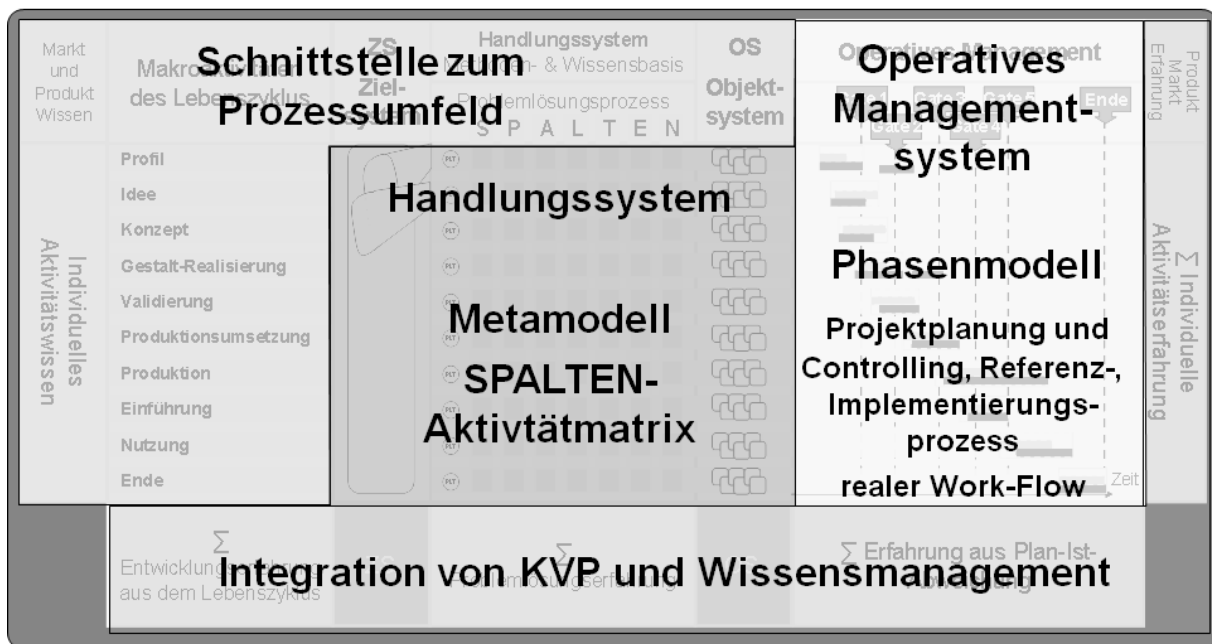


Abbildung 10 "Das iPem mit seinen Schnittstellen"

Durch die Definition der Modellebenen ist das Umfeld der Modellbildung beschrieben und es können alle Elemente wie Projektpläne, Dokumente, Entwicklungsergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt zugeordnet werden. Das System der Produktentstehung ist mit dem iPem transparenter und nachvollziehbarer. Das iPem und die Modellebenen sollen den Anwendern Leitlinien zur Erstellung von Produktentstehungsprozessen geben. Gleichzeitig ist das iPem Wissensspeicher und Hilfsmittel für Probleme im Produktentstehungsprozess.

Über das integrierte Produktentstehungsmodell nach **ALBERS** hinaus existieren weitere Ansätze, um die Abläufe in der Produktentstehung zu strukturieren. In den folgenden Kapiteln werden die wichtigsten Vertreter beschrieben und eingeordnet.

### 2.1.1.3 Münchner Vorgehensmodell (MVM)

Eine Übersicht über das Münchner Vorgehensmodell gibt die folgende Abbildung.

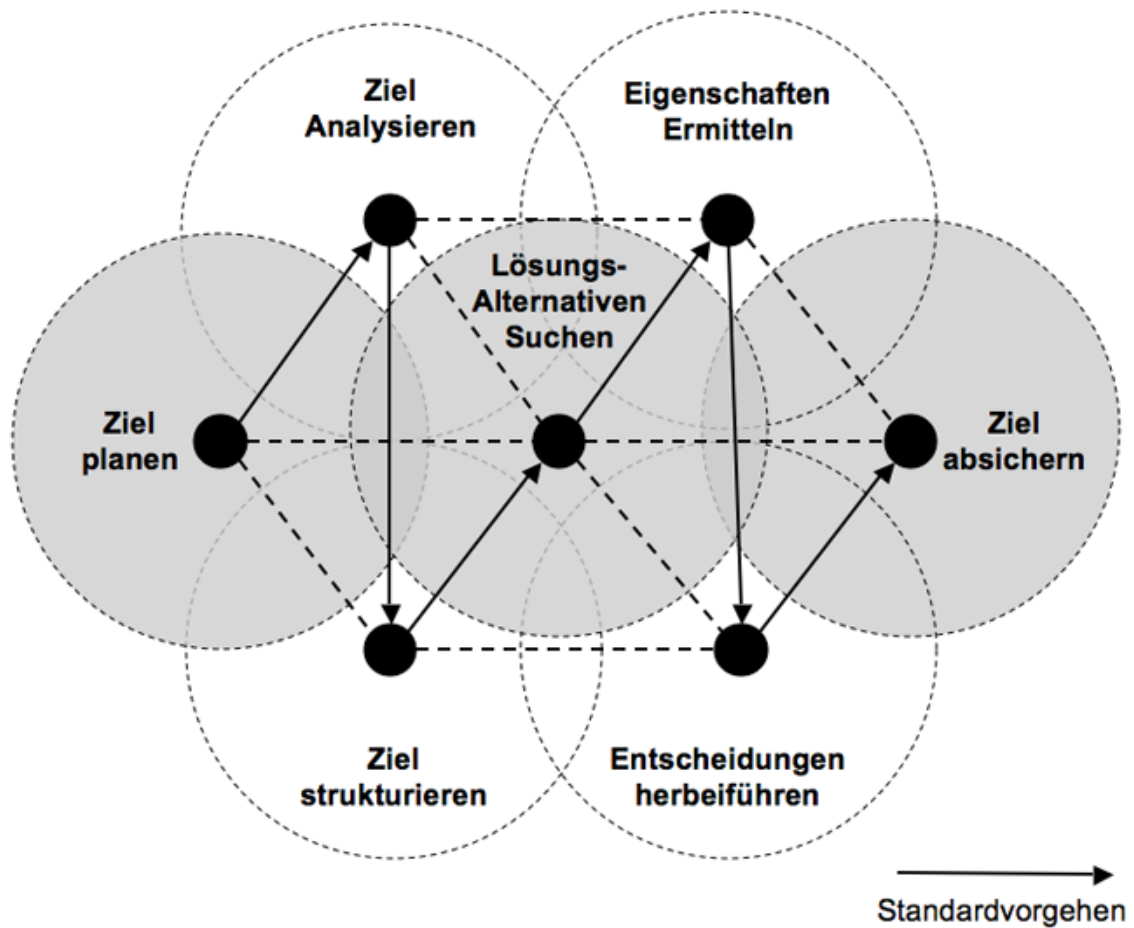


Abbildung 11 "Münchner Vorgehensmodell"<sup>40</sup>

<sup>40</sup> vgl. Lindemann 2005, S. 40.

Das Modell ist in Anlehnung<sup>41</sup> an die Systemtechnik entstanden und enthält die Schritte

- *Ziel planen,*
- *Ziel analysieren,*
- *Ziel strukturieren,*
- *Lösungsalternativen suchen,*
- *Eigenschaften ermitteln,*
- *Entscheidungen herbeiführen und*
- *Ziel absichern.*

Es wird ein Standardvorgehen vorgeschlagen, jedoch ist das Modell nicht als sequenzielles Vorgehensmodell zu verstehen, sondern es hat einen netzwerkorientierten Charakter.<sup>42</sup> **LINDEMANN** schlägt ausdrücklich vor, nach dem Standardvorgehen Handlungsalternativen zu eruieren. Dabei sind wiederholte Schritte (iteratives Vorgehen) wesentliche Bestandteile eines realen Vorgehens mit dem Münchner Vorgehensmodell.<sup>43</sup> Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal des MVM zu anderen Modellen ist der netzwerkartige Aufbau.<sup>44</sup> Es wird damit von vornherein vermieden, dem Anwender den Eindruck einer sequentiellen Abarbeitung zu vermitteln. Die Darstellung in Kreisen deutet an, dass die einzelnen Vorgehensschritte im MVM nicht scharf voneinander getrennt werden können, sondern sich überschneiden.<sup>45</sup> Diese Eigenschaft teilt sich das MVM mit allen Vorgehensmodellen. Im Verständnis des Systems Engineering stellt es eine Mikro-Logik dar. Eine Gliederung in Phasen der Produktentstehung wird nicht vorgenommen.

---

<sup>41</sup> vgl. Weigt 2007, S. 60.

<sup>42</sup> vgl. Lindemann 2005, S.41ff.

<sup>43</sup> Ebda., S. 43.

<sup>44</sup> Ebda., S. 40.

<sup>45</sup> Ebda., S. 41.

#### **2.1.1.4 V-Modell in der VDI 2206**

In der VDI Richtlinie 2206 wird als Mikrozyklus ein Problemlösungsprozess und als Makrozyklus das V-Modell vorgeschlagen.<sup>46</sup>

Der Makrozyklus gliedert sich in die Phasen

- Anforderungen,
- Systementwurf,
- Domänenspezifischer Entwurf,
- Systemintegration,
- Eigenschaftsabsicherung,
- Modellbildung und -analyse und schließlich
- Produkt.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> vgl. VDI 2206, S. 26.

<sup>47</sup> Ebda., S. 29f.

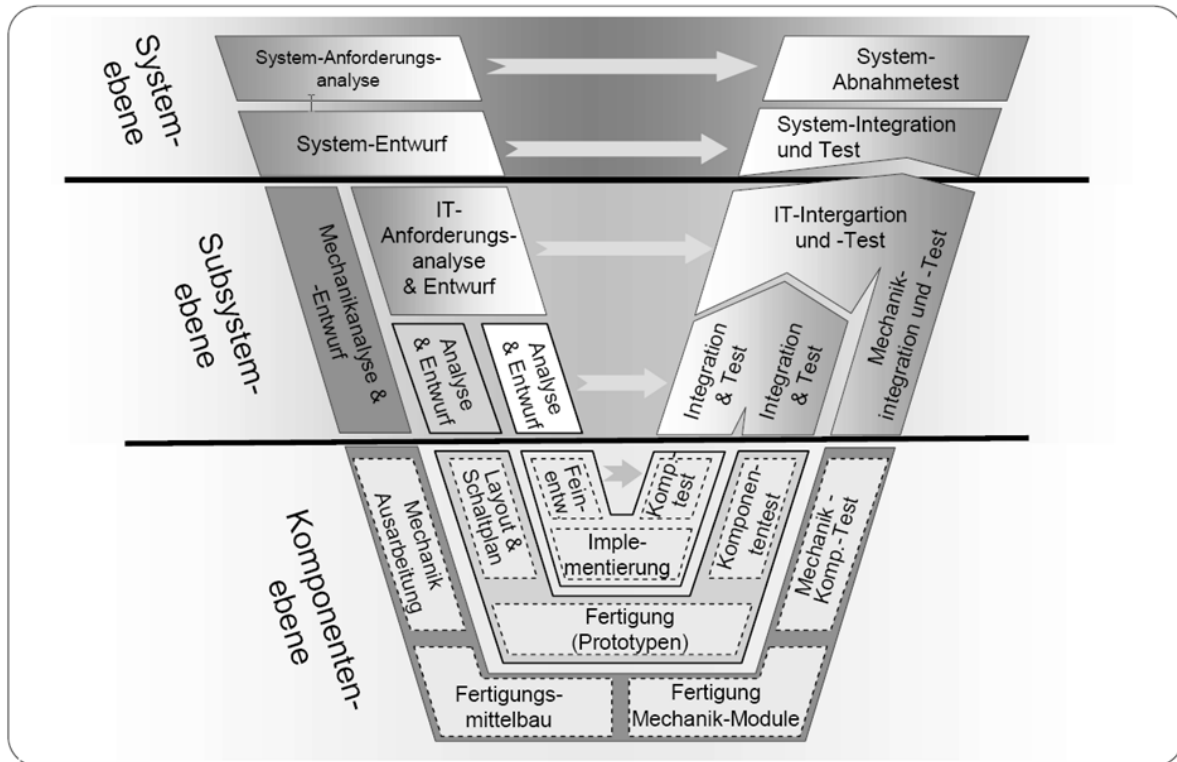


Abbildung 12 "Das V-Modell"<sup>48</sup>

Produkte entstehen dabei in Normalfall nicht innerhalb eines Durchlaufs durch das V-Modell, vielmehr sind mehrere iterative Durchläufe notwendig.<sup>49</sup>

Das V-Modell stammt ursprünglich aus der Softwareentwicklung. Es entstand um 1986 und wurde zunächst für die Planung und Durchführung von Software und IT-Projekten der öffentlichen Hand eingesetzt.

Heute wird das V-Modell oft in multitechnologischen Entwicklungsprojekten angewendet, da sich das Vorgehen in unterschiedlichen Konkretisierungsebenen und Domänen hierfür gut eignet. Es bietet aufgrund seines Aufbaus eine gute Strukturierungsmöglichkeit für komplexe Aufgabenstellungen.

<sup>48</sup> nach VDI 2206, S. 29.

<sup>49</sup> Ebda., S. 30.

### 2.1.1.5 VDI 2221

Die folgende Abbildung zeigt das grundsätzliche Vorgehen nach der VDI Richtlinie 2221. Auch in diesem Vorgehensmodell ist kein sequenzielles, dogmatisches Vorgehen nach der Vorgabe der einzelnen Schritte gefordert.<sup>50</sup> Das Vorgehen wird hier betont iterativ sein. Es verwendet die Schritte

- klären und präzisieren der Aufgabenstellung,
- ermitteln von Funktionen und deren Strukturen,
- suchen nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen,
- gliedern in realisierbare Module,
- gestalten des gesamten Produkts,
- ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben.<sup>51</sup>

Diese Schritte lassen sich wiederum in vier Hauptphasen einteilen.<sup>52</sup>

Phase I hat als Ergebnis eine Anforderungsliste. Diese definiert sich als dynamisches Dokument, das in den folgenden Schritten kontinuierlich gepflegt wird.<sup>53</sup>

Phase II erzeugt funktionale Strukturen und prinzipielle Lösungen. Es wird begonnen, modulare Strukturen aufzubauen.

Phase III nimmt diese modularen Strukturen auf und erzeugt Vorentwürfe und Gesamtentwürfe.

Die letzte Phase IV erstellt die Produktdokumentation.

---

<sup>50</sup> vgl. VDI 2221, S. 9.

<sup>51</sup> Ebda.

<sup>52</sup> Ebda.

<sup>53</sup> Ebda., S. 10.

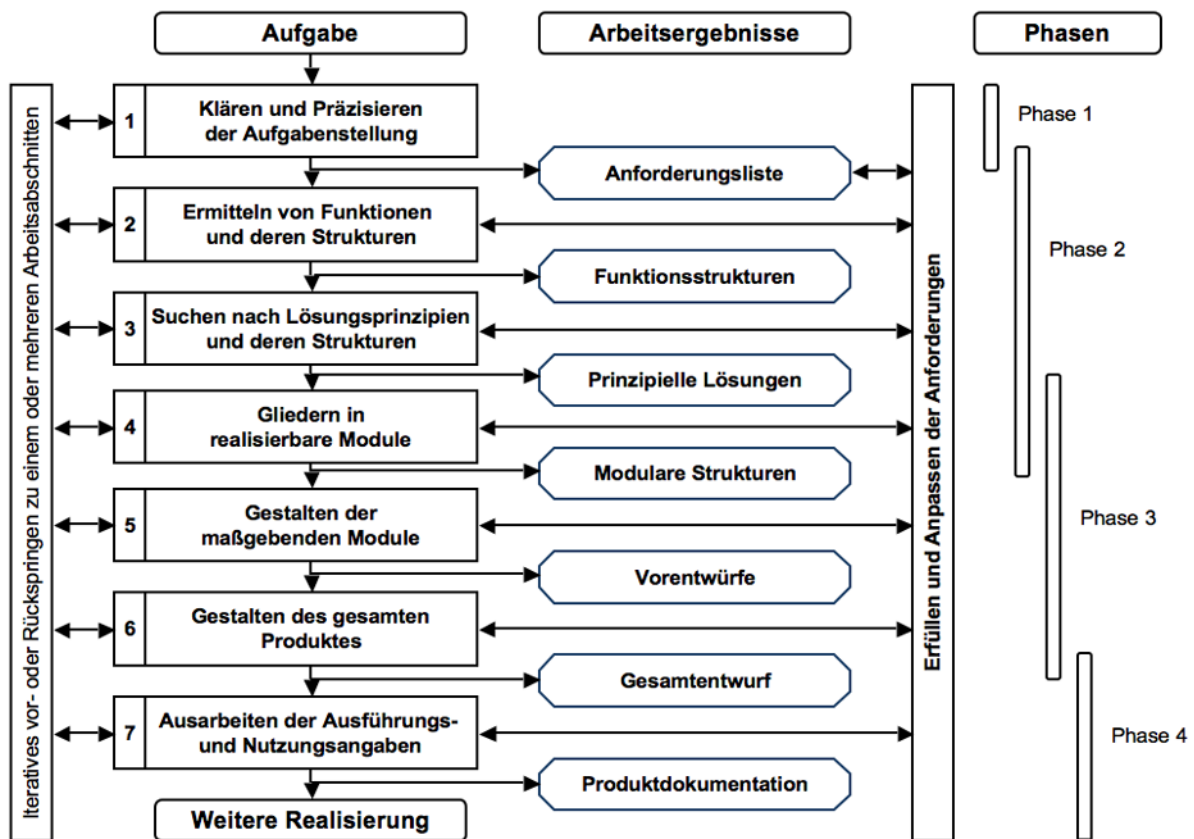


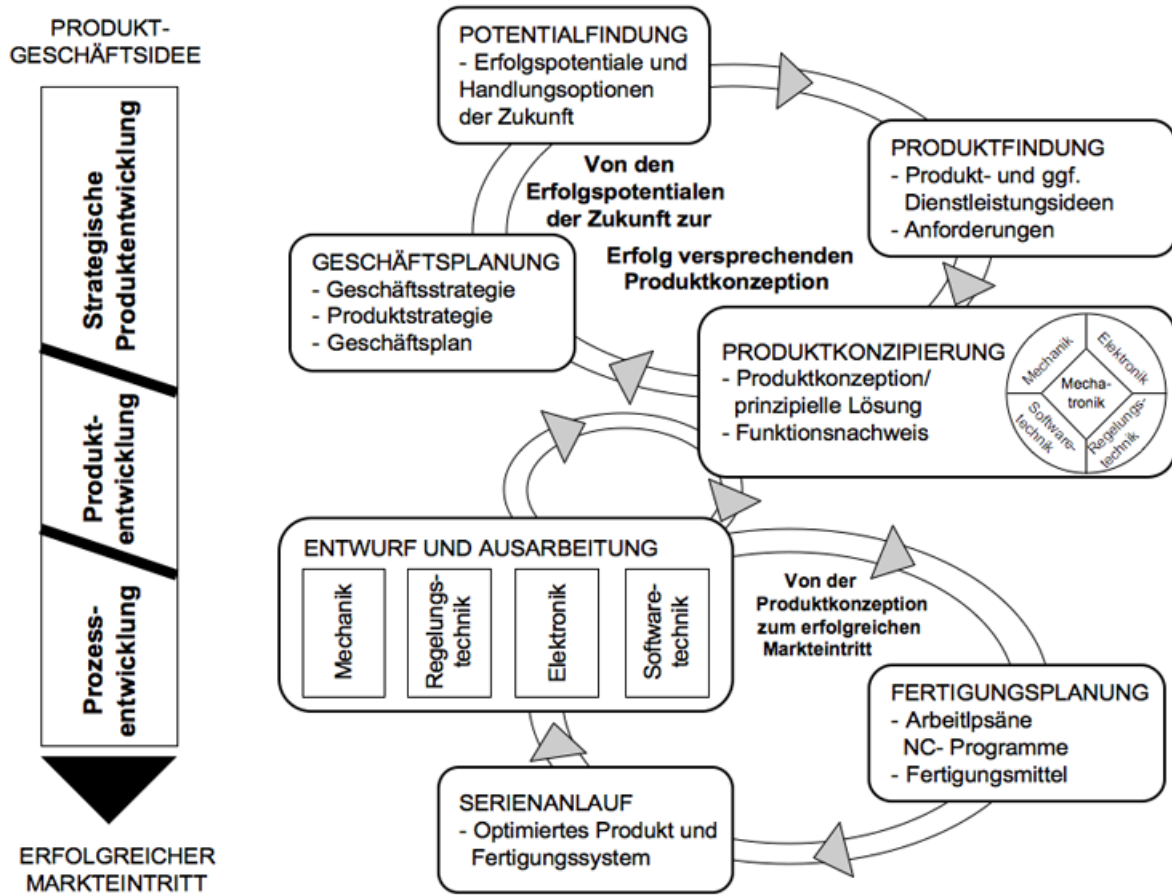
Abbildung 13 "Vorgehensmodell der VDI 2221"<sup>54</sup>

Die VDI 2221 stellt in der industriellen Praxis vermutlich das am meisten verwendete Vorgehensmodell dar. Es ist ein reines Phasenmodell und damit eine Makro-Logik zuzuordnen. Ein Problemlösungsprozess ist nicht konkret beschrieben.

### 2.1.1.6 Partner Interface Process - Integrative Planung des Produktentwicklungsprozess

GAUSEMEIER schlägt ein Phasenmodell für den Produktentwicklungsprozess vor. Es ergeben sich die in der folgenden Abbildung erkennbaren drei Hauptzyklen (auf der linken Seite). Die einzelnen Phasen laufen von oben nach unten entsprechend der Abbildung ab.

<sup>54</sup> vgl. VDI 2221.

Abbildung 14 "Vorgehensmodell der Integrativen Planung und Entwicklung"<sup>55</sup>

Der **erste Zyklus** besteht im Wesentlichen aus dem Finden von Erfolgspotentialen und dem Ableiten von erfolgversprechenden Produktkonzeptionen.<sup>56</sup> Damit fokussiert der Zyklus auf die Analyse des Zukünftigen und das Erdenken von Handlungsalternativen.

Die „Integrative Produktentwicklung bildet den **zweiten Zyklus**. In dieser Phase findet die eigentliche Produktentwicklung statt nämlich „die Verfeinerung der domänenübergreifenden Prinziplösung durch die Experten der Domänen“.<sup>57</sup>

<sup>55</sup> vgl. Gausemeier 2002, S. 8

<sup>56</sup> Ebda.

<sup>57</sup> Ebda. S. 9.



Mit der Planung des Herstellprozesses und der Vorbereitung des Serienanlaufes lässt sich der Inhalt des **dritten Zyklus** beschreiben.<sup>58</sup>

Gausemeier schlägt ein „abarbeiten von oben nach unten“ in einer engen Kooperation der Fachleute aus den einzelnen Bereichen vor.<sup>59</sup>

Auch hier handelt es sich um ein reines Phasenmodell, also eine Makro-Logik, die dem Anwender kein Schema zum Vorgehen in den Phasen vorgibt.

### 2.1.2 Projekt

Projekte zeichnen sich insbesondere durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit und daher durch die folgenden Merkmale aus.<sup>60</sup>

- Projektspezifische Organisation
- Zielvorgaben
- Abgrenzung zu anderen Vorhaben
- Zeitliche Begrenzung
- Finanzielle Begrenzung
- Personelle Begrenzung

Ein Projekt ist damit **einem** konkreten Ziel zuzuordnen. Jede Produktentwicklung weist die Merkmale eines Projektes auf. Sie wird in den meisten Fällen auch in einer Projektstruktur abgewickelt.

**DEMARCO** widmet sich dem Thema Politik in Projekten intensiv. "Politik ist eine edle Wissenschaft. Sie ist eine der wissenschaftlichen Disziplinen des Aristoteles, der fünf Zweige der Philosophie. Da gab es die Metaphysik, die Logik, die Ethik, die Ästhetik und die Politik. Die edle Wissenschaft der Politik ist das, was wir drei in den letzten drei Monaten praktiziert haben. Wir haben ein Gemeinwesen aufgebaut, in dem ein ethisches und harmonisches Zusammenwirken zur Verwirklichung **eines gemeinsamen Ziels** möglich ist. Das ist Politik. Wir sollten nicht den Fehler machen,

---

<sup>58</sup> Ebda.

<sup>59</sup> Ebda.

<sup>60</sup> DIN 69901

Belok<sup>61</sup> und alles wofür er steht, mit einem guten aristotelischen Begriff zu adeln."<sup>62</sup> Er prägt damit für alles Negative in Projekten den Begriff 'pathologische Politik'. Diese kommt in den besten Organisationen vor, da sich gemeinsame und persönliche, insbesondere Machtinteressen, überlagern - oder sogar entgegenstehen.<sup>63</sup>

Ausgelöst durch die pathologische Politik wären Projekte oft heillos überbesetzt. Diese Überbesetzung geschieht laut **DEMARCO**, um sich bei der Nichteinhaltung von Terminen genügend exkulpieren zu können.

Pathologische Politik lässt sich nach **DEMARCO** nicht Bottom-Up beheben. Er nennt daher keine Strategien für den Umgang mit ihr.<sup>64</sup>

### 2.1.3 C&CM – Das “Contact and Channel Model”

Das von **ALBERS** entwickelte “Contact and Channel Model” (C&CM) ist ein konstruktionsmethodisches Modell zur besseren und strukturierten Analyse und Synthese technischer Systeme.<sup>65</sup> Wesentliches Merkmal des Modells ist, dass es einen Zusammenhang von Funktion und Gestalt im Konstruktionsprozess knüpft und diesen durchgängig darstellt. Das Modell beschreibt technische Systeme mit Hilfe der Grundelemente „Wirkflächen“ und „Leitstützstrukturen“. Wirkflächen sind generalisierte Oberflächen von Körpern, Fluiden und Feldern. Grundlegende Aussage ist, dass eine Funktion nur zu Stande kommen kann, wenn je zwei Wirkflächen zwei sogenannte Wirkflächenpaare (WFP) bilden, die mit mindestens einer Leitstützstruktur verbunden sind. **MATTHIESEN** formuliert dies in den Grundhypothesen des Modells.<sup>66</sup>

---

<sup>61</sup> A.d.V. er ist die böse Figur in dem Roman.

<sup>62</sup> DeMarco 1998, S.110.

<sup>63</sup> Dieser Sachverhalt ist auch mit dem von Ropohl 1975 beschriebenen Problem zu erklären, dass Handlungssysteme sich selber und das Zielsystem erstellen. Außerdem stellt Ropohl richtigerweise dar, dass Aufbau und Ablauforganisation konkurrierende Zielverständnisse haben können. Dies können Ursachen für eine solche pathologische Politik sein.

<sup>64</sup> Ein Ansatz der modernen Arbeits-Philosophie ist, Mitarbeiter mit mehr Verantwortung für Ihr Handeln auszustatten. So sind keine Ausflüchte mehr möglich. Ein Ansatz sei hier exemplarisch genannt. vgl. Werner 2006.

<sup>65</sup> vgl. Albers 2002a und Matthiesen 2002.

<sup>66</sup> vgl. Matthiesen 2002, S. 53f.

**Grundhypothese I:**

Jedes Grundelement eines technischen Systems erfüllt seine Funktion durch eine Wechselwirkung mit mindestens einem anderen Grundelement.

Die eigentliche Funktion – und damit die gewünschte Wirkung – wird erst durch den Kontakt einer Fläche mit einer anderen Fläche möglich. Diese Flächen sind Wirkflächen und bilden zusammen ein Wirkflächenpaar.

**Grundhypothese II:**

Die Funktion eines technischen Systems oder eines technischen Teilsystems wird grundsätzlich über mindestens zwei Wirkflächenpaare und eine sie verbindende Leitstützstruktur verwirklicht.

Funktionsbestimmend sind dabei allein die Eigenschaften und Wechselwirkungen der beiden Wirkflächenpaare und der sie verbindenden Leitstützstruktur.

Spielen Felder für die Funktionserfüllung eine Rolle, so ist die Wechselwirkung der Leitstützstruktur des Feldes mit mindestens zwei weiteren Leitstützstrukturen zusätzlich funktionserfüllend.

**Grundhypothese III:**

Jedes System, das Funktionen erfüllt, besteht aus den Grundelementen Wirkflächenpaar und Leitstützstruktur, die in beliebiger Anzahl, Anordnung und Form auftreten können.

Ein Wirkflächenpaar setzt sich aus genau zwei Wirkflächen zusammen.

Mit dem Modell ist eine Modellierung von Funktionen eines technischen Systems möglich. Dabei ist man mit dem Modell nicht darauf angewiesen eine Gestalt des Systems vorzugeben, hat aber die Möglichkeit dazu.

Das von **ALBERS** vorgeschlagenen C&CM bietet sich an, um auf beliebigen Ebenen der Konkretisierung Informationen mit Wirkflächenpaaren zu verknüpfen. Die Definitionen werden dafür erweitert.

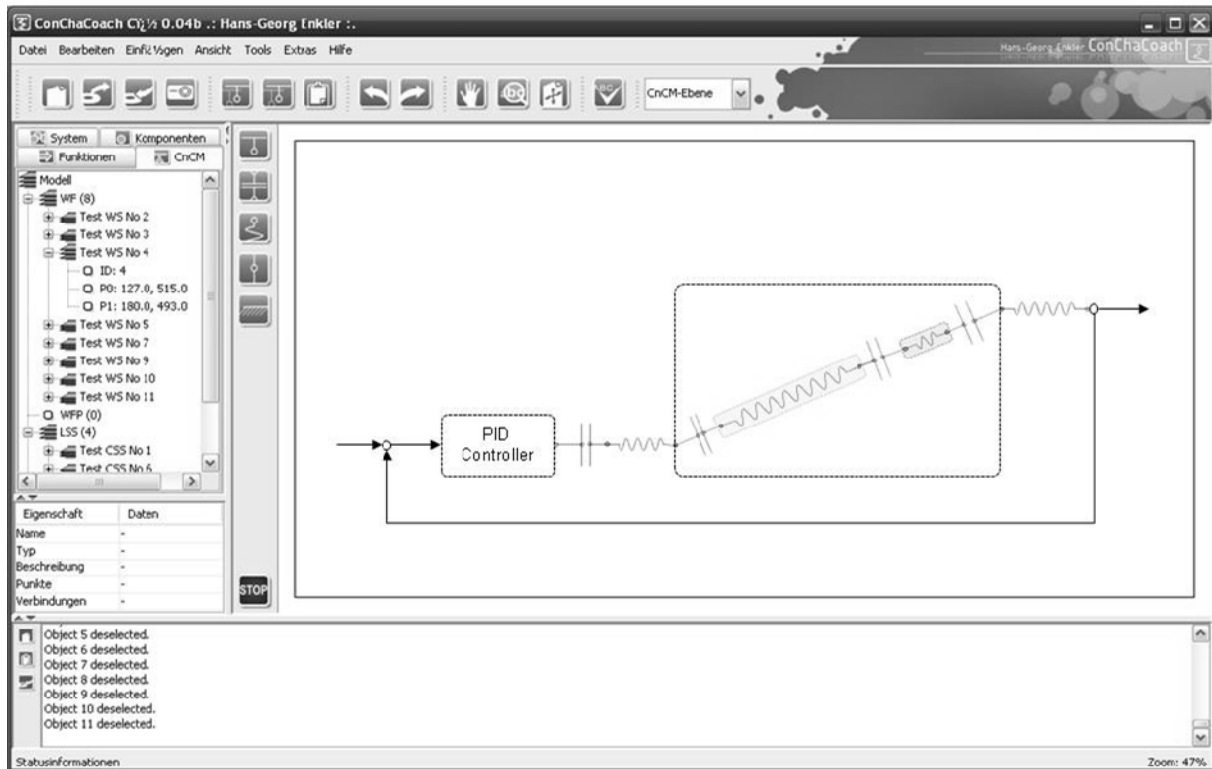


Abbildung 15 "Umsetzung von C&CM in ConChaCoach (Contact and Channel Coach)"<sup>67</sup>

**ALBERS** und **ENKLER**<sup>68</sup> zeigen auf, wie C&CM in Simulationen und in CAD integriert werden können, um eine durchgängige Modellierung zu ermöglichen. ConChaCoach bietet eine Schnittstelle zu CAD Anwendungen, die eine Synchronisierung der Modelle untereinander sicherstellt. ConChaCoach erlaubt unterschiedliche Sichten auf das System. Die Möglichkeit, mit unterschiedlichen Layern im Modell zu arbeiten, eröffnet sowohl allgemeine Ansichten des Systems, wie auch den fokussierten Blick auf dessen Grundelemente. Mit der Forschung an der Umsetzung von C&CM in ConChaCoach wird maßgeblich der Forderung Rechnung getragen, die durch die Validierung und Optimierung im Produktentstehungsprozess häufigen Änderungen im Gesamtverhalten des Systems in allen Modellen konsistent zu halten. Mit dem generalisierten C&CM Modell und ConChaCoach kann diese Problematik erheblich reduziert werden.

<sup>67</sup> vgl. Albers 2009, S. 9.

<sup>68</sup> vgl. Albers 2009, S. 9f.

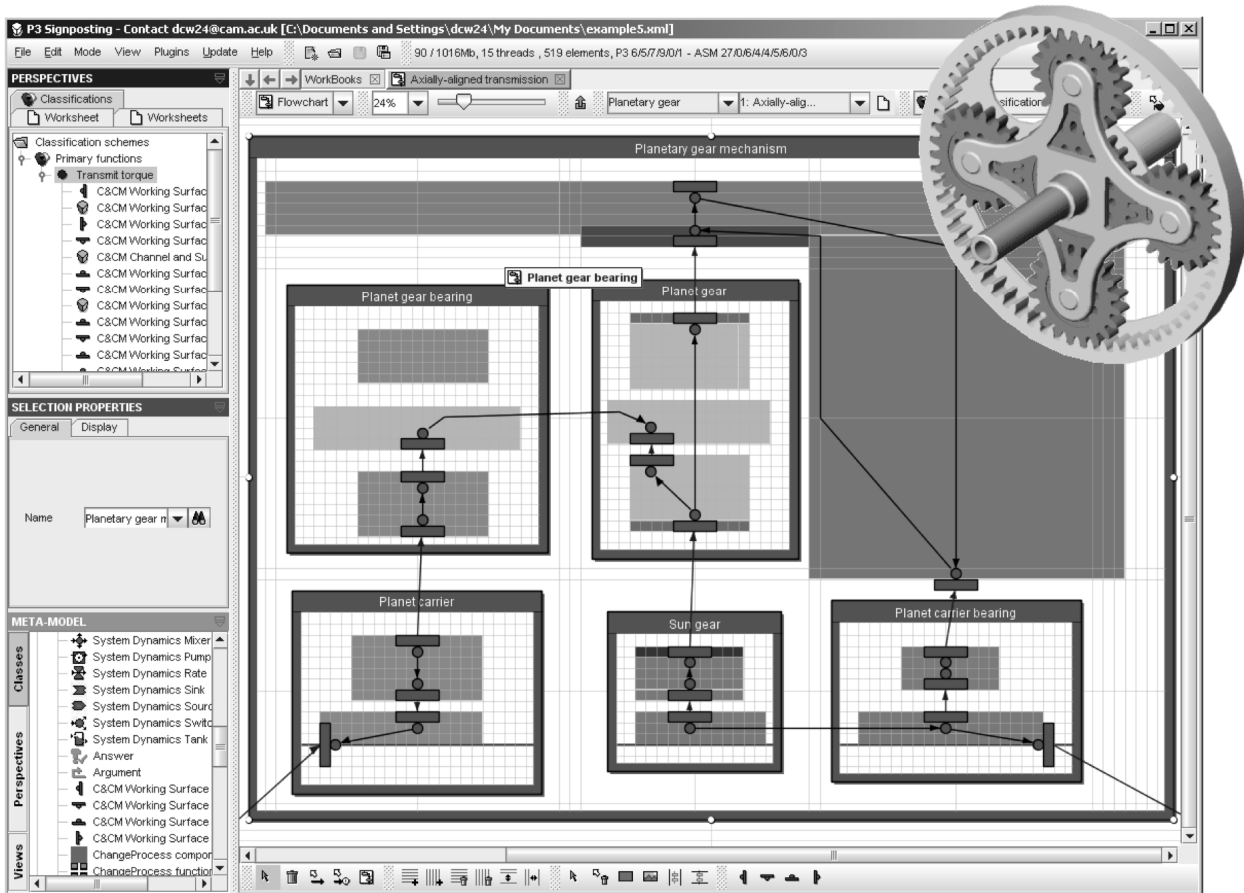
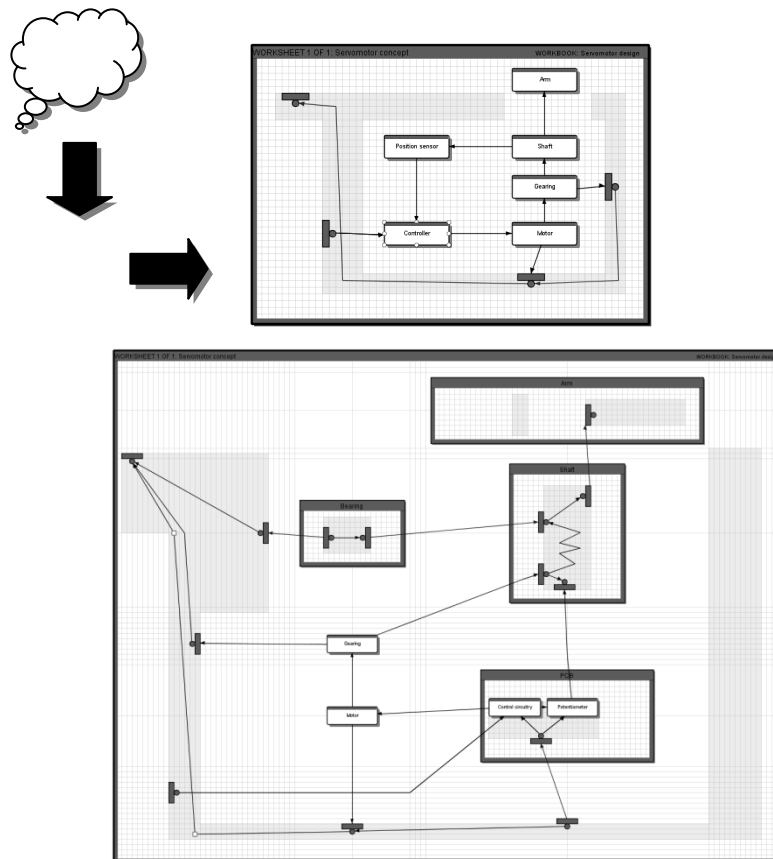


Abbildung 16 "Umsetzung der Modellierung von C&CM in P3 Signposting"<sup>69</sup>

Abbildung 16 "Umsetzung der Modellierung von C&CM in P3 Signposting" stellt einen weiteren Ansatz dar, C&CM mit einem Softwarewerkzeug zu unterstützen. Die Umsetzung von C&CM in P3 entstand aus einer Kooperation des Engineering Design Center Cambridge (EDC) und des IPEK - Instituts für Produktentwicklung. Mit P3 lassen sich ebenfalls unterschiedliche Sichten auf das Modell erzeugen. Eine Anbindung an CAD- und Simulationstools ist nicht gegeben.

<sup>69</sup> vgl. Wynn 2009, S. 8.

Abbildung 17 "Unterschiedliche Sichten mit P3"<sup>70</sup>

In Abbildung 17 ist die Detaillierung des Modells eines Servomotors dargestellt. Links ist das Gesamtsystem mit seinen Teilsystemen zu sehen. Die rechte Abbildung zeigt Details der Teilsysteme. Mit beiden Werkzeugen, ConChaCoach und P3, lassen sich beliebige Details des Systems mittels Wirkflächenpaaren und Leitstützstrukturen abbilden, zu Elementen und Subsystemen zusammenfassen sowie ein- und ausblenden.

### 2.1.4 Zwischenfazit

Modelle spielen in der Produktentstehung eine wesentliche Rolle. Der Begriff des Modells ist evident bei Erkenntnis in Modellen. Produktentstehung ist das Denken in Modellen. Von der frühen Phase der Produktentstehung an ist der Entwickler gefordert, Wünsche des Kunden in eine konkrete Gestalt zu wandeln. Dabei muss er

<sup>70</sup> vgl. Wynn 2009, S. 10.

Modelle bilden. Modelle der Kundenwünsche, der Anforderungen, der Wechselwirkungen und so weiter.

Der Exkurs in die Modelltheorie erleichtert das Verständnis für die Bildung und Verwendung von Modellen. Die Allgemeine Modelltheorie nach **STACHOWIAK** gibt den Rahmen für Modelle vor. Entscheidend für die Qualität des Modells ist darüber hinaus ein Verständnis für die Umstände, unter denen das Modell entstanden ist.

## 2.2 Systeme

### Definition 3 "Systeme"

**System** [griechisch »gegliedertes Ganzes«] das,

allgemein: ganzheitlicher Zusammenhang von Dingen, Vorgängen, Teilen, der entweder in der Natur gegeben (ein Gas, eine Flüssigkeit) oder vom Menschen hergestellt ist (z. B. politisches System); auch ein auf allgemeine Grundsätze zurückgeführtes und danach geordnetes Ganzes von Einzelerkenntnissen einer Wissenschaft oder des menschlichen Wissens überhaupt; Prinzip oder Ordnung, nach der etwas aufgebaut wird.

Kybernetik, Physik, Technik: fundamentaler Begriff, der die Zusammenfassung mehrerer, im Allgemeinen untereinander in Wechselwirkung stehender Komponenten zu einer als Ganzes aufzufassenden Einheit bezeichnet, z. B. kybernetische Systeme (Kybernetik), technische Systeme (wie Maschinen, technische Anlagen, Netzwerke oder Schaltungen), physikalische Systeme, sofern physikalische Objekte betrachtet werden (atomares System, Planetensystem, Vielteilchensystem, thermodynamisches System u. a.), oder in der Informatik die Zusammenfassung von Hard- und Software zu einem Rechnersystem. Die Systemkomponenten können von gleicher (homogenes System) oder unterschiedlicher Art (heterogenes System) sein. Je nachdem, ob das System mit der Umgebung in Wechselwirkung (Energie- und Materieaustausch) steht oder nicht, unterscheidet man offene und abgeschlossene Systeme.

Soziologie: soziales System, Begriff, der das zwischenmenschliche Handeln innerhalb eines bestimmten Rahmens sozialer Verhaltens- und Orientierungsmuster analytisch erfasst. Kennzeichen sind die wechselseitige Abhängigkeit aller Elemente (Personen, Institutionen) und eine auf Dauer angelegte Struktur und Kontinuität in den Beziehungen dieser Elemente. Das umfassendste soziale System ist die Gesellschaft, Teilsysteme sind z. B. das politische System und das Wirtschaftssystem.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup> Meyers Lexikonverlag; Herausgeber: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG; Datum der Ausgabe: 27 Februar 2007 15:31 UTC; Aktuelles Datum: 19 Juli 2008 14:21 UTC; Permanente URL: <http://lexikon.meyers.de/index.php?title=System&oldid=142210>; Seiten Version ID: 142210.



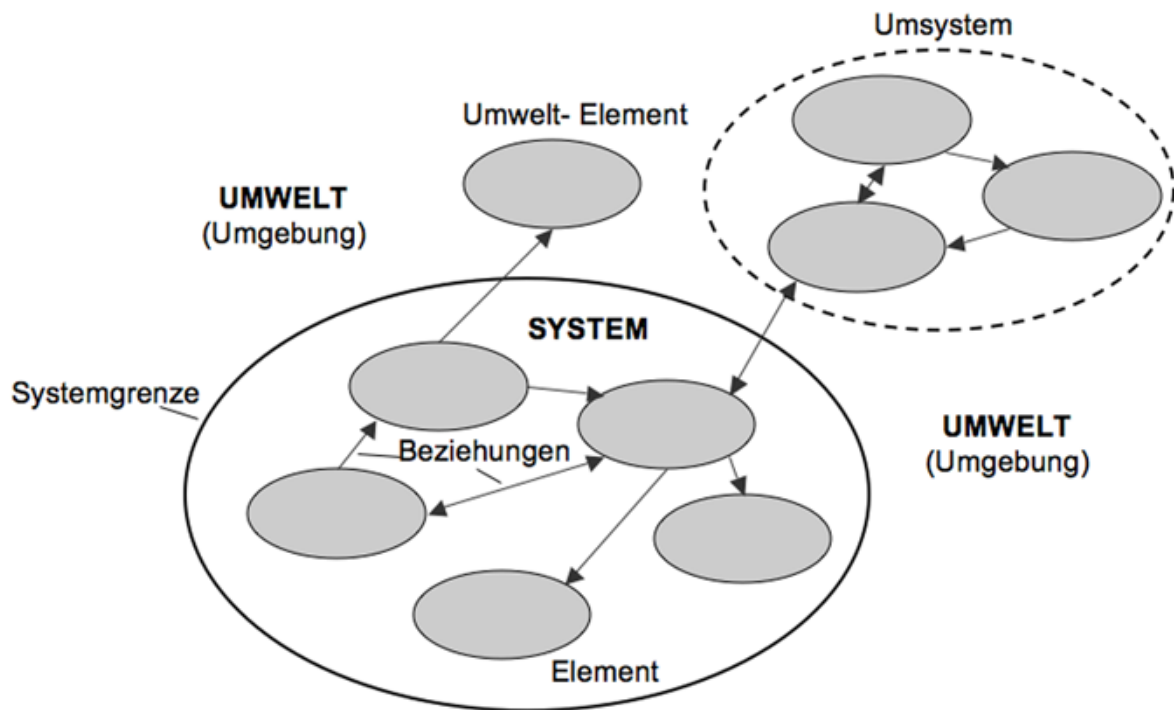


Abbildung 18 "Grundbegriffe des Systemdenkens"

Systeme bilden in der vorliegenden Arbeit die Grundlage und den Mittelpunkt aller Thesen. Es wird eine Übersicht über die geschichtliche Entwicklung des Systemverständnisses gegeben. Dabei werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten der unterschiedlichen Verständnisse des Systembegriffs aufgezeigt. Dies ist unverzichtbare Voraussetzung dafür, die „alten“ systemtheoretischen Forschungsergebnisse für die Auseinandersetzung mit aktuellen Problemstellungen nutzbar zu machen. So können die unbestrittenen Elemente der Systemtheorie im Wandel des Verständnisses und deren Relevanz für heutige Fragestellungen erkannt werden. Die Systemtheorie hat insbesondere im deutschsprachigen Raum viele Erkenntnisse hervorgebracht, die anderswo nicht existieren. Daher ist es Bestandteil der Arbeit, eine Übersicht über diese Erkenntnisse der Systemtheorie zu geben.

**KÖNIG** nennt die wichtigsten Akteure und deren Fachgebiete in folgendem Zitat:

„Da der Systembegriff in alle Wissenschaften Eingang gefunden hat, versuchen die von **L. v. BERTALANFFY** begründete „General System Theory“ sowie die von **N. WIENER** initiierte kybernetische Systemtheorie und die mehr pragmatisch orientierte „Systems Science“ („Systems Analysis“, „Systems Engineering“ u. ä.)

interdisziplinäre Betrachtungsweisen ganzheitlicher Art zu entwickeln, die derartige Beachtung finden, dass man bereits von einer neuen „systems-era“<sup>72</sup> spricht.<sup>73</sup>

Die mannigfaltige Bedeutung und die Anwendung des Begriffs in unterschiedlichen Umfeldern erfordern eine detaillierte Betrachtung des Systembegriffs im Kontext der Produktentstehung nach der Karlsruher Schule. Zunächst eine Übersicht über die Historie des Systembegriffs, beginnend mit dem Verständnis der Denker der Antike und überleitend zu den Ansätzen des 20. und 21. Jahrhunderts.

Die Systemtechnik ist die Anwendung der philosophischen Grundlagen auf die Technik.<sup>74</sup> Die Betrachtung ist notwendig, da sich das Fachgebiet der Produktentstehung in einem vorrangig technischen Umfeld befindet.

Die Diskussion über Komplexität und die Definitionen aus unterschiedlichen Fachbereichen sind notwendig, um die Denkweisen der Kybernetik verstehen zu können.

Kybernetik ist neben der Systemtechnik das Modell zum Umgang mit komplexen Systemen. Sie ist aus **WIENERS** Beobachtung der Vorgänge in der Welt entstanden und hat erheblich zum Verständnis von Systemen beigetragen.

### 2.2.1 Systemtheorie - Begriffsgeschichte

Der Begriff System hat eine lange Geschichte<sup>75</sup>. Schon in **PLATONS** „Philebos“<sup>76</sup> wird er im Zusammenhang mit den Intervallen und ihren Verbindungen verwendet. Hier wird die Dialektik des Einen und des Vielen behandelt, der Grenzen und des Unbegrenzten, die zur kosmologischen Gesamtkonzeption der Welt in einer

---

<sup>72</sup> Ellis 1962.

<sup>73</sup> König 1971, S. 204f.

<sup>74</sup> Ebda., unter pragmatisch orientiert ist hier zu verstehen, dass die konkrete Problemstellung aus dem realen Umfeld kommt. Es geht nicht ausschließlich um reine Gedankengerüsten. Die Lösung technischer, medizinischer und biologischer Fragestellungen machen die Zeit und die Ansätze aus.

<sup>75</sup> Hager 1998 S. 824-825

<sup>76</sup> PLATON: Phileb. 17 d.

Mischung aus Begrenztem und Unbegrenztem mit dem Geist als Ursache der Mischung führen wird<sup>77</sup>.

Der Systembegriff fand schon sehr früh Anwendung, als **PLATON** den Staatenbund der drei Dorerstaaten als System bezeichnete.<sup>78</sup> Auch **ARISTOTELES** kennt die Verwendung des System-Begriffs im politischen Kontext.<sup>79</sup> Hauptsächlich verwendet er „System“ in seiner Naturphilosophie, besonders im Zusammenhang mit seiner Lehre von der Entstehung der Lebewesen, als Begriff für den tierischen Organismus und in der Bedeutung der Konstituierung des Lebewesens.<sup>80</sup>

Die bedeutendste Verwendung des antiken System-Begriffs findet man im Hellenismus bei den Stoikern.<sup>81</sup> Der Kosmos wird als System des Himmels und der Erde und der Lebewesen dazwischen<sup>82</sup> sowie als System der Götter und Menschen und der Dinge definiert die um ihretwillen da sind.<sup>83</sup> Die Polis<sup>84</sup> ist als System der

<sup>77</sup> Phileb. 14 c-21 d; vgl. 23 c-31 b.

<sup>78</sup> PLATON: Leg. III, 686 b.

<sup>79</sup> ARISTOTELES: Eth. Nic. IX, 8,1168 b 32.

<sup>80</sup> De gen. anim. II, 4,740 a 20; III, 9,758 b 3; III, 1, 752 a 7; vgl. Hist. anim. VI, 2,560 a 31.

<sup>81</sup> Da die Philosophie der Stoa nicht in zusammenhängender (systematischer) Darstellung überliefert ist, sondern in Fragmenten und Einzelstellen, bilden diese ‚Bruchstücke‘ den Ausgangspunkt unserer Betrachtung. Abkürzungen: LS = A. A. Long, D. N. Sedley: Die hellenistischen Philosophen, Stuttgart u.a. 2000. SVF = H. von Arnim: Stoicorum veterum fragmenta, 4 Bd., Leipzig 1903-1924 (ND: Stuttgart 1964)

<sup>82</sup> SVF 2,168, 11 (Frg. 527); 169, 39 (Frg. 529); 192, 35 (Frg. 638).

<sup>83</sup> 168, 13 (Frg. 527); 169, 23-25 (Frg. 528).

<sup>84</sup> Unter Polis versteht man im antiken Griechenland den Stadtstaat; nach mykenischen Zeugnissen Bezeichnung für die »Burg« und die damit verbundene Siedlung. In archaischer Zeit Bezeichnung für das Siedlung und Umland umfassende Gemeinwesen. Die Polis verstand sich als Gemeinschaft von Bürgern (Politen), für die es feste soziale und ethnische Zugehörigkeitskriterien gab (Abgrenzung z. B. gegen Sklaven und Fremde, die Metöken). Sie war gekennzeichnet durch Selbstverwaltung und eine Verfassung, in der die politischen Rechte und Pflichten des Einzelnen festgelegt waren. Die Verfassung konnte demokratisch oder oligarchisch sein. Die Vollbürger waren die Träger der Souveränität. Sie traten regelmäßig zur Volksversammlung zusammen und konnten in den Rat gewählt oder durch Los aufgenommen werden. Die Blütezeit lag im 6.–4. Jahrhundert v. Chr..

Menschen konzipiert, die auf demselben Gebiet wohnen und demselben Gesetz unterliegen.<sup>85</sup>

Am weitesten verbreitet ist der Begriff „System“ in der stoischen Logik. Der Schluss (logos) gilt als ein System von Voraussetzungen und Schlussfolgerung (systema ek lemmaton kai epiphoras).<sup>86</sup>

Die „techne“, worunter jede Art von Können auf Grund von Erkennen verstanden wird, ist als „System von Erkenntnissen“ definiert, welche „zu einem förderlichen Ziel für die Dinge im Leben zusammen ausgeübt werden“<sup>87</sup>. Die ethische Bedeutung dieser erkenntnistheoretischen Bestimmungen zeigt sich darin, dass das Leben des Weisen als System vernünftiger Handlungen aufgefasst<sup>88</sup> und dass auch das Wissen (episteme<sup>89</sup>) als ein System von Erkenntnissen bestimmt wird.<sup>90</sup>

Der Begriff System findet sich wieder im Mathematischen Lexicon<sup>91</sup> wo er für die Beschreibung der Weltbilder verwendet wird.

„Systema Copernicanum, das Copernicanische Welt-Gebäude, ist die Ordnung der Planeten, wie sie nach der Meinung des Copernici auf einander folgen und sich im Himmel bewegen. Er setzt nemlich die Sonne bey nahe in den Mittel-Punct der Welt, doch nicht völlig.“

„Systema mundi, das Welt-Gebäude, ist die Ordnung, in welcher die grossen Welt-Cörper sich neben einander befinden. Einen Theil davon hat uns Copernicus kennen lernen, welcher glücklich gewiesen, wie die Planeten umb unsere Sonne herumb stehen.“

---

<sup>85</sup> SVF 3, 81, 15 (Frg. 329); vgl. 2, 327, 32 (Frg. 1130).

<sup>86</sup> SVF 2, 77, 4 (Frg. 235 = DIOG. LAERT. VIII, 45; FDS Frg. 33).

<sup>87</sup> 23,21 (Frg. 56 = SEXTUS EMP.: Adv. math. VII, 373); SVF 1, 21, 5; vgl. genauer: FDS Frg. 392-415.

<sup>88</sup> SVF 3, 72,19 (Frg. 293).

<sup>89</sup> Unter episteme verstehen z.B. Platon und Aristoteles Wissen, Erkenntnis und Einsicht im Unterschied zu der auf der Sinneswahrnehmung beruhenden (bloßen) Meinung (Doxa).

<sup>90</sup> SVF 3, 26, 42ff. (Frg. 112 = FDS Frg. 385).

<sup>91</sup> Wolff 1716, S.

**ZEDLER**<sup>92</sup> schreibt in seinem Lexikon über „Systema“ und die Bedeutung des Begriffes in der Wissenschaft. Auch **ZEDLER** hebt dabei die Zusammenhänge der Elemente (Wahrheiten) in den Vordergrund. Er zeigt auch auf, wie um der einfacheren Betrachtung Willen das Ganze in einzelnen Teilen gesehen werden kann (verschiedene Arten).

„Systema, Lateinisch Systema, Frantzösisch Systeme, ist seinem Ursprunge nach ein griechisches Wort, welches oft bey der Philosophie vorkommt, und eigentlich die Verbindung gewisser Wahrheiten nach ihrem Zusammenhange anzeigt.

Daher pfleget man diejenigen Bücher, worinnen eine Wissenschaft nicht nur ausführlich, sondern auch so, wie sie zusammen hänget, abgehandelt wird, Systemata zu nennen.

Man teilet aber die Systemata in verschiedene Arten ein, als in Ansehung ihrer Urheber, wenn man sagt: Das Aristotelische, Epicureische, Ptolemäische, Tychonische etc. oder in Ansehung der Materien, welche abgehandelt werden. Z. E. ein theologisches Systema, ein Juristisches etc. dergleichen Systemata sind heut zu Tage fast von allen Wissenschaften zu haben ...“

"... Bey der systematischen Methode (ist) darauf ins besondere wohl Achtung zu geben, dass der Zusammenhang der Wahrheiten seine Richtigkeit habe. Vor allen Dingen ist hierbey ein Unterscheid zwischen der Gewissheit und der Wahrscheinlichkeit zu machen. Denn anders geschieht der Zusammenhang bey der Gewissheit; anders bey der Wahrscheinlichkeit."

Um 1750 lässt sich bei **WOLFF** auch der „Zusammenhang zwischen verknüpften Wahrheiten“ finden, wobei auch er feststellt, dass die „Verknüpfung methodisch richtig“ und „deduziert sein muss“.<sup>93</sup>

Zur gleichen Zeit etwa beschreibt **SMITH**<sup>94</sup> in einem Essay mittels des Begriffs System „eine imaginäre Maschine, die erfunden wurde, um in der Vorstellung die verschiedenen Bewegungen und Effekte zu verbinden, die in der Realität tatsächlich schon ablaufen"

---

<sup>92</sup> Zedler 1744, S. 1209, 1221ff.

<sup>93</sup> Wolff 1750, S 440ff.

<sup>94</sup> Smith 1765, S. 777 – 781.

In seinem Werk „Kritik der reinen Vernunft“<sup>95</sup> spricht **KANT** über die „Kunst der Systeme“ als die Architektonik. **KANT** beschreibt „die Einheit der mannigfaltigen Erkenntnisse unter einer Idee als System“ und geht in seinem Werk gut 200 Jahre vor **STACHOWIAK**<sup>96</sup> auf den Zweck eines Abbildes zur Beschreibung der Realität ein. Er nennt dies den „szientifischen Vernunftbegriff“. Unter Kenntnis aller Teile eines Systems könne jeder einzelne Teil „vermisst“ werden. Das bedeute, dass bei Kenntnis des Gesamtsystems und bei Kenntnis der Schnittstellen einzelne Teile in ihrer Bedeutung keine übergewichtige Rolle spielen würden.<sup>97</sup> Der Begriff der Architektonik nach **KANT** kann als Ursprung der Bezeichnung für den Systemarchitekten gesehen werden, wie er heute insbesondere in der Informationstechnologie gebräuchlich ist.<sup>98</sup>

**KRUG** beschreibt 1829 die Wechselwirkungen von Teilen im Ganzen mittels des Systembegriffs. Nach **KRUG** verbindet das System Erkenntnisse miteinander zu einem wissenschaftlichen Ganzen. Das Ganze spiegle daher eine systematische Form wider. Weiter geht er auf die unterschiedlichen Arten von Systemen aus den unterschiedlichen Anwendungsfeldern (Medizin, Theologie, Sonnensystem, Staatensystem) ein und betont dabei die „Verbindung des Vielen zu Einem“<sup>99</sup>.

**TRENDELENBURG**<sup>100</sup> geht bereits auf unterschiedliche Aspekte der Systeme bei der Anordnung und der Entwicklung ein. Nach seinem Verständnis ist das System der Anordnung dominiert durch die „Übersicht der Einteilung“, wogegen bei dem System der Entwicklung die „lebendige Erzeugung des Prinzips“ im Vordergrund steht. Damit unterscheidet er Systeme nach der Motivation der Erstellung<sup>101</sup>, nämlich zur Beschreibung eines kausalen Zusammenhangs und die genetische Methode zur Erstellung des Systems an sich. Letztere beschreibt er als das System in vorzüglichem Sinne.

---

<sup>95</sup> Kant 1781, S. 832f

<sup>96</sup> Stachowiak 1973, S. 131

<sup>97</sup> hierzu auch Haberfellner 1994, Malik 2003, Lindemann 2009.

<sup>98</sup> vgl. Kapitel 4.5.

<sup>99</sup> Krug 1829

<sup>100</sup> Trendelenburg 1840, S. 446f.

<sup>101</sup> Auch Trendelenburg beschreibt damit den Zweck der Modellbildung als wesentlichen Bestandteil derer vor Stachowiak 1973, S. 131.

1841 beschreibt **KRÜNITZ**<sup>102</sup> in seiner Enzyklopädie das System in ähnlicher Art und Weise. Er stellt das System dem fragmentarischen Wissen entgegen und betrachtet das wahre System als organisches Ganzes, dessen Teile in gegenseitiger, aber auch jeweils mit dem Ganzen in Wechselwirkung stehen.

Das von **WOLFF**<sup>103</sup> beschriebene „methodisch richtige“ Vorgehen kommt in der Definition des **BROCKHAUS**<sup>104</sup> ebenfalls deutlich zum Ausdruck. Hier wird eine „durchgreifende Regel“ angesprochen, die die Teile des Systems ordne und diese ausmache. So gebe es zum Beispiel in Sonnensystemen feste Regeln, nach denen die Planeten ihre Bahnen ziehen. Das Nervensystem des Menschen wird verstanden als die Regelung des Körpers, die den Zweck hat, den Organismus am Leben zu erhalten. Das Tonsystem in der Musik kennt bestimmte Intervalle, nach denen sich Musik aufbaut.

Interessant ist an dieser Stelle der Verweis des **BROCKHAUS** auf den Begriff „Methode“, der im wissenschaftlichen Sinn mit dem Begriff System in starken Wechselwirkungen stehe.

In den nachfolgenden Jahren wird oft der Begriff „Struktur“ für die Relationen im System verwendet.<sup>105</sup> Auch der Begriff Organismus<sup>106</sup> taucht auf. Wesentliches Merkmal bleibt in allen Fällen, dass ein Ganzes oder eine Einheit aus Teilen besteht, die sich miteinander und mit dem Ganzen in Wechselwirkung befinden. Diese Wechselwirkung bezeichnet **HENDERSON**<sup>107</sup> auch als Interaktion.<sup>108</sup>

**BERNARD**<sup>109</sup> schließt aus der Interaktion sogar, dass Organisationen nur als Ganzes betrachtet werden dürfen.<sup>110</sup> Er nennt die Komponenten „interdependente Variablen“

---

<sup>102</sup> Krünitz 1841.

<sup>103</sup> Wolff 1750, S 440ff.

<sup>104</sup> Brockhaus 1847 bis heute, Bd. 14.

<sup>105</sup> Mauthner 1923; Spranger 1945; Eisler 1930.

<sup>106</sup> Hartmann 1912 S. 93.

<sup>107</sup> Henderson 1935.

<sup>108</sup> hierzu auch Haberfellner 1994, Malik 2003, Lindemann 2009.

<sup>109</sup> Bernard 1938 Auszüge in: K.H. Tjaden (HRSG.): Soziale Systeme. Neuwied: Luchterhand 1971, S. 80ff.

<sup>110</sup> er leitet die Eigenschaften von Organisationen mittels des Systembegriffs her und erklärt, dass beide, Organisationen und Systeme, über die gleichen allgemeinen Kennzeichen verfügen.

und sieht darin seine These begründet. Auch **CHESTNUT**<sup>111</sup> ist dieser Auffassung und beschreibt das System als Ganzes trotz verschiedener Zwecke und spezialisierter Strukturen und Teilfunktionen.

**BERTALANFFY**<sup>112</sup> sieht den lebenden Organismus als einen „Stufenbau offener Systeme, der sich auf Grund seiner Systembedingungen im Wechsel der Bestandteile erhält.“ In weiteren Arbeiten<sup>113</sup> beschreibt er die Elemente, Wechselwirkungen und Relationen innerhalb von Systemen sowie mit deren Umwelt.

**HALL** und **FAGEN**<sup>114</sup> definieren 1956 das System als „Menge von Objekten zusammen mit Beziehungen zwischen den Objekten und zwischen ihren Attributen“. Das Attribut stellt dabei die Ausprägung eines Objektes dar.<sup>115</sup>

**JONAS**<sup>116</sup> formuliert 1957 in seinen „Bemerkungen zum Systembegriff“ und seiner Anwendung auf Lebendiges:

„Formal ist der Sinn von 'System' durch den Begriff des Zusammen bestimmt, der ein Mehreres voraussetzt, das eben in die Beziehung des Zusammen zu stehen gekommen ist, oder nicht anders als in ihr stehend sein kann.

System ist also notwendig ein Mannigfaltiges, aber darüber hinaus ist der Sinn des Zusammen hier, dass das Mannigfaltige ein wirksames Prinzip seiner Einheit hat.<sup>117</sup> Das gilt sowohl für ein System von Sätzen wie für ein System von Dingen, nur dass 'Wirksamkeit' in beiden Fällen verschiedenes bedeutet. Das Zusammen der Teile ist nicht neutrales Beieinander, sondern gegenseitiges Bestimmen, und wiederum ein solches Bestimmen, dass das Zusammen eben dadurch erhalten bleibt.

---

<sup>111</sup> Chestnut 1965.

<sup>112</sup> Bertalanffy 1949 S. 124.

<sup>113</sup> Bertalanffy 1949[2] S. 115.

<sup>114</sup> Hall 1956, S. 18.

<sup>115</sup> siehe auch Büchel 1969 S. 373, Steinbuch 1970 S. 139 und 188, Löffelholz 1970 S. 77.

Löffelholz geht noch weiter auf die Struktur von Systemen ein. Seine Definitionen finden sich fast wörtlich in Dr. Gablers Wirtschafts-Lexikon 1971 Sp. 1465 wieder. Er beschreibt darüber hinaus auch eine Klassierung von Systemen hinsichtlich der Art des Entstehens (natürliches Systeme, vom Menschen gestaltete Systeme) und weiter in dynamische und statische Systeme.

<sup>116</sup> Jonas 1957 S. 89.

<sup>117</sup> Bielkowsky 1971 S. 691ff.



Da aber andererseits im Bereich der Dinge das Bestimmen ein Wirken ist und Wirken ein Verändern, so geschieht hier die Erhaltung durch Veränderung, wie die Einheit durch Vielheit - beides aber durch Kraft, die genau genommen, das Einzige der physischen Wirklichkeit ist, das aus Vielem Eines werden kann.

Auch das 'Bestehen' der Einheit ist daher in Wahrheit ein Geschehen. So befinden wir uns mit dem Thema 'System' im Bereich der klassischen ontologischen Probleme des Einen und Vielen und des Bestandes im Wechsel."

Damit führt **JONAS** die Thematik der Systeme auf die Grundfragen der Philosophie zurück. Ähnlich wie **BERNARD** geht er speziell auf die Wechselwirkungen ein. Er sieht die Wechselwirkungen als „gegenseitiges Bestimmen“ und nicht als „neutrales Beieinander“ und erklärt hierdurch den Zusammenhalt des Systems und damit dessen Funktion.

**KLAUS**<sup>118</sup> definiert ein System als eine „Menge von Elementen und Menge von Relationen, die zwischen den Elementen bestehen.“ Dabei schränkt er ein, dass isomorphe Systeme wie ein einziges System betrachtet werden. Als Struktur des Systems sieht er, wie auch **MAUTHNER**, **SPRANGER** und **EISLER**, die Menge der Relationen zwischen den Elementen. Weiter definiert **KLAUS** für dynamische Systeme sog. aktive (funktionale) Elemente. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie Einfluss auf andere haben und von anderen wiederum beeinflusst werden. Die Relationen zwischen den aktiven Elementen sind repräsentiert durch stoffliche, energetische oder informationelle Kopplungen. Strukturmatrizen dienen der Darstellung solcher Systeme, indem sie zwischen den Funktionen der Elemente und der Funktion des Gesamtsystems vermitteln. Er beschreibt die Interdependenz zwischen Funktion und Struktur eines Systems, sieht hier jedoch nicht, dass die Funktion die Struktur festlegt. Er geht vielmehr wie auch **ALBERS**<sup>119</sup> davon aus, dass eine Funktion durch unterschiedliche Strukturen (Gestalten) erzielt werden kann.

**KLAUS** unterscheidet offene und geschlossene Systeme. Ein geschlossenes System<sup>120</sup> habe die Eigenschaft, dass die Inputs aller seiner Elemente zugleich Outputs anderer Elemente des gleichen Systems und dass alle Outputs von

---

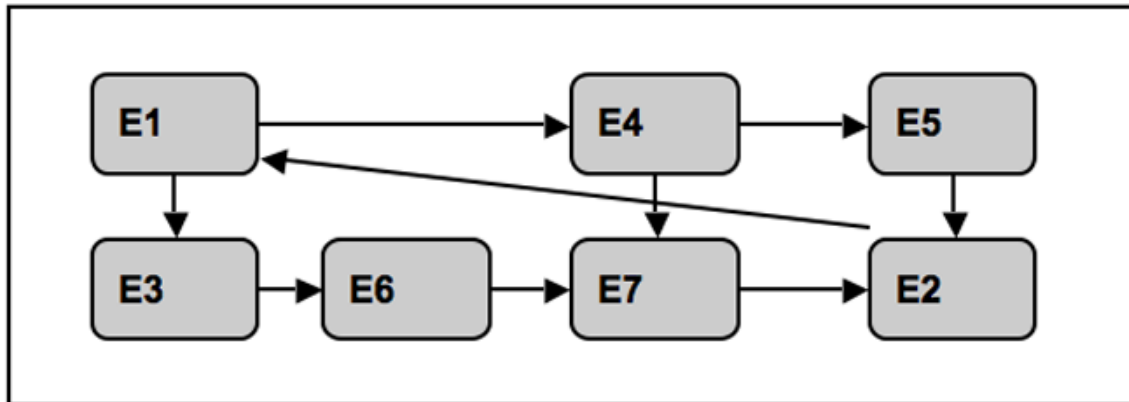
<sup>118</sup> Klaus 1968 S. 634-637.

<sup>119</sup> vgl. Albers 2008.

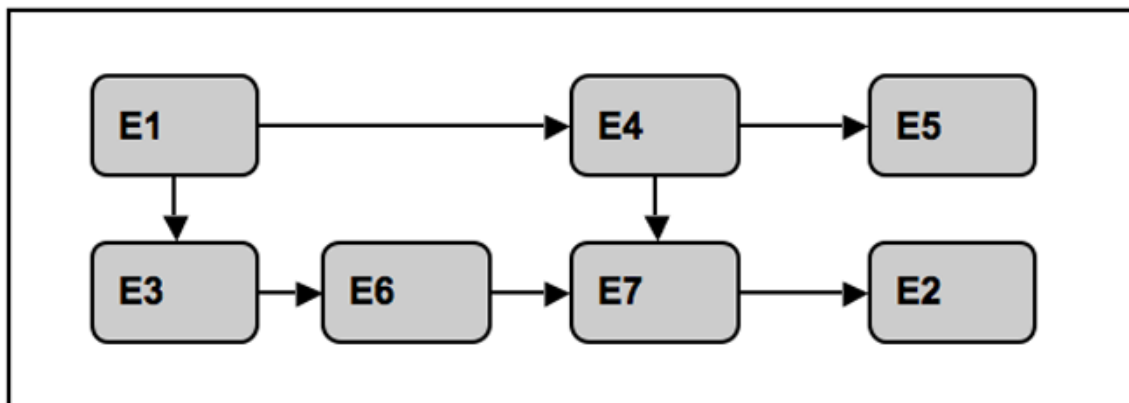
<sup>120</sup> Vgl. Abbildung 19 "geschlossenes und offenes System" nach Klaus 1968, S. 636.

Elementen des Systems zugleich Inputs anderer Elemente dieses Systems seien. Ein solches System bestehe nur aus inneren Elementen.

Solche geschlossenen Systeme sind rein theoretische Konstrukte. Die Welt verfügt über keine Systeme, die vollständig gekapselt sind und keine Informationen, Stoff oder Energie über ihre Grenzen während ihres Lebenszyklus austauschen.



**GESCHLOSSENES SYSTEM**



**OFFENES SYSTEM**

Abbildung 19 "geschlossenes und offenes System" nach Klaus<sup>121</sup>

<sup>121</sup> vgl. Klaus 1968, S. 636.

Das Offene System<sup>122</sup> dagegen zeichne sich dadurch aus, dass es über Elemente verfüge, die zwar mit anderen Elementen des System gekoppelt sei, diese Koppelung jedoch nur in einer Richtung bestehe. Elemente der genannten Art seien Randelemente des Systems. Die Menge der Randelemente bezeichnet er als Oberfläche des Systems.

Ein Beispiel für ein solches System stellt eine Uhr dar. Die Oberfläche ist das Anzeigenfeld der Uhr. Hier ist die Beziehung nur in Richtung des Benutzers gerichtet.

Weiter beschreibt **KLAUS** die graphentheoretischen Grundlagen zu Systemen und erklärt, dass offene Systeme Untermatrizen als Spalten oder Reihen aufweisen, „die ausschließlich den Charakter von Nullmatrizen haben“.<sup>123</sup> Er definiert Rückkoppelungen für die geschlossenen Systeme als notwendig.<sup>124</sup>

Ordnen sich zwei oder mehr Systeme zu einem System höherer Ordnung zusammen und sind diese Systeme wiederum mit anderen gekoppelt, so spricht **KLAUS** von einer Systemhierarchie.<sup>125</sup> Ein Beispiel für eine Systemhierarchie zeigt die folgende Abbildung.

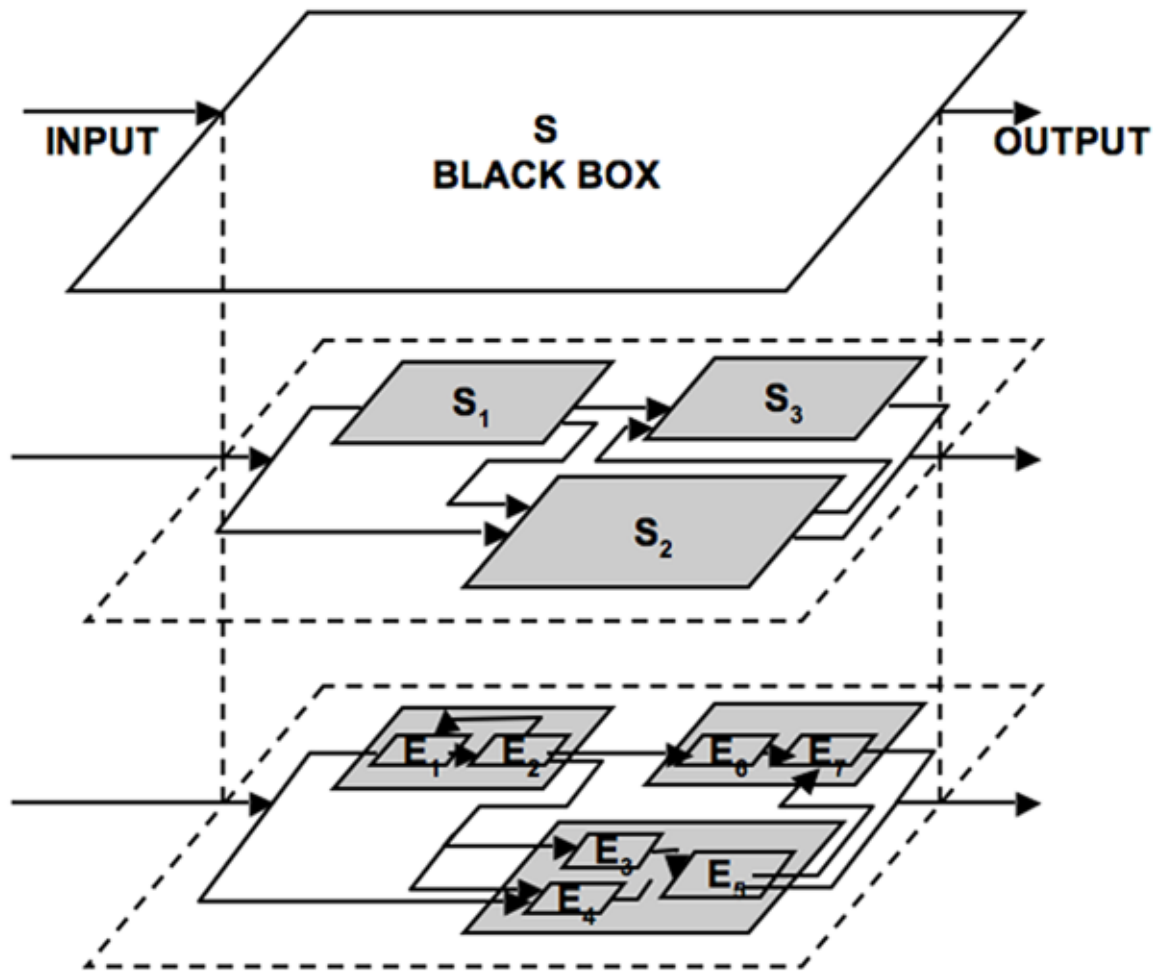
---

<sup>122</sup> Vgl. Abbildung 19 "geschlossenes und offenes System" nach Klaus 1968, S. 636.

<sup>123</sup> vgl. Klaus 1968, S. 637.

<sup>124</sup> vgl. Klaus 1968, S. 637.

<sup>125</sup> Ebda.

Abbildung 20 "Systemhierarchie"<sup>126</sup>

**FUCHS**<sup>127</sup> beschreibt die unterschiedlichen Intentionen des Systembegriffs aus der Literatur und fasst zusammen: „Ein System besteht aus Elementen (Dingen, Objekten, Sachen, Komponenten, Teilen, Bausteinen, Gliedern) mit Eigenschaften (Attributen), wobei die Elemente durch Beziehungen (Zusammenhänge, Relationen, Kopplungen, Bindungen) verknüpft sind (**HALL** und **FAGEN**). Oftmals wird der Systembegriff mit den Termini „Ordnung“, „Organisiertheit“, „Gestalt“ und „Ganzheit“ in Verbindung gebracht (v. **BERTALANFFY**, **BEER**, **BOULDING**, **JOHNSON-KAST-ROSENZWEIG**, **WIESER**). Bei engeren Fassungen des Systembegriffs werden u. a. die

<sup>126</sup> vgl. Patzak 1982, S. 51.

<sup>127</sup> Fuchs 1969 Sp. 1669 - 1671

Art des Elementzusammenhangs (Aufbau, Gliederung, Baumuster, Struktur) oder die Verhaltensformen von Systemen als wesensbestimmende Merkmale hervorgehoben. Enge Fassungen ergeben sich z. B. daraus, dass spezielle Beziehungsarten wie „Wechselwirkung“ (v. **BERTALANFFY**), „Leistungsaustausch“ (**ADAM**) und „Kommunikation“ (**WIESER**) anstelle des allgemeinen Oberbegriffs „Beziehung“ verwendet werden.“

Demnach haben Systeme auch bei **FUCHS**<sup>128</sup> Elemente, Beziehungen und Eigenschaften. Er beschreibt wie schon **KLAUS**<sup>129</sup> eine Systemhierarchie und fasst die Begrifflichkeiten aus der Literatur zusammen:

Die übergeordnete Ebene bezeichnet er mit den Begriffen

- Umsystem,
- Übersystem,
- Supersystem und
- Over-All-System.

Die untergeordneten Ebenen werden unter den Begriffen

- Insystem,
- Untersystem und
- Subsystem.

**FUCHS** weist darauf hin, dass die Beziehungen oft als „konstituierendes Merkmal des Phänomens System“ beschrieben wurden. Er fordert eine exakte Definition und Klassifikation von Beziehungen. Er proklamiert die Klassifizierung der Beziehungsarten

---

<sup>128</sup> Ebda.

<sup>129</sup> Klaus 1969, S. 637

1. reale oder ideale Beziehungen;
2. natürliche oder künstlich geschaffene Beziehungen;
3. zeitunabhängige oder zeitabhängige Beziehungen;
4. aktive oder inaktive Beziehungen;
5. einseitige oder wechselseitige Beziehungen;

und betont die Möglichkeit des Austauschs von Energie, Materie und Information als Konkretisierung der Beziehungen.

### 2.2.2 Zwischenfazit

Entscheidend ist bei allen aufgezeigten Systemen:

- Systeme sind zweckmäßig zusammengesetztes **Ganzes**<sup>130</sup>
- Systeme haben **Subsysteme**<sup>131</sup>
- Systeme sind **in andere Systeme** (mind. in ein anderes) **eingebettet**<sup>132</sup>
- Systeme verfolgen eine **Absicht/Funktion/Zweck**<sup>133</sup>

Die Verwendung des Begriffs „System“ besteht seit mehr als 2000 Jahren. Seither hat sich das Verständnis im Kern des Systemgedankens nur in kleinen Details geändert.

**BÄCKER** fasst den Kern der Systemtheorie in folgender Weise zusammen: „Die Systemtheorie beschäftigt sich mit Phänomenen, die weder so einfach sind, dass sie kausal, noch so zufällig, dass sie statistisch beschrieben werden können. Es handelt sich um Phänomene der Selbstorganisation. Die Systemtheorie ist ein Versuch, eine Begrifflichkeit zu entwickeln, mit der diese Phänomene beschrieben werden können. Die klassische Unterscheidung zwischen Subjekt und Objekt wird dabei unterlaufen und durch die Entdeckung einer Vielzahl von Beobachterpositionen in der Welt ersetzt“.<sup>134</sup>

---

<sup>130</sup> vgl. auch Pahl 1997.

<sup>131</sup> vgl. auch Vester 1980.

<sup>132</sup> vgl. auch Vester 1980.

<sup>133</sup> vgl. auch NASA 1995.

<sup>134</sup> vgl. Peters 1998.

Systemtheorie ist ein mächtiges Werkzeug im Umgang mit Komplexität. Zusammen mit Werkzeugen zur Darstellung der Systemmodelle hilft sie, Zusammenhänge zu begreifen und Reaktionen auf Veränderungen abzuschätzen. Das Systemdenken hilft dem Produktentwickler dabei, stets seine Problemstellung in den allgemeinen Kontext einzuordnen. Er muss sich in der Systemhierarchie richtig aufstellen. Er ist gezwungen, den Zweck seines Wirkens zu erkennen und seine Handlungen danach auszurichten. Dabei betrachtet er das **Eine** und das **Viele**.

### 2.2.3 Systemtechnik

Laut **PETERS** lassen sich aus der systemtheoretischen Literatur eine Reihe typischer Systemeigenschaften herausfiltern, durch die spezifische Systemtypen charakterisiert sind und die als Formalmodelle auf konkrete Erscheinungen bezogen werden können.<sup>135</sup> Hierzu gibt Tabelle 3 eine Übersicht.

Die wissenschaftliche Diskussion um Systems Engineering oder die Systemtechnik<sup>136</sup> hat ihre Wurzeln in den im Kapitel 2.2.1 beschriebenen philosophischen Betrachtungen zur allgemeinen Systemtheorie. Der Durchbruch unter dem Namen „Systems Engineering“ konnte jedoch erst ab 1950 verzeichnet werden.<sup>137</sup> In den USA wurden die Ansätze maßgeblich durch die NASA genutzt und weiterentwickelt. Nach dem „Sputnik Schock“ konnte so bspw. das Apollo Programm geplant und durchgeführt werden. Im deutschen Sprachraum wurden die Ansätze durch **ROPOHL**, **PATZAK**, **BEITZ** und **ZANGEMEISTER** eingeführt und geprägt.<sup>138</sup>

---

<sup>135</sup> vgl. Ropohl 1978, S. 33f, Vogt 1983, S. 65f, Fuchs 1972, S. 51f.

<sup>136</sup> Die Begriffe werden in gleicher Bedeutung verwendet.

<sup>137</sup> Lindemann 1980, S. 10.

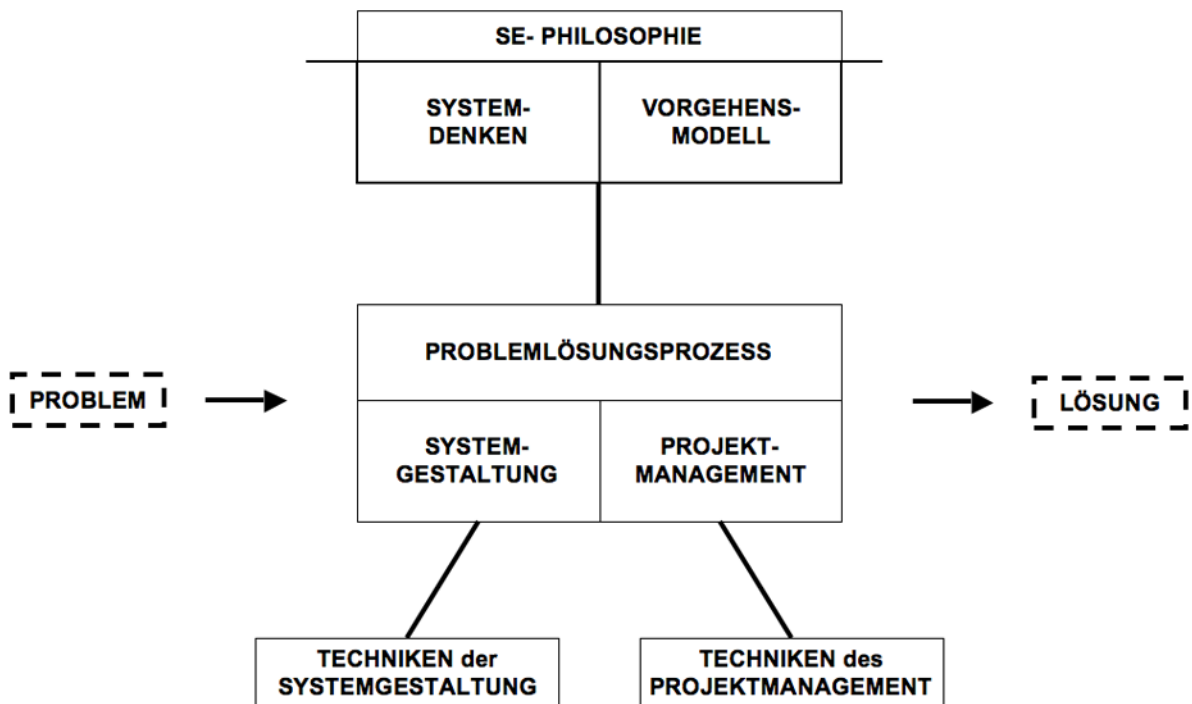
<sup>138</sup> vgl. Lindemann 1980, S. 10.

Unterscheidungsmerkmal		Ausprägungsbereich (nach dem Gesichtspunkt der Polarität)		Erläuterungen
Seinsebene		konkret (materiell)	abstrakt (ideell)	meist Mischformen (entspricht nicht: real – irreal)
Entstehung		natürlich	künstlich	künstliche sozio-technische Systeme entwickeln natürliches Verhalten bei Realisierung
Beziehung zur Umwelt (Übersystem)		offen (dynamisch)	geschlossen (metastabil)	konkrete Systeme sind nie ganz geschlossen, vom Betrachtungszeitraum abhängig (quasi geschlossen = metastabil)
Dominanz von Komponentenarten (bei konkreten Systemen)		unbelebt Technisch	belebt Human-sozial	wesentliche Ausprägungen: anthropotechnische Systeme soziotechnische Systeme
Bestimmtheit von Output und/oder Zustand		deterministisch	stochastisch (probalistisch)	deterministisch: eindeutig und in Sätzen prognostizierbar stochastisch: nur mit Angabe von Wahrscheinlichkeitswerten prognostizierbar
Komplexität (Strukturierung)	Beziehungsarten <b>Konnektivität</b> Beziehungsanzahl	einheitlich  gering	unterschiedlich  groß	beliebige Zwischenwerte
	Elementarten <b>Varietät</b> Elementanzahl	eindisziplinär  gering	multidisziplinär  groß	beliebige Zwischenwerte
Funktion (Wirkung)	bei abstrakten Systemen	aussagend	klassifizierend	aussagend: Gleichungssysteme, philosophische Systeme u. ä.
	bei konkreten Systemen	materiell energetisch	informationell	Materie/Energie-Kontinuum (meist alle drei Übertragungsarten)
Charakteristika der Systemfunktion		linear ohne Verzögerung	nicht linear mit Verzögerung	Approximation: abschnittweises linearisieren
Charakteristikum der Systemzustände (Endlichkeit der Zustandsmenge)		diskret	stetig	fließender Übergang bei praktischer Analyse
Variabilität (Zeitabhängigkeit)	passiv <b>der Funktion</b> aktiv	invariabel	variabel (wählbar) funktionsadaptiv (funktionsdynamisch)	(hängt von Betrachtung, d.h. Genauigkeit, Zeitraum ab) Mehrzwecksysteme Servomechanismen, Lebewesen
	passiv <b>der Struktur</b> aktiv	inflexibel	elastisch (adaptierbar) selbstorganisierend (strukturdynamisch)	modular aufgebaute Systeme Homöostasie, lernfähige Systeme
Verhalten gegenüber Störungen		Instabil	(meta)stabil Fließgleichgewicht	(vom Beobachtungszeitraum abhängig) Ultrastabilität Multistabilität

Tabelle 3 "Klassifikation von Systemen"<sup>139</sup>

<sup>139</sup> vgl. Patzak 1982, S. 21.



Abbildung 21 "Systems Engineering"<sup>140</sup>

Die Abbildung oben "Systems Engineering" zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Systems Engineering. Es zeichnet sich durch die Aufteilung in ein Phasenmodell (Makro-Logik) und den Problemlösungszyklus (Mikro-Logik) aus. Das Phasenmodell regelt das grundsätzliche Voranschreiten innerhalb der Gesamtaufgabe. Der Problemlösungszyklus gliedert die Problemlösung in den einzelnen Phasen.<sup>141</sup> Da Systems Engineering der Planung und Struktur von Großprojekten dient, besteht eine Schnittstelle zu einer ganzheitlichen Projektplanung. **ALBERS** vertritt das integrierte Produktentstehungs-Modell (iPeM)<sup>142</sup>, das einen auf die Produktentstehung abgestimmten Satz von Aktivitäten als Makrologik und eine Problemlösungssystematik SPALTEN<sup>143</sup> als Mikrologik bereit stellt.<sup>144</sup> Weiterhin

<sup>140</sup> Habermellner 1994, S. 4

<sup>141</sup> Ebda., S. 29; Züst 2006, S. 5f, S. 19ff.

<sup>142</sup> Albers 2006.

<sup>143</sup> Albers 2002.

bietet das iPeM Schnittstellen zum Projektmanagement und zum Wissensmanagement. Das iPeM versteht sich als Metamodell der Produktentstehung, aus dem konkrete Projekte und Prozesse entstehen.

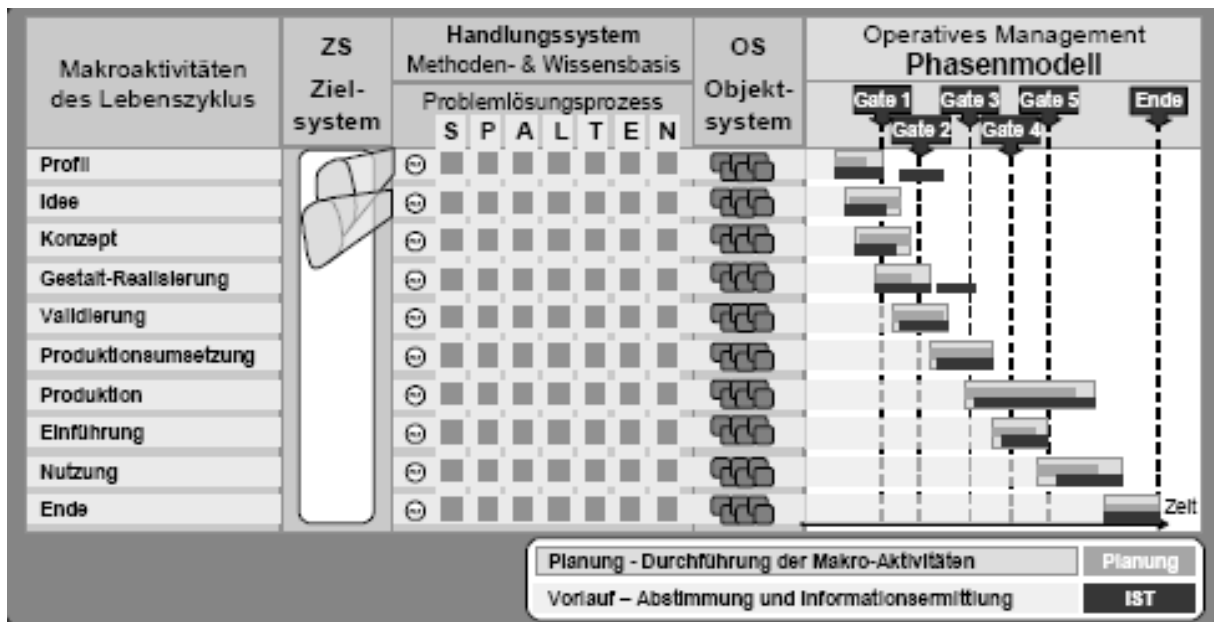


Abbildung 22 "Mikro- und Makro-Logik des iPeM"<sup>145</sup>

Der erste Schritt im Systems Engineering besteht darin, die Situation aufzuklären. Das Klären der Vorgeschichte und der Randbedingungen steht hierbei im Fokus der Handlungen.

**ROPOHL** sieht in der Systemtechnik das Werkzeug zum transdisziplinären Arbeiten. Er sieht gar ein eigenständiges Paradigma für die Bearbeitung von transdisziplinären Problemstellungen mittels synthetisch-integrativer Methoden wie der Systemtechnik.

Für ihn ist Systemtechnik eine „operative Theorie über die Art und Weise, wie man Modelle von beliebigen Erfahrungsbereichen konstruiert“<sup>146</sup>. Er geht davon aus, dass

<sup>144</sup> Das Münchner Vorgehensmodell dagegen ist eindimensional aufgebaut und verfügt über keinen einheitlichen Mikrozyklus in den einzelnen Vorgehensschritten. Es wird ergänzend das Münchner Methodenmodell zur Verfügung gestellt, das die Auswahl und Adaption von Methoden zur passend zur Problemsituation erleichtern soll. vgl. Kapitel 2.1.1.2.

<sup>145</sup> vgl. Allbers 2007; Meboldt 2009.

<sup>146</sup> Ropohl 2005, S 27.

die Systemtechnik dazu anleite, „Bilder komplexer Phänomene in endlich vielen, intersubjektiv überprüfbar, methodischen Schritten anzufertigen“<sup>147</sup>.

Laut **ROPOHL** sind folgende drei Modellkonzepte mit ihren Merkmalen<sup>148</sup> für die Syntheseleistungen unverzichtbar<sup>149</sup>. Das funktionale Konzept modelliert stets die internen Zustände und deren Verknüpfungen. Es modelliert die Umgebung des Systems und stellt so dessen Zweck dar. Das Konzept bietet eine Heuristik zur Ermittlung aller denkbaren Bedingungen.

Im strukturalen Konzept sind die zu einem Ganzen verknüpften Teile modelliert. Das Konzept zeigt auf, dass die Ganzheit nicht nur die Summe der Eigenschaften der Teile ist, vielmehr erklärt es „die besondere Art des Zusammenwirkens der Teile“ . Damit ist eine Heuristik für die „Ermittlung der Teile und Verknüpfung des Systemaufbaus (gegeben), aus denen das Systemverhalten zu erklären ist“.

Das hierarchische Konzept schließlich stellt über das strukturale Konzept hinaus dar, dass das betrachtete System wiederum Teil eines anderen Systems ist und damit als Teil einer umfassenden Ganzheit verstanden werden kann. Dies ist Ausdruck des Grundsatzes des Systemdenkens. **ROPOHL** übergibt einen umfassenden Ansatz der Systemtechnik mit den Regeln und Randbedingungen für das Denken in Systemzusammenhängen, integriert in eine „synthetischen Philosophie“ .

**ROPOHL** benennt die drei wichtigsten Systeme der Systemtechnik. **Sachsysteme** sind die Objekte der Systemtechnik. Das **Handlungssystem** beschreibt die Subjekte der Systemtechnik. Das **Zielsystem** formt die Leitlinien der Systemtechnik.<sup>150</sup>

---

<sup>147</sup> Ebda.

<sup>148</sup> die er in Ropohl 1999, S. 312 – 322 herleitet.

<sup>149</sup> Ropohl 2005, S 27.

<sup>150</sup> vgl. Ropohl 1975.

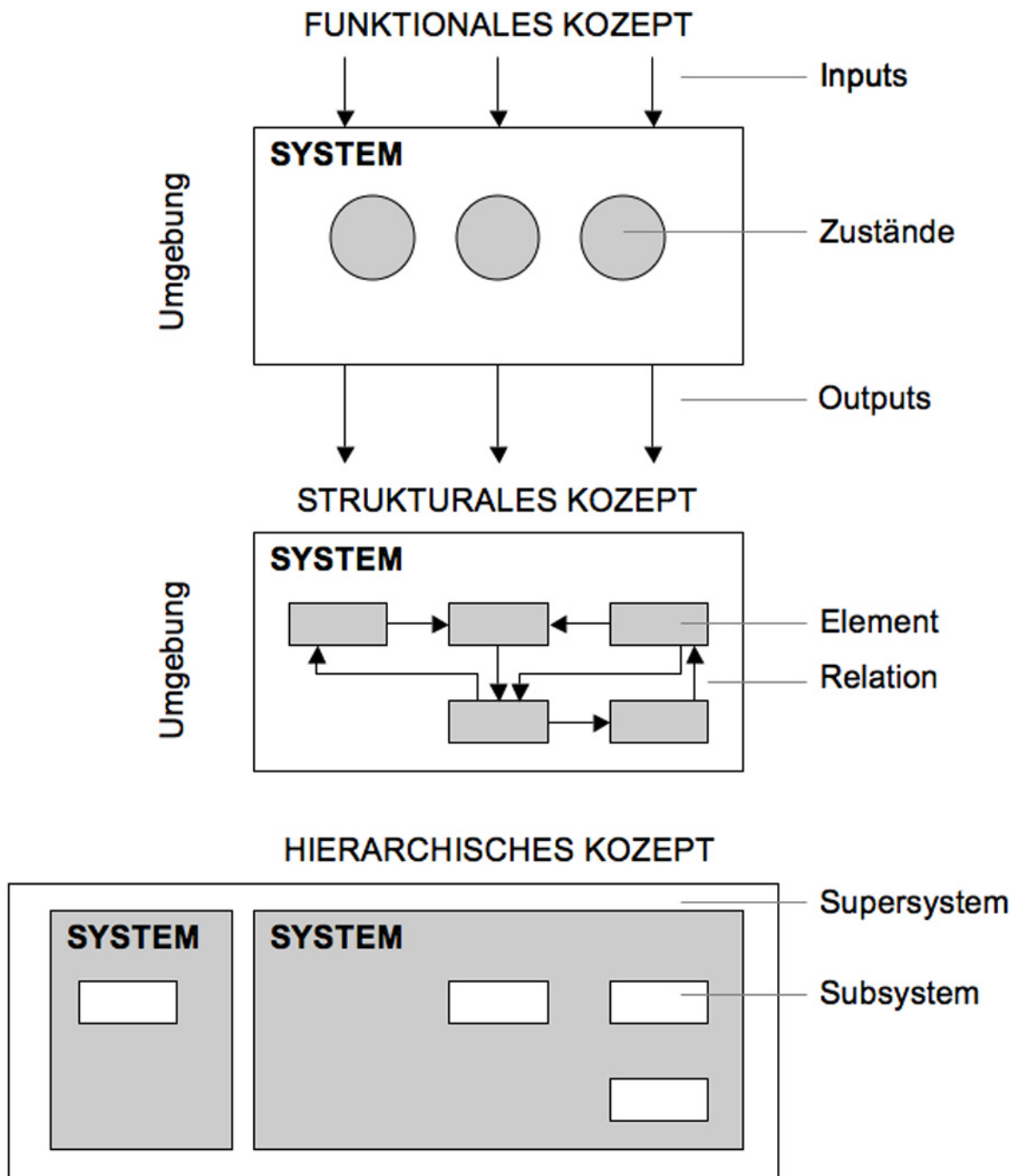


Abbildung 23 "Konzepte der Systemtheorie"<sup>151</sup>

<sup>151</sup> vgl. Ropohl 2005.

### 2.2.3.1 Sach- oder Objektsysteme

Sachsysteme sind Produkte.<sup>152</sup> Sie sind konkrete künstliche Systeme mit zahlreichen Schnittstellen zu ihrer Umwelt und daher offene Systeme. Die Schnittstellen können unterschiedlich geartet sein. Aspekte, wie die Versorgung von Sachsystemen mit Energie und Rohstoffen, stellen genauso Beziehungen zur Umwelt dar, wie die klimatischen Bedingungen, denen das Sachsystem ausgesetzt ist. Als rangniedrigste Systeme nennt **ROPOHL** die elementaren technischen Bauteile. Deren Verknüpfung miteinander ergibt die ranghöheren Systeme. Hierarchien von Sachsystemen erweitern sich stetig durch den technischen Fortschritt. Aus den Attributen der Sachsysteme leitet er Suchfelder für deren Funktionen her. Er unterscheidet zwischen Input-Zustands-Transformationen und Input-Output-Transformationen und kommt so auf fünf Funktionenklassen<sup>153</sup> für Sachsysteme:

- Zustandsveränderung
- Zustandserhaltung
- Wandlung
- Transport
- Speicherung

Die Kopplung nennt er die „wichtigste Klasse der Relationen im Sachsystem“<sup>154</sup>. Damit geht er auf die Struktur der Sachsysteme ein. Kopplung ist die Verbindung von zwei Subsystemen, bei der der Output des einen Input für das andere ist.<sup>155</sup> Die Kopplung unterliegt dabei genauso der Gliederung nach den Attributen. Es können Material- bzw. Stoff-, Energie und Informationsflüsse genauso wie räumliche und zeitliche Relationen eine Kopplung ausmachen. Die folgende Abbildung zeigt die Kopplung von Systemelementen.

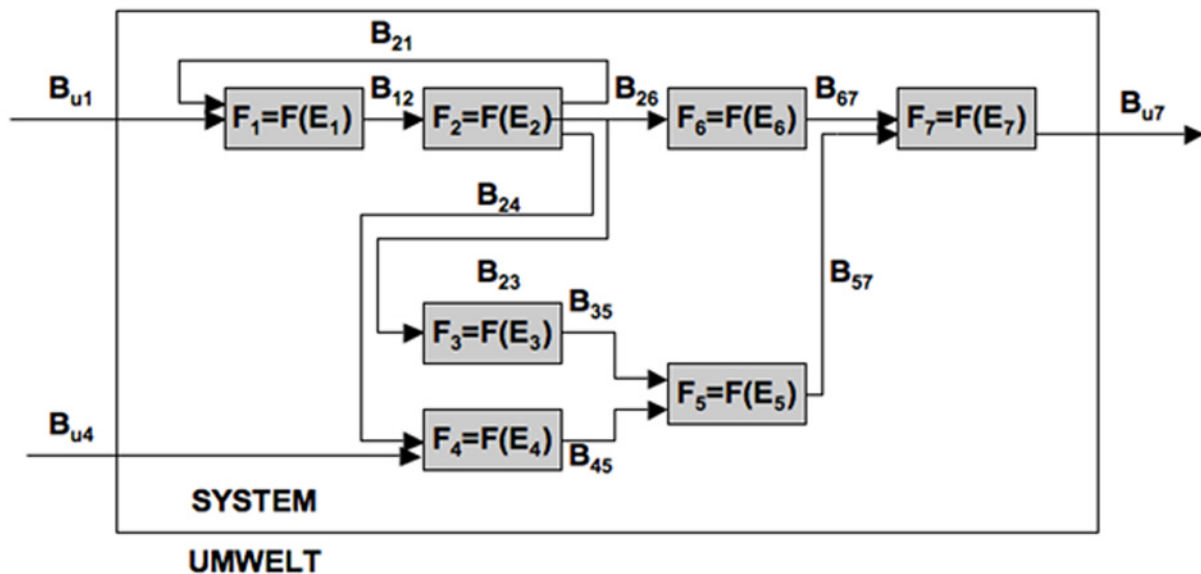
---

<sup>152</sup> Ebda., S. 34ff.

<sup>153</sup> Ebda., S. 41.

<sup>154</sup> Ebda., S. 41.

<sup>155</sup> hierzu auch Haberfellner 1994, Malik 2003, Lindemann 2009.

Abbildung 24 "Kopplung in Systemen"<sup>156</sup>

Sachsysteme sind im Verständnis von **EHRLENSPIEL** die entstehenden technischen Gebilde und das Objekt des Handlungssystems.<sup>157</sup>

Sachsysteme seien das Objekt des Handelns. Nach **LINDEMANN** werden sie festgelegt und erstellt, um einen vorausgedachten Zweck möglichst optimal zu erfüllen.<sup>158</sup>

**NEGELE** sieht im Objektsystem einerseits die modellierten und zu erstellenden Endprodukte, die auf dem Weg für die Erstellung erforderlich sind. Andererseits ist das Objektsystem das Ergebnis der durchgeführten Arbeiten. Damit wechselt er zwischen den hierarchischen Stufen seiner Systemtechnik.<sup>159</sup>

Als Ergebnisse von Wirksystemen und als die Realisierung von vollzogenen Aktivitäten sieht **PATZAK** das Objektsystem.<sup>160</sup>

<sup>156</sup> F=Funktion, B=Beziehung, E=Element, u=Umwelt.

<sup>157</sup> Ehrlenspiel 2003, S. 20.

<sup>158</sup> Lindemann 1980, S. 22f.

<sup>159</sup> Negele 1998, S. 54 und S. 147.

<sup>160</sup> Patzak 1982, S. 31ff.

**STEINMEIER** definiert die Objektsysteme gar als den Mittelpunkt des Gesamtsystems. Für ihn stellen sie das Produkt dar.<sup>161</sup>

**WALTHER** sieht im Objektsystem das, „was realisiert werden soll“. Das Objektsystem ist gegenständlich.<sup>162</sup>

**WENZEL** bezeichnet wie **NEGELE** Objektsysteme als Zwischenergebnisse und als Endergebnis der Produktentstehung.<sup>163</sup>

### 2.2.3.2 Handlungssysteme

Handlungssysteme haben den Zweck, Sachsysteme hervorzubringen. Dabei stellen sie laut **ROPOHL** offene, dynamische, soziotechnische Systeme dar. In Ihnen sind Menschen und Maschinen (**ROPOHL** spricht von „Sachen“) vorhanden, die in Interaktion ihren Zweck erfüllen.<sup>164</sup> Handlungssysteme sind nach **ROPOHL** keine natürlichen Systeme. Er stellt fest, dass bislang keine lückenlose Beschreibung vorhanden ist, obwohl Handlungssysteme mit ihren Abläufen, Phänomenen und menschlichen Handlungen empirisch fassbar sind. Er weist darauf hin, dass durch die Kombination technischer und menschlicher Komponenten im System „besondere Probleme“ zu erwarten sind.<sup>165</sup> So ist ein „nicht unbeträchtlicher Teil ihrer funktionalen und strukturalen Zusammenhänge nicht allgemeingültig determiniert, sondern nur statistisch beschreibbar“.<sup>166</sup> Eine umfassende Definition der Funktionen von Sachsystemen ist aus seiner Sicht nicht möglich, da insbesondere aus den Bereichen der Betriebswirtschaft und der Organisationswissenschaft entsprechende Betrachtungen nicht verfügbar sind.<sup>167</sup> Die charakteristische Funktion des Handlungssystems orientiert sich demnach an seinem Zweck, Sachsysteme hervorzubringen. Dabei wird der informatorische Input aus dem Zielsystem in entsprechende Eigenschaften eines Sachsystems gewandelt. Durch Eingaben in das Zielsystem findet eine Zustandsveränderung des Handlungssystems statt. **ROPOHL**

---

<sup>161</sup> Steinmeier 1999, S. 32.

<sup>162</sup> vgl. Walther 2001, S. 26.

<sup>163</sup> Wenzel 2003, S. 43.

<sup>164</sup> Ropohl 1975, S. 45.

<sup>165</sup> Ebda., S. 46.

<sup>166</sup> Ebda..

<sup>167</sup> Ebda., S. 47.

unterscheidet die Struktur des Handlungssystems in eine Ablaufstruktur und eine Aufbaustruktur.

Die Ablaufstruktur weist zeitliche und logische Relationen auf. **ROPOHL** gliedert die Ablaufstruktur eines Handlungssystems klassisch in die Phasen Vorstudie, Hauptstudie, Entwicklung, Konstruktion, Herstellung, Verwendung und Auslaufphase und schließt die bedarfsgesteuerte Rekursion explizit mit ein.<sup>168</sup> Überwacht werden diese Phasen von einem Projektmanagement, das begleitend und an definierten Entscheidungsstufen kontrollierend und steuernd eingreift.

Die Aufbaustruktur des Handlungssystems macht einen Perspektivenwechsel erforderlich. Waren in der Ablaufstruktur Phasen und Abläufe **ROPOHLS** Fokus, so sind es jetzt personale und technische Systeme, die an der Überführung des Zielsystems in das Sachsystem mitwirken. Zentrales Element stellt hier das Projekt-Management dar. Von ihm aus werden die anderen Subsysteme gelenkt. Als Herausforderung sieht **ROPOHL**, dass „die verschiedenen Handlungsphasen der Ablaufstruktur bestimmten Instanzen und Stellen der Aufbaustruktur zugeordnet werden müssen“<sup>169</sup>.

Menschen, Sachmittel und Handlungen gehören laut **EHRENSPIEL** zum Handlungssystem. Sie enthalten die strukturierten Aktivitäten, die zur Erfüllung des Zielsystems nötig sind. Die Ergebnisse des Handlungssystems sind Projekt-, Vorgehens- und Terminpläne und die Beschreibung der Aufbau- und der Ablaufstruktur.<sup>170</sup>

**LINDEMANN** beschreibt das Handlungssystem als aktives System in dem die Tätigkeiten, Arbeitsschritte und Abläufe mit deren Wechselwirkungen modelliert sind. Er erläutert eine intuitive oder diskursive Steuerung im Handlungssystem, geht dabei nicht explizit auf den Menschen im System ein.<sup>171</sup> Die Wahl der Begrifflichkeiten lässt aber darauf schließen, dass **LINDEMANN** den Menschen sehr wohl als Teil des Handlungssystems sieht.

---

<sup>168</sup> Ebd., S. 50f.

<sup>169</sup> Ebd., S. 57.

<sup>170</sup> Ehrlenspiel 2003, S. 20.

<sup>171</sup> Lindemann 1980, S. 23ff.



Das Handlungssystem ist im Verständnis von **NEGELE**<sup>172</sup> und **WENZEL**<sup>173</sup> das Modell der Aufbauorganisation und der personellen und sachlichen Ressourcen. Es sind die Einheiten, die Handlungen zur Erreichung der Ziele ausführen.

Eine Zusammensetzung oder Organisation von belebten und unbelebten Elementen, genannt Wirksystem, ist das Handlungssystem laut **PATZAK**<sup>174</sup>.

Als konkrete Systeme stellt **STEINMEIER** die Handlungssysteme dar. Auf Grund der Tatsache, dass sie soziale Systeme sind, misst er ihnen keine natürlichen und empirisch erfahrbaren Grenzen zu. Sie erstellen Sach- und Zielsystem<sup>175</sup>.

Für **WALTHER** ist das Handlungssystem die Beschreibung der Organisationen und deren Abhängigkeiten. Sie entwickeln, erstellen und vertreiben ein Produkt.<sup>176</sup>

### 2.2.3.3 Zielsysteme

**ROPOHL** bezeichnet die Zielsysteme als das schwierigste und vielleicht wichtigste Kapitel der Systemtechnik.<sup>177</sup> Insbesondere beschreibt er es als problematisch, dass Ziele oft nicht ausdrücklich formuliert sind. Oft sei auch eine Fokussierung auf ein Ziel oder eine Zieldimension vorherrschend und man gebe sich der Hoffnung hin, die anderen Dimensionen stellten sich von alleine ein.

Zielsysteme sind nach seiner Auffassung eine geordnete Menge der Ziele eines systemtechnischen Projektes. Solche Zielsysteme sind abstrakte Systeme, weil sie keine dinglichen Gegenstände darstellen, sondern verbal formulierte Bewusstseinsinhalte sind. Demzufolge sind sie künstliche Systeme. Da sie einer stetigen Veränderung unterliegen, werden sie als dynamische Systeme gesehen.

Der Hierarchie von Zielsystemen nähert sich **ROPOHL** mittels einer sprachlogischen Analyse. Ein Ziel beschreibt einen zukünftigen Zustand und die Forderung, diesen zu erreichen. Letztere ist meist implizit und wird vorausgesetzt. Eine Zielhierarchie ergibt sich Top Down. Der oberste Rang des Zielsystems ist meist abstrakt und nicht direkt

---

<sup>172</sup> Negele 1998, S. 54 und S. 162.

<sup>173</sup> Wenzel 2003, S. 43.

<sup>174</sup> Patzak 1982, S. 31.

<sup>175</sup> Steinmeier 1999, S. 62.

<sup>176</sup> Walther 2001, S. 27.

<sup>177</sup> Ropohl 1975., S. 58ff; Lindemann 1980, S. 25f.

messbar. **ROPOHL** nennt die Produktqualität als Beispiel. Diese gelte es in weiteren Bereichen zu definieren und entsprechende Subziele (z.B. Lebensdauer, Zuverlässigkeit, ...) zu formulieren. Auf diese Weise entstehen zahlreiche Zielsysteme, deren Erfüllung sich auf dem untersten Rang möglichst genau messen lassen muss.

Strukturell unterscheidet **ROPOHL** die Relationen der Zielsysteme mit deren Indifferenz, Konkurrenz, Komplementarität und deren Präferenz.

- Die Indifferenzrelation beschreibt zwei voneinander unabhängige Ziele.
- Konkurrierende Ziele haben negativen Einfluss aufeinander.
- Komplementarität liegt vor, wenn sich die Erreichung eines Ziels positiv auf ein anderes auswirkt.
- Die Periodisierung von Zielen wird durch die Präferenz angegeben.

Weiter sieht **ROPOHL** in der Formulierung von Zielsystemen die Grundlage von Bewertungs-, Auswahl- und Entscheidungsprozessen. Dabei ist er sich der Problematik bewusst, dass das Zielsystem in erheblichem Maße durch das Handlungssystem erstellt wird. Daraus ergeben sich Wechselwirkungen, die nicht im Voraus beschreibbar sind.

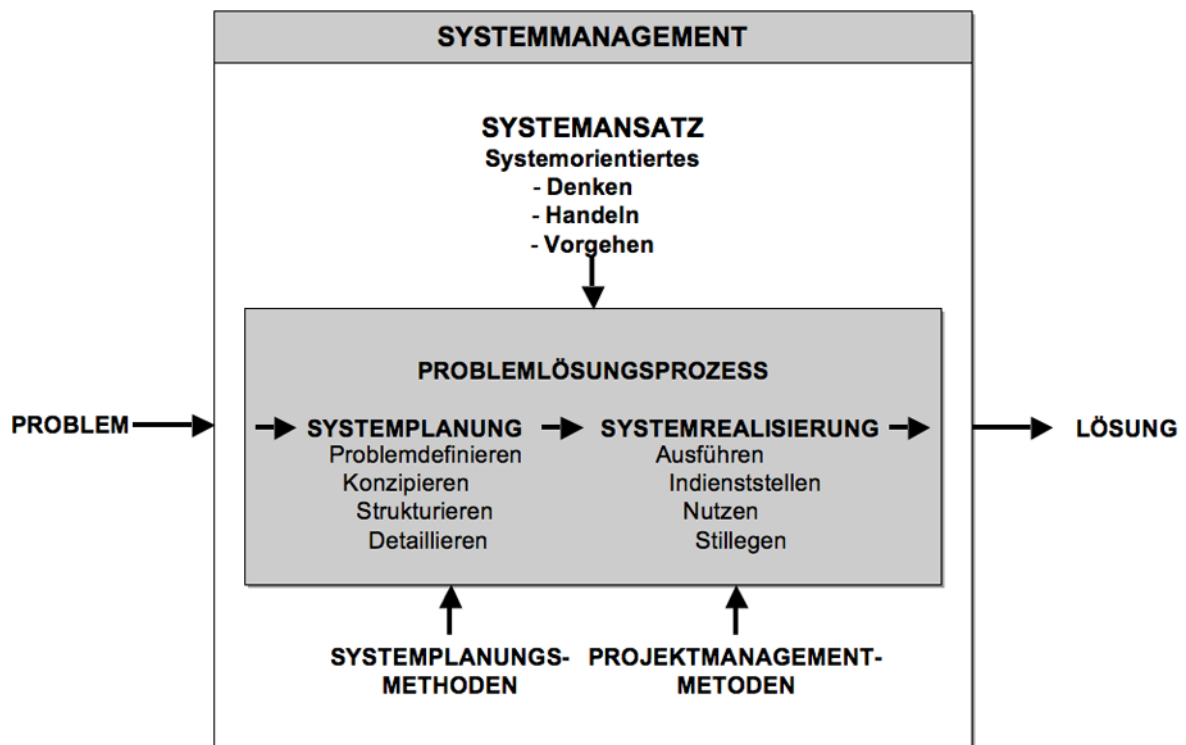


Abbildung 25 "Systemmanagement"<sup>178</sup>

**PATZAK** beschreibt in seiner Systemtechnik nur wenige Jahre nach Ropohl die Synthese als kreativen Schritt mittels des Systemdenkens und des Systemmanagements.<sup>179</sup> Er sieht ebenfalls die drei Konzepte der zugeordneten Funktionen, die Einbindung in die Umwelt und das Zusammenwirken des Systems als die wesentlichen Elemente der Systemdarstellung.<sup>180</sup> Wir finden also auch in seinem Werk alle wesentlichen Aussagen der Systemtheorie im Allgemeinen<sup>181</sup> und die der Systemtechnik im Speziellen.

Nach seiner Auffassung enthält das Zielsystem alle terminlichen, wirtschaftlichen und qualitätsbezogenen Vorgaben.<sup>182</sup>

<sup>178</sup> vgl. Patzak 1982.

<sup>179</sup> Ebd., S. 4

<sup>180</sup> Ebd. S. 15

<sup>181</sup> vgl. Patzak 1982, S. 11

<sup>182</sup> Patzak 1982, S. 31.

Auch **EHRENSPIEL** definiert Zielsysteme über die Menge der Zielvorgaben und deren Verknüpfungen. Er strukturiert die Anforderungen hierarchisch nach der Wichtigkeit oder gemäß der zeitlichen Abfolge der Teilziele. Ergebnisse sind Anforderungslisten und Pflichten- oder Lastenhefte.<sup>183</sup>

**LINDEMANN** beschreibt das Zielsystem als Leitlinien und geht dabei wie Ropohl auf die unterschiedlichen Arten von Zielen ein. Die Forderung nach Toleranzwerten stellt für die Thematik eine sehr konkrete Forderung dar. Auch **LINDEMANN** fordert die Beschreibung von Wechselwirkungen der Ziele.<sup>184</sup>

Bei **NEGELE** ist das Zielsystem eine Abbildung der relevanten Ziele mit deren Zusammenhängen und Abhängigkeiten. Es wird nicht die Lösung der Probleme im Zielsystem abgebildet.<sup>185</sup>

**STEINMEIER** reduziert das Zielsystem zu einer abstrakten Darstellung der Zielhierarchie. Zielsysteme treten danach in Form von Pflichten- und Lastenheften sowie Anforderungslisten und ähnlichem auf.<sup>186</sup>

Abstrakte, verbalisierte Bewusstseinsinhalte sind nach **WENZEL** im Zielsystem abgelegt. Auch er nennt Lasten-, Pflichtenhefte und Anforderungslisten als Beispiele für deren Erscheinungsformen.<sup>187</sup>

Nach **WALTHER** beschreibt das Zielsystem die Anforderungen an ein Produkt.

## 2.2.4 Komplexität

Die Komplexität ist in der Systemtheorie ein Maß für strukturelle Merkmale von Systemen wie Überschaubarkeit, Umfang, Handlichkeit, innere Vernetzung und ähnliches.

---

<sup>183</sup> Ehrlenspiel 2003, S. 18.

<sup>184</sup> Lindemann 1980, S. 22f.

<sup>185</sup> vgl. Negele 1998, S. 54 und S. 141.

<sup>186</sup> Steinmeier 1999, S. 51.

<sup>187</sup> Wenzel 2003, S. 43.

## Definition 4 "Komplexität"

Komplexität<sup>188</sup>: Eigenschaft von Systemen, die durch die Art und Zahl der zwischen den Systemelementen bestehenden Systemrelationen festgelegt ist.

**PATZAK**<sup>189</sup> erklärt Komplexität seiner etymologischen Bedeutung entsprechend sowohl "zusammenhängend" als auch "vielumfassend".

Das strukturbeschreibende Merkmal Komplexität wird formal oft nur durch die Verknüpfungsdichte erfasst. Die Menge der Elemente wird als gegeben angesehen und maximal eine Beziehung zwischen zwei Elementen gezählt.

Systemstrukturen können wahlweise

- in graphischer Form (Graphendiagramm)
- in Matrixform (Relationsmatrix, Kopplungsmatrix)
- in Listenform (Liste der Beziehungen)
- als Menge (Menge der existierenden binären Relationen)

dargestellt werden. Aus den Darstellungen ergibt sich unmittelbar die Verknüpfungsanzahl.

**PATZAK** schlägt in Anlehnung an die etymologische Bedeutung des Begriffs die strenge Unterscheidung der Komplexität in die Begriffe Konnektivität und Varietät vor. **Konnektivität** beschreibt die Beziehungsvielfalt sowie den Beziehungsreichtum und wird durch die Art und Anzahl der Beziehungen im System bestimmt. **Varietät** beschreibt die Elementenvielfalt sowie den Elementenreichtum und wird durch die Art und Anzahl der Elemente im System bestimmt.

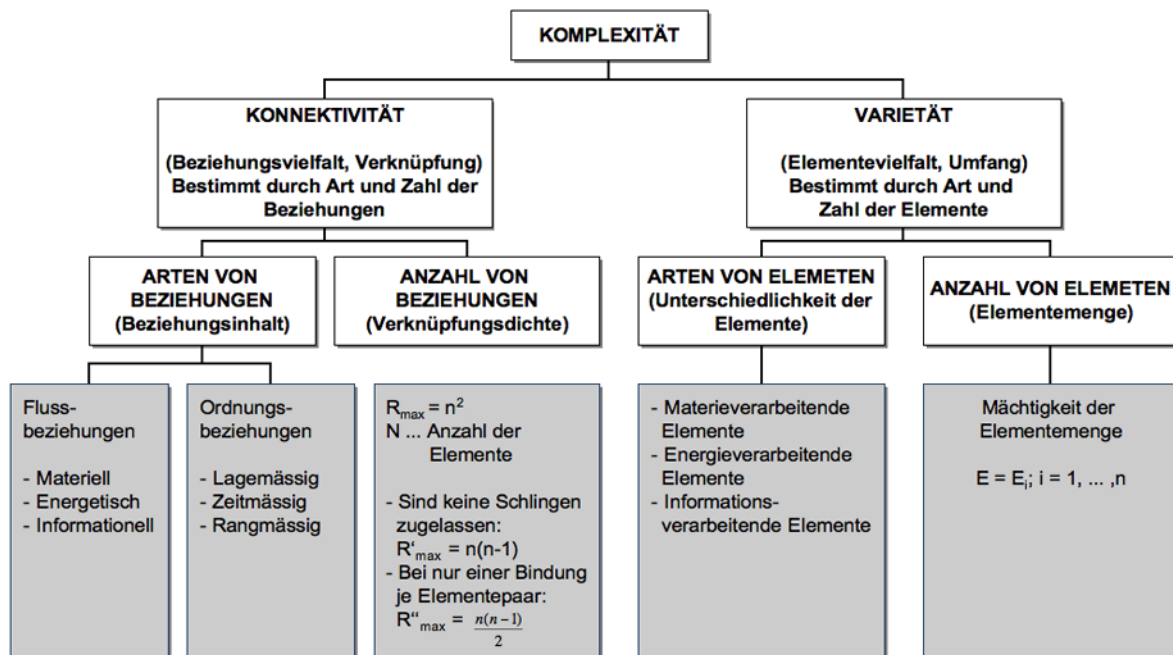
Im Gegensatz zu einfachen Systemen, die überschaubar und daher leicht erfassbar sind, ergeben sich bei komplexen Systemen eine Vielzahl und Vielfalt von schwer durchdringbaren Zusammenhängen. Zur quantitativen Bestimmung des Grades der Systemkomplexität werden in der systemwissenschaftlichen Literatur verschiedene

---

<sup>188</sup> Klaus 1968, S. 307.

<sup>189</sup> Patzak 1982 S. 22ff.

Ansätze gewählt. Im rein systemwissenschaftlichen Kontext ist Komplexität



demzufolge eine messbare Größe von gewisser Objektivität.

Abbildung 26 "Komplexität"<sup>190</sup>

**NIEMEYER**<sup>191</sup> bezieht sich ebenfalls auf die Zahl der Unterscheidungen von Elementen gemeinsamer Attributenklassen und die Zahl der Interaktions- und Kombinationsbeziehungen. Ähnlich setzt **ASHBY** die Komplexität eines Systems mit dem Begriff der Vielfalt (variety) gleich. Er verwendet den Begriff mit Bezug auf die Menge der unterscheidbaren Elemente eines Systems.<sup>192</sup> **WIESER** dagegen misst den Komplexitätsgrad eines Systems nicht an der Zahl der Elemente, sondern an der Vielzahl ihrer Beziehungen.<sup>193</sup> **KLAUS** und **LIEBSCHER** bestimmen den Komplexitätsgrad eines Systems aus der Anzahl der Systemelemente, den

<sup>190</sup> Ropohl 2005, S. 27.

<sup>191</sup> Niemeyer 1977, S. 2 u. 46ff.

<sup>192</sup> Ashby 1974, S. 186.

<sup>193</sup> Wieser 1959, S. 26.

möglichen diskreten Zuständen dieser Elemente und der Zahl der Kopplungen zwischen den Elementen.<sup>194</sup>

**LINDEMANN** beschreibt Komplexität als die „Abhängigkeit von Elementen (Art und Verschiedenartigkeit der Aufteilung), den Relationen (Art, Verschiedenartigkeit und Anzahl) und der Dynamik (Art und Anzahl der möglichen Zustände)“.<sup>195</sup> Er erklärt die Produktentstehung als soziotechnisches System und schreibt ihr ein innewohnende Komplexität aufgrund unterschiedlicher Sichtweisen und Protagonisten zu.<sup>196</sup>

**LINDEMANN** differenziert dabei die Komplexität der Produktentwicklung in die folgenden vier Bereiche:

<b>Marktkomplexität</b>	<b>Produktkomplexität</b>
Trend zu individuellen Produkten Trend zu multifunktionalen Produkten Globalisierung von Angebot und Nachfrage Spezialisierung	Steigende Produkt- und Variantenvielfalt Steigende Komponentenvielfalt Neuartige Technologien
<b>Organisationskomplexität</b>	<b>Prozesskomplexität</b>
Steigende Anforderungen an Organisationsstrukturen Zunehmende Vernetzung der Beteiligten	Steigende Prozessvielfalt Zunehmende Prozessvernetzung Parallel laufende Prozesse

Tabelle 4 "Ausprägung der Komplexität"<sup>197</sup>

Aus dieser Differenzierung wird die Vielschichtigkeit im Komplexitätsbegriff selbst sichtbar. Durch die Erläuterungen der Arten geht **LINDEMANN** den Weg der Definition

<sup>194</sup> Klaus 1976, S. 314.

<sup>195</sup> vgl. Lindemann 2005, S. 287.

<sup>196</sup> Ebda., S. 8f.

<sup>197</sup> Lindemann 2009, S.5.

der Komplexität auf Basis exemplarischer und charakteristischer Eigenschaften komplexer Systeme.

**DÖRNER** beschreibt Komplexität dagegen als eine subjektive Größe.<sup>198</sup> Diese Ansicht basiert lt. **MEBOLDT**<sup>199</sup> auf dem konstruktivistischen Verständnis, dass Komplexität erst durch den Betrachter entsteht. Komplexität sei ein Maß für die Unbestimmbarkeit, Unübersichtlichkeit einen Möglichkeitsüberschuss oder für einen Mangel an Informationen.<sup>200</sup> Insbesondere die Konnektivität ist in den Augen **DÖRNER**s das Element, das den Umgang mit Komplexität schwierig macht. Es seien die nicht absehbaren Folgen von Handlungen in einem hoch vernetzten System, die die Akteure gleichzeitig beachten müssten.<sup>201</sup>

**VESTER** versteht unter komplexen Systemen solche, in denen Wechselwirkungen auftreten, die nicht augenscheinlich waren.<sup>202</sup> Damit ist auch bei **VESTER**s Definition der Betrachter mit seiner Erfahrung einbezogen in den Komplexitätsbegriff.

#### 2.2.4.1 Zwischenfazit

Es ist aufgezeigt, dass Komplexität in unterschiedlichen Fachbereichen stark divergierende Bedeutungen hat.

Komplexität ist ein Maß für die Übersichtlichkeit und die Einschätzbarkeit eines Systems. Sie ist bestimmt durch die Struktur des Systems, gültig zu einem bestimmten Zeitpunkt und für einen Betrachter.

In soziotechnischen Systemen wie der Produktentstehung kommt es vor, dass Beziehungen zwischen Elementen unbekannt sind. Auf diesen Aspekt weisen **DÖRNER** und **VESTER** hin. Diese Komplexität kann nur durch den Zugewinn von Informationen beherrscht werden. Daher ändert sich der Grad der Komplexität, sobald man sich mit ihr beschäftigt. In diesem Zuge werden die Elemente und Beziehungen geklärt, die zuvor unbekannt waren.

---

<sup>198</sup> Vgl. Dörner 1998, S. 61f.

<sup>199</sup> Meboldt 2009, S. 81.

<sup>200</sup> Vgl. Luhmann 1994, S. 66, Dörner 2002.

<sup>201</sup> Vgl. Dörner 1998, S. 61 ff.

<sup>202</sup> Vester 2002, S. 44.



**LINDEMANN** verweist auf die unterschiedlichen Arten der Komplexität und beschreibt sie durch Beispiele, was für die Transparenz des Komplexitätsbegriffs förderlich ist.

## 2.2.5 Kybernetik

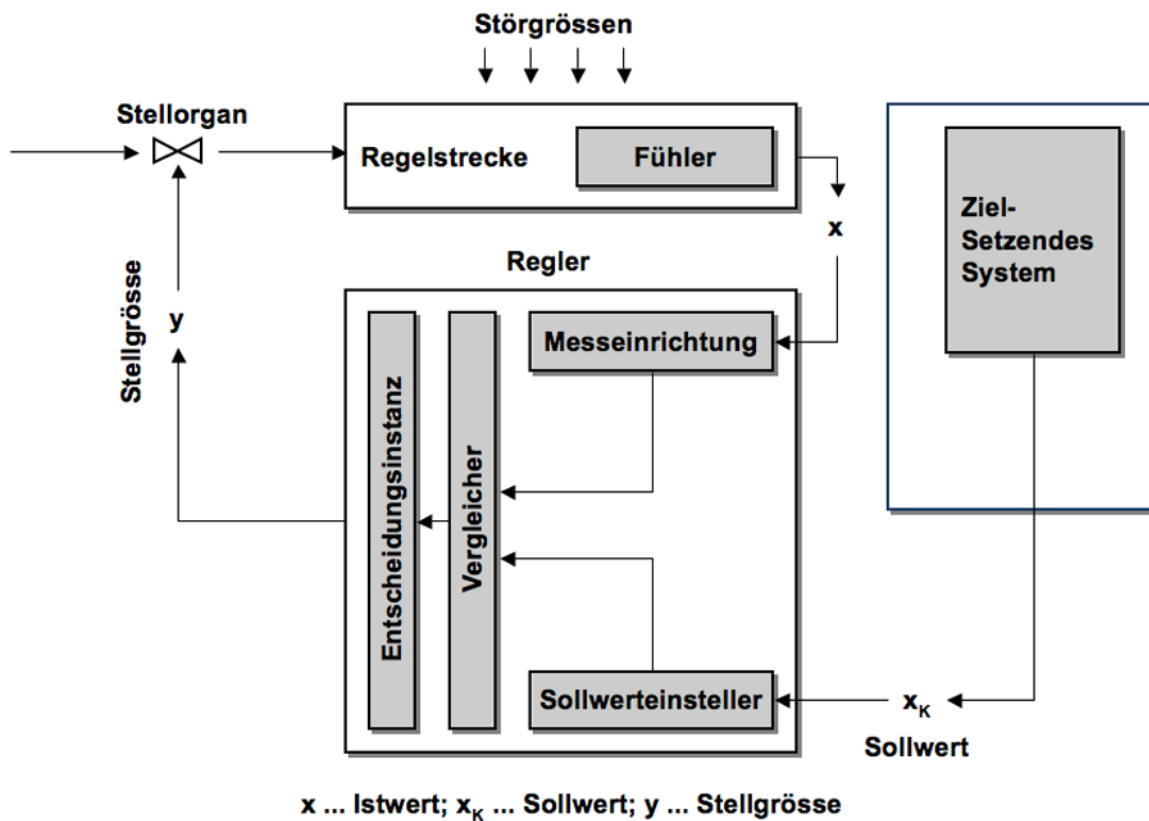
### Definition 5 "Kybernetik"

**Kybernetik** [von griechisch kybernētik (téchnē) »Steuermannskunst«] die, fachübergreifende Wissenschaft, die sich mit der Untersuchung von Steuerungs- und Regelungsvorgängen in natürlichen und technischen Systemen befasst. Die in realen Systemen ablaufenden Prozesse werden vorzugsweise unter dem Gesichtspunkt der Aufnahme, Übertragung sowie Rückkopplung von Informationen betrachtet, während von den beteiligten Vorgängen materieller Art weitgehend abgesehen wird. Auf diese Weise wird aus gleichartigen oder ähnlichen Erscheinungen in ganz unterschiedlichen Bereichen ein abstraktes kybernetisches System gewonnen. Als mathematische Grundlagen dienen v. a. Methoden der Analysis, Stochastik und der mathematischen Logik. Kybernetische Systeme nehmen über Eingangskanäle Informationen auf, verarbeiten sie und führen entsprechend dieser Informationsverarbeitung eine Aktion herbei oder geben über Ausgangskanäle Informationen an die Umwelt. Ist die Reaktion des Systems durch die Eingangsinformation vollständig bestimmt, wird es als deterministisch bezeichnet, im anderen Fall als probabilistisch oder stochastisch. Unter dem Steuern eines kybernetischen Systems versteht man eine zielgerichtete Beeinflussung seines Verhaltens, wobei das Verhalten des gesteuerten Systems ohne Einfluss auf das Steuerungsprinzip bleibt. Das Prinzip des Regels beruht im Gegensatz dazu darauf, dass eine Störung des Systems (Abweichung vom Sollwert) eingetreten und mit einem Istwertfühler gemessen worden ist. Die Abweichung wird über einen Rückkopplungsmechanismus zum Eingang des Systems zurückgeführt, was eine Verhaltensänderung bewirkt, die die Abweichung rückgängig macht. Sowohl beim Steuern als auch beim Regeln wird dem System von außen ein Ziel (Sollwert) vorgegeben. Dagegen liegt dem Prozess der Anpassung ein Systemverhalten zugrunde, durch das ein Gleichgewicht mit der Umwelt angestrebt wird. Das System entwickelt hier selbst einen Sollwert und legt diesen der künftigen Regelung zugrunde. Eine besonders wichtige Form der Anpassung ist das Lernen. Voraussetzung dafür ist, dass das System über einen Speicher oder ein Gedächtnis verfügt (lernende Automaten). – Der Name Kybernetik stammt von **N. WIENER** (»Cybernetics«, 1948), der neben **C. E. SHANNON**, **A. N. KOLMOGOROW**, **J. VON NEUMANN** u. a. grundlegende Arbeiten zur Kybernetik lieferte.<sup>203</sup>

---

<sup>203</sup> Meyers Lexikon online (2008). Kybernetik (Sachartikel).

<http://lexikon.meyers.de/beosearch/permlink.action?pageld=35278043&version=2>  
(20. Nov 2008 16:19).

Abbildung 27 "Grundstruktur eines kybernetischen Regelkreises"<sup>204</sup>

Der Begründer der Kybernetik, **NORBERT WIENER**, stützt seine Theorie auf die Beobachtung, dass jegliche Intelligenz, sei es beim Menschen oder bei Tieren, auf dem Prinzip der Rückkopplung beruht. **WIENER** erkannte, dass alle Lebewesen durch Rückkopplung, also durch Reaktion auf veränderte Umweltparameter, sich ihrer Umwelt anpassen und so ihre Ziele verfolgen.

**WIENER** hatte in seiner Definition einen allgemeinen Anspruch und beschrieb Kybernetik als „das ganze Feld der Kontrolle und Kommunikationstheorie – ganz gleich, ob innerhalb der Maschine oder in den Lebewesen“. Diese Definition hat den Anspruch allgemeiner Gültigkeit und zeigt die interdisziplinäre Komponente der Kybernetik.

<sup>204</sup> Quelle: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus, Mannheim

**FRANK** sieht in der Kybernetik eine Möglichkeit, unterschiedliche Disziplinen zu verbinden,<sup>205</sup> Sein Augenmerk richtet sich eher auf technische Aspekte kybernetischer Systeme, als auf die anderer Disziplinen wie z.B. der Biologie. Biosysteme unterscheidet von technischen Systemen die Tatsache, dass Biosysteme immer regeln.<sup>206</sup> Die Schwierigkeit rein technischer Systeme liegt dagegen darin, dass sie ohne eigene Logik arbeiten. Sie sind nur in der Lage, vom Menschen vorausgedachte Situationen zu erfassen und diese entsprechend der abgelegten Muster zu verarbeiten. **FRANK** beschreibt eine „Theorie der Technik der Nachrichten und der nachrichtenumsetzenden Systeme (...). Darüber hinaus ihre Konkretisierung auf physikalisch, physiologisch oder psychologisch zu kennzeichnende, informationsumsetzende Prozesse und Systeme und schließlich die technische Verwirklichung oder Veränderung solcher Prozesse und Systeme“<sup>207</sup>.

Im dialektischen Materialismus ist der Begriff Kybernetik als „die Theorie des Zusammenhangs möglicher dynamischer, selbstregulierender Systeme mit ihren Teilsystemen“<sup>208</sup> beschrieben.

**STACHOWIAK** versteht den Begriff sehr viel enger, indem er die „reine Kybernetik“ (damit meint er die Wissenschaft) eine „mathematische Theorie der Übertragungsvorgänge und -systeme mit Rückkopplung“ nennt, deren Anwendung er als „angewandte (empirische) Kybernetik“<sup>209</sup> bezeichnet. So engt er den Anwendungsbereich ein. **STACHOWIAKS** Definition ist damit vorrangig der Beschreibung und Abbildung von Sachverhalten geneigt.

„Das Eindringen mathematischer Werkzeuge in Wissenschaftsgebiete, in denen sie bisher nicht praktikabel erschienen, z.B. in Physiologie, Psychologie und Soziologie“<sup>210</sup> ist das Fachgebiet der Kybernetik in den Augen von **STEINBUCH**. Um die technischen Aspekte ergänzt er seine Definition, indem er die Zielsetzung formuliert, „maschinelle Systeme zu konstruieren, welche dem Menschen Sinnes- oder Nervenleistung abnehmen“ und es ihnen ermöglichen, „die nichttechnischen

---

<sup>205</sup> Frank, H. 1964[1] und Frank 1964[2] S. 80.

<sup>206</sup> Quelle: ZEIT online; <http://www.zeit.de/1986/05/Kybernetik>; 01.05.08.

<sup>207</sup> Frank 1966, S. 31.

<sup>208</sup> Klaus 1969, S. 41, ähnlich bei Flechtner 1969, S. 10.

<sup>209</sup> Stachowiak 1969a, S. 910f, Stachowiak 1969b S. 214.

<sup>210</sup> Steinbuch 1963, S. 317.

Systeme zu verstehen“. Damit stellt **STEINBUCH** die interdisziplinäre Anwendung in das Zentrum der Anwendung kybernetischer Modelle.

Als Theorie „aller möglichen Maschinen“ definiert **ASHBY** Kybernetik im Sinne allgemeiner Übertragungssysteme und „als das Studium von Systemen, die offen in Bezug auf Energie, aber abgeschlossen bezüglich Information und Kontrolle sind“<sup>211</sup>. Er spricht von „Mechanismen zum Regeln, Koordinieren und Steuern“ und weist dabei explizit darauf hin, dass nicht Gegenstände betrachtet und beschrieben werden, sondern Verhaltensweisen. Dabei legt er Wert auf die Aussage, dass nicht beschrieben wird, was das „Ding“ ist, sondern was es tut. Er beschreibt die Kybernetik als grundlegend funktional und behavioristisch.<sup>212</sup> In seinem Werk „Einführung in die Kybernetik“<sup>213</sup> definiert er die Kybernetik als „alle Formen des Verhaltens, die in irgendeiner Weise organisiert, determiniert oder reproduziert sind“. Es ist nach seiner Auffassung nicht von Belang, ob die Maschine dabei bereits entwickelt wurde oder nur als geistiges Gebilde besteht.<sup>214</sup> Entscheidend ist für ihn lediglich, dass die Maschinen offen für Energie, aber geschlossen für Information, Steuerung und Regelung sind.<sup>215</sup> Das besondere Merkmal der Kybernetik ist die „Einheitlichkeit der Begriffe“<sup>216</sup>. **ASHBY** sieht in der Unterscheidung des Verhaltens und des Zustands das Wesen der kybernetischen Betrachtung. Es ist danach von Belang, ob sich zwei Dinge offensichtlich unterscheiden oder sich ein Ding im Laufe der Zeit verändert hat. Dabei stellen die kybernetischen Modelle keineswegs eine Betrachtung von kontinuierlichem Wandel dar, sondern eine Betrachtung von Arbeiten in endlichen Zeitschritten.<sup>217</sup>

**HÜBNER** schließt sich dieser Definition an und spezifiziert, man könne „die Kybernetik als die zu sich selbst gekommene Intentionalität der modernen Technik bezeichnen“, insofern sie das systematische Ausschöpfen des „Möglichkeitsraumes der Technik“ im Erfinden, freien Variieren und spielerischen Konstruieren von Strukturen aller

---

<sup>211</sup> Ashby 1961, S. 2 und S. 4

<sup>212</sup> Ashby 1974, S. 15

<sup>213</sup> ebda.

<sup>214</sup> Ebda. S. 17

<sup>215</sup> Ebda. S. 19

<sup>216</sup> Ebda. S. 20, siehe auch Eingangszitat der Arbeit von Konfuzius.

<sup>217</sup> Ebda. S. 25, 26.

möglichen Übertragungssysteme mit Eingabe und Ausgabe (Maschinen im weiteren Sinne) „zum Thema gemacht und abstrakt verwendet hat“<sup>218</sup>.

Die „Erforschung, der mathematischen Darstellung und der Anwendung von Strukturen (Funktionen, Theorien), die in verschiedenen Wirklichkeitsbereichen realisiert sind“, oder das Untersuchen von „isomorphe(n) Modelle(n) in verschiedenen Wirklichkeitsbereichen“ ist nach **VON CUBE** Anwendungsbereich der Kybernetik.<sup>219</sup>

**ZEMANEK** sieht in der Kybernetik eine Metawissenschaft mit der Aufgabe, „eine Art Metasprache für die Wissenschaft und für die rationalen Teile der Humandisziplinen“ auszubilden, um „die Anzahl der Strukturen in unserem Weltbild zu verringern“ und um alle „spezialistischen Analysen“ durch eine „gemeinsame Supersprache und durch Super-Algorithmen“ zu vereinigen. So beschreibt er Kybernetik in folgender Weise: „Sie ist ein Traum einer allgemeinen Wissenschaft mit einer allgemeinen Sprache nach einer Periode der Spezialisierung, die wieder für die ganze Welt, für die gesamte Menschheit verständlich ist“.<sup>220</sup> Er hofft, „dass die Kybernetik zum Anlass werden wird, die philosophische Einbettung der Einzelwissenschaften wieder in einen besseren Zustand zu bringen, als in den letzten hundert Jahren, in denen Einzelwissenschaftler immer wieder selbst zu Philosophen werden mussten, weil die philosophische Einbettung ihres Faches völlig unbefriedigend war“.<sup>221</sup> Mit dieser Aussage trifft er den Geist der Zeit damals wie heute, denn es besteht nach wie vor der Bedarf der Homogenisierung der Modelle und auch der Sprachen.<sup>222</sup>

### 2.2.5.1 Zwischenfazit

Die Definitionen und Meinungen von und über Kybernetik reichen von Nichtwissenschaft über die Theorie von Regelungssystemen, Informationswissenschaften, neue Ordnung der Strukturwissenschaften bis zur vereinigenden Superwissenschaft. Damit fällt es schwer, sie tatsächlich und klar

---

<sup>218</sup> Hübner 1968 S. 36f.

<sup>219</sup> Cube 1971, S. 158f. Modell ist dabei als Realisation einer Struktur definiert.

<sup>220</sup> Zemanek 1968.

<sup>221</sup> Zemanek 1968[2], S. 24

<sup>222</sup> Lindemann 1980, S. 11; Ropohl 2005.

abzugrenzen. Nach **LENK**<sup>223</sup> ist dies Produkt der „ideologischen“ Nutzung des Begriffs Kybernetik, der aus dem Erfolg der Kybernetik entstand. **KLAUS**<sup>224</sup> erklärt diesen Erfolg der Kybernetik wie folgt:

1. Die Kybernetik als Einzelwissenschaft ist diejenige, „die in neuerer Zeit am meisten zur Integration des Gesamtsystems unserer Wissenschaften beigetragen hat. ... Ihre Methoden und ihr Anwendungsbereich sind so universell, dass Sie nahezu alle Einzelwissenschaften direkt oder indirekt betrifft“.
2. Die aus der Kybernetik hervorgegangene „Theorie der elektronischen Rechenmaschinen trägt durch ihre Fähigkeit, die menschlichen Denkleistungen sowie alle Teilbereiche des menschlichen Erkenntnisapparates ... zu imitieren, zum besseren Verstehen der menschlichen Erkenntnisleistung bei“.

Für die Produktentstehung aus heutiger Sicht lässt sich sagen, dass die Ansätze der Kybernetik sich nahezu vollständig auf sie übertragen lassen. Die Forderungen nach einer gemeinsamen Modellsprache, wie sie oft aus dem Bereich der Mechatronik zu hören ist, könnte schon beantwortet sein. Steht doch mit den Ansätzen der Kybernetik und der Systemtheorie ein mächtiges Werkzeug zu Verfügung.

### **2.3 Information und Wissen**

Für die Entwicklung von erfolgreichen Produkten sind Information und Wissen die wesentlichen Einflussfaktoren. Forschung und Unternehmen beschäftigen sich mit Fragen des Wissensmanagements. Besonderes Interesse hat dabei die Frage, wie individuelles Wissen allgemein verfügbar gemacht werden kann.

Information kann in Form von Zeichen oder Sprache gespeichert werden. Der Begriff der Information lässt sich auf unterschiedlichen Ebenen betrachten. Syntaktische Aspekte der Zeichen und Zeichenmengen werden unter dem Begriff der Semiotik erforscht. Die Semantik erklärt die Bedeutung der Zeichen zueinander. Die Beziehung der Zeichen zum beschriebenen Objekt fasst die Forschung unter dem

---

<sup>223</sup> Lenk 1971, S. 7f

<sup>224</sup> Klaus 1966 S. IX

sigmatischen Aspekt zusammen. Als pragmatischer Aspekt wird hingegen die Beziehung der Systeme und Teilsysteme, die Daten austauschen, bezeichnet.<sup>225</sup>

**LENK**<sup>226</sup> stellt fest, dass Information weder bloß subjektiv noch bloß objektiv ist. Er erklärt, „die traditionelle metaphysische elementfremde Trennung des Subjektbereiches vom Objektbereich werde hierdurch aufgehoben. Die wesentliche Entdeckung der Kybernetik sei es, empirisch-technisch festgestellt zu haben, dass es grundsätzlich unmöglich ist, die transzendente Struktur der Wirklichkeit vermittels zweier alternativer Realitätskomponenten zu beschreiben“<sup>227</sup>. **LENK** fordert, den ontologischen Dualismus von Subjekt und Objekt aufzugeben. Die Information bilde einen besonderen Zwischenbereich zwischen „Materialität und Spiritualität, eine autonome und eigengesetzliche dritte Sphäre“<sup>228</sup>, die „sich durch eine Negation scharf von dem rein Objektiven und nur Dinglichen, durch eine zweite Negation aber ebenso entschieden von dem absolut Subjektiven und Innerlichen abtrennt“.<sup>229</sup>

Darüber hinaus wurde unter Berufung auf **WIENERS** Aussage, „Information ist Information, nicht Materie oder Energie. Kein Materialismus, der dies nicht zugesteht, kann heute überleben“,<sup>230</sup> durch **GÜNTHER** eine trinitarische, „nicht-klassische“ Metaphysik aufgebaut. **LENK** unterscheidet die von **GÜNTHER** genannten Bereiche „der objektiven Transzendenz des materiellen Dinges“ von der „subjektiven Introszendenz des Selbstbewußtseins“ und dem dritten Bereich der Information.<sup>231</sup> **LENK** stellt abschließend fest, dass „für die Information kein Erhaltungssatz gilt (wie) für die Energie und/oder die Masse“. Es seien die philosophische Bedeutung und die Konsequenzen davon nicht diskutiert.<sup>232</sup> Diese Aussage ist nur bedingt gültig, denn aus der Perspektive der einzelnen Person und der Gesellschaft, in der sie sich

---

<sup>225</sup> vgl. Klaus 1968, S. 271

<sup>226</sup> vgl. Lenk 1971 S. 4

<sup>227</sup> Günther 1957, S. 30 in Lenk 1971, S. 4.

<sup>228</sup> Ebda. S. 31.

<sup>229</sup> Ebda. S. 28.

<sup>230</sup> Wiener 1948, S. 155.

<sup>231</sup> Günther 1957, S. 16 in Lenk 1971, S.4.

<sup>232</sup> Vgl. Lenk 1974, S. 4f.



befindet, bleibt Information sehr wohl erhalten. Nur ist die Information nicht explizit. Sie kann im Zweifelsfall auch nicht beliebig abgerufen werden.

**NONAKA** veröffentlichte 1998 „The Concept of ‚ba‘“, in dem dieser Gedanke der Informationserhaltung, vielleicht unbewusst, aufgegriffen ist.<sup>233</sup> Er unterscheidet Information und Wissen. ‚ba‘ ist ein Ort der physikalisch (z.B. Büro, Café, etc.), virtuell (z.B. e-Mail, Videokonferenz, etc.), mental (z.B. gemeinsame Erfahrungen, Ideale, etc.) oder eine beliebige Kombination der drei sein kann. Nach **NONAKA** ist Wissen in ‚ba‘ eingebettet. Verliert das Wissen sein ‚ba‘ so verkommt es zu Information.

**NONAKA** unterscheidet Wissen in „explicit“ – explizites – und „tacit“ – stilles – Wissen. Explizit ist dabei das niedergeschriebene, dokumentierbare Wissen. Stilles Wissen ist schwer formalisierbar und an den Wissensträger gebunden.<sup>234</sup> Er erweitert damit das SECI-Modell<sup>235</sup>, das Wissensmanagement in die vier Bereiche „Socialisation“, „Externalisation“, „Combination“ und „Internalisation“ unterteilt, um die Begriffe des „Originating Ba“, „Interacting Ba“, „Cyber Ba“ und des „Exercising Ba“. Damit will er erreichen, dass jeder Phase, in der Wissen entsteht, ein Ort gegeben ist. Moderne Wissensmanagementsysteme müssen diese Orte (‚ba‘) bereitstellen.<sup>236</sup>

Ein wissensorientiertes Unternehmen muss darauf bedacht sein, ein solches gemeinsames ‚ba‘ zu schaffen. Andernfalls verkommt jeder Versuch, Wissen der Einzelnen dem Kollektiv verfügbar zu machen. Moderne Unternehmen müssen Raum für ein gemeinsames Verständnis schaffen und diesen pflegen.

### 2.3.1 Zwischenfazit

Für die Produktentstehung ist die Erkenntnis wichtig, dass zu Beginn die Informationen ungeordnet vorliegen oder nicht vorhanden sind. Produktentstehung ist das Sammeln von Informationen und das Zusammenführen und Interpretieren. Auf diese Weise entsteht Wissen. Dies kann nur begrenzt externalisiert und formalisiert werden.

---

<sup>233</sup> Nonaka 1998.

<sup>234</sup> Ebda., S. 42.

<sup>235</sup> Ebda.,

<sup>236</sup> Ebda., S. 46f

## 2.4 Rechnerbasierte Werkzeuge

In den frühen Phasen der Produktentstehung wurden im Rahmen ihrer Unterstützung mittels moderner Informationstechnologie immer wieder Defizite aufgedeckt. **KRUSCHE** sieht die Problematik in der natürlich-sprachlichen Formulierung der Anforderungen und Ziele.<sup>237</sup> **KLÄGER** bezieht das Problem in der mangelnden Algorithmisierbarkeit des kreativen menschlichen Denkens.<sup>238</sup> Zufriedenstellende und umfassende Lösungen zur Unterstützung des menschlichen Denkens und Handels in der frühen Phase der Produktentstehung sind nicht verfügbar. Inzellösungen dagegen bestehen bereits.<sup>239</sup> Hier sollen ausgewählte, verfügbare Lösungen dargestellt werden.

### 2.4.1 SysML

Im Bereich der Softwareentwicklung hat sich die Beschreibungssprache UML (Unified Modeling Language) als Modellierungssprache etabliert. Diese wurde durch die Object Management Group spezifiziert und ist ein weltweiter Standard.

Für das Systems Engineering konnte bislang keine vergleichbar standardisierte Modellierungssprache gefunden werden. **WEILKIENS**<sup>240</sup> erklärt hiermit auch die Reibungsverluste, die in multidisziplinären, großen Projekten entstehen und fordert dementsprechend einen internationalen Standard für Systems Engineering.

Seit 2001 arbeitet der International Council on Systems Engineering daran, die UML zum Standard-Modellierungswerkzeug im Systems Engineering zu machen. Diese Anpassung an die Anforderungen des Systems Engineering wird auch sichtbar durch den Namen der Beschreibungssprache. SysML steht für Systems Modeling Language, basiert auf UML 2.1 und wurde um die folgenden Umfänge erweitert.<sup>241</sup>

---

<sup>237</sup> Krusche 200, S. 17.

<sup>238</sup> Kläger 1993, S. 12.

<sup>239</sup> vgl. Krusche 2000, S. 17.

<sup>240</sup> Weilkiens 2006, S. 21.

<sup>241</sup> Ebda..

- Die Klassen der UML sind in SysML die Systembausteine. Das Klassendiagramm ist das Blockdefinitionsdiagramm. Die Kompositionsstruktur ist das interne Blockdiagramm.
- In SysML gibt es Informationsobjektflüsse im internen Blockdiagramm.
- Durch Aktions- und Objektknoten im Aktivitätendiagramm gibt es kontinuierliche Funktionen und die Enhanced Functional Flow Block Diagramme (EFFBD) werden unterstützt.
- Neue Diagramme:
  - Anforderungsdiagramm
  - Zusicherungsdiagramm
- Neutrales Datenaustauschformat: ISO AP-233.

SysML, die in der Version 1.0 von der OMG als Standard definiert wurde, ist gemäß der folgenden Abbildung aufgebaut.

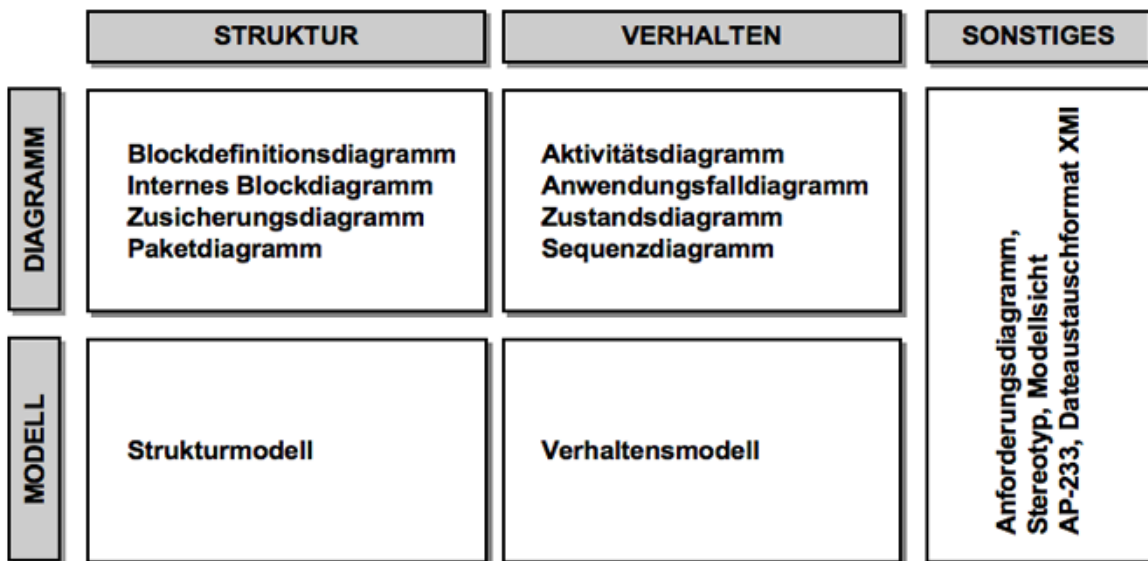


Abbildung 28 "Modelle in SysML"<sup>242</sup>

<sup>242</sup> Weilkiens 2006 S. 159.

Das **Anforderungsdiagramm** wurde hinzugefügt, um eine Lücke in UML zu schließen. Da die UML für die Softwareentwicklung konzipiert wurde, besteht hier ausschließlich die Möglichkeit, funktionale Anforderungen zu modellieren. Mittels des Anforderungsdiagrammes ist es in SysML gelungen, auch nichtfunktionale Anforderungen in das Modell zu integrieren. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit der Vernetzung der Anforderungen. Weiterhin können in SysML die Anforderungen für bestimmte Test oder Use Cases angehängt werden.<sup>243</sup> Der Test Case gibt dabei vor, welche Methode zur Validierung der Anforderungserfüllung vorzusehen ist. Der Use Case ist das Modell der späteren Nutzung des Produktes durch den Kunden. Beide Cases sind damit eine Erweiterung der Anforderungen um mehr Information darüber, wie die Anforderungen erfüllt werden sollen oder woher diese Anforderungen kommen. In der Produktentstehung gelten diese beiden Fragen als evident.

Nach **WEILKIENS**<sup>244</sup> gibt es in SysML unterschiedliche Anforderungen. Beispielsweise kann eine Anforderung auch von einer anderen abgeleitet sein. In diesem Fall ist von **Ableitungsbeziehungen** oder „derived Requirement“ die Rede (in UML entspricht dies der Abstraktion). Dies kann notwendig werden, wenn aus ökonomischen Anforderungen technische abzuleiten sind.

Die **Enthältbeziehung** besagt, dass die Anforderung in einer anderen enthalten ist.

Die **Erfüllungsbeziehung** (in UML die Realisierung) beschreibt die Erfüllung von Anforderungen durch ein Designelement. Dies dient insbesondere der Abschätzung von Auswirkungen bei Änderungsprozessen.

Mit der **Kopiebeziehung** (in UML Trace) wird gekennzeichnet, dass diese Anforderung die Kopie einer anderen ist. Diese Beziehung dient der Effizienz des Modells. Die Kopien der Anforderung sind nicht bearbeitbar, lediglich das Original kann geändert werden. Alle Kopien werden konsistent gehalten.

Soll eine Anforderung mittels eines Testfalls geprüft werden, so spricht man von einer **Prüfbeziehung**. Diese Beziehung wurde oben bereits angedeutet. Sie besteht zwischen einer Anforderung und dem entsprechenden Test Case.

---

<sup>243</sup> Balmelli 2006, S. 7.

<sup>244</sup> Weilkiens 2006 S. 167.

Der **Test Case** selbst ist die Beschreibung eines Testablaufs, der die Erfüllung von Anforderungen durch das System überprüft.

Durch die **Verfeinerungsbeziehung** (in UML Refinement) wird gekennzeichnet, dass die Anforderungen detaillierter beschrieben werden. Eine Anforderung kann beispielsweise durch mehrere Anwendungsfälle (use cases) verfeinert werden. Diese Fälle wären mit der Verfeinerungsbeziehung an die Anforderung zu koppeln.

Die **Verfolgungsbeziehung** beschreibt einen allgemeinen Zusammenhang zwischen einer Anforderung und einem beliebigen Modellelement. Damit ist sie eine sehr allgemeine Beschreibung eines Zusammenhangs und drückt lediglich dessen Existenz aus.

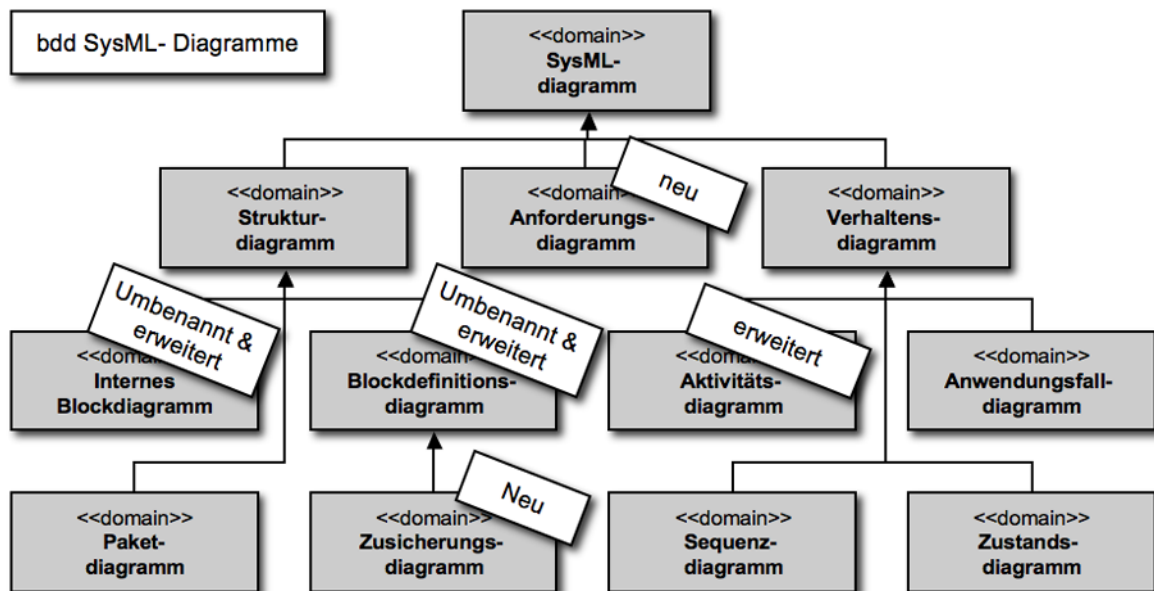


Abbildung 29 "Diagramme SysML"<sup>245</sup>

Darüber hinaus besteht in SysML die Möglichkeit, mit **Tabellennotationen** zu arbeiten. Dies ist insbesondere sinnvoll, wenn Gesamtübersichten über eine Vielzahl von Anforderungen angezeigt werden sollen.

<sup>245</sup> Weilkiens 2006, S. 160.

SysML wird in immer mehr industriellen Projekten angewendet.<sup>246</sup> Die Anwendung wird Verbesserungen in der Usability ergeben und es muss sich zeigen, inwieweit SysML in der Lage sein wird, sich am Markt durchzusetzen.

## 2.4.2 Ontologien zum Informations- und Wissensmanagement in der Produktentstehung

Der zielgerichtete Umgang mit Information ist seit jeher elementarer Bestandteil der Produktentstehung und damit auch der Konstruktions- und Entwicklungsmethodik. Der Prozess des Problemlösens geht nach **PAHL** und **BEITZ**<sup>247</sup> grundsätzlich mit einem hohen Informationsbedarf und einer ständigen Informationsverarbeitung einher. Zugleich führt die explosionsartige Vermehrung von Wissen zwangsläufig zu einer fortschreitenden Spezialisierung und verstärkt somit die Notwendigkeit einer integrierten Produktentstehung.<sup>248</sup> Es gilt daher, das gemeinsame Arbeiten, insbesondere die im Zusammenhang mit Wissen relevanten Kernaktivitäten, durch Wissensmanagement bestmöglich zu unterstützen.<sup>249</sup>

Die im März 2008 als Entwurf veröffentlichte **VDI-RICHTLINIE 5610** gibt einen Überblick zum Thema Wissensmanagement im Ingenieurwesen und beschreibt grob eine Vorgehensweise zur Einführung und zum Betrieb entsprechender Konzepte im Unternehmen.<sup>250</sup> Die Richtlinie beruft sich dabei unter anderem auf die Forschungsergebnisse von **SNOWDEN**, der Wissen nach dem ASHEN-Modell in Artefakte, Skills, Heuristiken, Erfahrungen und natürliche Begabungen unterteilt.<sup>251</sup> Insbesondere verdeutlicht diese Gliederung, dass Wissen zu einem großen Teil in impliziter Form vorliegt. Implizites Wissen ist individuell und kontextspezifisch und daher schwer zu formulieren und zu kommunizieren.<sup>252</sup> Im praxisorientierten Umgang mit Wissen hat sich im deutschsprachigen Raum insbesondere das Modell der

---

<sup>246</sup> vgl. Rohn 2006, Balmelli 2006, Balmelli 2006a.

<sup>247</sup> Pahl 1997, S. 67.

<sup>248</sup> Ehrlenspiel 2003, S. 148 – 150.

<sup>249</sup> Heisig 2005, S. 63.

<sup>250</sup> VDI 5610.

<sup>251</sup> Snowden 2000, S. 14 – 17.

<sup>252</sup> Nonaka 1991, S. 96 – 104.

„Bausteine des Wissensmanagements“ von **PROBST**, **RAUB** und **ROMHARDT** etabliert.<sup>253</sup>

Ein Teilgebiet des Wissensmanagements ist das Knowledge Engineering.<sup>254</sup> Es behandelt die Abbildung von Wissen in wissensbasierten Systemen und wird daher auch als Wissensmodellierung bezeichnet. Nach **FUNKAT** wird zudem zwischen modellbasiertem und prozessbasiertem Knowledge Engineering unterschieden.<sup>255</sup> Der bekannteste modellbasierte Ansatz ist die CommonKADS-Methodik (Common Knowledge Acquisition and Documentation Structuring Methodology).<sup>256</sup> Das darin enthaltene Knowledge Model unterteilt Wissen in Aufgaben-, Inferenz- und Domänenwissen und bildet somit die wissensbasierten Zusammenhänge zwischen allgemeinen Grundlagen und konkreten Anwendungsfällen ab.

Im Gegensatz dazu orientiert sich das prozessbasierte Knowledge Engineering vorrangig an dem in Entscheidungsprozessen relevanten Strategiewissen, welches die Vorgehensweise des Experten beim Problemlösen abbildet. Strategiewissen legt die Folge von Entscheidungen und Aktionen fest und ist für die Interpretation und Verknüpfung des Faktenwissens verantwortlich.<sup>257</sup>

Ein anderes Forschungsfeld, das sich jedoch teilweise mit dem des Wissensmanagements überschneidet, ist das Ontology Management. Eine Abgrenzung dieser beiden Gebiete wurde in den Arbeiten von **HEPP**<sup>258</sup> vorgenommen, während ein Zusammenwirken in Form von ontologiebasierten Wissenssystemen ausführlich von **STUDER** und **STAAB**<sup>259</sup> untersucht wurde.

Der Begriff „Ontologie“ stammt aus der Philosophie und bezeichnet ursprünglich die Lehre des Seins. Im Zusammenhang mit Wissensmanagement ist eine Ontologie meist als eine explizite Spezifikation einer Konzeptualisierung definiert.<sup>260</sup> Eine

---

<sup>253</sup> vgl. Probst 2006.

<sup>254</sup> vgl. Kendal 2007.

<sup>255</sup> Funkat 2003, S. 77 – 90.

<sup>256</sup> vgl. Schreiber 2000.

<sup>257</sup> Funkat 2003, S. 77 – 90.

<sup>258</sup> Hepp 2008, S. 6 – 8.

<sup>259</sup> vgl. Staab 2004.

<sup>260</sup> Gruber 1995, S. 907 – 928.

Konzeptualisierung besteht dabei aus den identifizierten Konzepten (Objekten, Ereignissen, Situationen, Überzeugungen, usw.) und den konzeptionellen Zusammenhängen, die als existent und relevant angenommen werden.<sup>261</sup> Ontologien werden für einen bestimmten Anwendungszweck und für eine bestimmte Zielgruppe entwickelt und bilden immer nur einen begrenzten Bereich der Welt ab. Sie unterstützen in der jeweiligen „Anwendungswelt“ die Kommunikation zwischen Mensch, Organisation und IT-System.<sup>262</sup>

Zur Entwicklung von Ontologien existieren diverse Vorgehensmodelle. Zu den bekanntesten zählen die Methode nach **USCHOLD** und **KING**<sup>263</sup>, die Methode nach **GRÜNINGER** und **FOX**<sup>264</sup>, die Methontology<sup>265</sup> und die On-To-Knowledge Methodology<sup>266</sup>. Weitere Unterstützung bei der Ontologieentwicklung bieten Software-Tools.

Aktuelle Forschungsarbeiten befassen sich mit dem Einsatz von Ontologien in den Entwicklungs-<sup>267</sup> und Gestaltungsprozessen<sup>268</sup> des Maschinenbaus, wie auch in denen der Verfahrenstechnik.<sup>269</sup> Diese Arbeiten zeigen, dass der Forschungszweig des Ontology Engineerings bereits ein Teil des Ingenieurwesens geworden ist. Durch die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten, verdeutlicht an z.B. der OntoFMEA<sup>270</sup>, werden erfolgversprechende neue Forschungsfelder eröffnet.

Ontologien stellen eine Möglichkeit dar, Zielsysteme in Ihrer gesamten Komplexität abzubilden. Sie beschränken sich nicht auf eine hierarchische Struktur, sondern können beliebige Vernetzungen abbilden.

---

<sup>261</sup> vgl. Gamper 1999.

<sup>262</sup> vgl. Uschold 1996.

<sup>263</sup> vgl. Uschold 1995

<sup>264</sup> vgl. Grüninger 1995

<sup>265</sup> vgl. Fernandez 1997

<sup>266</sup> vgl. Sure 2002.

<sup>267</sup> Lindemann 2006, S. 1203 – 1210.

<sup>268</sup> Welp 2007, S. 425 – 426.

<sup>269</sup> vgl. Brandt 2005.

<sup>270</sup> vgl. Dittmann 2007.



## 2.5 Methoden

Entwicklungsmethoden sind in Ihrer Anwendung und Wirkung teils umstritten. **HUTTERER** beschreibt die Mängel und Defizite von Methoden und deren Anwendern in der Industrie. Er kommt zu dem Schluss, dass die Akzeptanz von Methodik zwar steigend sei,<sup>271</sup> jedoch durch lange Lernzeiten wirksamer Methoden, mangelndes Problembewusstsein sowie fehlende Bedarfserkennung der Anwender gehemmt werde.<sup>272</sup>

### Definition 6 "Methode"

**Methode** [von griechisch *méthodos* »Weg«, »Gang einer Untersuchung«] die, das planmäßige Verfahren zur Erreichung eines bestimmten Ziels; speziell Charakteristikum für wissenschaftliches Vorgehen (z. B. die deduktive, induktive, experimentelle Methode).<sup>273</sup>

Das Verständnis der Entwicklungsmethodik nimmt diese allgemeine Definition auf und bezieht den Methodenbegriff auf die Produktentstehung und ihr Umfeld<sup>274</sup>. **LINDEMANN** versteht wie auch **EHRENSPIEL** unter „Methode“ die Beschreibung eines regelbasierten und planmäßigen Vorgehens, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind.<sup>275</sup> Methoden bieten Unterstützung, um das Arbeiten an konkreten Problemstellungen zu strukturieren.

Betrachtet man Methoden im Rahmen der allgemeinen Modelltheorie<sup>276</sup> als Vorgehensmodelle, so stellt sich die Frage nach den drei wesentlichen Merkmalen,

<sup>271</sup> Hutterer 2005, S. 127.

<sup>272</sup> ähnlich auch Hacker 2008 und Winkelmann 2007 die den Einsatz von Methoden zu Kompetenzförderungen untersuchen. Der Einsatz von Methoden geschehe selten freiwillig.

<sup>273</sup> Meyers Lexikon online (2008). Methode (Sachartikel) Philosophie. <http://lexikon.meyers.de/beosearch/permlink.action?pagelId=37843253&version=1> (12. Sep 2008 22:02).

<sup>274</sup> Entwicklungsmethodik versteht sich als das Fachgebiet derer, die an Entwicklungsprozessen und der Unterstützung der Entwickler forschen.

<sup>275</sup> Lindemann 2005, S. 48, Ehrlenspiel 2003, S. 1.

<sup>276</sup> vgl. Stachowiak 1973.

dem Abbildungsmerkmal, dem Verkürzungsmerkmal und dem pragmatischen Merkmal.

Durch die vielseitige Arbeit in der Produktentstehung wurden zahlreiche Methoden zu grundsätzlichen Fragestellungen entwickelt. Diese Methoden dienen dazu, bei wiederkehrenden Mustern auf die Erfahrungen Anderer zurückgreifen zu können.

Methoden basieren meist auf empirisch ermittelten Sachverhalten, die in verallgemeinerter Form bereitgestellt werden. Beispielhaft seien hier einige Entwicklungsmethoden genannt:

- C&CM<sup>277</sup>
- Konstruktionskataloge<sup>278</sup>
- Design Patterns<sup>279</sup>
- FEM<sup>280</sup>
- KBE
- etc.

Methoden haben immer einen anweisenden Charakter. Es werden Schritt für Schritt feste Vorgehensschemata angewendet, die eine konkrete Problemstellung lösen sollen.

Die Entwicklungsmethodik<sup>281</sup> hat dabei die Grenze der reinen Unterstützung des Konstrukteurs durchbrochen und beschäftigt sich auch mit Fragen der Organisation, der Planung und der Konzeptfindung.<sup>282</sup>

---

<sup>277</sup> vgl. Albers 2004a.

<sup>278</sup> vgl. Roth 1994.

<sup>279</sup> Sir Christopher Alexander war Architekt und hat in langjähriger Forschungsarbeit die Grundsätze beim Entwurf und der Planung von Gebäuden in sog. Design Patterns abgelegt. Die Architektur hat diesen Vorstoß nie akzeptiert, da man sich wohl in der künstlerischen Freiheit begrenzt fühlte. In der Informatik dagegen wurde die Vorgehensweise der Erstellung von Patterns (Mustern) die Grundlage der objektorientierten Programmierung und der Entwicklung moderner Web 2.0 Technologien. vgl. Alexander 1977.

<sup>280</sup> Finite Element Methode.

<sup>281</sup> früher Konstruktionsmethodik, vgl. Hutterer 2005, S. 8.

<sup>282</sup> Ebda.; Ehrlenspiel 2003, S. 1; Hubka 1992, S. 15.

**HUTTERER**<sup>283</sup> zerlegt bekanntermaßen wirksame Methoden in sog. Denkbausteine. Damit will er die Schwierigkeiten hemmen, die sich der Anwendung von Methoden im industriellen Umfeld entgegenstellen. Denkbausteine sind die wesentlichen Wirkungsfaktoren der Methoden. Der Umfang der Denkbausteine ist geringer als der der gesamten Methode. Damit begegnet **HUTTERER** der Problematik langer Lernzeiten von Methoden. **HUTTERER** schafft darüber hinaus die Möglichkeit, die Denkbausteine untereinander neu zu kombinieren, wodurch er die Flexibilität der Methodenanwendung verbessert. Der Anwender kann schneller Erfahrungen gewinnen und auf diese Weise besser den Bedarf methodischer Hilfe erkennen. **HUTTERER** fordert die Anwendung reflexiver Dialoge zur Sensibilisierung der Produktentwickler hinsichtlich der Anwendung von Methoden.

#### **2.5.1.1 Zwischenfazit**

Methoden stehen in einer Vielzahl zur Verfügung. Es wurden zahlreiche Versuche unternommen, Methoden zu sammeln und der Industrie zur Verfügung zu stellen.<sup>284</sup> Die explizite Anwendung von Methoden geschieht jedoch oft nur, wenn kein anderer Ausweg mehr erkennbar ist. Es ist Aufgabe von Forschung und Lehre, methodisches Vorgehen weiter zu ergründen und besser zugänglich zu machen.

---

<sup>283</sup> vgl. Hutterer 2005.

<sup>284</sup> Die Wichtigsten sind hier: Lindemann CiDaD: <http://cidad.pe.mw.tu-muenchen.de/>, Franke GINA Methodos: <http://www.gina-net.de/>, Krause iVIP: <http://www.ivip.de/>, Spath und Albers MAP-Tool: <http://www.uni-karlsruhe.de/~map>, Birkhofer Pinngate: <http://www.pinngate.de>, TheKey: Webseite nicht mehr aktiv.

## 2.6 Anforderungen und Ziele

Ausgangspunkt der Produktentstehung ist die Festlegung von Zielen oder Anforderungen<sup>285</sup>. Diese gilt es, im Verlauf der Produktentstehung zunehmend zu konkretisieren.

### Definition 7 "Anforderungen"

Eine Anforderung ist ein definiertes Verhalten oder eine bestimmte Eigenschaft, anzunehmen von einem Objekt, einer Person oder Aktivität zur Sicherstellung einer Leistung in einem Wertschöpfungsprozess.<sup>286</sup>

Eine Anforderung ist Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist.<sup>287</sup>

**KRUSE** beschreibt Anforderungen als Formulierung einer Zielvorstellung.<sup>288</sup> Daraus lässt sich ableiten, dass ein Ziel und eine Anforderung nicht scharf voneinander abgetrennt werden können. Für Ziele gilt die folgende Definition.

---

<sup>285</sup>

<sup>286</sup> vgl. Kruse 1996, S. 11.

<sup>287</sup> vgl. DIN 9000, S. 19.

<sup>288</sup> vgl. Kruse 1996, S. 11.

Definition 8 "Ziele"<sup>289</sup>

Ein Ziel ist ein als möglich vorgestellter Sachverhalt, dessen Verwirklichung erstrebt wird; es wird durch eine Entscheidung gesetzt.

Sachverhalte sind z.B. Zustände, Gegenstände, Handlungen, Prozesse, Beziehungen. Die Erhaltung eines bereits bestehenden und die Vermeidung eines unerwünschten Sachverhalts sind Sonderfälle der vorstehenden Definitionen.

Ein Ziel wird in einem Zielsatz formuliert. Ein Zielsatz enthält zwei Bestandteile: (a) die beschreibende Kennzeichnung des Sachverhaltes, (b) die Auszeichnung dieses Sachverhaltes als erstrebt, erwünscht, gefordert, befürwortet. Wenn der Zielcharakter eines gemeinten Sachverhaltes aus dem Zusammenhang eindeutig ersichtlich ist, genügt häufig schon die Kennzeichnung des Sachverhaltes.

Die Forschung im Bereich des Anforderungs- und Zielmanagements macht Fortschritte, jedoch bleiben die Aussagen von **KLÄGER**, **KICKERMANN** und **KRUSCHE** nach wie vor gültig. Produktentstehung in den frühen Phasen ist mit rechnerbasierten Werkzeugen nur schlecht abzubilden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es sich besonders in der frühen Phase nicht um deduktive Schritte handelt.<sup>290</sup>

Aus vorliegenden Informationen Anforderungen an ein Produkt zu stellen, ist eine im höchsten Maße kreative Tätigkeit. Kreative Schritte in der Produktentstehung sind von großer Komplexität geprägt. Die präskriptive Abbildung solch komplexer Prozesse ist nicht trivial.

**GRÖßER** nennt unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten von Anforderungen im Produktentstehungsprozess. Dabei stellt er die Anforderungsermittlung in den Mittelpunkt seiner Betrachtungen. Er verwendet Datenbanken für die Verwaltung, Bearbeitung und Auswertung von Gliederungsaspekten für Anforderungen und schließt dem ein Methodeninformationssystem an.<sup>291</sup>

**KLÄGER** gibt einen Lösungsansatz für die Modellierung von Anforderungen, der auf der Systemtechnik beruht. Dabei stützt er sich auf ein umfassendes Produktmodell

---

<sup>289</sup> vgl. VDI 3780, S. 4.

<sup>290</sup> vgl. Kläger 1993, Kickermann 1995, Krusche 2000.

<sup>291</sup> vgl. Größer 1992.

und darauf abgestimmte Zuordnungskonzepte. Diese dienen der Verbindung von Anforderungen und Lösungskonzepten. Der Ansatz wurde mittels eines wissensbasierten CAD-Systems umgesetzt. Das Problem, Anforderungen aus der frühen Phase der Produktentstehung in spätere Phasen zu übertragen, konnte auf diese Weise nicht gelöst werden.<sup>292</sup>

**JÖRG** versucht mit seinem Ansatz die flexible Sprache des Menschen mit abzubilden. Er baut seine Arbeit auf drei Schwerpunkten auf.

1. Integration des Anforderungsmodells in den Produktentstehungsprozess.
2. Unterstützung des Konstrukteurs.
3. Implementierung eines linguistischen Modells.

Er fordert eine verstärkte Integration von Systemen und Prozessen. Anforderungen und Produkteigenschaften könnten so miteinander verknüpft durch den Produktentstehungsprozess geführt werden.<sup>293</sup>

### 2.6.1 Zwischenfazit

In seinem Wesen beschäftigt sich das Anforderungsmanagement mit der konkreten Beschreibung von Produkteigenschaften. Wie gezeigt, ist in der frühen Phase der Produktentstehung eine Informationsbasis oft nicht gegeben. Es kann nicht über Anforderungen gesprochen werden, solange keine Messbarkeit gegeben ist.

Durchgängige Modelle, die in den unterschiedlichen Konkretisierungsgraden nachgewiesene Gültigkeit haben, existieren nicht. Damit können Informationen zu nicht konkreten, verbalisierten Zielen nur schwer in einer Form verfügbar gemacht werden, in der sie im fortlaufenden Produktentstehungsprozess nutzbar bleiben. Anspruch der Forschung muss sein, solche Modelle zur Verfügung zu stellen. Die Integration des systemtechnischen Ansatzes der Produktentstehung und des C&CM, ist ein Schritt auf dem Weg zur endgültigen Vereinigung von System- und Prozesssicht.

---

<sup>292</sup> vgl. Kläger 1993

<sup>293</sup> vgl. Jörg 2005.

### 3 Zielsetzung

Produktentstehung ist ein sozio-technisches System, in dem Menschen, alleine oder in Gruppen unterschiedlicher Größe, mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Ressourcen, ein gemeinsames Produkt erstellen wollen. Es soll auf Basis der Systemtheorie, der daraus entstandenen Systemtechnik und der Kybernetik das System der Produktentstehung nach dem integrierten Produktentstehung Modell (iPeM) als ein Handlungssystem mit **dazugehörigem** Zielsystem und Objektsystem beschrieben werden.

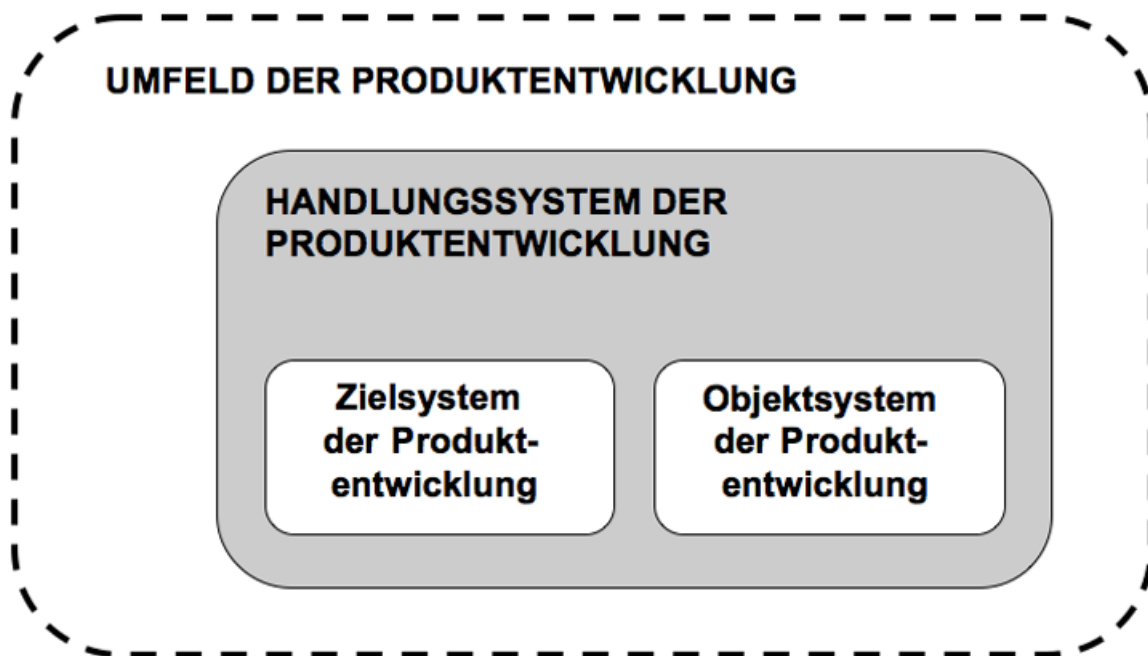


Abbildung 30 "Das hierarchische Konzept des Systems der Produktentstehung"

Die Darstellung in Abbildung 30 "Das hierarchische Konzept des Systems der Produktentstehung" zeigt den hierarchischen Aufbau des Systems. Das Handlungssystem der Produktentstehung ist eingebettet in sein Umfeld, welches das gesamte Unternehmen und schließlich die Gesellschaft darstellt. Handlungssysteme **enthalten immer** ein Zielsystem und erzeugen ein Objektsystem. Ziel-, Handlungs-

und Objektsystem sind daher als **Tripel** zu verstehen. Die drei Systeme der Produktentstehung lassen sich im Sinne der allgemeinen Systemtheorie beliebig in Subsysteme einteilen.<sup>294</sup> Hierauf wird in den einzelnen Kapiteln zu Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem näher eingegangen.

Komplexität gilt gemeinhin als das Maß für die Schwierigkeit einer Aufgabenstellung.<sup>295</sup> In der Produktentstehung gilt sie als allgegenwärtiges Problem. Ihr wesentliches Merkmal ist die inhärente Subjektivität und die Ungewissheit, in der sich der Produktentwickler gefangen sieht. In heutigen Aufgabenstellungen der Produktentstehung manifestiert sich Komplexität in Anforderungen aus den unterschiedlichsten Bereichen und Disziplinen. Eine immer weiter zunehmende Zahl von Systemelementen aus verschiedenen Wissensdomänen stellt sich dem in **einer** Disziplin ausgebildeten Produktentwickler entgegen. Dabei nimmt die Zahl der Elemente und die der Verknüpfungen in den Systemen stetig zu. Ebenso nimmt die Integration unterschiedlicher Ingenieurdisziplinen (Wissensdomänen) in den Elementen und Subsystemen zu. Insgesamt verstärkt dies besonders die Gesamtkomplexität des Systems. Die in Kapitel 1 genannten Faktoren aus der Globalisierung der Märkte verstärken diese komplexitätssteigernde Wirkung.

Moderne Organisationen verfügen über vorgeschriebene Verhaltensweisen, sogenannte Prozesse, mittels derer Situationen bewältigt werden müssen.<sup>296</sup> Es bestehen Hierarchien, in denen Entscheidungen getroffen und Probleme eskaliert werden. Prozesse werden oft missverstanden. Sie sind in der Regel geeignet als Vorgaben für deterministische Ereignisse und Tätigkeiten, in denen nur in geringem Umfang die Generation neuen Wissens erforderlich ist. Nicht jedoch für viele Bereiche der Produktentstehung, in denen sich die Aufgabe stellt, widersprechende Anforderungen zu erfüllen und Probleme zu lösen, für die bislang mangels Wissens keine Antworten bekannt sind. Produktentstehung ist in hohem Maße Wissensarbeit.

In vielen Fällen muss mit Unsicherheiten umgegangen werden. Auf der Basis von Annahmen sind Entscheidungen zu treffen. Mitarbeiter in modernen Unternehmen müssen Verantwortung für sich und die ihnen übertragenen Aufgaben

---

<sup>294</sup> vgl. Kap. 2.2.3.

<sup>295</sup> vgl. Kapitel 2.2.4.

<sup>296</sup> zumindest alle, die eine Zertifizierung nach DIN 9001 aufweisen können; vgl. DIN ISO 9001.



übernehmen.<sup>297</sup> Andernfalls werden Mitarbeiter im schlimmsten Fall der Prozesshörigkeit zu Erfüllern, die ohne zu denken abarbeiten und sich auf Zuständigkeiten und Prozesse berufen. **DUECK** beschreibt diesen Zustand in seinem satirischen Werk mit dem Satz: „Alle Intelligenz in das System!“ Jede Verantwortung weg von den Mitarbeitern.<sup>298</sup> Er berichtet aus jahrelanger Erfahrung im Bereich der Innovation in einem informationstechnisch geprägten Umfeld.<sup>299</sup>

Moderne Organisationen müssen flexibel auf Änderungen der Märkte und der Rahmenbedingungen reagieren können. Mitarbeiter in den Handlungssystemen des Unternehmens müssen Entscheidungen selbstständig treffen dürfen, sofern die Entscheidungsgründe nachvollziehbar sind. Mehr Verantwortung für die Mitarbeiter in den Unternehmen und mehr Vertrauen in deren Entscheidungsfähigkeiten bewirken langfristig eine verbesserte Lösungsqualität. Die Zunahme der Komplexität der Aufgaben erfordert neue Herangehensweisen. Diese sind auf ganzer Linie notwendig und müssen dem Umfeld der Systemtheorie entspringen. Ein systemischer Ansatz der Produktentstehung ist erforderlich. Die Forschung an systemtheoretischen Fragestellungen in den Jahren von 1950 bis ca. 1980 ergab viele solche Ansätze. **BEER** beschrieb in den 70er Jahren das Potential des Rechneinsatzes in der Organisation von Prozessen, basierend auf den Ansätzen der Kybernetik.<sup>300</sup> Die Ansätze der Systemtechnik und die der Kybernetik hatten immer den Anspruch der Allgemeingültigkeit. Heutige Ansätze bieten eine Lösung für einzelne Nischen.<sup>301</sup> Es wurde mit den Ansätzen aus dem Bereich der Konstruktions- bzw. Entwicklungsmethodik auf einem engen Feld Forschung betrieben und dabei Erfolge erzielt. Heutige Objektsysteme verlangen auf Grund der Attribute ihrer Elemente nach transdisziplinären Ansätzen, die wieder den Anspruch der Allgemeingültigkeit haben und die eine Sprache über die Grenzen von Disziplinen hinweg bereitstellen.

---

<sup>297</sup> vgl. Lenk 2008 und Werner 2006.

<sup>298</sup> vgl. Dueck 2006.

<sup>299</sup> Gunter Dueck ist einer der IBM Distinguished Engineers, IEEE Fellow, Mitglied der IBM Academy of Technology und korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Er arbeitet an der technologischen Ausrichtung der IBM mit, an Strategiefragen und Cultural Change. Er ist Mitglied im Präsidium der DMV (Deutsche Mathematiker-Vereinigung) und des Strategiekreises Informationsgesellschaft der BITKOM.

<sup>300</sup> vgl. Beer 1973.

<sup>301</sup> vgl. Krusche 2000, S. 17.

Soll bei der Entwicklung von Produkten der Effekt der übersummarbaren Intelligenz genutzt werden, so müssen validierte Modelle vorliegen, in denen die Ingenieure, Biologen, Physiker, Informatiker, Chemiker etc. miteinander agieren können. Ein solcher Ansatz soll mit dem Denken in dem **Systemtripel** aus Handlungssystem, Objektsystem und Zielsystem bereitgestellt werden, in dessen Mittelpunkt der Mensch steht. Dabei sollen die ursprünglichen Ansätze, wie sie im Stand der Forschung beschrieben sind verwendet werden. Die Recherche im Rahmen dieser Arbeit zeigte, dass insbesondere der Aspekt des disziplinübergreifenden Arbeitens seit den 80er Jahren vernachlässigt wurde. Es entstanden vornehmlich esoterische Methoden in den einzelnen Disziplinen.

In seinem Roman „Der Termin“ beschreibt **DEMARCO** „die wichtigsten Körperteile eines Managers als Herz, Bauch, Seele und Nase. Sie braucht er um:

- mit dem Herzen zu führen,
- dem Gefühl im Bauch zu vertrauen (auf die innere Stimme zu hören),
- die Organisation zu beseelen,
- zu riechen, dass etwas stinkt.“<sup>302</sup>

Um die Körperteile überhaupt einsetzen zu können, bedarf es eines Rahmenwerks. Es beschreibt den Rahmen, in dem sich der Manager aufhält. Das Umfeld, in dem sich dieser Rahmen befindet und die Wechselwirkungen, die zwischen Rahmen und Umfeld auftreten können.<sup>303</sup> Das Rahmenwerk liefert außerdem Methoden, mit denen die Situationen in der Produktentstehung gehandhabt werden können. Es definiert Funktionen im System der Produktentstehung.

Das Fundament des Rahmenwerks bilden die Elemente aus der Systemtechnik:

- Zielsystem<sup>304</sup>
- Handlungssystem<sup>305</sup>

---

<sup>302</sup> DeMarco 1998, S. 51.

<sup>303</sup> vgl. Systemgrenze, S. 36.

<sup>304</sup> Hier finden sich die informatorischen Elemente und Modelle der Produktentwicklung, die Vorgeben was getan werden soll.

<sup>305</sup> Hier finden die Handlungen statt. Es wird das Zielsystem in ein Objektsystem überführt.

- Objektsystem<sup>306</sup>

Diese drei Systeme der Produktentstehung können nur gemeinsam existieren.

**MAGEE** und **DEWECK** erklären den Aufbau eines Rahmenwerks für erforderlich, um eine Problematik „Bottom-Up“ und „Top Down“ angehen und bewerten zu können. Erst das Rahmenwerk ermöglicht den Aufbau einer Testumgebung. Es ist erforderlich, um die Ansätze und Beschreibungsversuche validierbar zu machen.<sup>307</sup>

Die Spezialisierung der Forschungsansätze ab ca. 1980 und die Komplexitätszunahme der Systeme erzwingen im Zusammenwirken mit dem Trend der Ausbildungsspezialisierung in allen Bereichen das Betreten neuer Wege in der Produktentstehung.

Die Fähigkeit des Menschen, komplexe Sachverhalte aufzunehmen und zu verarbeiten, ist begrenzt. So haben Experimente von **DÖRNER** gezeigt, dass Menschen mit komplexen Entscheidungssituationen sehr unterschiedlich umgehen. Reduziert man die Entscheider auf zwei Typen, so ist der eine Typus in der Lage, aus den Fehlentscheidungen zu lernen. Der andere Typus sucht den Fehler dagegen, auch retrospektiv, immer bei Anderen, nur nicht in seiner Entscheidung. Auch der lernende Typus ist in komplexen Entscheidungssituationen darauf angewiesen, das System und seine Zusammenhänge zu verstehen. Man kann dies als Lernprozess bezeichnen.<sup>308</sup> Was fehlt, sind Modelle, dieses Lernen gezielt zu unterstützen.

Im Kapitel zum Stand der Forschung wurde aufgezeigt, dass die Systemtheorie und die daraus entstandenen Ansätze eine Fülle von Werkzeugen und Methoden bieten.<sup>309</sup> Schon die überlieferten frühen Ansätze aus der Stoika setzen sich mit dem Abbilden der Gesellschaft als System auseinander. Was bis heute fehlt, ist ein Rahmenwerk, in dem disziplinübergreifend an Fragestellungen der Produktentstehung mit Rechnerunterstützung von Beginn an und durchgängig gearbeitet werden kann.

---

<sup>306</sup> stellen die Produkte dar.

<sup>307</sup> Magee 2004 S. 1.

<sup>308</sup> vgl. Dörner 2006.

<sup>309</sup> Kybernetik, Systems Engineering, Systemtechnik, Modelltheorie

Aufbauend auf den vorangegangenen Kapiteln soll ein solcher Rahmen geschaffen werden. Kern des Rahmenwerks ist das Handlungssystem der Produktentstehung mit seinen Subsystemen, dem Menschen, den Ressourcen, dem Zielsystem und dem Objektsystem. Das Einbeziehen des Menschen als Entscheider (Regler) im System ist dabei ebenso wichtig, wie die transparente und vernetzte Darstellung von Zielen im Zielsystem.

Das Zielsystem soll in dem vorgestellten Rahmenwerk erstmals anhand des von **ALBERS** entwickelten C&CM strukturiert werden.<sup>310</sup> Die Stärke des C&CM liegt darin, auf beliebigen Ebenen der Konkretisierung den Ort von Zielen darzulegen. Darüber hinaus bietet das Modell die Möglichkeiten, sowohl analytisch wie auch synthetisierend disziplinübergreifend und über alle Aktivitäten des Produktlebenszyklus hinweg teamorientiert an einem Vor-/Abbild zu arbeiten.

Damit wird ein Beitrag zur Lösung der folgenden Probleme geleistet.

1. Entwicklungszeiten werden verkürzt und
2. die Entwicklungsqualität wird verbessert durch intensivierte Orientierung an den Zielen.
3. Die Produktentwicklung richtet sich an der Erkenntnis und der Validierung aus.
4. Mittels C&CM wird die Struktur des Zielsystems um die Dimension des Ortes von Funktionen erweitert.

Exemplarisch wird anhand von Beispielen die Umsetzung eines Zielsystems in einem realen Projekt aufgezeigt. Die Stärken und Schwächen der ausgewählten Software zur Unterstützung bei der kontinuierlichen Verfolgung von Zielen werden genannt.

---

<sup>310</sup> vgl. Albers 2002.

## 4 Regelung des komplexen Systems der Produktentwicklung

Das System der Produktentstehung besteht aus unterschiedlichen Elementen. Das wichtigste Element ist das Handlungssystem, da in ihm **Menschen** agieren und Entscheidungen treffen. Im Sinne der Kybernetik ist das Handlungssystem das Element, in dem regelnd in das Systemverhalten eingegriffen wird.

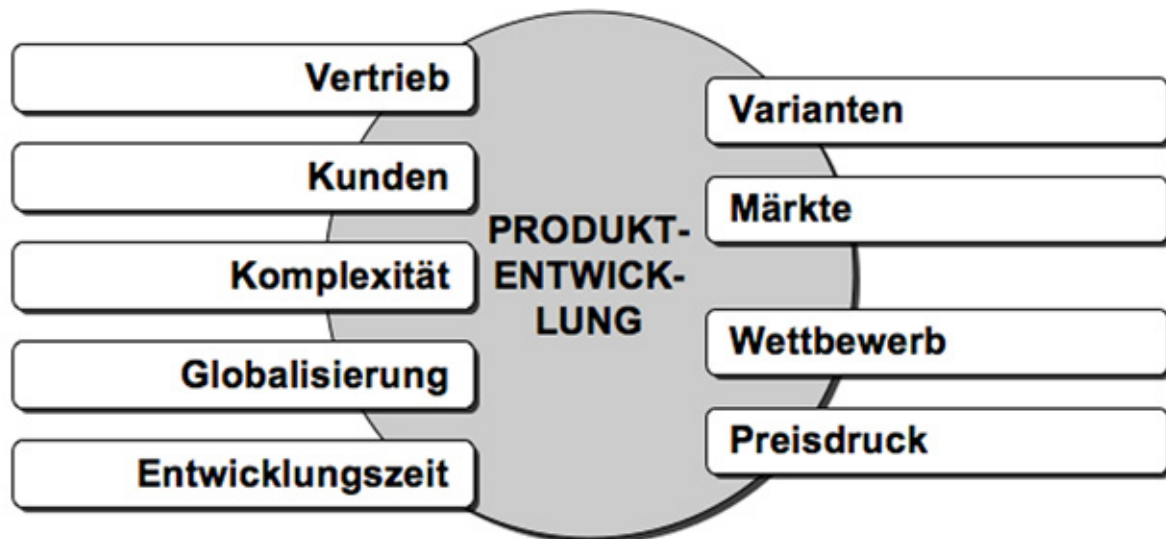
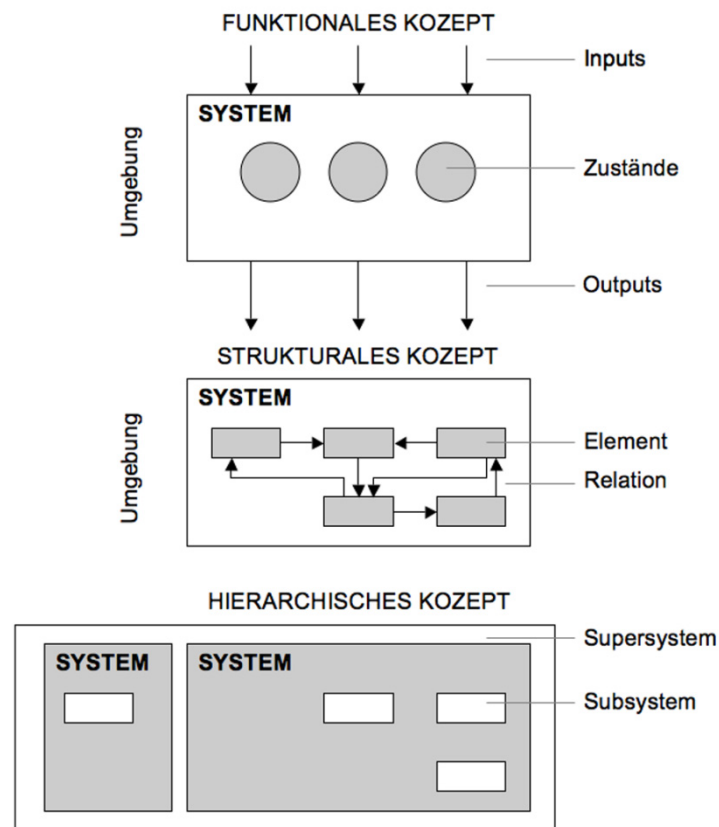


Abbildung 31 "Produktentstehung im Spannungsfeld"

Die Menschen im Handlungssystem befassen sich mit der Erfüllung der an Sie gestellten Aufgaben. Dies geschieht alleine oder in Teams sowie unter Zuhilfenahme von technischem Gerät. Unter technischem Gerät sind die benötigten **Hilfsmittel** wie Simulationswerkzeuge, Prüfstände, Software sowie Modellierungswerkzeuge usw. zu verstehen.

Abbildung 23 "Konzepte der Systemtheorie"<sup>311</sup>

Die aus Kapitel 2.2.3 bekannte Abbildung stellt die unterschiedlichen Sichten auf das „System Produktentstehung“ mit seinen Funktionen, Hierarchien, Elementen und Relationen dar. Das Super-Sub-System-Dilemma, das in Kapitel 4.2.2 im Detail betrachtet wird, macht die systemtechnische Darstellung in einem fortlaufenden Text problematisch. Die folgenden Kapitel beschreiben unterschiedliche Sichten auf das System, die zusammengenommen das Gesamtbild ergeben. Es werden zunächst die Einzelsichten aufgezeigt, um Sie danach zusammenzuführen.

Es folgt die Darstellung des Umfeldes, der Randbedingungen und Definitionen, die für das Verständnis des Systems erforderlich sind. Die Wechselwirkungen in diesem System werden beschrieben. Hierbei wird das Zielsystem als die informatorische Ebene zur Handhabung der Gesamtaufgabe der Produktentstehung in seiner

<sup>311</sup> vgl. Ropohl 2005.

Bedeutung deutlich. Es wird ein Ansatz aufgezeigt, der den Produktentstehungsprozess in einer neuen Art und Weise **bei** dessen Durchführung regelt. Er besteht aus einem menschengepägten Handlungssystem. Die **Subsysteme** des Handlungssystems sind das Ziel- und das Objektsystem.

Damit wird die Definition des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM) weiterentwickelt. Bisherige Arbeiten fokussierten auf die Mikro- und Makro-Aktivitäten des iPeM.<sup>312</sup> Mit der vorliegenden Arbeit wird die systemtechnische Sicht unter Beibehaltung der o.g. Aktivitäten geschärft. Darüber hinaus werden im Rahmen der Arbeit die Mentalmodelle des iPeM als Subsysteme beschrieben und das C&CM wird in das Konzept des Zielsystems integriert und zu dessen Strukturierung angewendet.

#### **4.1 Randbedingungen und Definitionen des Systems der Produktentstehung**

Produktentstehung ist der Teilbereich eines Unternehmens, der die Definition und Erstellung neuer Produkte zur Aufgabe hat.<sup>313</sup> Das rangniedrigste<sup>314</sup> Element des Handlungssystems der Produktentstehung ist der einzelne Mensch.<sup>315</sup> Er ist Mitglied einer Arbeitsgruppe, die in weiteren Abteilungen organisiert sein kann und schließlich ein Teil eines Unternehmens ist. Das Unternehmen ist ein Teil der Industriegesellschaft. Diese wiederum ist ein Teil der Gesellschaft. Unter Gesellschaft wird die Gemeinschaft von Personen mit Ihren Wertvorstellungen und Gesetzen verstanden.

Die Gesellschaft als Umfeld der Produktentstehung liefert unterschiedliche Inputs. Sie formuliert Gesetze und Richtlinien zu beliebigen Fragen, die Eingang in die Produktentstehung finden. Der Mensch mit seinen Wertvorstellungen ist ein Produkt der Gesellschaft, der als Mitarbeiter seinen Einfluss auf die Produktentstehung nimmt.

---

<sup>312</sup> vgl. Meboldt 2009, Saak 2006.

<sup>313</sup> vgl. S. 54ff.

<sup>314</sup> vgl. Kap. 2.2.3.1, der Begriff „rangniedrig“ ist nicht wertend für das Objekt zu verstehen, er definiert die hierarchische Stellung des Objekts im Systemkontext.

<sup>315</sup> ebda.

Das Unternehmen als übergeordnetes System der Produktentstehung besteht aus weiteren Subsystemen. Diese stehen gleichermaßen mit der Produktentstehung in Verbindung. Eine vollständige Übersicht über das Umfeld der Produktentstehung und die Einflussfaktoren kann nicht gegeben werden. Das Umfeld ist bei weitem zu vielfältig.

Je nach Entwicklungsprojekt können hier unterschiedlichste Faktoren hinzukommen und wegfallen. Geeignete Suchfelder für die Ermittlung von Anforderungen und Einflussfaktoren wurden bereits in Kapitel 0 zusammenfassend beschrieben.<sup>316</sup>

#### **4.1.1 Methoden und Prozesse**

Weitere Elemente des Handlungssystems der Produktentstehung bilden Methoden und Prozesse. In Kapitel 2.5 wurden die Grundlagen zu Methoden im Allgemeinen und zur Entwicklungsmethodik im Speziellen diskutiert. Hier soll nun erläutert werden, welche Unterscheidung der Begriffe Methode und Prozess im Kontext der Produktentstehung sinnvoll erscheint.

Im Rahmen der allgemeinen Modelltheorie<sup>317</sup> können Methoden und Prozesse als Vorgehensmodelle betrachtet werden. Die unterschiedliche Ausprägung ihrer drei wesentlichen Merkmale ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

---

<sup>316</sup> vgl. auch Krusche 2000, S. 141.

<sup>317</sup> Vgl. Kapitel 2.1.



	Entwicklungsmethoden	Entwicklungsprozesse
Abbildungsmerkmal <sup>318</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... stellen eine Hilfe bei der Lösungsfindung für eine konkrete Problemstellung zur Verfügung.</li> <li>• Es werden wiederkehrende Situationen verallgemeinert und zur Verfügung gestellt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... sind die Abbildung von Abläufen und Zuständen in einer Organisation.</li> <li>• ... dienen der Gesamtübersicht.</li> <li>• ... definieren Termine und Ressourcen.</li> <li>• ... vernetzen Abläufe in der Organisation</li> </ul>
Verkürzungsmerkmal <sup>319</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ... beschreiben konkrete Schritte, die es zu durchlaufen gilt.</li> <li>• ... beschreiben, wie etwas zu tun ist.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ...geben Zustände vor, die es zu erreichen gilt.</li> <li>• ... bilden ab, was getan werden muss.</li> </ul>
Pragmatisches Merkmal <sup>320</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung der Qualität</li> <li>• Reduzierung von Iterationsschleifen</li> <li>• kürzere Entwicklungszeiten</li> <li>• Speichern von Erfahrungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung und Vereinheitlichung der Projektplanung</li> <li>• Offenlegung von Abhängigkeiten innerhalb der Organisation.</li> <li>• Vorausplanung von Entwicklungsabläufen.</li> <li>• Standardisierung von Abläufen</li> </ul>

Tabelle 5 "Unterscheidung von Methoden und Prozessen"

Aus der Tabelle sind gewisse Überschneidungen bei Methoden und Prozessen ersichtlich. Beide haben einen vorschreibenden Charakter und bilden die Produktentstehung ab.

Sie lassen sich sehr gut in Ihrem Zweck unterscheiden. Als direkte Folge des pragmatischen Unterschieds werden auch andere Verkürzungen vorgenommen.

Methoden dienen der direkten Unterstützung und geben eine Hilfestellung zu der Frage, „wie?“ etwas getan werden muss, um ein Ergebnis zu erlangen.

Der Prozess dagegen ist eine Beschreibung der unterschiedlichen Zustände, die erreicht werden sollen. Prozesse können dabei Hinweise enthalten, wie bestimmte

<sup>318</sup> vgl. S. 8

<sup>319</sup> ebda.

<sup>320</sup> ebda.

Dinge zu erreichen sind. Damit kann gesagt werden, dass Prozesse Zustände zu bestimmten Zeitpunkten vorgeben und so das Voranschreiten definieren.

Definition 9 "Methode"

Methoden beschreiben ein zielgerichtetes Vorgehen. Sie haben einen deskriptiven Charakter und bilden das verallgemeinerte Wissen zu bestimmten Anwendungsfällen ab. Sie sollen dem Anwender als Hilfestellung zur Erreichung eines Ziels dienen. Der Ausgang der Anwendung einer Methode ist offen.

Definition 10 "Prozess"

Prozesse beschreiben Abläufe. Oft werden Zustände und Zeitpunkte vorgegeben. Prozesse haben vorschreibenden Charakter. Prozesse können auch „wenn-dann-Beziehungen“ enthalten und sie können vorschreiben, wie etwas gemacht werden soll. Jeder Prozess hat einen definierten Ausgang.

#### 4.1.2 Ziele in der Produktentstehung

Handlungssysteme der Produktentstehung sind, solange die Handlungssysteme marktwirtschaftlichen Zwängen unterliegen, fast ausschließlich an Zielen ausgerichtet. So beschreibt **DÖRNER** die Formulierung und die Umformulierung von Zielen als eine zentrale kognitive Tätigkeit beim Problemlösen.<sup>321</sup> Auch **HACKER** sieht in der Formulierung und Entwicklung von Zielen eine zentrale Tätigkeit in der Produktentwicklung.<sup>322</sup>

---

<sup>321</sup> vgl. Dörner 1998, S 74ff.

<sup>322</sup> vgl. Hacker 2002, S. 15.

## Definition 11: „Ziel“

Ein **Ziel** ist ein zukünftiger Zustand, dessen Erreichung angestrebt wird.<sup>323</sup>

Für Ziele gibt es keine Möglichkeit der objektiven Dokumentation. Im Kontext der Entstehung von Zielen bilden sich subjektive Wahrnehmungen.<sup>324</sup> Dies führt in der Konsequenz auch zu einer subjektiven Dokumentation.

Ziele existieren oft implizit. Das bedeutet, sie werden nicht ausgesprochen und auch nicht in anderer Weise dokumentiert. Ihre Erfüllung wird jedoch vorausgesetzt.<sup>325</sup> Als Beispiel soll hier die Forderung nach einer definierten Standzeit für ein Bauteil dienen. Diese ist erst erfüllt, wenn der objektive Nachweis erbracht ist. Die Art und Weise, wie der Nachweis zu erbringen ist, wird dabei oft nicht explizit festgelegt. Es liegt an dem Versuchingenieur, das System angemessen zu modellieren und den Test richtig auszulegen. Grundsätzlich ist die Frage nicht entscheidbar, ob das Modell der Ziele vollständig ist. Es fehlt die Sicherheit, dass die relevanten Subziele vollständig erkannt und formuliert wurden. Es existieren Methoden wie beispielsweise die reflexive Fragetechnik, die durch **WINKELMANN** und **HACKER** im Umfeld der Produktentwicklung erforscht wurde, um implizites Wissen explizit zu machen.<sup>326</sup> Jedoch sind diesen Methoden auch Grenzen gesetzt.

Ziele in der Produktentstehung müssen verbal - in Textform - ausgedrückt sein (z.B. Wir wollen unseren Marktanteil um 5 % steigern).<sup>327</sup> Dies gilt vor allem für strategische und ökonomische Ziele, aber auch für alle anderen (z.B. technische Ziele: Das Bauteilgewicht darf 8 kg nicht überschreiten). Darüber hinaus stehen

---

<sup>323</sup> vgl. Patzak 1982, S. 164; Ropohl 1975, S. 58; Lindemann 1980, S. 25.

<sup>324</sup> vgl. Foerster 1993, S. 84. **VON FOERSTER** zitiert hier **MATURANAS** Theorem Nr. 1 „Alles Gesagte wird von einem Beobachter gesagt.“ und schließt seinen Folgesatz Nr. 1 an „Alles gesagte wird zu einem Beobachter gesagt“. Damit beschreibt er die Unsicherheit und Unschärfe die der Kommunikation und dem Erkenntnisgewinn innewohnend ist. Jede Information ist kontextspezifisch. Die Bedeutung der Information ist stark von dem Individuum abhängig, dass die Information interpretiert.

<sup>325</sup> vgl. Dörner 2006, S. 254ff.

<sup>326</sup> vgl. Winkelmann 2007.

<sup>327</sup> vgl. Jörg 2005.

bildhafte Darstellungen zur Definition von Zielen zu Verfügung. Bilder und Texte sind immer interpretierbar, da auch Sie der allgemeinen Modelltheorie unterliegen. Hier liegt die zweite Unschärfe. Weder die Frage der richtigen Formulierung, noch die nach dem richtigen Verstehen der formulierten Ziele ist uneingeschränkt beantwortbar.<sup>328</sup>

Der Aspekt des Zukünftigen bei der Beschreibung von Zielen birgt die dritte Unschärfe. Die zukünftige Entwicklung ist nicht vorhersagbar.

Der Umgang mit dieser Unschärfe kann nur gelingen, wenn hierfür ein Bewusstsein entwickelt wird. Dieses Bewusstsein kann nur über die transparente Darstellung der Wechselwirkungen im System entstehen, wie sie in Kapitel 2.2.3 aufgezeigt sind.

Ist eine möglichst verständliche und umfassende Dokumentation der Ziele für die Produktentstehung sichergestellt, so kann sich die Entwicklung von Objektsystemen an ihnen ausrichten. Erst die klare Formulierung von Zielen macht eine Bewertung der Lösungsqualität möglich. Will man also nachvollziehbare Entscheidungen treffen, so ist der Einsatz der Zielsysteme unumgänglich.<sup>329</sup>

Das Formulieren und Vernetzen von Zielen im Zielsystem erfordert eine Struktur, nach der die Ziele abgelegt werden. Diese am C&CM ausgerichtete Struktur wird in Kapitel 4.5.2.1 aufgezeigt.

Damit ist das Umfeld der Produktentstehung, wie es vor dem Hintergrund dieser Arbeit verstanden ist, beschrieben. Die Problematik bei der Arbeit mit Zielen wegen des teilweise impliziten Charakters, ist adressiert.

### **4.1.3 Erkenntnis als kleinster Teil der Produktentstehung**

Dem vorgeschlagenen Ansatz ist die Aussage von **STACHOWIAK** zu Grunde liegend. „Hiernach ist alle Erkenntnis Erkenntnis in Modellen oder durch Modelle, und jegliche menschliche Weltbegegnung überhaupt bedarf des Mediums ‚Modell‘: indem sie auf das - passive oder aktive - Erfassen von etwas aus ist, vollzieht sie sich relativ zu

---

<sup>328</sup> Auch hier gilt die Kybernetik zweiter Ordnung. Wir wissen auch nicht ob die richtigen Ziele richtig beschrieben sind.

<sup>329</sup> vgl. Zangemeister 1973

bestimmten Subjekten, ferner selektiv – intentional selektierend und zentrierend - und in je zeitlicher Begrenzung ihres Original-Bezuges.“<sup>330</sup>

Im Modell der Ziel-, Handlungs- und Objektsysteme entsteht Erkenntnis ausschließlich im Handlungssystem, indem dem Abbild der gedanklichen vorweggenommenen Zukunft im Zielsystem (Zielvorstellung) eine Hypothese zur Umsetzung dieser Vorstellung durch das Handlungssystem hinzugefügt wird. Eine solche Hypothese kann durch unterschiedliche andere Modelle konkretisiert werden. Das Handlungssystem validiert diese Hypothese mittels der zur Verfügung stehenden Ressourcen und setzt sie schließlich in ein konkretes Modell der realen Welt um.

Es wurde bereits auf die Dynamik des Handlungssystems der Produktentstehung hingewiesen. Produktentstehung bedeutet das Festlegen von Produkteigenschaften. Zunächst werden diese Eigenschaften im Zielsystem beschrieben. Im ersten Schritt werden Funktionen aus den Kundenwünschen abgeleitet. Diese werden im weiteren Verlauf der Produktentstehung in eine konkrete Gestalt transferiert.<sup>331</sup>

Die Definitionen von Produkteigenschaften, die eine wesentliche Neuerung des Produktes hervorbringen, basieren dabei meist auf Hypothesen<sup>332</sup>, Annahmen oder Interpretationen. Immer wiederkehrende Elemente sind beispielsweise die Interpretation des Kundenwunsches<sup>333</sup> oder die Annahme einer gewissen Lebensdauer eines Bauteils.

Die Vorhersage von Bauteileigenschaften, zum Beispiel mittels Berechnungsmodellen, hat längst Einzug in die Produktentstehung gehalten. Es ist bei der vorherrschenden Wettbewerbslage oft unabdingbar, an den Grenzen von Vorhersagemöglichkeiten zu arbeiten. Solchen Berechnungen liegen immer Modelle zugrunde. Die direkte Folge hiervon ist eine gewisse Unsicherheit bei der Übertragbarkeit der Ergebnisse in die reale Welt. Charakteristikum der Produktentstehung ist, dass basierend auf einer Hypothese, Annahme oder

---

<sup>330</sup> vgl. Stachowiak 1975, S. 56 und Kapitel 2.1, S. 7.

<sup>331</sup> vgl. Albers 2002c.

<sup>332</sup> vgl. hierzu auch Hacker 2002, S. 15.

<sup>333</sup> vgl. Pahl 1997 S. 213f, S. 217f, 229f, 234f; Pulm 2004 S. 59, S. 143; Franke 2008, S. 58.

Interpretation ein Produktmodell<sup>334</sup> entsteht. Hier schließt sich der Kreis zu der Aussage von **STACHOWIAK**. Erkenntnis findet in Modellen statt, besonders in der Produktentstehung.

Essentieller Bestandteil der Produktentstehung muss daher die Validierung des Modells<sup>335</sup> hinsichtlich der Gültigkeit von Hypothesen, Annahmen oder Interpretationen sein. Diese Validierung kann, je nach Anforderung, theoretisch (berechnet, simuliert, ...) oder empirisch (durch Versuche) stattfinden. Validierung ist das Überprüfen der Eigenschaften eines durch das Handlungssystem erstellten Objektsystems hinsichtlich der im Zielsystem geforderten Funktionen, Strukturen und Eigenschaften. Das Ergebnis der Validierung ist die Erkenntnis. Aus dieser Erkenntnis ergeben sich die weiteren Schritte in der SPALTEN-Aktivitätenmatrix des iPeM und damit die des Produktentstehungsprozesses.<sup>336</sup>

---

<sup>334</sup> es können auch Teile eines umfassenden Produktmodells sein.

<sup>335</sup> Modell steht hierbei für jegliche Arten von Ergebnissen der Produktentwicklung (Prototypen, Simulationsergebnisse, Marktdaten, etc.).

<sup>336</sup> vgl. auch TOTE-Schema nach **MILLER, GALANTER UND PRIBRAM**. TOTE steht hierbei für „Test – Operate – Test – Exit“ und ist aus kybernetischen Grundüberlegungen entstanden. Nach dem Schema bauen sich erkenntnisorientierte Untersuchungen nach der hierarchischen Anordnung von Prüf- und Handlungsphasen auf.

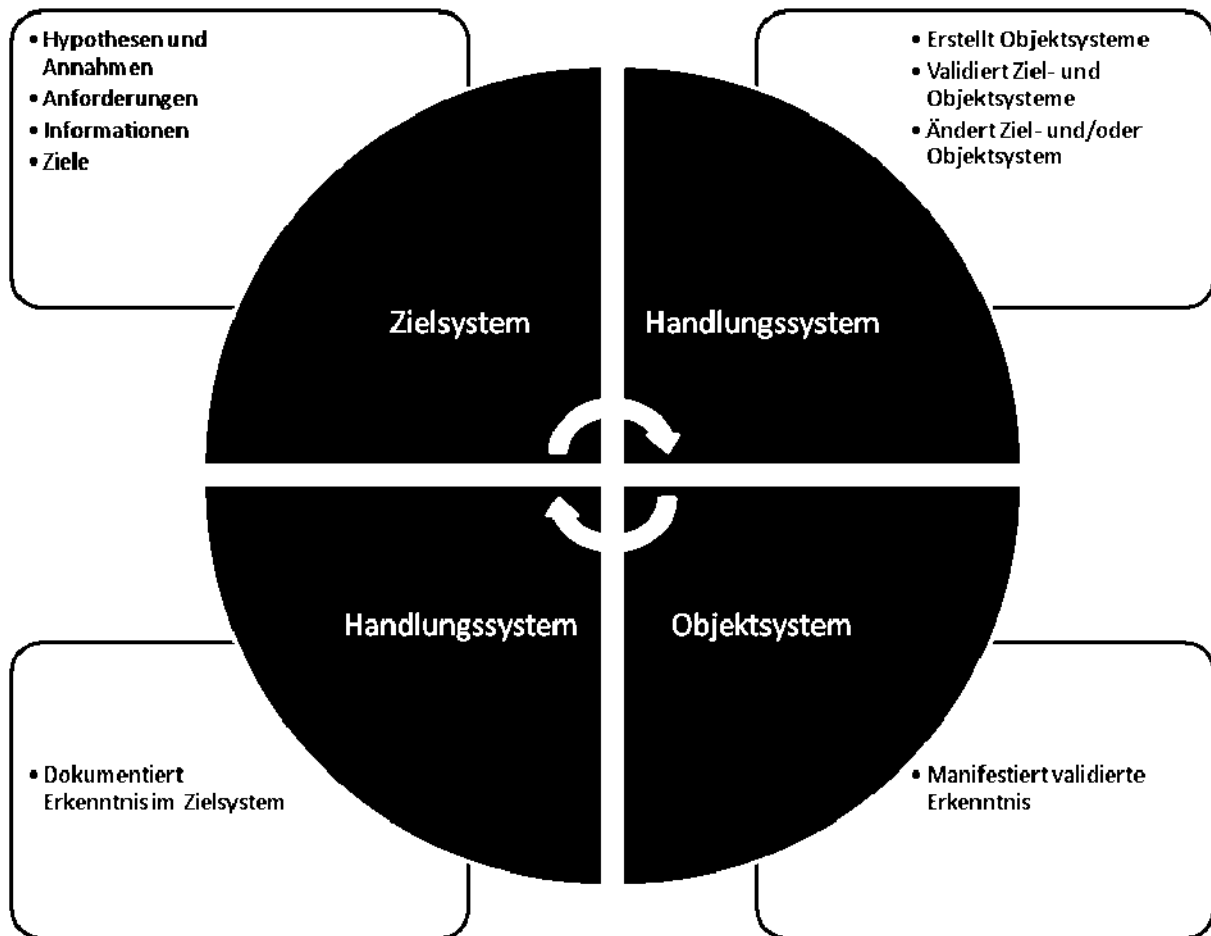


Abbildung 32 "Validierung im Kern der Produktentstehung"

Abbildung 32 "Validierung im Kern der Produktentstehung" stellt diesen Zusammenhang dar. Anhand dieses Zusammenhangs lassen sich die Abweichungen in tatsächlichen Entwicklungsprozessen von deren Planung erkennen. Präskriptive Methoden und Modelle für Produktentstehungsprozesse haben Grenzen, da die Planung sich auf Annahmen stützt, die es im Prozessverlauf zu validieren gilt.<sup>337</sup> In der Planung von Produktentstehungsprozessen ist dieses Bewusstsein von großem Gewicht.

<sup>337</sup> Hutterer 2005, S. 15; Hutterer bezieht sich hier allg. auf den Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung. Die Aussage lässt sich nach Auffassung des Autors auf die Planung von Produktentwicklungsprozessen ausweiten.

**Zentrales Element des Handlungssystems der Produktentstehung ist damit die Aktivität der Validierung.** Sie ist das Werkzeug der Erkenntnis und der Schlüssel zu erfolgreichen Innovationen.

Produktentstehung bedeutet ein schrittweises, iteratives Vorgehen. Auf jeden Schritt muss eine Validierung der getroffenen Annahmen folgen. Erst dann ist ein Voranschreiten im Prozess sinnvoll.<sup>338</sup>

Abweichend von den oben aufgezeigten Auffassungen ist das Zielsystem, nicht das Objektsystem, das Zentrum der Produktentstehung. Es sind die guten Hypothesen, und die effizienten Validierungsstrategien, die eine effiziente Produktentstehung ausmachen. Es gilt, sich immer an der Zielsetzung auszurichten, nicht an dem Erreichten. Wer das Objektsystem als den Mittelpunkt der Produktentstehung behandelt, der richtet seine Handlungen an dem Erreichten aus. Handlungen leiten sich aus dem Regelkreis zwischen Ziel (im Zielsystem) und dem Objektsystem als Erkenntnisobjekt ab.

Dieses Bewusstsein spiegelt sich in allen Elementen des Karlsruher Modells wider:

- ZHO und das iPeM als Vorgehensmodell
- C&CM um Funktion in Gestalt zu koppeln
- Validierung um Erkenntnis zu erzeugen.

Hiermit ist gezeigt, dass Erkenntnis durch Validierung wichtige Bausteine im Konzept des Ziel-, Handlungs- und Objektsystems darstellen.

---

<sup>338</sup> vgl. Abbildung 36 "Vorgehen nach SPALTEN".



## 4.2 Das Handlungssystem der Produktentstehung

Produktentstehung hat die Hauptfunktion, den Kundenwunsch ausfindig zu machen und zu befriedigen sowie Ideen für neue Produkte zu entwickeln.<sup>339</sup> Diese Aufgaben nimmt das Handlungssystem wahr. Das Handlungssystem der Produktentstehung ist nicht den Grenzen der Entwicklungsabteilung eines Industriebetriebes unterworfen. Es definiert sich wie folgt.

Definition 12 "Das Handlungssystem"<sup>340</sup>

Handlungssysteme sind sozio-technische Systeme, die strukturierte und vernetzte Aktivitäten<sup>341</sup> für die Transformationen zwischen dem Ziel- und Objektsystem enthalten.

Aktivitäten sind die Ausführungseinheit des Handlungssystems. Sie setzen sich aus Aktionen, ausführenden Ressourcen, zu benutzenden Ressourcen und zeitlicher Abhängigkeit zusammen. Aktivitäten sind vernetzte Aktionen und übergeordnete Ausführungseinheiten des Handlungssystems. Größere Zusammenhänge von Aktivitäten, in einen zeitlichen Kontext gebracht, bilden einen Prozess. Aktionen führen einen Zustand in einen anderen über, wobei kein Anlass zur weiteren Zerlegung gegeben ist. Das Handlungssystem enthält und erstellt sowohl das Zielsystem als auch das Objektsystem.

Das Handlungssystem ist ein offenes<sup>342</sup>, konkretes, künstliches System. Es wird vom Menschen zu einem bestimmten Zweck geschaffen. Obwohl wir sie eindeutig als künstliche Systeme identifizieren, müssen wir dennoch eine Unterscheidung zu technischen Systemen, also Objektsystemen herstellen. Mit dem Begriff des sozio-technischen Systems wurde es angekündigt. Der Mensch als Element des Systems führt unvermeidbar kulturelle und geschichtliche Faktoren in das System ein.<sup>343</sup> Bei

---

<sup>339</sup> Dies gilt, weil in der systemischen Betrachtung zum Beispiel die Aufgaben die klassisch einer Marketingabteilung zugeordnet sind, dem Handlungssystem der Produktentwicklung zugerechnet werden müssen.

<sup>340</sup> In Anlehnung an Meboldt 2009.

<sup>341</sup> in Anlehnung an den Aktivitätenbegriff aus der UMLvgl. Kap. 2.4.1.

<sup>342</sup> vgl. S. 43.

<sup>343</sup> vgl. S. 58f.

rein technischen Systemen, die auch künstlich sind, spielen kulturelle und geschichtliche Faktoren keine Rolle.

Verursacht durch den Menschen als Systemelement sind Handlungssysteme in besonderem Maße dynamisch. Dies gilt in nahezu allen Bereichen des Systems. Die Funktion des Systems ist abhängig von den Zielvorgaben im dynamischen Zielsystem. Sie verändert sich permanent. Die Struktur des Systems ist dabei ebenfalls ständigem Wandel unterworfen. Dies gilt für die Relationen zwischen den Systemelementen, wie auch für die Elemente selbst. Das Handlungssystem ist in der Lage, sich selbst zu erzeugen.<sup>344</sup> Beispielhaft seien hier die Akquise neuer Mitarbeiter aus anderen Handlungssystemen, der Zukauf eines neuen Werkzeugs für die Erstellung von Prototypen oder der Zukauf eines Zulieferbetriebs genannt.

Diese spezielle Dynamik macht das Handlungssystem zu einem stochastischen System. Aus diesem Grund scheitern präskriptive Ansätze zur Beschreibung des Produktentstehungsprozess meist. Sie können nicht mit der Dynamik des Handlungssystems umgehen.<sup>345</sup> Dies ist auch die Begründung für die Aussage von **ALBERS**, jeder Produktentstehungsprozess sei individuell und einzigartig.<sup>346</sup>

Der stochastische, dynamische und zielsetzende Charakter des Systems macht das abstrakte Betrachten einer Systemgrenze des Handlungssystems der Produktentstehung unmöglich.<sup>347</sup> Durch Konzepte wie z.B. den „Open Innovation“-Ansatz ist die Produktentstehung nicht länger auf ein Unternehmen beschränkt. Es arbeiten in unterschiedlichen Abschnitten des Produktentstehungsprozesses verschiedene Partnerfirmen an der Lösung einer Aufgabe. Es ist daher diese Aufgabe, die das Handlungssystem abgrenzt. Zum Handlungssystem gehören alle Elemente, die an der Aufgabe mitarbeiten.

Hiermit sind die wesentlichen Attribute des Handlungssystems beschrieben. In den folgenden Kapiteln werden weitere Elemente des und deren Beziehung zum Handlungssystem aufgegriffen und definiert.

---

<sup>344</sup> vgl. Autopoiesis nach Maturana 1980.

<sup>345</sup> vgl. Ropohl 1975, S. 46.

<sup>346</sup> vgl. Albers 2006 und S. 16.

<sup>347</sup> Jedes spezifische konkrete Handlungssystem hat eine Systemgrenze. Nur ist in der abstrakten Betrachtung an dieser Stelle das Beschreiben einer Grenze nicht möglich.

### 4.2.1 Elemente des Handlungssystems

Das wichtigste Element im Handlungssystem ist der Mensch. Er ist das Element, das synthetisierend Neues erschafft und das die Regelungsfunktion wahrnimmt. Ohne den Menschen würde das Gesamtsystem der Produktentstehung zum Erliegen kommen. Neben dem Ziel- und dem Objektsystem sind der Mensch und die Ressourcen, derer er sich bedient, weitere Bestandteile des Handlungssystems. Ressourcen sind Subsysteme des Handlungssystems, die der Erstellung von Objektsystemen dienen. Beispielhaft sei hier die Unternehmensinfrastruktur wie Gebäude, Rechner, Versuchsstände, Werkstätten, usw. genannt.<sup>348</sup> Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die Elemente.

---

<sup>348</sup> In anderen Ansätzen werden auch Ressourcen als Objektsysteme bezeichnet. Betrachtet man allerdings Objektsysteme als das zu entwickelnde Produkt, so ist ein Rechner auf einem Schreibtisch in einem Büro in der systemischen Betrachtung nicht mit dem Begriff Objektsystem zu beschreiben. Er ist eine Ressource in diesem Betrachtungskontext, ein Objektsystem in der Betrachtung der Firma, die ihn entwickelt hat.

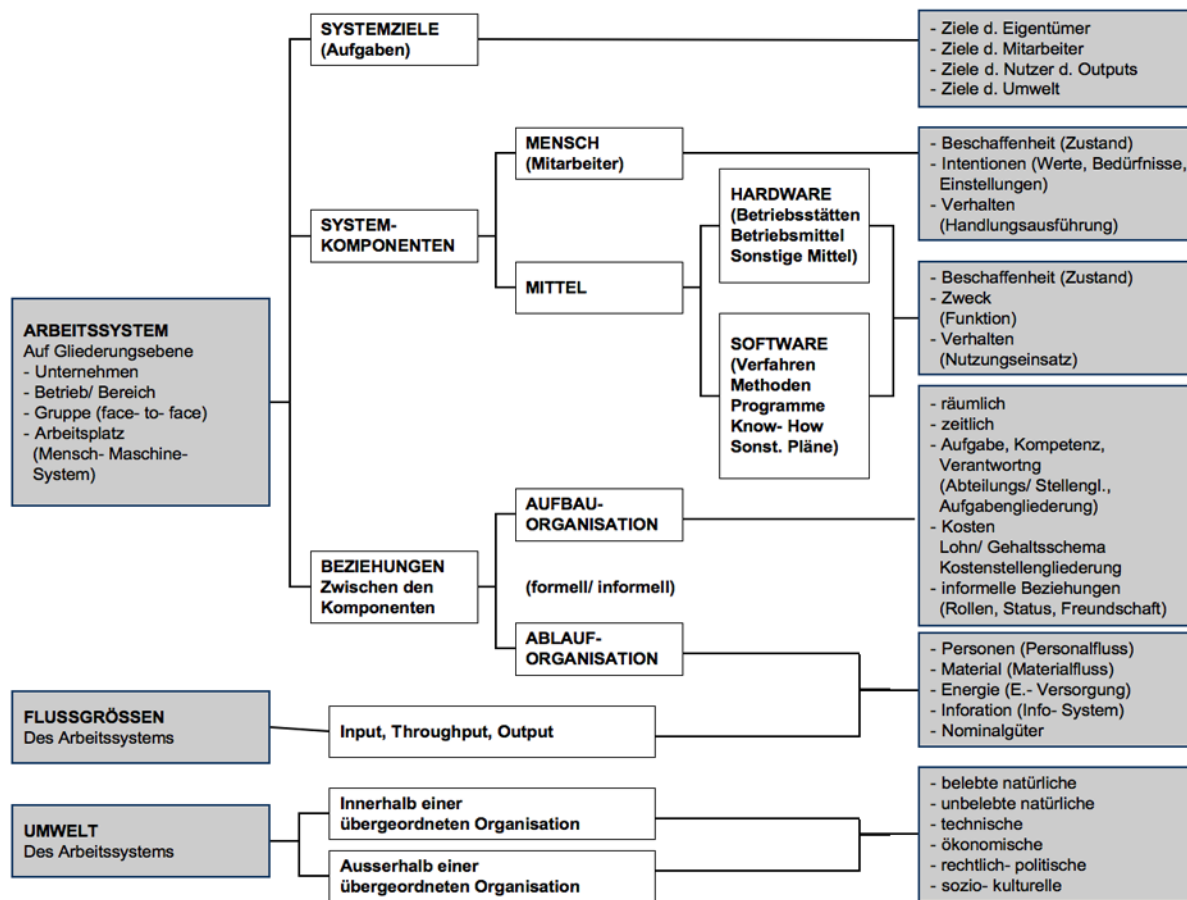


Abbildung 33 "Elemente des Handlungssystems"<sup>349</sup>

#### 4.2.1.1 Der Mensch im System

Der Mensch als Teil des Handlungssystems verkörpert die Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten im System.<sup>350</sup> BEER bezeichnet als erstes Grundgesetz in seiner Arbeit, dass der Regler ein Teil des Systems sei. Er stellt die Frage, wie der Regler sich selbst bewusst sei.<sup>351</sup> Kreative Prozesse gehen nur vom Menschen aus. Entscheidungen bei unsicherer Informationslage oder neue Ideen zur Lösungsfindung werden vom Menschen gefällt und initiiert. Der Mensch mit seinen Fähigkeiten ist Mittelpunkt der Produktentstehung. Nur er kann Änderungen an den

<sup>349</sup> nach Patzak 1982, S. 181.

<sup>350</sup> vgl. Kapitel 2.2.3.; Lindemann 2005, S. 19.

<sup>351</sup> Beer 1973, Kapitel 2.

Subsystemen der Produktentstehung vornehmen. Diese Ansicht, dass der Mensch als Teil der Produktentstehung gesehen werden muss, ist durch **BEER** und durch die Epistemologie begründet. Die Ansicht teilen heutige Entwicklungsmethodiker.<sup>352</sup>

Der kybernetische Aspekt des Menschen als regelndes Element im Handlungssystem ist in Abbildung 39 "Zusammenhang von Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem (t=0)" sichtbar. Den Menschen als Teil des Systems zu betrachten, steht im Gegensatz zu dem Ansatz von **HUBKA**.<sup>353</sup>

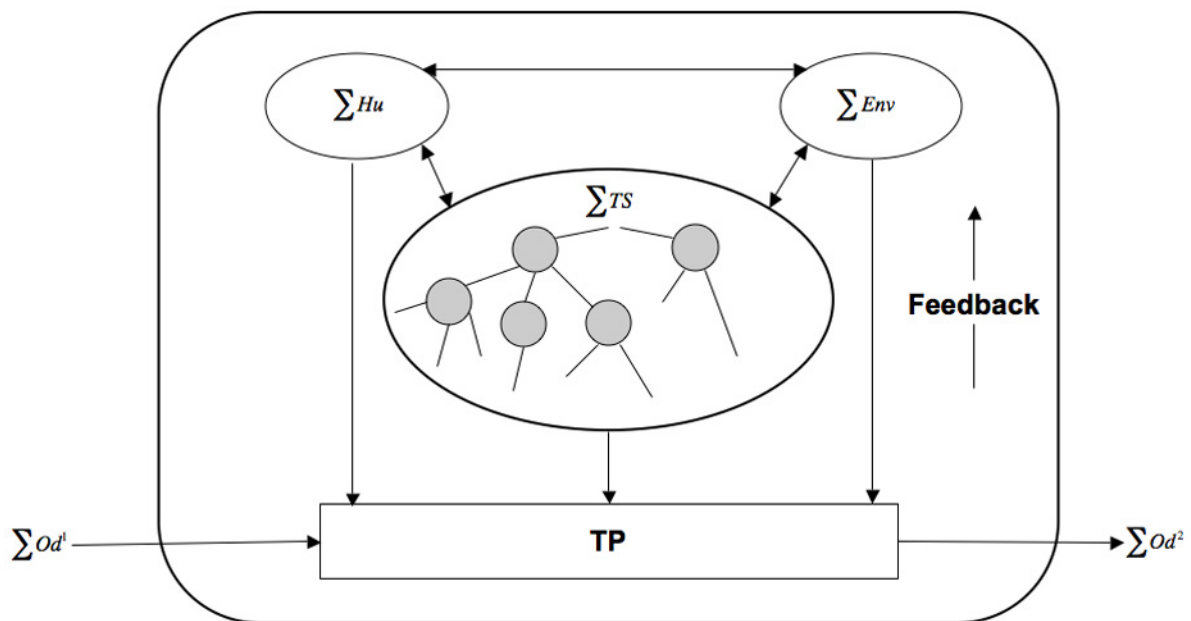


Abbildung 34 "System der Produktentwicklung nach **HUBKA**"<sup>354</sup>

<sup>352</sup> zum Beispiel Albers, Birkhofer, Franke, Gausemeier, Lindemann.

<sup>353</sup> vgl. Hubka 1988.

<sup>354</sup> vgl. Hubka 1988. Hubka beschreibt Komplexe technische Systeme ( $\Sigma TS$ ) in Interaktion mit einem technischen Prozess (TP) der die Inputs ( $\Sigma Od1$ ) in Outputs ( $\Sigma Od2$ ) wandelt. Dabei sind Umwelt ( $\Sigma Env$ ) und Menschen ( $\Sigma Hu$ ) nicht mit in das technische System und den technischen Prozess integriert.

Der Mensch kann das Handlungssystem ändern, indem er beispielweise andere Ressourcen zuteilt. Er kann das Zielsystem ändern, indem er Aspekte hinzufügt. Er erstellt das Objektsystem und validiert die Erfüllung des Zielsystems.

In den folgenden Kapiteln werden das Umfeld der Produktentstehung und die einzelnen Subsysteme definiert und deren Funktionen und Wechselwirkungen beschrieben.

Das Handlungssystem der Produktentstehung ist ein komplexes System. Will man nicht mit Komplexität leben, so muss ein Weg gefunden werden sie zu beherrschen.<sup>355</sup> Die Beherrschung<sup>356</sup> von Komplexität erfordert ganzheitliches und synthetisierendes Denken. Komplexität ist tatsächlich subjektiv, da sie auf den Mangel an Information beim Betrachter zurück geht. So kann die Untersuchung eines Systems von zwei Personen unterschiedlich wahrgenommen werden. Dem einen fällt das Verstehen der Zusammenhänge leicht, dem anderen nicht. Ziel des Komplexitätsmanagement ist die Reduzierung der Komplexität durch die Sammlung und Vernetzung von Informationen. Es ist Informationsmanagement jenseits von Computeranwendungen, die nur unterstützenden Charakter haben können. Erfolgreiche Ansätze müssen daher auf oberster Modellebene Mentalmodelle verwenden, die ein intersubjektives Verständnis ermöglichen. Von dieser Erkenntnis ausgehend, ist die Notwendigkeit der exakten Definition des Handlungssystems und seiner Subsysteme naheliegend.

#### 4.2.1.2 Zwischenfazit

Der Mensch im Handlungssystem ist Kernelement der Produktentstehung. Entscheidungen gehen nur von ihm aus. Die Sicht schließt ein, dass diese Entscheidungen dokumentiert werden. Dies geschieht im Zielsystem und prägt dessen **normativen Charakter**. Damit wird das Zielsystem zum wichtigsten **Werkzeug** des Menschen im Handlungssystem. Die Bedeutung von solchen Unterstützungswerkzeugen zeigen **HACKER** und **WINKELMANN** in ihren Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung in der Produktentwicklung auf.<sup>357</sup>

---

<sup>355</sup> vgl. Meboldt 2009, S. 3.

<sup>356</sup> ein vollständiges Beherrschen erscheint wegen des Charakters der Komplexität unwahrscheinlich. Vielmehr geht es um einen gewissenhaften Umgang.

<sup>357</sup> vgl. Hacker 2008 und Winkelmann 2007.

## 4.2.2 Hierarchisches Konzept des Handlungssystems – Das Super-Sub-System Dilemma

Handlungssysteme existieren auf unterschiedlichen Hierarchiestufen. Das Handlungssystem auf der untersten Betrachtungsebene besteht aus einer Person mit einem Zielsystem und den Ressourcen für die Umsetzung der Ziele in ein Objektsystem. Das Handlungssystem von höchstem Rang ist die Gesellschaft.

Die folgende Abbildung stellt das rangniedrigste Handlungssystem mit seinen Supersystemen dar. Entscheidend ist hierbei, dass kein Handlungssystem ohne ein Zielsystem existieren kann, da im Zielsystem der Zweck des Handlungssystems festgelegt ist. Das Ergebnis des Handlungssystems ist ein Objektsystem.

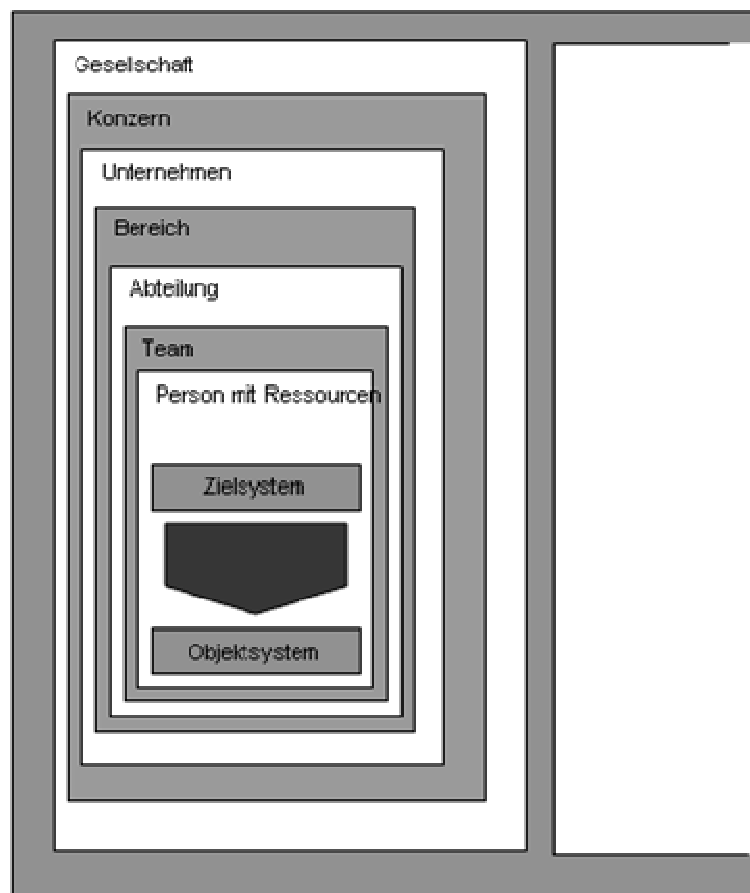


Abbildung 35 "Hierarchie von Handlungssystemen"

Das Handlungssystem der Produktentstehung ist nicht den Grenzen von Unternehmen unterworfen, da sich in der globalisierten Welt neue Strukturen in der Wirtschaft gebildet haben.<sup>358</sup> Auch können Strukturen innerhalb des Unternehmens vielfältig ausgeprägt sein, da sich die Prozesse in der Produktentstehung in mannigfaltiger Weise ausbilden können.<sup>359</sup> Abbildung 35 "Hierarchie von Handlungssystemen" ist als ein beliebig gewähltes Beispiel zu verstehen. Die Modelle des Handlungssystems folgen dabei den Modellebenen des iPeM.<sup>360</sup>

Sozio-technische Systeme zeigen selten einen streng hierarchischen Aufbau. Es sind meist Netze ohne eine klare Zuordnung zu einer hierarchischen Ebene. Die systemtechnische Betrachtung der Produktentstehung erfordert in dieser Frage gerade nicht die Einteilung der vorhandenen Systeme in feste Klassenhierarchien. Die systemtechnische Betrachtung soll vielmehr die unterschiedlichen Sichtweisen auf die Aufgabenstellung fördern. Dies geschieht durch die Betrachtung der unterschiedlichen Konzepte des Systems.<sup>361</sup>

Durch die systemtechnische Sichtweise werden die Fähigkeiten des Abstrahierens und des Konkretisierens gefordert und gefördert. Der Blick auf das Gesamtsystem Produktentstehung ist dabei ebenso entscheidend wie der Blick in bestimmte Bereiche. Alle Bereiche sind hierbei als Subsysteme aufzufassen. Sie haben den Zweck, Energie, Stoff und Information umzuwandeln.

Jedes Teilsystem liefert hierbei einen Beitrag zur Gesamtfunktion. Eine besondere Bedeutung oder Wichtigkeit soll keinem Teil gegeben werden.<sup>362</sup>

---

<sup>358</sup> vgl. Kapitel 1.1.

<sup>359</sup> **MEBOLDT** zeigte in seiner Arbeit [Meboldt 2009] auf, dass Produktentwicklung individuell stattfindet und nicht pauschal beschreibbar ist. Es ist lediglich möglich mittels Metamodellen und Referenzmodellen eine übergeordnete Klasse von Handlungssystem der Produktentwicklung zusammenzufassen.

<sup>360</sup> vgl. Kapitel 2.1.1.5.

<sup>361</sup> zum Beispiel das hierarchische, das funktionale und das strukturelle Konzept.

<sup>362</sup> vgl. Kapitel 2.2.1, S. 41.

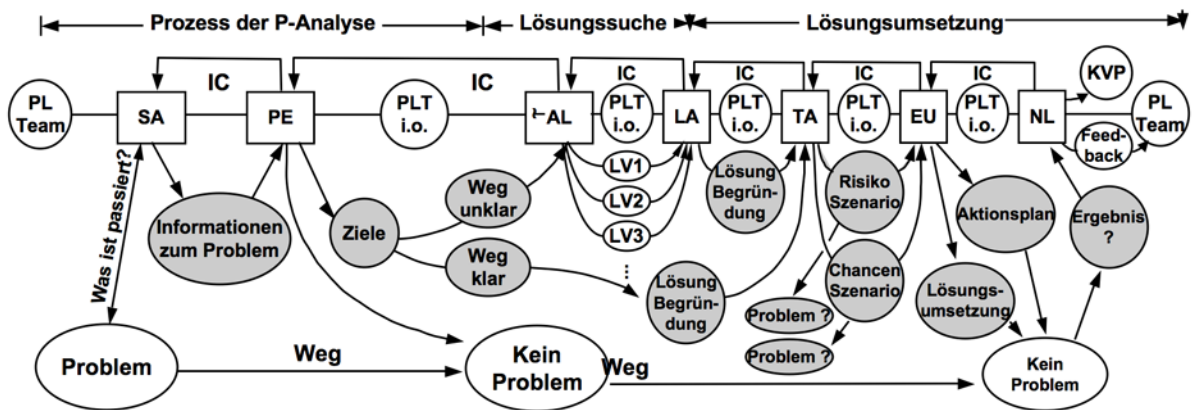


### **4.2.3 Funktionales Konzept des Handlungssystems der Produktentstehung**

Die Funktion im systemtechnischen Kontext ist definiert als die Wandlung des Inputs in einen Output oder die Überführung eines „Zustand 1“ in einen „Zustand 2“. Das Handlungssystem der Produktentstehung hat als Input und Output wie jedes System Materie/Stoff, Information und Energie. Das Handlungssystem der Produktentstehung erhält Informationen. Diese Informationen muss es verarbeiten und schließlich zu einem Produkt zusammenführen. Hierzu benötigt es Stoff und Energie. Das Handlungssystem hat die Funktion, das Zielsystem in das Objektsystem zu überführen. Das Zielsystem enthält Informationen über den bestehenden „Zustand 1“ und den gewünschten „Zustand 2“. Das Objektsystem ist die Umsetzung der validierten Informationen in ein Produkt und das Ergebnis der Produktentstehung.

Das Handlungssystem muss alle notwendigen Informationen beschaffen. Im Mittelpunkt dieser Bemühungen steht immer der Kundenwunsch. Einerseits muss dieser erfasst und beschrieben werden. Auf der anderen Seite muss er interpretiert und validiert werden. Schließlich ist er durch das Handlungssystem in Ziele für die Produktentstehung umzuwandeln.

Das Handlungssystem folgt grundsätzlich der in Abbildung 36 "Vorgehen nach SPALTEN" dargestellten Systematik. Diese ist, im Sinne der Systemtechnik, auf beliebige Problemstellungen anwendbar und wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht. Grundsätzlich sind andere Vorgehensmodelle mit vergleichbarem Charakter ebenso anwendbar.

Abbildung 36 "Vorgehen nach SPALTEN"<sup>363</sup>

Der Fokus der vorliegenden Betrachtung liegt auf der Beschreibung der Produktentstehung. Das bedeutet, dass der erste Schritt einer Synthese zur Lösung eines Problems auf einer unzureichenden Informationsbasis erfolgt, was die Unschärfe der Produktentstehung widerspiegelt.<sup>364</sup>

Der Entwicklung ist die Frage nach technischer Machbarkeit immanent. Entwicklung technischer Systeme ist immer geprägt durch eine Annahme, eine Hypothese. Die Annahme eines Sachverhaltes, der im Laufe des Entwicklungsprozesses validiert und schließlich nachgewiesen werden muss. Es subsumieren sich grundsätzliche Erkenntnisse (zum Beispiel bezüglich Absatzmengen) und Erkenntnisse über Verschleißverhalten, Lebensdauern usw.. Es ist das wesentliche Merkmal der Produktentstehung, mit Unsicherheiten umgehen zu müssen.

Output des Handlungssystems ist einerseits ein neues oder gewandeltes Zielsystem.<sup>365</sup> Die Funktion des Handlungssystems ist daher zu einem Teil aufgebaut aus den Funktionen des Zielsystems und benötigt das Zielsystem aus unterschiedlichen Gründen:

<sup>363</sup> vgl. Albers 2006. Die Schritte des Vorgehens nach SPALTEN sind in Kap. 2.1.1.2 beschrieben.

<sup>364</sup> vgl. Grunwald in Banse 2006, S. 58. Grunwald sieht die Unsicherheit des Handelns einerseits in nicht eintretender Zielerreichung und andererseits im Eintreten unerwünschter Effekte. Hierzu auch Hacker 2002, S. 15.

<sup>365</sup> vgl. Seite 130ff.

1. Es richtet sich selbst nach ihm aus und sorgt entsprechend des Zielsystems planerisch vorweggreifend für ausreichende Ressourcen und Personen.
2. Es erstellt nach dem Vorbild des Zielsystems ein Objektsystem.
3. Es bestimmt mittels der im Zielsystem festgelegten Ziele den Erfüllungsgrad des Objektsystems.
4. Es modifiziert das Zielsystem und sich selbst, um iterativ das bestmögliche Objektsystem zu erschaffen.

Das für den Prozess der Produktentstehung schwierigste funktionale Merkmal ist sicherlich unter 4. zusammengefasst und die Hauptursache für die Komplexität des Systems.<sup>366</sup> Das Handlungssystem erstellt und ändert sich sowie das Zielsystem und das Objektsystem. Zur Verdeutlichung der Funktion des Handlungssystems ist in Abbildung 37 "Funktionserfüllung des Handlungssystems" der Ablauf innerhalb des Handlungssystems dargestellt.

---

<sup>366</sup> vgl. hierzu auch Dörner 1998, S. 61ff.

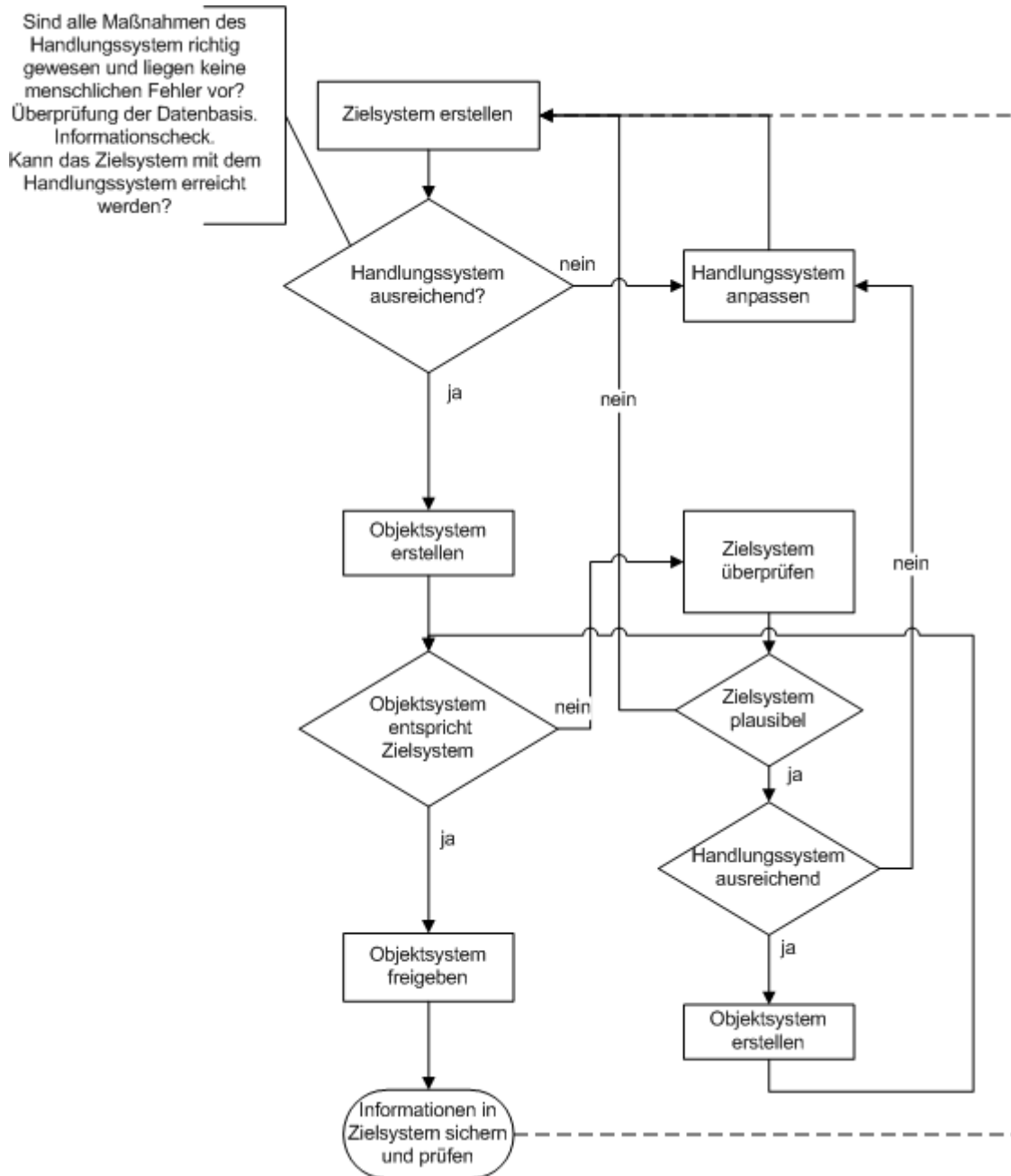


Abbildung 37 "Funktionserfüllung des Handlungssystems"

Die Frage nach einem universellen Einstiegspunkt in das Ablaufschema kann nicht beantwortet werden. Bei Vorgabe eines initialen Zielsystems beispielsweise, beginnt der Zyklus mit der Frage nach dem ausreichenden Handlungssystem. Hier beginnt die Planung des Projektes. Es müssen die erforderlichen Ressourcen und

Informationen geplant werden, die zur Umsetzung der Ziele in ein Objektsystem erforderlich sind. Dieser Schritt ist vergleichbar mit den ersten drei Schritten des Münchner Vorgehensmodells.<sup>367</sup> Wird das Handlungssystem für ausreichend befunden und sind die Ziele klar dokumentiert, so erfolgt im nächsten Schritt die Erstellung des Objektsystems. Dieses wird in der direkten Folge mit dem Zielsystem verglichen und es wird der Grad der Zielerreichung bestimmt. Erfüllt das Objektsystem die Vorgaben aus dem Zielsystem, so endet die Produktentwicklung mit der Freigabe des Objektsystems und der Dokumentation der Informationen im Zielsystem.

Ist die Übereinstimmung des Objektsystems mit dem Zielsystem nicht gegeben, so muss das Zielsystem auf seine Plausibilität hin überprüft werden. Hiermit beginnt das iterative Vorgehen im Modell, das auf der rechten Seite der Abbildung 37 beschrieben ist. Am Ende des Prozesses stellt das Handlungssystem immer ein Objektsystem zur Verfügung. Dient das Objektsystem dem Erkenntnisgewinn (zum Beispiel Prototypen), so kann von Erkenntnisobjekten gesprochen werden. Ist es die Umsetzung des Zielsystems, so haben wir es mit einem Gestaltungsobjekt zu tun.

Handlungssysteme sind **aktive** sozio-technische Systeme. Es wird Information aus dem Zielsystem mit Stoff und Energie in ein oder mehrere Objektsysteme gewandelt. Es kommen weitere Ressourcen des Handlungssystems, wie Maschinen und Material, zum Einsatz. Weiterhin wird die Information auch mit neuen Informationen durch das Handlungssystem vernetzt. Dadurch entsteht ein Mehrwert im Zielsystem.

Zum Beispiel wird mittels einer Ontologie das Zielsystem maschinenlesbar. Werden die Informationen und deren Attribute entsprechend modelliert, so unterstützt die Rechneranwendung den Nutzer dahingehen, dass zusammenhängende Informationen erkennbar werden.

Weitere Aufgabe des Handlungssystems ist die Validierung. Auch Validierung muss in zwei Dimensionen gesehen werden.

- 1) Validierung der Daten und Hypothesen des Zielsystems.
- 2) Validierung des Objektsystems hinsichtlich der Erfüllung des Zielsystems.

---

<sup>367</sup> vgl. Lindemann 2005, S. 40f.

In Kapitel 4.1.3 wurde die Erkenntnis als kleinster Teil der Produktentstehung eingeführt. Wie beschrieben findet Erkenntnis in der Produktentstehung überwiegend im Rahmen von Validierungsaktivitäten statt. Damit ist die Validierung der wesentliche funktionale Bestandteil von Handlungssystemen der Produktentstehung. Sie ist damit auch die Basis für kreatives Entwickeln, bei dem assoziativ bekannte Elemente zu neuen Systemen arrangiert werden.

#### **4.2.4 Strukturales Konzept des Handlungssystems der Produktentstehung**

Die unterschiedlichen Modelle der Produktentstehung und der Prozessplanung wurden aufgezeigt.<sup>368</sup> Wesentliches Merkmal der Produktentstehung und der Prozesse ist, dass sie nur in sehr geringem Maße vorhersagbar und von Unsicherheit geprägt sind.<sup>369</sup>

Produktentstehung ist nicht als eine Abteilung im Unternehmen zu sehen. Sie hat stets den Charakter eines Projektes.<sup>370</sup> Dieser Projektcharakter bedingt eine Vielzahl von Protagonisten und Wissensträgern. Dieser Grundsätzliche Projektcharakter ist ein Ansatz zur Begründung der Integrierten Produktentwicklung. Beschränkungen sind vorgegeben hinsichtlich Zeit, Finanzen und Personal. Es besteht eine gegebenenfalls vage Zielvorgabe, die eine Produktentstehung von einer anderen abgrenzt. Eine projektspezifische Organisation mit Beteiligung von Zulieferern und anderen externen Dienstleistern, wird in der Praxis oft nicht angewendet.

Produktentstehung bedeutet Teamarbeit und Wissensarbeit. Es ist erforderlich, in seinem Umfeld gut vernetzt zu sein. Bei ausreichender Komplexität der Entwicklungsaufgabe, und nur dann ist der Einsatz systemtechnischer Ansätze angemessen, wird ein Team aus Vertretern unterschiedlicher Fachbereiche zusammengesetzt.<sup>371</sup> Deren Zuordnung zu einem solchen Team kann demnach nur über die gemeinsame Aufgabe erfolgen.<sup>372</sup>

---

<sup>368</sup> vgl. Kap. 2.1.1.

<sup>369</sup> vgl. Kahn 2003, S. 193; Herstatt 2006, S. 8.

<sup>370</sup> vgl. Kapitel 2.1.2.

<sup>371</sup> vgl. Meboldt 2009, S. 31.

<sup>372</sup> vgl. Ropohl 1975, S. 55ff.

Das Handlungssystem enthält die organisatorischen Abläufe und Strukturen des Unternehmens. Alle Informationen über Prozesse, deren Aktivitäten, Zuständigkeiten und Verantwortungen sind im Handlungssystem beziehungsweise in dessen Zielsystem abgelegt.<sup>373</sup>

Produktentwicklungsprojekte bestehen aus Aktivitäten und stellen Handlungszusammenhänge dar. Aktivitäten verknüpfen Aktionen mittels logischer Zusammenhänge. Das folgende Bild stellt die Aktivität „Profil erstellen“ dar. Es soll damit gezeigt werden, dass eine Aktivität mehrere Aktionen umfasst, die miteinander gekoppelt sind. Die Abbildung ist keine vollständige Darstellung aller im Zusammenhang notwendiger Aktionen.

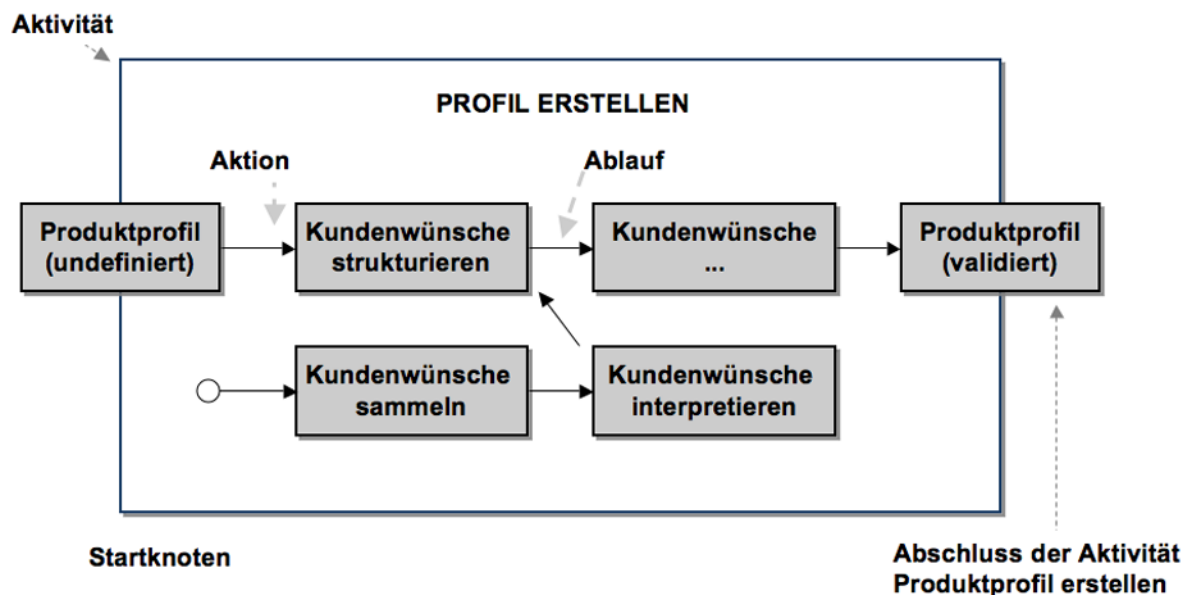


Abbildung 38: "Aktivität im Handlungssystem"<sup>374</sup>

<sup>373</sup> vgl. Kap. 2.2.3.

<sup>374</sup> Die Darstellung hat nicht den Anspruch, einen wissenschaftlichen Diskurs zum Inhalt der Aktivität „Profil erstellen“ einzuleiten. Sie dient beispielhaft der Darstellung einer Aktivität als solcher. Die Inhalte der einzelnen Aktivitäten und deren Bedeutung im iPeM sind in Meboldt 2009 dargestellt.

Die Aktivität „Profil erstellen“<sup>375</sup> zum Beispiel enthält alle Aktionen, die notwendig sind, um ein Profil zu erstellen.

Ein weiterer Aspekt des strukturalen Konzepts der Produktentstehung ist in Abbildung 39 "Zusammenhang von Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem (t=0)" dargestellt.

Das Zielsystem wird durch das Handlungssystem erstellt und gibt diesem seine Ziele vor. Das Handlungssystem erstellt entsprechend der im Zielsystem dokumentierten Ziele ein Objektsystem. Daraufhin prüft das Handlungssystem, ob die Ziele aus dem Zielsystem mit den Ergebnissen, also dem Objektsystem, übereinstimmen. Ist dies der Fall, so ist die Entwicklung erfolgreich abgeschlossen. Bei einer Diskrepanz zwischen Zielsystem und Objektsystem werden im Handlungssystem Maßnahmen abgeleitet. Gleichzeitig wird diese Diskrepanz mit dem Zielsystem abgeglichen. Im weiteren Vorgehen ergeben sich die folgenden Alternativen.

1. Es wird versucht, mit anderen Mitteln die Ziele des Zielsystems in ein Objektsystem umzusetzen.
2. Es werden die Ziele im Zielsystem geändert.

Diese Schleife wird wiederholt, bis Zielsystem und Objektsystem im Betrachtungszeitpunkt miteinander übereinstimmen.

---

<sup>375</sup> vgl. Meboldt 2009, S. 163f.



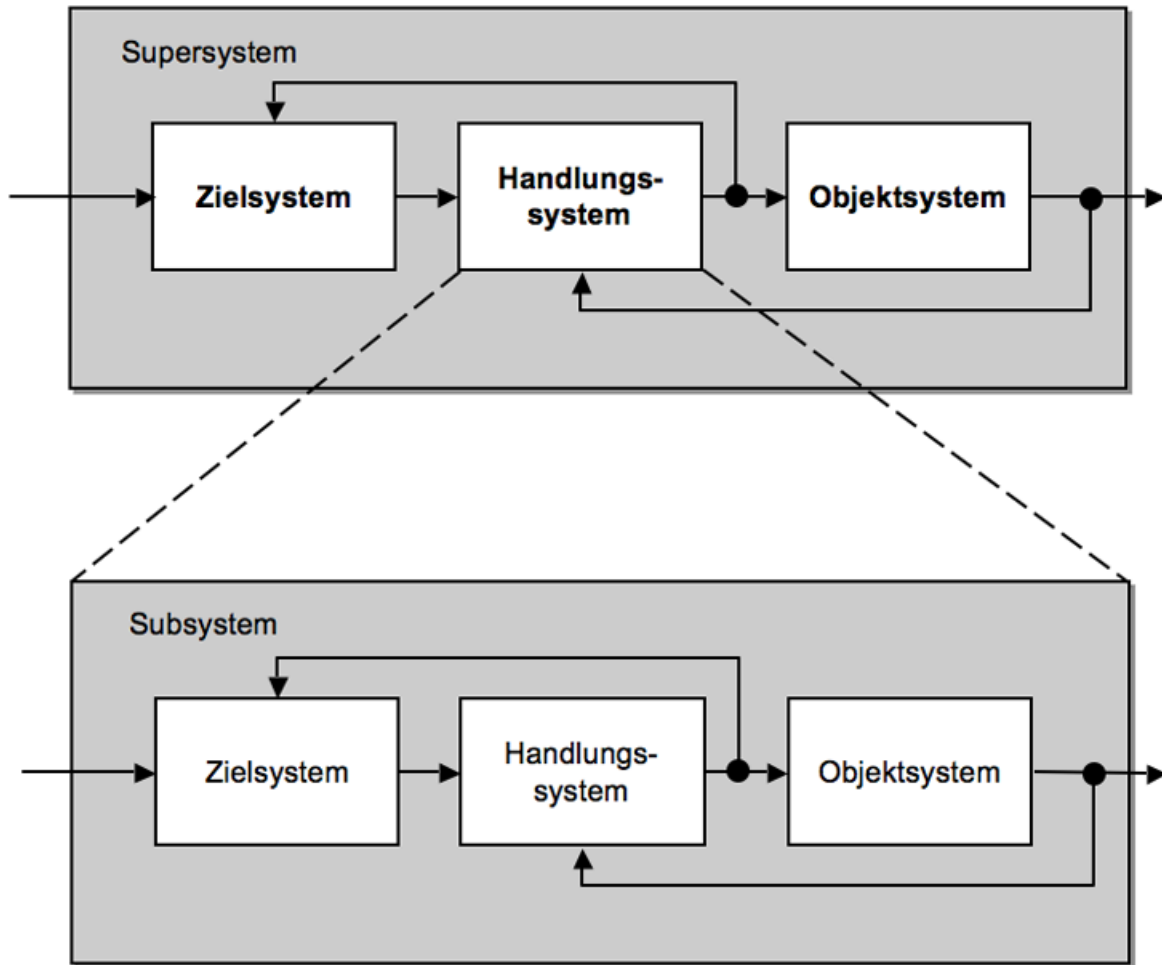


Abbildung 39 "Zusammenhang von Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem (t=0)"

Obige Darstellung ist für einen Betrachtungszeitpunkt gesehen nicht nur die Darstellung des hierarchischen Konzeptes, sie zeigt auch den kybernetischen Charakter des Ansatzes. Damit ist der Forderung nach einem Ansatz auf Basis der kybernetischen Überlegungen aus Kapitel 2.2.5 Folge geleistet.

**PATZAK** hat die Wechselwirkungen in Systemen mit der folgenden Abbildung auf abstraktem Niveau zusammengefasst. Darin ist dargestellt, welche Einflüsse auf ein System einwirken können. Die Rückwirkung der Struktur sowie die Rückwirkung der Ziele auf das System sind auch in dieser Darstellung enthalten. Eben diese Rückwirkungen bewirken einen ständigen Wandel des Systems. Sie stehen daher

als Bestätigung der Thesen von **JONAS** und **MATURANA**, in denen das Bestehen im Wandel beschrieben wird.<sup>376</sup>

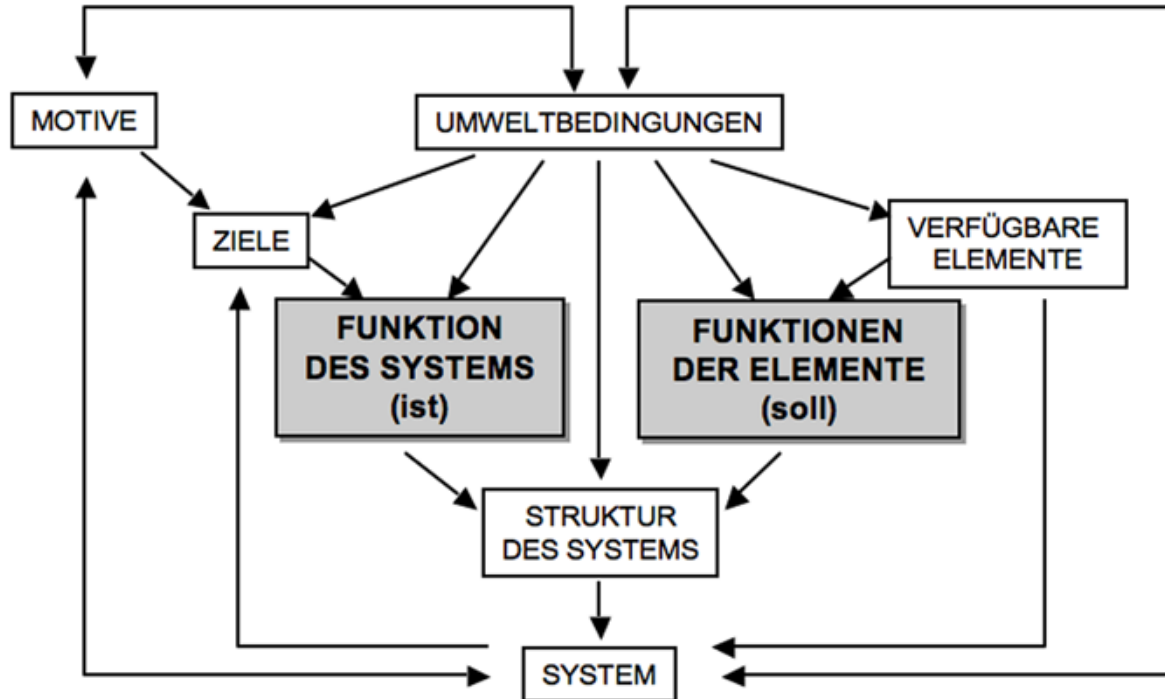


Abbildung 40 "Wechselwirkungen in Systemen"<sup>377</sup>

Das Zielsystem speichert und vernetzt Informationen. Eingang in das Zielsystem finden einfache Informationen. Durch das Wissen und die Erfahrungen der Menschen im Handlungssystem werden diese Informationen im Zielsystem vernetzt und es entsteht eine Einbindung in den Kontext der Entwicklungsaufgabe und somit ein informationeller Mehrwert. Eine Vernetzung von Begriffen ist in der folgenden Darstellung anhand einer Ontologie angedeutet. Die Abbildung verdeutlicht, dass auch bei kleinen Projekten schnell unübersichtliche Darstellungen von Zusammenhängen entstehen.

Das Modell der Ontologie enthält dabei wichtige Informationen über die Beziehung von ihren Elementen. Diese werden durch den Rechner interpretierbar gespeichert.

<sup>376</sup> vgl. S. 43f, Maturana 1980, Jonas 1957.

<sup>377</sup> vgl. Patzak 1982, S. 16.



Der Mensch im Handlungssystem erstellt, ändert und validiert alle drei Systeme. Mögliche Rückwirkungen lassen sich an einem Beispiel aufzeigen.

Die Unternehmensleitung und ein Kunde entscheiden am grünen Tisch die Entwicklung eines neuen Systems zu einem festgelegten Preis. Damit erstellt die Führungsebene ein **neues** Subzielsystem. Dieses wird an ein Subhandlungssystem übergeben und dort analysiert. Damit hat das Handlungssystem „Unternehmensleitung“ das Zielsystem erweitert. Auf der operativen Ebene wird dadurch ein neues Entwicklungsteam im Handlungssystem definiert.

Bei der Analyse der Entwicklungsaufgabe stellt das Team fest, dass seine Ressourcen nicht ausreichen, um das geforderte System zu erstellen. Damit wirkt des Handlungssystem auf das Zielsystem zurück.

Das Team hat damit ein weiteres neues Ziel. Die Unternehmensleitung über das Problem in Kenntnis zu setzen. Lösungsalternativen sind zu erarbeiten.

Handlungsoptionen sind in einem solchen Fall zum Beispiel die Terminverschiebung oder die Zuweisung von weiteren Ressourcen. In jedem Fall macht das Beispiel deutlich, dass die Wechselwirkungen zwischen den Systemen vielfältig und stark ausgeprägt sind.

Die folgende Abbildung zeigt diese Wechselwirkungen im Systemtripel.

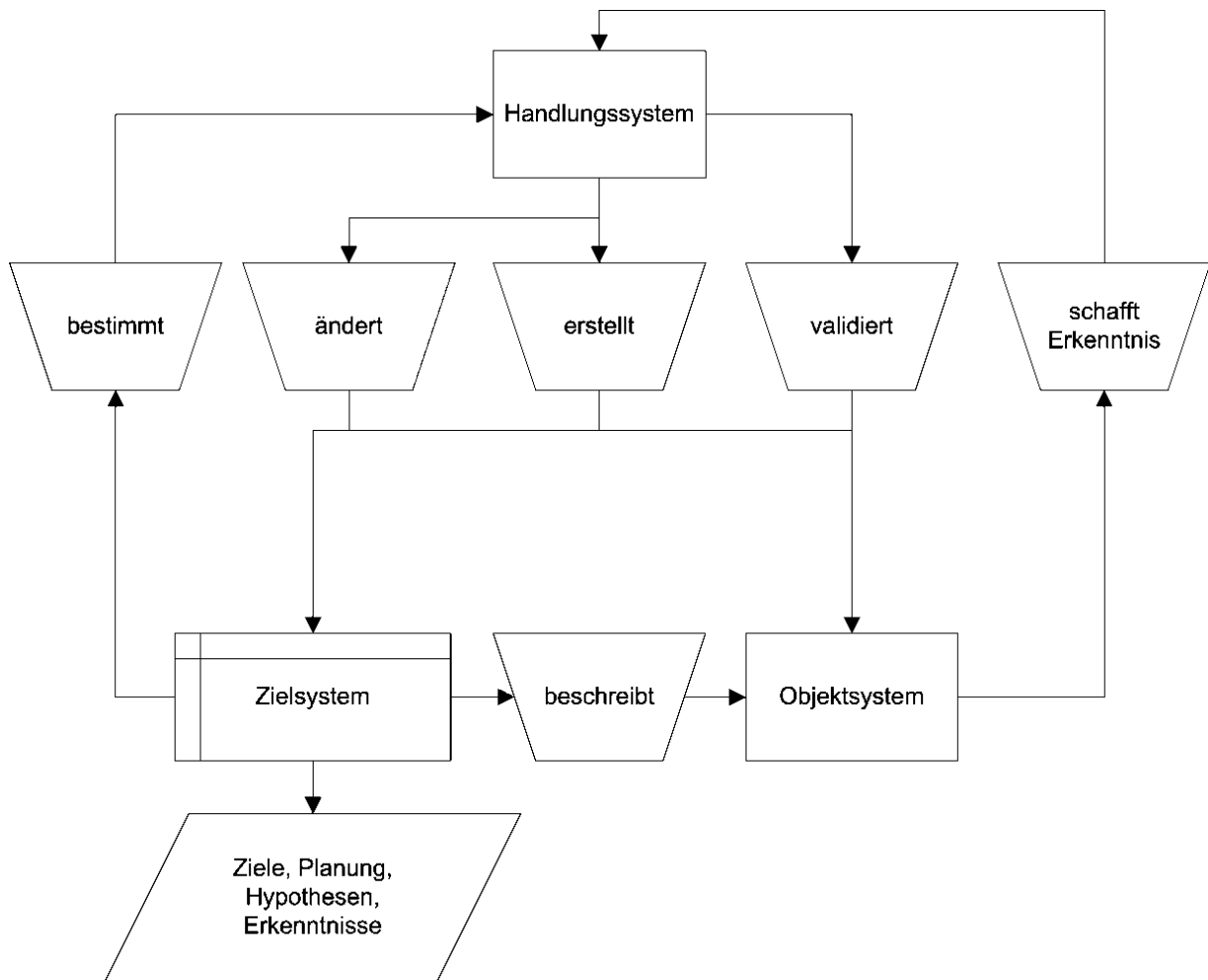


Abbildung 42 "Wechselwirkungen im Handlungssystem"

Jeder Schritt in der Produktentstehung wirkt sich auf zukünftige Schritte aus, da das sozio-technische System wie dargestellt gekoppelt ist.

#### 4.2.4.1 Zwischenfazit

Die Komplexität des Systems der Produktentstehung und damit die der Entwicklungsprojekte rührt aus der Unsicherheit bezüglich der Validität von Informationen. Weiterhin aus den Effekten der Autopoiesis durch die Erschaffung von neuen Elementen des Handlungssystems aus sich heraus. Es gilt Wege zu finden, auf denen diese komplexitätsbestimmenden Faktoren besser gehandhabt werden können.

Die drei Konzepte des Handlungssystems sind damit vollständig beschrieben. Damit wurde die Möglichkeit eröffnet, sich den Subsystemen zu widmen und das Ziel sowie das Objektsystem einzuordnen und zu definieren.

### 4.3 Das Objektsystem

Objektsysteme sind passive Systeme, die oft auch als Sachsysteme bezeichnet wurden. Objektsysteme sind technische Gebilde. Sie sind konkrete und künstliche Systeme, die vom Menschen zu einem vorausgedachten Zweck geschaffen wurden. Objektsysteme sind offene und meist dynamische Systeme. Sie können sich in ein technisches oder ein sozio-technisches Umfeld einfügen und entsprechende Attribute aufweisen. Die beiden Fälle ergeben erhebliche Unterschiede in der Gestaltung des Zielsystems. Beispielsweise sind Industrieroboter relativ gekapselt von ihrer Umgebung und Aspekte der Sicherheit sind meist in ihrem Umfeld angesiedelt. Kraftfahrzeuge haben dagegen viel stärkere Sicherheitsvorkehrungen, da sie in direktem Kontakt zur Gesellschaft stehen.

Im hierarchischen Konzept des Objektsystems, steht auf dem niedrigsten Rang das Bauteil.<sup>380</sup> Mehrere Bauteile zusammen bilden Baugruppen. Es sind auch hochkomplexe Anlagen<sup>381</sup> als Objektsysteme zu verstehen. Alle Objektsysteme sind die Umsetzung eines Zielsystems durch das Handlungssystem. Im Kontext der Produktentstehung sind sie immer ein Produkt.

Auch immaterielle Dinge wie Software sind den Objektsystemen zuzurechnen. Auf den ranghöheren Betrachtungsstufen treten häufig Kombinationen unterschiedlicher Objektsysteme aus verschiedenen Fachdisziplinen auf. In diesem Fall wird oft über mechatronische Produkte gesprochen.<sup>382</sup> Für solche Systeme ist der Ansatz der Systemtechnik das Mittel der Wahl, da er sich auf die Bedürfnisse des Objekts konzentriert und die Disziplinen verbindet.

Funktionen, Elemente und deren Relationen in Objektsystemen lassen sich mittels des systemtechnischen Contact and Channel Models (C&CM) nach **ALBERS** beschreiben.<sup>383</sup> Das Modell bietet mit seinen Grundbausteinen der Technik, die Möglichkeit der Modellierung auf beliebigem Detaillierungs- und Konkretisierungsgrad.

---

<sup>380</sup> Das C&CM sieht dieses elementare Bauteil als zwei Wirkflächenpaare und eine sie verbindende Leitstützstruktur. vgl. Albers 2002c.

<sup>381</sup> z.B. Fabrikanlagen.

<sup>382</sup> vgl. VDI 2206 2004.

<sup>383</sup> vgl. Albers 2002c; Matthiesen 2002.

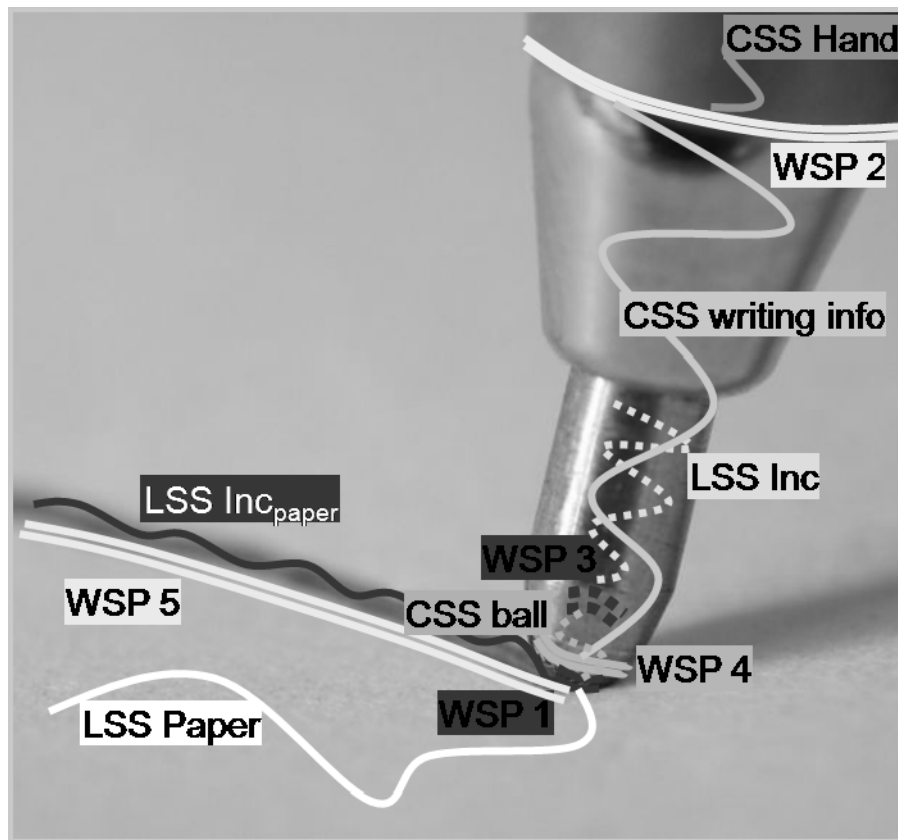


Abbildung 43 "C&CM Modell eines Kugelschreibers"<sup>384</sup>

Das C&CM gibt als Grundbausteine Wirkflächen und Leitstützstrukturen vor. Zwei Wirkflächen, miteinander in Verbindung gebracht, bilden ein Wirkflächenpaar (Contact). Zwei Wirkflächenpaare schließlich sind durch eine innere und eine äußere Leitstützstruktur (Channel) verbunden. Diese Konstellation, bestehend aus mindestens zwei Contacts und zwei Channels, kann eine Funktion bilden.<sup>385</sup>

Das C&CM dient nicht nur für die Beschreibung der Objektsysteme als hervorragendes analytisches Werkzeug. Es ist vielmehr ein Denkmodell, das über die Grenzen von Disziplinen hinweg eine gemeinsame, an der Systemtechnik orientierte Sprache bietet. So können Teams in der Produktentstehung mit einem

<sup>384</sup> WSP=Wirkflächenpaar, CSS=Leitstützstruktur.

<sup>385</sup> vgl. S. 29f.

intersubjektiven Verständnis an der Synthese neuer Objektsysteme arbeiten und gemeinsam neue Lösungen erdenken.<sup>386</sup> Damit wird das C&CM auch zu einem wichtigen Werkzeug, das Zielsystem in ein Objektsystem zu überführen.

Definition 13 "Das Objektsystem"<sup>387</sup>

Objektsysteme sind Artefakte und Ergebnisse des Handlungssystems. Der Zweck eines Objektsystems ist im korrespondierenden Zielsystem beschrieben. Der Zweckbegriff fordert, dass in der Produktentstehung zu jedem Objektsystem ein dazugehöriges Zielsystem existiert.

Zwischenergebnisse in der Produktentstehung sind Objektsysteme von Subzielsystemen. Bis zum fertigen Produkt dienen die Objektsysteme dem Erkenntnisgewinn. Diese situationsspezifischen Objektsysteme sind in der Produktentstehung überwiegend aktivitätsspezifisch.

Damit ist ein weiterer Baustein zur Beschreibung des Systemtripels aus Ziel-, Handlungs- und Objektsystem definiert. Es wurde darüber hinaus ein erstes Beispiel für die Anwendung des C&CM gegeben. Es folgt die Beschreibung und Definition des dritten Systems im Konzept, das Zielsystem.

#### 4.4 Das Zielsystem

Das Zielsystem ist das Vorbild (und damit ein Modell<sup>388</sup>) für das Produkt, das am Ende des Produktentstehungsprozesses vorhanden sein soll. Im Wesentlichen ist das Zielsystem auf die Speicherung und Vernetzung von Informationen beschränkt. Der Zweck des Zielsystems hebt sich damit von dem allgemeiner Objektsysteme ab. Das Zielsystem dient der Unterstützung des Handlungssystems und soll jederzeit einen Überblick über den Planungsstand geben.<sup>389</sup>

---

<sup>386</sup> vgl. Albers 2004a, Albers 2002c.

<sup>387</sup> In Anlehnung an Meboldt 2009.

<sup>388</sup> vgl. Kapitel 2.1, S. 7ff.

<sup>389</sup> Aus Sicht des Projektmanagements könnte man ein Zielsystem durchaus als das Ergebnis der Arbeit am Projekt betrachten. Damit wird das Zielsystem durch den Wechsel des Betrachtungswinkels zum Objektsystem. Dies ist beispielhaft für eine Systemtechnische Betrachtung. Mit den Konzepten der Systemtechnik nach **ROPOHL** kann hier Klarheit geschaffen werden.



Elemente des Zielsystems sind ausschließlich Informationen. Diese sind in Form von Formulierungen, Bedingungen, Zeichnungen, Bildern oder Formeln abgelegt.<sup>390</sup> Rangniedrigstes Element ist das Zeichen. Darüber stehen Zeichenkombinationen, zum Beispiel Wörter. Ranghöchstes Element ist die Kombination von Sätzen zu ganzen Texten.<sup>391</sup> Informationen erfüllen keinen Selbstzweck, weswegen Zielsysteme als künstliche Systeme zu bezeichnen sind.

Das Zielsystem der Produktentstehung ist einem ständigen Wachstum und Wandel unterlegen und damit ein dynamisches, nicht deterministisches System. Der Wandel ergibt sich aus einem ständigen Abwägen der Ziele. Ziele in der Produktentstehung hängen von zahlreichen Faktoren ab, die sich selbst ständig wandeln. Das Zielsystem muss diesen Wandel nachvollziehen können, sollen erfolgreiche Produkte entwickelt werden.<sup>392</sup> Inhärente Auswirkung des Wandels ist die Schwierigkeit in der Pflege und der Übersichtlichkeit von Zielsystemen. Die folgende Abbildung zeigt, dass der Systemerstellungprozess einen Einfluss auf seine Umwelt haben kann. Damit können sich ebenfalls wichtige Randbedingungen ändern. Dies zu verfolgen während der Produktentwicklung ist die Aufgabe der Beteiligten.

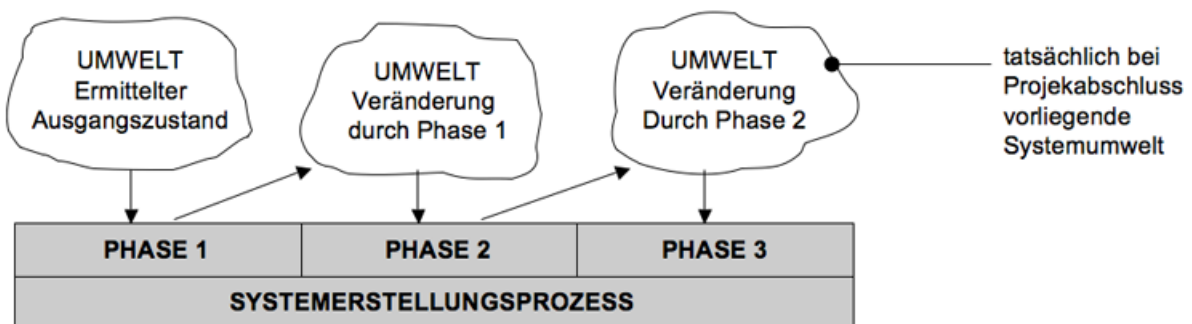


Abbildung 44 "Der Systemerstellungprozess"<sup>393</sup>

<sup>390</sup> Auf die Probleme die sich aus der linguistischen Komponente des Zielsystems ergeben ist Ropohl 1975 eingegangen. Jörg 2005 widmete sich ebenfalls dieser Problematik.

<sup>391</sup> vgl. die semantischen Stufen Kapitel 2.1 und Stachowiak 1975.

<sup>392</sup> Beispielhaft für den Wandel seinen hier Gesetzgebung und Normen, gesellschaftliche Veränderungen, aber auch neue Produkte der Konkurrenz genannt.

<sup>393</sup> vgl. Patzak 1982, S. 152.

Es wurde festgestellt, dass man davon ausgehen könne, Ziele seien immer schon vorhanden, wenn technische Gestaltungsprozesse eingeleitet würden.<sup>394</sup> Das trifft auf eine Grundkonfiguration von Zielen zu. Die Spezifizierung dieser anfangs meist noch vagen Ziele ist Kernbestandteil der Produktentstehung und wird in Kapitel 4.1.3 genauer betrachtet. Beginnend in der frühen Phase der Produktentstehung dreht sich fortan alles um die Akquise von Informationen. Die Speicherung des Informationsgewinns hat höchsten Stellenwert. Dies geschieht im Zielsystem einerseits durch die Aufnahme der Hypothesen, andererseits durch die Speicherung der validierten Erkenntnis.<sup>395</sup>

Der Wegfall eines Ziels bedeutet nicht den Wegfall von Informationen aus dem Zielsystem. Vielmehr sind die Gründe für den Wegfall als **zusätzliche** Informationen zu sichern.

Weitere Fragestellung zur Informationsakquise ist die Ermittlung von Zielen und Anforderungen. Hierzu wurden im Rahmen der Erforschung der Konstruktions- und Entwicklungsmethodik zahlreiche Arbeiten verfasst.<sup>396</sup>

Ein Zielsystem ist ein System von Zielen, die einen **Zustand in der Zukunft** beschreiben, der erzielt werden soll.<sup>397</sup> Es wird ein Abbild der Zukunft (Modell) in dem Bewusstsein erstellt, dass nur die wenigsten Zusammenhänge der Zukunft bekannt sind. Dies gilt beispielsweise für die Strategien der Konkurrenz. Die Reaktionen der Kunden und die der Gesellschaft auf die neuen Marktverhältnisse

---

<sup>394</sup> Vgl. Ropohl 1975, S. 58, Hacker 2002, S. 15.

<sup>395</sup> vgl. Kapitel 4.2.3, S. 115ff.

<sup>396</sup> Krusche 2000; Jörg 2005; Kläger 1993; Franke 1975; Franke 1976; Pahl 1972; Pahl 1997; Kickermann 1995; Größer 1992; Danner 1996; Humpert 1995; Roth 1994; Zangemeister 1973.

<sup>397</sup> vgl. Auch Hacker sieht in der Formulierung und Entwicklung von Zielen eine zentrale Tätigkeit in der Produktentwicklung.

bleiben während der Entwicklung neuer Systeme unerschlossen. Produktentstehung basiert auf individuellen Modellen der Zukunft.

Auf Grund des heuristischen Charakters und der Komplexität der Produktentstehung sowie der mangelnden Übersichtlichkeit<sup>398</sup> und letztlich der Leistungsfähigkeit aktueller Rechnersysteme ist eine Umsetzung des Zielsystems in einem einzigen rechnerbasierten Werkzeug bislang nicht möglich. Insellösungen im Bereich der Softwareunterstützung wurden bereits angesprochen.<sup>399</sup> Darüber hinaus mangelt es an einem Modell für das Objektsystem (das Produkt) und für das Zielsystem (das Vorbild), das durchgängig über die Phasen der Produktentstehung verwendet werden kann.

#### **4.4.1 Aspekt der verbesserten Lösungsauswahl durch das Zielsystem**

Jede Aktivität der Produktentstehung beinhaltet das Generieren einer Vielzahl von Lösungen und das anschließende Auswählen einer bestimmten Lösung.

Der Vorteil der Verwendung von Zielsystemen kann hier insbesondere in der Entscheidungsfindung liegen. Werden, wie in der Entwicklung üblich, mehrere Varianten entwickelt, so ist dies gleichzusetzen mit unterschiedlichen Interpretationen des Zielsystems. Es entstehen Subsysteme, in denen unterschiedliche Interpretationen der Zukunft manifestiert sind. Diese Subzielsysteme, die Varianten, sollten überwiegend deckungsgleich sein. Unterscheidungen müssen jedoch zumindest in Details möglich bleiben (zum Beispiel in der Materialauswahl und damit der Eigenschaft der Leitstützstruktur). Mit diesen Unterscheidungen ist die Möglichkeit der Variantenbewertung gegeben. Die gemeinsamen Elemente der Subsysteme lassen per Definition keine Unterscheidung zu. Varianten sind durch die nicht gemeinsamen Elemente der Subsysteme entscheidbar. Wird das Zielsystem kontinuierlich gepflegt, können Varianten miteinander verglichen werden. Durch die Dokumentation dieser Subsysteme und der Entscheidung wird erhebliche Transparenz gewonnen.

---

<sup>398</sup> vgl. Abbildung 41 "Beispieldarstellung einer Ontologie"

<sup>399</sup> vgl. Krusche 2000, S. 17.

#### **4.4.2 Aspekt der Wiederverwendung von Subsystemen**

Beim überwiegenden Teil der Produktentwicklungsprojekte handelt es sich nicht um grundsätzliche Neuentwicklung von Systemen, sondern um die Weiterentwicklung bestehender Systeme.<sup>400</sup> Durch die klare Strukturierung und die Ablage aller Informationen im Zielsystem drängt sich der Ansatz auf, mittels einer Funktionenbibliothek und computergestützter linguistischer Verfahren Muster in Zielsystemen zu erkennen und für die Wiederverwendung bei ähnlichen Aufgabenstellungen heranzuziehen.

Dieser Ansatz bietet erhebliches Potential zur Kostensenkung, da mittels der Wiederverwendung validierter Lösungen erheblich Zeit eingespart werden kann. Hier besteht Raum für weitere Forschung an Zielsystemen.

---

<sup>400</sup> Nicht nur die Anzahl der Projekte ist von Belang, sondern auch das Volumen der betrachteten Projekte.

Definition 14 "Das Zielsystem"<sup>401</sup>

Im Zielsystem werden alle Ziele, deren Randbedingungen, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen beschrieben. Das Zielsystem ist ein passives, normatives<sup>402</sup> System und enthält die explizite Dokumentation der zur Realisierung nötigen Informationen. Es ist der Mittelpunkt der Entwicklungstätigkeit des Menschen.<sup>403</sup>

Die Elemente im Zielsystem müssen nachvollziehbar und begründet sein. Änderungen am Zielsystem sind einschließlich ihrer Begründung zu dokumentieren. Nur so kann die Bedeutung der gespeicherten Informationen weitervermittelt werden. Das Zielsystem enthält nur Informationen, keine physischen Objekte. Es ist der Speicher der Erkenntnisse und der einzige verbindliche Ort, an dem die Planung der Produktentstehung festgehalten wird.<sup>404</sup>

Damit ist der dritte und letzte Baustein im Systemtripel beschrieben und das Konzept von Ziel-, Handlungs- und Objektsystem ist beschrieben. Dies ist die Basis für die folgende Integration der Mentalmodelle des Systemdenkens und des C&CM.

#### 4.4.3 Zwischenfazit

**STEINMEIER**<sup>405</sup> hebt deutlich hervor, es stünde das zu entwickelnde Objektsystem im Mittelpunkt der Produktentstehung. In der Produktentstehung müsse das Produkt einen hohen Stellenwert haben.

<sup>401</sup> In Anlehnung an Meboldt 2009.

<sup>402</sup> Der Begriff normativ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Zielsystem die Leitlinien der Produktentwicklung vorgibt. Entsprechend der gemachten Vorgaben, werden die anderen Systeme angepasst und überprüft, ob die Erfüllung des Zielsystem möglich ist.

<sup>403</sup> Im Vergleich zu den anderen aufgezeigten Auffassungen ist das Zielsystem nicht das Objektsystem das Zentrum der Produktentwicklung. Es gilt sich an der Zielsetzung auszurichten, nicht an dem Erreichten. Handlungen leiten sich aus dem Regelkreis zwischen Ziel (im Zielsystem) und dem Objektsystem als Erkenntnisobjekt ab. vgl. Kapitel 4.1.3.

<sup>404</sup> vgl. Zangemeister 1973, S. 20. Planung bedeutet vorausschauendes, systematisches Durchdenken und Formulieren von Verhaltensweisen, Zielen und Handlungsalternativen, deren optimale Auswahl sowie die Festlegung von Anweisungen zur rationellen Realisierung der ausgewählten Alternative.

<sup>405</sup> vgl. Kap. 2.2.3.

Es ist nicht das Objektsystem, also das fertig entwickelte Produkt, sondern das Zielsystem als Vorbild des Produktes, das in den Mittelpunkt des Handlungssystems gestellt werden muss.

Das vorausgedachte Modell des Produktes ist zu konkretisieren und zu entwickeln, bis es schließlich mittels des fertigen Produktes validiert werden kann. Sind die Forderungen des Zielsystems im Objektsystem umgesetzt, so war die Produktentstehung erfolgreich.

Produktentstehung muss sich am Zielsystem ausrichten. Genau diese Definition des Zielsystems macht den Unterschied im Denken aus. Stünde das Objektsystem im Mittelpunkt, so wäre das Erreichte das Ziel.

Das Zielsystem ist, auch wegen seines normativen Charakters, das zentrale Werkzeug **im** Handlungssystem der Produktentstehung. Es steuert den Produktentstehungsprozess durch die Erkenntnisse, die der Mensch in ihm ablegt, vernetzt und wiederfindet.

Bisherige Ansätze versuchen die Komplexität zu erfassen, indem Systeme retrospektiv modelliert und Wechselwirkungen in der Gegenwart aufgezeigt werden. Die Ausführungen über die Dynamik der Produktentstehung zeigen, dass dieses Vorgehen zum Scheitern verurteilt ist. Mit dem vorgestellten Ansatz kann diese Problematik umgangen werden.

Das **Zielsystem ist ein Modell des Zukünftigen**. Konsequenterweise angewendet ist hiermit ein Orientieren der Handlungen an der Zukunft möglich. Damit vollzieht sich ein Perspektivenwechsel.

#### **4.5 Integration der Konzepte**

Das „System“ wurde in Anlehnung an die Definitionen von **JONAS, KLAUS** und **KANT** aus Kap. 2.2.1 als der Zusammenschluss vieler Elemente zu einem Ganzen beschrieben. Diese Elemente stehen teilweise in direkter Wechselwirkung miteinander. Es gibt Elemente mit aktivem<sup>406</sup> Charakter. Diese können andere ändern. Und es gibt Elemente mit passivem Charakter, die nur von anderen geändert

---

<sup>406</sup> Klaus 1968 S. 634-637

werden können. Aktive Systeme können mit allen anderen Systemen wechselwirken, wogegen passive Systeme auf andere Systeme keinen Einfluss ausüben.<sup>407</sup>

Hiermit lässt sich die Aussage begründen, dass Zielsystem und Objektsystem nicht direkt interagieren. Änderungen an den Systemen sind immer vom Handlungssystem veranlasst.<sup>408</sup>

Ist ein solches Systemverständnis mit den Aspekten der Systemtechnik und denen der Kybernetik existent und akzeptiert, so geht es im zweiten Schritt um die Möglichkeiten zur Optimierung dieses Systems der Produktentstehung. Abbildung 39 "Zusammenhang von Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem (t=0)" zeigt ein regelungstechnisches Bild (die Struktur) des Handlungssystems mit seinen Subsystemen, dem Ziel- und dem Objektsystem. Hieraus wird ersichtlich, dass **die Möglichkeiten zur Verbesserung der Ergebnisqualität der Produktentstehung im Bereich des Zielsystems und des Handlungssystems** liegen müssen. Das Zielsystem ist in dem vorgestellten Rahmen so gestaltet, dass es dem Handlungssystem und den in ihm befindlichen Individuen als Hilfestellung dient.

Das Handlungssystem trifft Entscheidungen. Um die Entscheider mit den notwendigen Informationen zu versorgen, sind Hilfsmittel erforderlich. Es entscheiden grundsätzlich zwei Aspekte über die Qualität der Entscheidungen.

- a) Die Erfahrungen und das Wissen des Entscheidungsträgers.
- b) Die Qualität der Bereitstellung und die Qualität der Informationen selbst.

Da die Erfahrungen der Entscheidungsträger nur sehr bedingt und keinesfalls kurzfristig beeinflussbar sind, liegt der Ausweg in der Betrachtung von b).

Das Zielsystem in Abbildung 45 steht dabei im Sinne von **HACKER** am Anfang der Produktentstehung als vages, aber handlungsbestimmendes System.<sup>409</sup>

Das Zielsystem ist aufgrund seines Charakters abstrakt. Es bedarf eines Modells, den abstrakten Zielen einen konkreten Ort der Erfüllung zuzuordnen.

---

<sup>407</sup> Das Handlungssystem ist das einzige aktive System. Objektsystem und Zielsystem sind passive Systeme. Zielsystem und Objektsystem können Änderungen nur durch das Handlungssystem erfahren.

<sup>408</sup> Im Gegensatz zu Meboldt 2009, der hierfür den Kontingenzbegriff nach Luhmann verwendet.

<sup>409</sup> vgl. Hacker 2002, S. 15.

In der vorliegenden Arbeit wird hierfür das C&CM herangezogen. Mittels des Modells werden die abstrakten Ziele im Zielsystem strukturiert und gleichzeitig einer Funktion zugeordnet. Wie in Kapitel 2.1.3 aufgezeigt, ist es eine Stärke von C&CM, beliebig abstrakt oder konkret anwendbar zu sein. Diese Stärke kommt hier besonders zur Geltung, denn C&CM kann zum Beispiel in CAD Modellen oder an fertigen Produkten abgebildet werden. Damit besteht ein Modell, das durch den Entstehungsprozess von Produkten kontinuierlich anwendbar ist. Es verbindet die Relevanz von Informationen mit deren Wirkungsort.

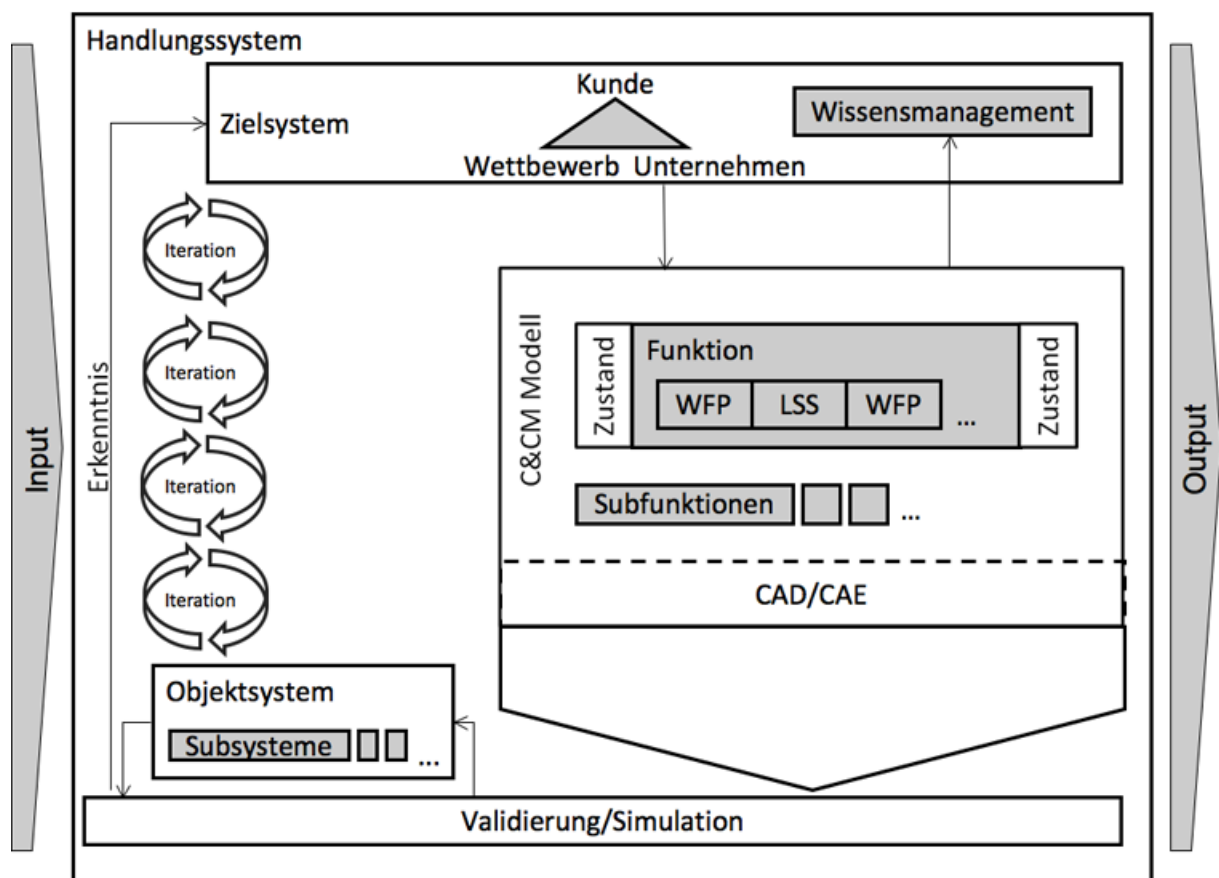


Abbildung 45 "Integration der Konzepte"



Das **Zielsystem** enthält also ein Wissensmanagement, mit dem Randbedingungen und die Vernetzung der Ziele abgebildet werden.<sup>410</sup> Die **Validierung** der Objektsysteme bestimmt den Grad der Zielerreichung und ist damit wie oben beschrieben eine **Schlüsselaktivität** der Produktentstehung. Durch die Validierung der Modelle entsteht **Erkenntnis**. Im positiven Fall bestätigt die Validierung die Hypothese. Die Aktivität ist dann abgeschlossen. Andernfalls widerlegt die Validierung die Hypothese und es muss iterativ eine Lösung für die Zielsetzung gefunden werden.

---

<sup>410</sup> in der konkreten Umsetzung basierend auf Semantic Share Point.

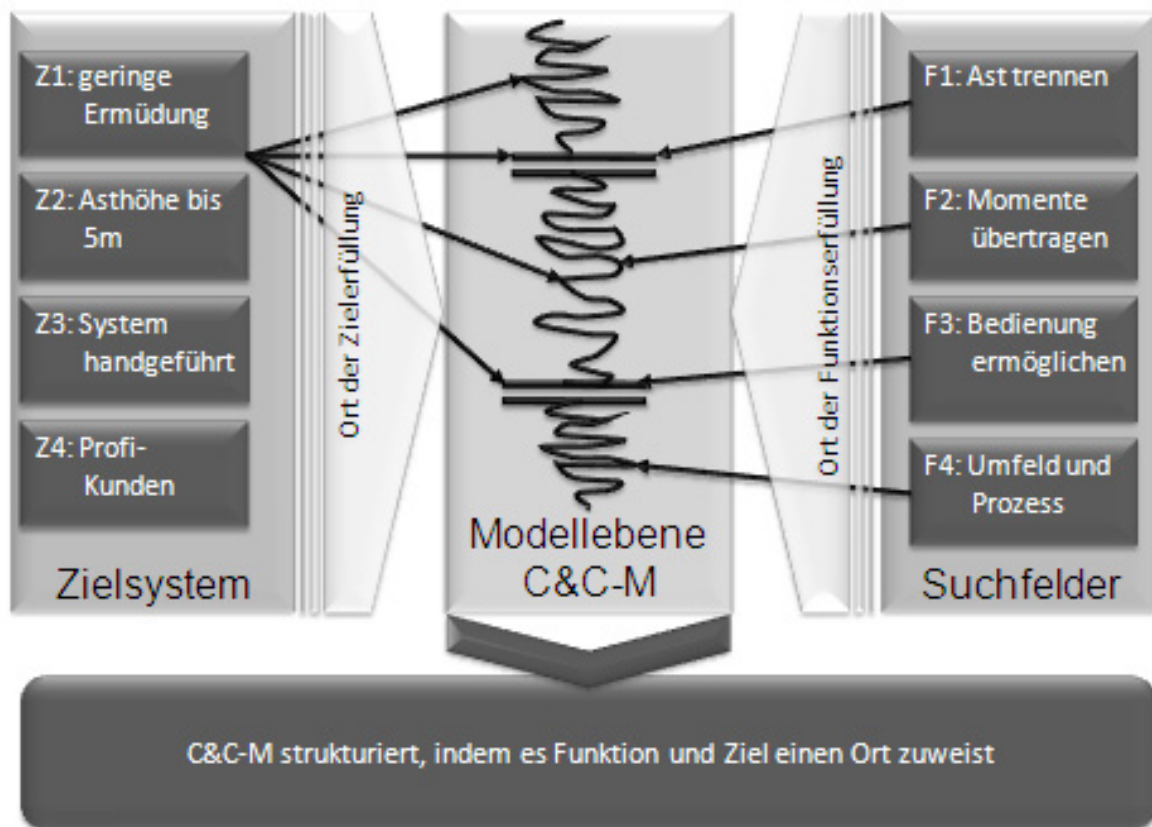


Abbildung 46 "Vernetzung von Ziel, Funktion und Ort mit C&amp;CM"

Das Zielsystem repräsentiert Informationen über den gewünschten zukünftigen Zustand des Systems sowie dessen Funktionen. Diese Informationen werden mittels des C&C-Modells strukturiert, indem die Ziele Wirkflächenpaaren und Leitstützstrukturen zugeordnet werden.

Abbildung 46 zeigt, wie auf der Modellebene des C&CM Ziele mit Funktionen verbunden werden und wie mittels C&CM beiden ein Ort zugewiesen ist. Konkretisiert sich das Produkt, so können weitere Modelle, wie zum Beispiel CAD oder Simulationsmodelle, diese Informationen aufnehmen. So entstehen Objektsysteme, die im Handlungssystem validiert werden. Ergebnis der Validierung ist die Erkenntnis, ob das Objektsystem das Zielsystem ausreichend erfüllt. Aus dieser Erkenntnis ergeben sich die weiteren Schritte für das Handlungssystem.

#### 4.5.1 Umsetzung von Zielen mittels des Zielsystems und des Systemarchitekten

Auf die Bedeutung des Menschen in der Produktentstehung wurde mehrfach hingewiesen. Es wurde aufgezeigt, dass der Mensch derjenige ist, der im System der Produktentstehung zunächst die Zielsysteme und schließlich die Objektsysteme

erstellt. Es wurden darüber hinaus alle Elemente des Systems dargestellt, die ihm zur Verfügung stehen, um die komplexen Aufgaben in der Produktentstehung methodisch und strukturiert anzugehen.

Die Entwicklungen in der Industrie haben wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben eine starke Diversifizierung der Disziplinen hervorgerufen. **ROPOHL** stellt das wie folgt dar.

PARADIGMA- MERKMAL	DISZIPLIN	TRANSDISZIPLIN
Definition der Probleme	ontologisch- analytische Abgrenzung von Seinsbereichen und Seinsschichten	Pragmatisch- synthetische Erfassung von Gestaltungs- und Verstehenszusammenhängen
Sprache und Begrifflichkeit	Esoterische Fachsprache	Exoterische Bildungssprache
Denkmodelle	Eindimensionale lineare Ableitungsmodelle	Mehrdimensionale multiperspektivische Verflechtungsmodelle
Methoden	Spezialisierte Methoden der Wissensgewinnung und Wissensbegründung	Integrative Methoden der Wissensorganisation und Wissenssynthese
Qualitätskriterien	Originalität und fachinterne Bewährung	Externe Tauglichkeit für Praxis- und Weltbildorientierung

Abbildung 47 "Paradigmenunterschiede zwischen Disziplin und Transdisziplin"<sup>411</sup>

Auf die Produktentstehung übertragen ist festzustellen, dass unterschiedliche Disziplinen existieren, die insgesamt ein Produkt ausmachen. Ein heute am Markt verfügbares Automobil zum Beispiel besteht bei Weitem nicht mehr nur aus mechanischen Teilen. Fahrzeuge bestehen heute zu einem wesentlichen Teil aus elektronischen Bauteilen und Systemen, die von Software gesteuert und geregelt werden. Jede dieser Disziplinen, und es wurden sicherlich nicht alle genannt, hat in der Vergangenheit eine eigene Fachsprache, eigene Modelle und spezialisierte

<sup>411</sup> vgl. Ropohl 2005, S. 29.

Methoden entwickelt, die sich innerhalb der Disziplinen etabliert haben und funktionieren.

Als problematisch stellt sich immer wieder die Verbindung zwischen den Disziplinen heraus. Es mangelt am Verständnis der Modelle und anderer Spezifika der Disziplinen über die Grenzen der Disziplin hinaus. Für die esoterischen Ansätze der Disziplinen war bisher ein solch übergreifendes Verständnis nicht erforderlich. Sie versuchen, sich und die Zusammenhänge, in denen Sie existieren, in sich zu erklären. Ihr disziplinspezifischer Erfolg ist unbestritten.

Eine transdisziplinäre Herangehensweise, wie sie auch von **ROPOHL** gefordert wird, muss die Einzeldisziplinen verstehen und das Wissen aus ihnen vereinen.<sup>412</sup> Es müssen gemeinsame Modelle geschaffen werden, in denen die Verflechtung der Disziplinen transparent dargestellt werden kann.

Eine Möglichkeit, die bestehende Situation zu verbessern, besteht in dem Einsatz einer übergeordneten Instanz. **KANT** nannte die Forschung an der Struktur von Systemen Architektur.<sup>413</sup> Dieser Begriff ist im Bereich der Softwareentwicklung aufgegriffen worden und es wurde der Systemarchitekt erfunden. Im angloamerikanischen Sprachraum wird der Begriff auch für einen interdisziplinär vernetzenden Ingenieur verwendet. Im deutschen Sprachraum der Ingenieurwissenschaften ist der Begriff nicht gebräuchlich.<sup>414</sup>

Die Produktentstehung verlangt ebenfalls nach einem **Systemarchitekten**, der in der Lage ist, Produktentstehung als Ganzes zu überschauen. Es geht hierbei nicht um einen weiteren Projektmanager, der zum Beispiel Termine überwacht. Gefordert ist ein Coach, der die Umsetzung der im Zielsystem dokumentierten Kundenwünsche in das Objektsystem begleitet. Er muss Vermittler zwischen den Disziplinen sein, der die Fachtermini aus den unterschiedlichen Bereichen versteht. Die Anforderungen an einen solchen Architekten sind mit dem vorgestellten Ansatz dargeboten.

Die Lean Ansätze aus dem japanischen Raum (Toyotaprinzip) fordern eine möglichst geringe Zahl der Schnittstellen in den Prozessen.<sup>415</sup> Der Systemarchitekt kann genau

---

<sup>412</sup> vgl. Rohpohl 2005, S. 29.

<sup>413</sup> vgl. Kant 1781.

<sup>414</sup> vgl. DoD 2007a-c.

<sup>415</sup> vgl. Ward 2007, S. 67f.

diese Forderung in der Produktentstehung befriedigen, indem er den gesamten Produktentstehungsprozess begleitet. Er muss derjenige sein, der in strittigen Fragen zwischen Disziplinen Entscheidungen auf Basis ganzheitlicher Betrachtung treffen kann. Er wird zur einzigen Schnittstelle.

Wissen<sup>416</sup> ist das Vernetzen von Informationen und etwas, das nur im Kopf eines Menschen entstehen kann. Derzeit ist der überwiegende Teil des Wissens in Produktentstehungsprozessen nicht explizit vorhanden. Nach dem hermeneutischen Prinzip ist nicht einmal bekannt, ob es vorhanden ist. Es existiert implizit in den Köpfen von Menschen. Kein Knowledge Management ist bisher in der Lage, dieses Wissen abzubilden, da es derzeit nicht mit vertretbarem Aufwand extrahiert werden kann. Mit der Funktion des Systemarchitekten kann der Problematik begegnet werden. Er ist der zentrale Lösungsansatz für das effiziente Management von Wissen in komplexen Produktentwicklungsprojekten. Er begleitet den gesamten Produktentstehungsprozess vom initialen Zielsystem bis zum fertigen Objektsystem.

Es ist Aufgabe der Forschung, weitere Methoden zum transdisziplinären Arbeiten hervorzubringen. Die Systemtechnik bietet hier eine Fülle von Ansätzen. Darüber hinaus ist in der Ingenieurausbildung ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass ein Ort **zwischen** den Disziplinen existiert. Soll der gesellschaftliche Wohlstand erhalten bleiben, so muss zunehmend zwischen disziplinspezifischem Wissen und Denken vermittelt werden. Die Effizienz der Produktentstehung ist exakt an diesem Ort zu steigern.<sup>417</sup>

#### **4.5.2 Das Zielsystem zur Steuerung**

Mit dem Zielsystem als Subsystem des Handlungssystems kann dem Menschen, dem Entscheider im Handlungssystem, in unterschiedlicher Art und Weise mit variierenden Qualitäten vernetzte Information bereit gestellt werden. Hier basiert das Zielsystem auf einem mittels C&CM aufgebauten Modell der Ziele.

Das Handlungssystem ist auf diese Informationen angewiesen und muss sie jederzeit und nachvollziehbar vorliegen haben.

---

<sup>416</sup> vgl. Kapitel 2.2.3.

<sup>417</sup> vgl. Baecker 2009, Banse 2006, Dörner 2006, Frank 1994, Lindemann 2005, Lindemann 2009, Ropohl 2005.

Eine Möglichkeit der Optimierung der Produktentstehung liegt in der Verwendung von Zielsystemen. Es muss auf die Bedarfe der Entscheider im Handlungssystem abgestimmt werden. Die Nutzer des Zielsystems sind die Menschen in der Produktentstehung. Sie müssen in multidisziplinären Entscheidungszusammenhängen die Übersicht bewahren können.<sup>418</sup>

In den vorangegangenen Kapiteln wurden mit der Systemtheorie, der Kybernetik, der Systemtechnik und den Produktentstehungsprozessen die wissenschaftlich theoretischen Grundlagen diskutiert. Es wurden die Stärken und Schwächen von Ansätzen zur Prozessgestaltung aufgezeigt. Nunmehr soll ein Ansatz zur Steuerung und Dokumentation von Entwicklungsprozessen an einem konkreten Beispiel vorgestellt werden.

Das Ziel ist es nicht, die fehlende Vorhersagbarkeit der Ereignisse des Systems Produktentstehung zu beherrschen. Vielmehr geht es darum, mit geeigneten Systematiken **beim** Auftreten unvorhergesehener Ereignisse dokumentieren und steuern zu können.

Es soll Raum für individuelle Vorgehensweisen geschaffen werden und dem Menschen dabei die Möglichkeit gegeben werden, sich noch intensiver mit seinen Stärken in den Prozess einzubringen.

Die am Markt verfügbaren Lösungen zur Strukturierung von Zielen und Anforderungen müssen sich alle derselben Herausforderung stellen. Produktentstehung beginnt unkonkret und vage. Dies gilt besonders für die Entwicklung neuer Produkte, aber auch für die Weiterentwicklung bestehender Produkte ist diese Aussage zutreffend. Es wurde gezeigt, dass bei der Produktentstehung viele unterschiedliche Modelle Verwendung finden. Diese stammen teilweise aus unterschiedlichen Fachbereichen und sind daher unterschiedlich aufgebaut. In anderen Fällen zeichnet der Pragmatismus für das Modell verantwortlich.

Geht man von den beiden Mechanismen „Technology-Push“ und „Market-Pull“ aus, so beginnt eine Produktentstehung entweder mit einer technologischen Idee oder mit einem Marktbedürfnis.

---

<sup>418</sup> vgl. Dörner 2006, S. 288ff.

Im Falle von „Technology Push“ besteht ein Modell der grundsätzlichen technischen und gestaltlichen Umsetzung einer Funktion in ein Produkt, das ein projiziertes Marktbedürfnis befriedigt. Dieses Modell mit seinen bekannten Eigenschaften kann in Form von graphischen, semantischen oder technischen Formen festgehalten sein und so weiter gegeben werden.

Im Falle des Marktbedürfnisses besteht ebenso ein Modell, in dem festgehalten ist, dass eine Gruppe von einer bestimmten Größe einen Bedarf an etwas hat. Wie dieser Bedarf zu decken ist, ist nicht Inhalt des Modells. Es sind also weniger technisch gestaltliche Merkmale, sondern Bedürfnisse und funktionale Aspekte.

Neben den beiden genannten Mechanismen ergibt die Aufbauorganisation von Unternehmen weitere Unterscheidungsmöglichkeiten für eingesetzte Modelle in der Produktentstehung. In den Marketingabteilungen werden sogenannte Marketingkonzepte erstellt. In ihnen sind Bedarfe, Chancen und Risiken dargestellt. Diese Konzepte dienen der Abschätzung der Rentabilität der Produkte und befassen sich selten mit technischen Machbarkeiten und der Ausgestaltung von Funktionen. Bezogen auf das spätere Produkt sind diese Konzepte meist gestaltfrei.

Vergleicht man die Vorausentwicklung mit der Serienentwicklung, so findet man in der Vorausentwicklung überwiegend konzeptionelle Umsetzungen und Machbarkeitsstudien. Diese untersuchen technische Aspekte. Sie gehen nur bedingt auf verbindliche gestaltliche Fragen ein, vielmehr steht die grundsätzliche Machbarkeit im Mittelpunkt.

In der Serienentwicklung wird die Gestalt des Produktes bis zu ihrer Festlegung beim „Design-Freeze“ stetig konkreter. Fertigungstechnische Detailfragen werden geklärt. Die Gestalt des Produktes und deren Erzeugung wird festgelegt.

Dies zeigt, dass in den unterschiedlichen Aktivitäten der Produktentstehung und darüber hinaus auch im weiteren Verlauf des Produktlebenszyklus unterschiedliche Modelle Verwendung finden. Kennzeichnend ist dabei, dass die Produktentstehung mit abstrakten Modellen von Forderungen beginnt, die mit Voranschreiten im Produktentstehungsprozess zunehmend konkreter und bildhafter werden.

Die Forderung an das Zielsystem als Ort der Ablage von Zielen und als der „einzige verbindliche Ort, an dem die Planung der Produktentstehung festgehalten wird“, setzt eine **kontinuierliche** Pflege des Zielsystems voraus.<sup>419</sup>

Mögliche Ursachen dafür, dass bisherige Ansätze Insellösungen geblieben oder ganzheitliche Ansätze gescheitert sind, wurden damit adressiert. Das Management der Ziele im Zielsystem erfordert ein durchgängiges Modell, das sowohl abstrakte wie auch konkrete Betrachtungen unterschiedlicher Disziplinen abbilden kann und unterschiedliche Modelle ineinander transformiert.

Mit dem C&CM wurde ein Modell von **ALBERS** entwickelt, das den Anspruch hat, Funktion und Gestalt auf beliebigem Abstraktionsniveau abbilden zu können.<sup>420</sup> Das C&CM ist damit prädestiniert, dem Zielsystem eine Struktur zu geben. Darüber hinaus bietet es die Chance, durch seine nicht domänenspezifischen Grundelemente (Wirkflächen und Leitstützstrukturen) die Disziplinen zu verbinden.

#### **4.5.2.1 Das Zielsystem und das C&CM**

Zunächst muss Grundhypothese II hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit überprüft werden. Aus der Physik ist der **NEWTONSCHE** Grundsatz „actio = re-actio“ bekannt. Dieser besagt, dass wo immer eine Kraft wirkt, eine andere Kraft existiert, die ihr entgegenwirkt. Auf diesem Grundsatz baut unser heutiges physikalische und technische Weltbild auf. Die Definition von **NEWTON** ist gleichbedeutend mit der Forderung nach Gleichgewicht in Systemen. Gleichgewicht in einem System kann nur entstehen, wenn der Kraftfluss geschlossen ist. Wobei das C&CM nicht auf eine reine Betrachtung von Kraftflüssen reduziert werden darf.

Darüber hinaus existiert die Forderung aus der Systemtechnik, dass ein System immer in seinem Umfeld modelliert werden muss.<sup>421</sup> Für das C&CM kann dieser Forderung auf unterschiedliche Arten Rechnung getragen werden. Es ist eine Frage der exakten Definition, wie das Umfeld in dem Modell seine Wirkung auf das System ausüben kann.

---

<sup>419</sup> vgl. "Das Zielsystem" S. 135.

<sup>420</sup> vgl. Kapitel 2.1.3.

<sup>421</sup> vgl. Ropohl 1975 und Lindemann 2007.



Um der Forderung nach geschlossenem Kraftfluss und der Modellierung des Systemumfeldes gerecht zu werden ist es daher erforderlich die Grundhypothese II zu erweitern. Die Grundhypothese II muss wie folgt lauten:

Definition 15 "Grundhypothese II"

Die Funktion eines technischen Systems wird über mindestens zwei Wirkflächenpaare, eine sie verbindende **und eine sie umgebende** Leitstützstruktur verwirklicht.

Die umgebende Leitstützstruktur schließt den Kraftfluss. Außerdem gibt sie die Möglichkeit die Einflüsse und Eigenschaften des Umfeldes im Modell zu repräsentieren. Das folgende Beispiel macht die Notwendigkeit der Erweiterung der Grundhypothese II deutlich.

Anhand eines Hoch-Entasters wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten sich durch die Anwendung von C&CM im Kontext des Zielsystems ergeben.

Hoch-Entaster werden eingesetzt, um in Höhen von bis zu fünf Metern Äste von Bäumen zu entfernen. Beispielsweise die Baumpflege an Straßen oder die Obstbaumpflege bieten hierfür Anwendungsfelder.



Abbildung 48 "Hoch-Entaster mit Rückentragesystem"<sup>422</sup>

---

<sup>422</sup> Quelle: IPEK.

Ausgangspunkt der aufgezeigten Weiterentwicklung ist die Forderung des Kunden nach einem „Beschneiden von Hölzern in großer Höhe“. Die Verkaufszahlen lassen Rückschlüsse darauf zu, dass das bestehende Objektsystem diesen Wunsch erfüllt. Jedoch ist die Arbeit mit dem Hoch-Entaster ermüdend, so dass der Nutzer nach ca. zwei Stunden eine Pause benötigt.

In dem Entwicklungsprojekt „Hochentaster“ wurden Systemarchitekten eingesetzt, die mit der Aufgabe betraut waren, das Zielsystem zu erstellen und zu pflegen. Hierzu wurden unterschiedliche Werkzeuge verwendet, die im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter diskutiert werden. Insbesondere bei Entscheidungen zwischen Varianten war der Mehrwert des Systemarchitekten zu erkennen.

Darüber hinaus wurden die mentalen Modelle des iPeM eingesetzt. Besonders hervorzuheben ist der Ansatz, die erste Strukturierung der Entwicklungsaufgabe mittels C&CM durchzuführen und diese Strukturierung bis zum Ende beizubehalten.

Auf diese Weise konnte eine Aufgabe, die in ähnlicher Form vor einigen Jahren schon einmal zur Zufriedenheit der Beteiligten bearbeitet wurde erneut in Angriff genommen und auf andere Art und Weise gelöst werden. Die Ergebnisse des Entwicklungsprojektes unterliegen bis zur Durchsetzung der Patente der Geheimhaltung, weswegen hier keine Ergebnisse in Form von Produkten dargestellt werden können.

Im Verlauf des Projektes konnten die Systemarchitekten bei der Strukturierung der Aufgabenstellung einen erheblichen Beitrag leisten. Die Teams die von Systemarchitekten begleitet wurden, kamen sehr viel schneller zu den entscheidenden Fragen. Auf diese Weise konnten diese Teams sich in einem vier monatigen Projekt zu Beginn einen Vorsprung herausarbeiten, der sich durch das gesamte Projekt fortsetzt. Die Teams mit Systemarchitekten konnten alle mit Prototypen nach vier Monaten bei der Abschlusspräsentation auftreten. Die Prototypen waren bereits ersten Praxistest unterzogen und zeigten eine erstaunliche Reife.

#### **4.5.2.2 Funktionen und Ziele**

Bei technischen Systemen liegt eine Funktion vor, wenn ein Zustand in einen anderen überführt wird. Das vorliegende Beispiel der Funktion „Ast abtrennen“ überführt den Zustand „Ast am Baum“ in den Zustand „Ast von Baum getrennt“.

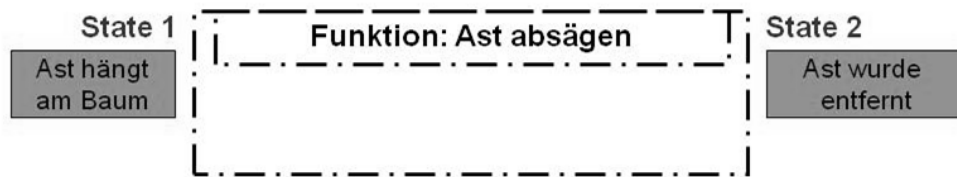


Abbildung 49 "Charakteristische Überführung von Zuständen"

Dabei muss die Qualität der Funktionserfüllung im Zielsystem vorgegeben sein. In diesem Fall reicht es nicht aus, einen Ast vom Baum zu trennen. Vielmehr muss der Systemnutzer über einen längeren Zeitraum hinweg viele Äste schneiden können ohne dabei sich zu verletzen oder den Baum zu beschädigen. Mit dieser Ergänzung zu dem Ziel erhält die Funktion demnach eine Qualität. Der Benutzer muss „ermüdungsfrei“ arbeiten können, da das Produkt vorrangig an professionelle Nutzer verkauft wird.

Mit dem Ziel, die Funktion „Ast abtrennen“ erfüllen zu wollen, ist implizit die Information über den Ausgangszustand „Ast am Baum“ verbunden. Das Verknüpfen von Zielen und Funktionen bietet also einen Mehrwert, da nicht nur der Zustand in der Zukunft durch das Ziel, sondern auch der bestehende durch die Funktion beschrieben wird.

Mittels C&CM ist es möglich, einer Funktion einen Ort zuzuweisen.<sup>423</sup> Die folgende Abbildung zeigt ein C&CM Modell des Hoch-Entasters. Die umgebende Leitstützstruktur ist wegen der einfacheren Darstellung nur angedeutet.

---

<sup>423</sup> vgl. Albers 2009 und Kapitel 2.1.3.

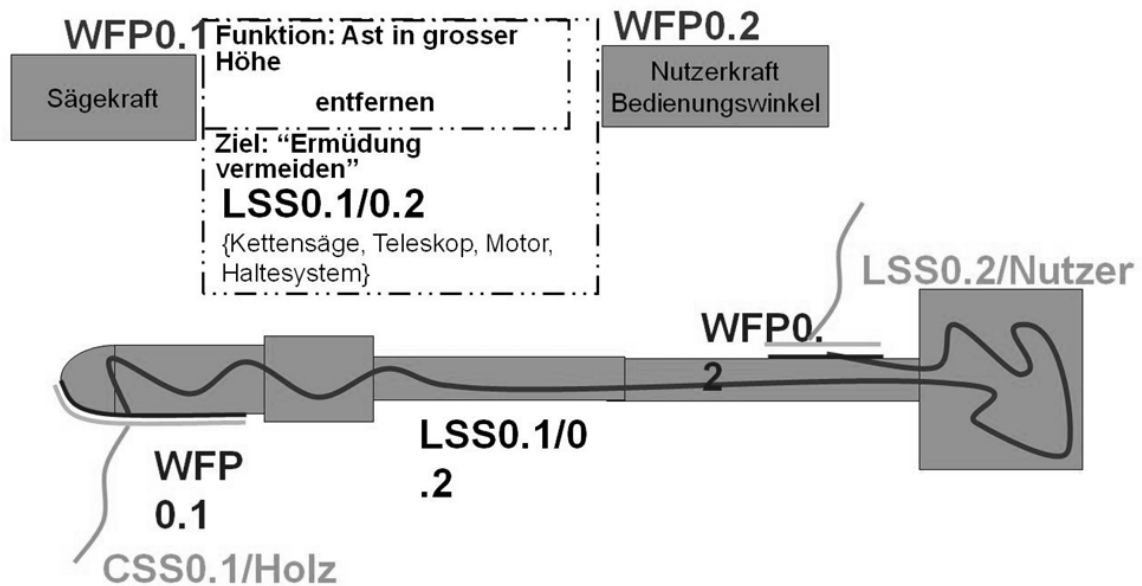


Abbildung 50 "Darstellung der Funktion im WFP mittels C&amp;CM"

Anhand des Beispiels Hoch-Entaster wird das Vorgehen im Produktentstehungsprozess mit C&CM verdeutlicht. Die erste Betrachtung ist eine abstrakte Betrachtung des Systems und des Umfelds. Die geschnittenen Leitstützstrukturen repräsentieren dabei sowohl den geschlossenen Kraftfluss, wie auch das Systemumfeld.

Nach Definition 15 entsteht eine Funktion nur, wenn mindestens zwei Wirkflächenpaare durch eine verbindende und eine umgebenden Leitstützstruktur gekoppelt sind. WFP 0.1 ist der Schneidkontakt zwischen Kette und Baum. WFP 0.2 stellt die Benutzerschnittstelle dar. Zwischen den beiden Wirkflächenpaaren befindet sich die LSS 0.1/0.2. Wogegen die LSS 0.2/0.1 die umgebenden Leitstützstruktur darstellt. Alle anderen Bauteile und Elemente sind für die Betrachtung zunächst nicht von Belang und werden daher zunächst nicht modelliert.



Abbildung 51 "Abstrakte Betrachtung mit C&CM"<sup>424</sup>

Die Modellierung mit C&CM bringt den Entwickler dazu, abstrakte Funktionen konkret in Wirkflächenpaaren zu denken. Die eigentliche Gestalt des bestehenden Systems ist durch das C&CM Modell bei der Synthese ausgeblendet. Eine solche gestaltfreie Darstellung enthält die folgende Abbildung.

Dieses Vorgehen erwies sich in der Projektarbeit als förderlich, da die Abstraktion des Systems in seinem Umfeld mittels C&CM und die sich daraus ergebenden Suchfelder keine Vorfixierung zuließen. Die Verbindung der Ziele und Funktionen mit den Wirkflächenpaaren und Leitstützstrukturen ermöglicht die Informativische Vernetzung von früh gefundenen Ideen mit später im Prozess realisierten Ideen und Geometrien.

---

<sup>424</sup> Foto: Andreas Stihl AG & Co. KG

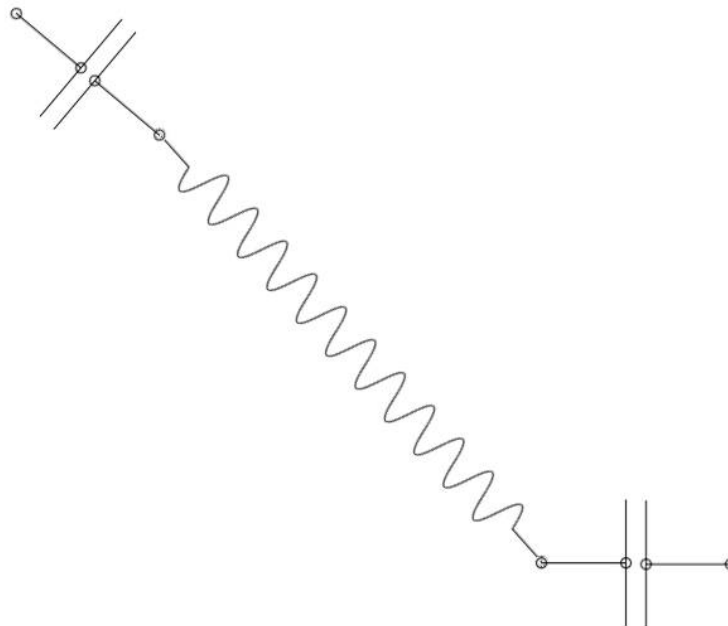


Abbildung 52 "Darstellung einer abstrakten Funktion mittels C&CM"<sup>425</sup>

Die abstrakte Darstellung macht keinerlei Vorgaben für die Gestalt der Wirkflächenpaare oder der Leitstützstruktur. Wirkflächenpaare und Leitstützstruktur dienen der Darstellung der Funktion. Sie sollen eine Vorfixierung vermeiden. Darüber hinaus dienen sie der Verknüpfung von Ziel und Ort der Zielerfüllung.

Gegeben ist das Ziel, Äste in Höhen bis zu fünf Metern ermüdungsfrei abtrennen zu können. Abbildung 51 "Abstrakte Betrachtung mit C&CM" macht deutlich, dass das Ziel an unterschiedlichen Orten erfüllt werden kann.

---

<sup>425</sup> Auf die Darstellung der umgebenden Leitstützstruktur wurde in dieser Abstrakten Darstellung verzichtet.

1. Variation und Verbesserung am WFP 0.1 – dem Schneidwerkzeug.
2. Variation der LSS 0.1/0.2.
3. Variation und Verbesserung am WFP 0.2 – der Benutzerschnittstelle.
4. Variation der LSS 0.2/0.1.
5. Kombinationen aus den Vorgegangenen.

Das Ziel erhält mit dieser Betrachtung einen konkreten Ort (im Modell), an dem es umgesetzt werden soll. Je nachdem, welche Variante betrachtet wird, muss das Ziel mit dem entsprechenden Wirkflächenpaar verknüpft werden.

Die Wirkflächenpaare WFP 0.1 und WFP 0.2 und die Leitstützstruktur LSS 0.1/0.2 vererben ihre Eigenschaften und Attribute an ihre Subelemente. Dadurch ist die Durchgängigkeit der Ziele gesichert.

#### **4.5.2.3 Der individuelle Produktentstehungsprozess**

Das Voranschreiten im Produktentstehungsprozess wird durch das Zielsystem und das C&CM Modell wesentlich beeinflusst. Das initiale Ziel, ermüdungsfreies Abtrennen von Ästen realisieren zu wollen, wird nun in den beiden Wirkflächenpaaren WFP 0.1 und WFP 0.2 weiter detailliert. Dies gibt die Struktur für alle möglichen Varianten des Zielsystems vor.

Die Benutzerschnittstelle betreffende Ziele werden WFP 0.2 zugeordnet. Solche, die Schnittprinzipien betreffen, werden an WFP 0.1 gekoppelt. Werden Änderungen des Systems durch die Anpassung der LSS 0.1/0.2 angestrebt, so werden diese entsprechend informatorisch mit der Leitstützstruktur verbunden. Betrachtungen des Systemumfeldes werden an die Leitstützstruktur LSS 0.2/0.1 geknüpft.

Betrachtet man WFP 0.1 unter den Gesichtspunkten der Zielsetzung, so muss analysiert werden, welche Aspekte an der Funktion der Säge die Qualität der Funktionserfüllung beeinflussen. Die Ermüdung findet beim Bediener statt, es muss herausgearbeitet werden, welchen Einfluss die Funktionserfüllung des Trennvorgangs auf den Bediener hat.

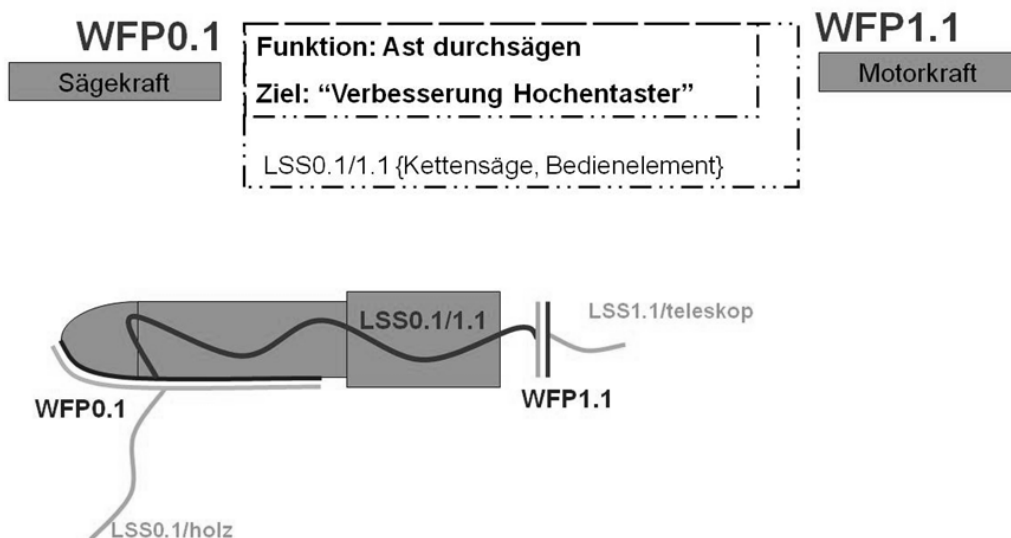


Abbildung 53 "Schnittstelle Baum"

Zur Beantwortung dieser Fragen ist eine detaillierte Betrachtung der in Abbildung 53 "Schnittstelle Baum" dargestellten Wirkflächenpaare notwendig. WFP 0.1 muss weiter aufgelöst werden und die Funktionen müssen im Detail untersucht werden. Hieraus ergeben sich neue Subziele im Zielsystem.

Im Projekt konnten so die Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Lösungsvarianten besser bewertet werden. Insbesondere das Einbeziehen der Kompetenzen des Auftraggebers lässt Rückschlüsse zu. Sogenannte Threat-Technologien können extrahiert werden. Auf der anderen Seite wurden für das eigene Voranschreiten die Varianten ausgewählt die besonders nah bei den Kompetenzen der Firma liegen und so eine bessere Umsetzung versprechen.<sup>426</sup>

Das Ziel, ermüdungsfreies Abtrennen von Ästen zu ermöglichen, wird ergänzt durch das Ziel, dies durch eine neue Lösung im Bereich des WFP 0.1 zu erreichen. Das Suchfeld für neue Lösungen beschränkt sich auf den Bereich, in dem die Sägefunktion erfüllt wird.

<sup>426</sup> Threat-Technologien müssen mindestens beobachtet werden. Soll nicht mit eigenen Ressourcen an der Realisierung gearbeitet werden, kann es empfehlenswert sein, mit einem starken Partner das Entwicklungsthema gemeinsam anzugehen.



Dies beinhaltet die Untersuchung der Wirkflächenpaare, die unmittelbar an der Trennung des Holzes beteiligt sind, wie auch der daran beteiligten umliegenden Wirkflächenpaare. Analysen des Arbeitsvorgangs versprechen darüber hinaus das Aufdecken von weiteren Verbesserungspotenzialen zum ermüdungsfreien Abtrennen von Ästen.<sup>427</sup> Damit sind Suchfelder für die Umsetzung der Ziele vorgegeben, die eine Strukturierung der Tätigkeiten der Produktentstehung ermöglichen. Die Strukturierung ist durch das C&CM durchgängig, da das C&CM die konkrete Umsetzung der Funktion in eine Gestalt durchgängig abbilden kann.

Die voranschreitende Detaillierung bringt weitere Erkenntnisse.<sup>428</sup> Anhand dieser werden die vagen Ziele zunehmend konkretisiert.

Das Vorgehen ist analog an allen WFP und LSS zu wiederholen.

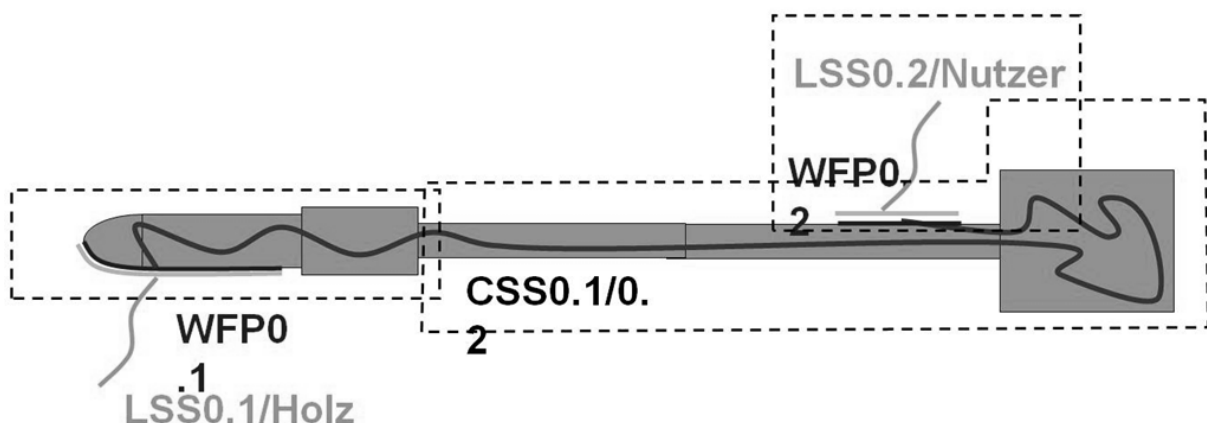


Abbildung 54 "Schnittstelle Benutzer"

Das Ziel der ermüdungsfreien Entfernung von Ästen muss nun auf das WFP 0.2 abgebildet werden. Es wird der Frage nachgegangen, wie das Wirkflächenpaar gestaltet sein muss, um die Bedienung möglichst kraftsparend zu ermöglichen. Auch

<sup>427</sup> vgl. Albers 2008, Albers 2008a.

<sup>428</sup> vgl. Kapitel 4.1.3, S. 102ff.

in diesem Kontext ist die Analyse des Benutzungsprozesses wie auch des Nutzers und seiner anatomischen Voraussetzungen mit einzubeziehen.

Das dritte Suchfeld des Beispiels „Hoch-Entaster“ betrifft die LSS 0.1/0.2 und damit die inneren Systemmerkmale. In der Analyse der Lösungsalternativen für die Zielsetzung muss die Leitstützstruktur betrachtet werden. Hier ergeben sich beispielsweise Möglichkeiten der Anwendung von Leichtbauprinzipien oder geometrische Änderungen zur Verbesserung der Bedienbarkeit.

Abschließen wird eine Analyse der LSS 0.2/0.1 durchgeführt, um Änderungen am Arbeitsablauf, der Bäume und sonstigen im Systemumfeld befindlichen Elemente zu ergründen. Beispielsweise die Züchtung niedrigwachsender Bäume, wie im Falle der Bodenseeäpfel, wäre eine Anwendung der Methodik im Bereich des Systemumfeldes.

Anschließend sind die Untersuchungsergebnisse der WFP und LSS auf ihre Integrationsmöglichkeiten zu untersuchen.

Das Handlungssystem modelliert weitere Details des Systems Hoch-Entaster. Durch seine Erkenntnis ergeben sich weitere Zielsetzungen und Subfunktionen. Dabei werden alle erkannten Ziele mittels des C&CM einem Wirkflächenpaar oder einer Leitstützstruktur zugeordnet. Es entstehen auf diese Weise parallel ein Modell des Zielsystems, in dem Ziele von der frühen Phase an transparent und durchgängig einem Erfüllungsort zugewiesen sind, und ein Vorgehensmodell für das Handlungssystem, das an den Zielen ausgerichtet ist.

Mit neuen Erkenntnissen ändert das Handlungssystem fortlaufend das Zielsystem, indem es Varianten bildet und erweitert, sie miteinander vergleicht und sich für eine entscheidet. Dies führt zu einer Zielsystem-Struktur, die eng mit der Struktur des Objektsystems verbunden ist. Diese Verbindung entsteht durch die Vernetzung der Ziele im Zielsystem mit dem Produktmodell und den Funktionen mittels C&CM wie in der folgenden Abbildung nochmals dargestellt.

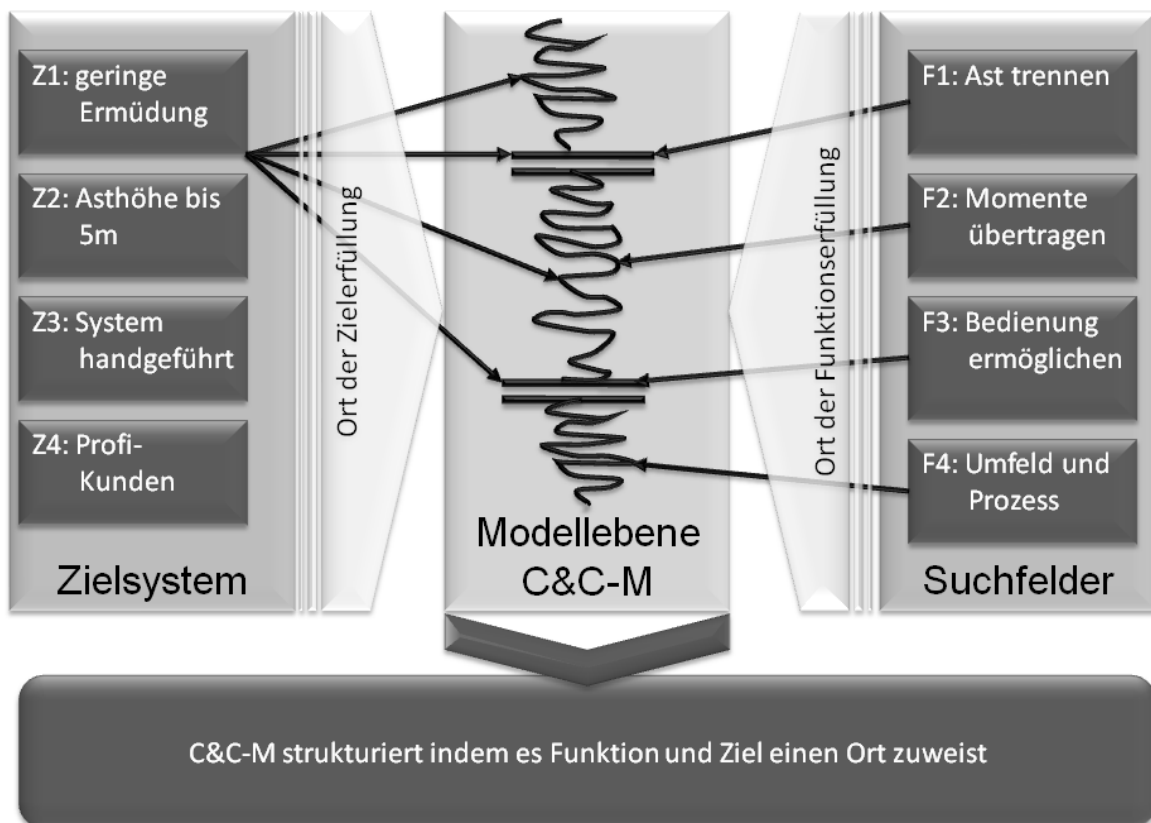


Abbildung 55 "Struktur der Ziele und der Funktionen"

Abbildung 55 "Struktur der Ziele und der Funktionen" zeigt eine solche Struktur. Sie ist ähnlich einer klassischen Funktionsstruktur. Entstanden ist diese Struktur, durch die Modellierung des Systems mittels C&CM. Hier werden alle Informationen zusammengeführt. Auf Grund der Durchgängigkeit des C&CM Modells ist der Aufbau eines Produktmodells möglich, bevor gestaltliche Festlegungen getroffen sind. Insbesondere werden mit C&CM gleichzeitig Produktmodelle und die Struktur des Zielsystems entwickelt. Die Abbildung macht deutlich, dass die Zuordnung der Ziele zu den Funktionen schlussendlich durch das C&CM eine Zuordnung zu einem Ort der Funktionserfüllung ist.

Als problematisch bei der Ablage von Informationen in der frühen Phase hat sich die Tatsache erwiesen, dass sie dem endgültigen Objektsystem gedanklich nicht konkret zugeordnet werden können.

Genau hier konnten mit dem dargestellten Vorgehen erhebliche Effekte im Projekt aufgezeigt werden. Das C&CM Modell konnte durchgängig verwendet werden, um Informationen zu strukturieren, das Verständnis für den Funktions- und

Gestaltzusammenhang zu festigen und um ein Denkmodell bereitzustellen, das sich in unterschiedlichen Disziplinen anwenden lässt.

PLM Systeme bieten unter anderem den Vorteil, dass den Bauteilen und –gruppen des CAD Modells entsprechende Dokumente zugeordnet werden können. C&CM und das Zielsystem können aufgrund der beschriebenen Eigenschaften erheblich früher Anwendung finden. Weiterhin kann ein C&CM Modell dank seines Aufbaus durch die Grundelemente Wirkflächenpaare und Leitstützstrukturen ohne Weiteres in zum Beispiel ein CAD Modell überführt werden. Damit wäre ein durchgängiges Modell geschaffen, das Informationen über Zusammenhänge, Funktionen sowie Materialien und deren Eigenschaften enthält, und das auf den Grundlagen der Systemtechnik fußt.

Grenzen für die Optimierung der Zielsysteme liegen derzeit in der Umsetzbarkeit eines Informationssystems, das mit der Vielfalt und Vielschichtigkeit der Informationen in der Produktentstehung umgehen können muss.

Mit dem vorgestellten Rahmen kann es gelingen, ein solches Informationssystem aufzubauen, das ein transdisziplinäres Arbeiten fördert.

### 4.5.3 Zwischenfazit

Die aktuellen Forschungsarbeiten am C&CM und dessen computergestützte Anwendung lassen erwarten, dass die Modellierung von Funktionen in Verbindung mit der Gestaltmodellierung und einem Informationssystem in naher Zukunft erhebliche Fortschritte machen wird. Beginnend mit einer vagen Zielsetzung wird ein abstraktes funktionales Modell mittels des C&CM aufgebaut. Die fortschreitende Konkretisierung des Modells bis hin zum CAD Modell und dem Produkt muss sichergestellt werden. Das C&CM kann als **durchgängiges Modell** rechnergestützt zur Strukturierung der Ziele der Produktentstehung eingesetzt werden. Hierdurch werden erhebliche Einsparungen in den Prozessen der Produktentstehung möglich.

Das C&CM kann darüber hinaus als verlinkendes Modell genutzt werden. Es kann als internes Denkmodell des Systemarchitekten dienen, das ihm hilft, intersubjektiv in einem transdisziplinären Umfeld zu agieren.

Das C&CM eröffnet darüber hinaus neue Wege, CAx Modelle zu verknüpfen. Dies wurde mit den rechnerbasierten Werkzeugen „ConChaCoach“ und „P3“ exemplarisch umgesetzt und gezeigt.<sup>429</sup>

Durch die Anwendung des Rahmenwerks auf die Aufgabenstellung „Hochentaster“ konnte gezeigt werden, dass die Vernetzung von Zielen und Funktionen das Aufgaben-Verständnis bei Produktentwicklern fördert. Wechselwirkungen innerhalb des Systems sind leichter erkennbar. Durch die Änderung der Grundhypothese 2 sind ebenfalls die Einflüsse aus dem Systemumfeld in das Modell einbezogen.

Der Einsatz des Systemarchitekten in Verbindung mit einem mittels C&CM strukturierten Zielsystem ergab einen deutlichen Informationsvorsprung bei den begleiteten Teams im Gegensatz zu den auf sich alleine gestellten. Dieser Vorsprung ist rein in der Dokumentation und Strukturierung der vom Team gesammelten Informationen begründet. Die Systemarchitekten haben keinen zusätzlichen Informationen an die Teams weiter gegeben. Sowohl die Qualität wie auch der Reifegrad der Prototypen der begleiteten Teams sind höher einzustufen als die der anderen Teams. Damit ist der Einsatz grundsätzlich als Erfolg zu werten.

Bei dem Vorgestellten Projekt handelt es sich nicht um ein Produkt von höchster Komplexität. Verglichen mit Großprojekten aus dem Anlagenbau, der Luftfahrttechnik und anderen erscheint der Einsatz von Systemarchitekten mit entsprechendem Sachverstand und den richtigen Werkzeugen noch potentialträchtiger als im vorgestellten Rahmen. Hier müssen weitere Forschungsarbeiten anknüpfen. Der Nutzen dürfte nach den gemachten Erfahrungen den Aufwand in der Modellierung übersteigen.

---

<sup>429</sup> vgl. S. 29ff.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Produktentstehungsprozesse basieren in hohem Maße auf Wissensarbeit. Sie verlaufen nicht planbar, da nur schrittweise Erkenntnisse erlangt werden. Die Erkenntnis ist notwendig, um Schlussfolgerungen und Handlungen abzuleiten. Dem Wunsch nach exakter Planung der Produktentstehungsprozesse steht ihr heuristischer Charakter gegenüber.

Die fortschreitende Technisierung und die damit verbundene Bildung neuer Wissensdomänen und Fachdisziplinen hat zu individuellen Vorgehensweisen geführt. Jede Fachdisziplin hat mit ihren intern entwickelten Vorgehensweisen Methoden und Modelle entwickelt, mit denen sie arbeitet.

Die Integration der Fachdisziplinen in Produkte hat bereits Innovationen hervorgebracht. Die Integration der Personen aus den Fachdisziplinen und das Finden einer gemeinsamen Sprache stellen sich nach wie vor als Herausforderung dar.

Ursache hierfür ist der Mangel an gemeinsamen Modellen, in denen Erkenntnis gewonnen wird. Dies gilt für Modelle auf allen Ebenen.<sup>430</sup>

Mit dem iPeM hat **ALBERS** aufgezeigt, wie Produktentstehungsprozesse in der heutigen Zeit ablaufen müssen. Das iPeM stellt Elemente zur Verfügung, mit denen die Abläufe der Produktentstehung individuell modelliert und besser gehandhabt werden können.

Das System der Produktentstehung ist komplex, da dessen interne Wechselwirkungen oft nur schwer abzuschätzen sind. Auch sind äußere Einflüsse und deren Wirkung auf das System nicht deterministisch.

In der vorliegenden Arbeit wurden das Handlungssystem, das Zielsystem sowie das Objektsystem der Produktentstehung als Elemente des iPeM beschrieben.

Das Handlungssystem richtet sich an seinen Zielen aus. Diese werden durch das Handlungssystem im Zielsystem kontinuierlich erfasst und validiert. Bei der Validierung entsteht Erkenntnis im Handlungssystem. Diese muss im Zielsystem

---

<sup>430</sup> vgl. Kapitel 2.1.1.2.

erfasst werden. Damit sind Handlungssystem und Zielsystem fortlaufenden Änderungen unterworfen.

Die Strukturierung der Ziele im Zielsystem ist notwendig, um die Handlungen danach ausrichten zu können. So wird Ordnung im Handlungssystem erzeugt, was zu einer Steigerung der Entwicklungsqualität führt. Zur Strukturierung wird im vorgestellten Ansatz das C&CM eingesetzt.

Das Contact and Channel Model (C&CM) bietet zur Darstellung von Funktionen nur zwei Grundelemente. Daraus erklärt sich die Stärke des Modells. Diese ist eine universelle Einsetzbarkeit über die Grenzen einzelner Anwendungsbereiche hinaus. Das Modell verwendet darüber hinaus systemtechnische Elemente, was die Darstellung beliebiger Details wie auch die von Gesamtansichten erlaubt. Das C&CM ist auf der einen Seite ein „Denkwerkzeug“. Auf der anderen Seite ist es ein Modellierungswerkzeug, das bereits in ersten rechnerbasierten Tools prototypisch eingesetzt wird. Der Einsatz von C&CM zur Strukturierung von Zielsystemen ermöglicht eine Vernetzung von Zielen, Funktionen und Gestalt und stellt eine wesentliche Neuerung dar.

Hierzu wurde auf der Basis von modelltheoretischen, systemtheoretischen, kybernetischen sowie entwicklungsmethodischen Grundüberlegungen ein Rahmen geschaffen. Dieser ermöglicht das gleichzeitige modellieren des Produktes und der Prozesse.

Die folgende Abbildung zeigt die Vorgehensschritte und deren Ergebnisse. Die initialen Ziele werden dargestellt und als erstes Ergebnis im Zielsystem vernetzt. Dies geschieht durch deren Verbindung mit Funktionen. Hierdurch werden Ausgangszustand und Zielzustand beschrieben. Die Funktionen werden in einem C&C-Modell überführt. Durch diesen Schritt erhalten die Ziele eine Zuordnung zu einem Ort. Im weiteren Verlauf wird das C&C-Modell weiter Konkretisiert und die Ziele werden mit dem Objektsystem durch das C&CM verknüpft.

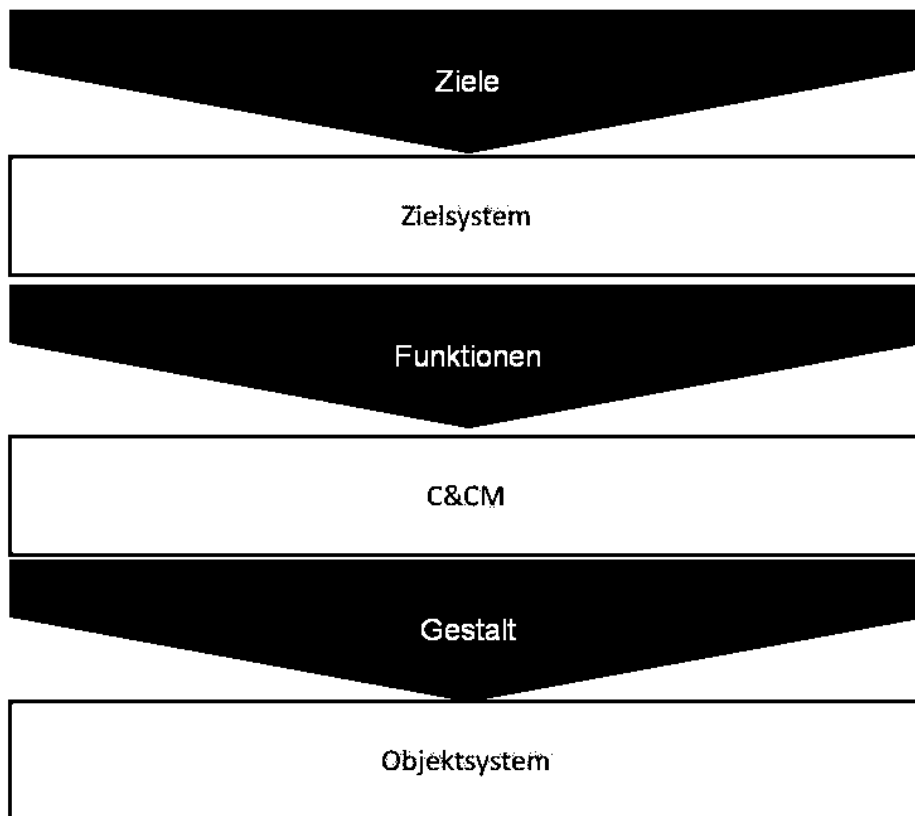


Abbildung 56 "Vom Ziel zum Objektsystem"

Bei dem Vorgehen werden die Ziele im Zielsystem in den Mittelpunkt gestellt. Von ihnen wird der Zweck des Handlungssystems definiert. Alle Handlungen richten sich am Zielsystem aus.

Das Objektsystem ist immer das Ergebnis der Realisierung eines Zielsystems. Frühere Ansätze lenkten ihren Fokus auf die Erstellung von Objektsystemen. Richtig ist es, das Zielsystem und dessen Modellierung mittels des C&CM als den Kern der Produktentstehung zu sehen.

Weitere Forschungsleistung ist mit der Implementierung des C&CM in bestehende CAD und PLM Systeme notwendig. Empirische Studien zur Beschreibung der Vorgehensweisen von Produktentwicklern, die das C&CM zur Systemsynthese anwenden, müssen im Detail klären, wie die Implementierung gestaltet werden kann.



Das Erstellen multitechnologischer Produkte unter Zuhilfenahme von C&CM wurde exemplarisch von **SCHYR** dargestellt.<sup>431</sup> Die Ergebnisse sind weiter zu fundieren, indem weitere Disziplinen betrachtet werden. So kann geprüft werden, ob das C&CM das Potential aufweist, sich zur universellen Modellierungssprache der Produktentstehung zu entwickeln.

---

<sup>431</sup> vgl. Schyr 2006.

## 6 Literaturverzeichnis

- Abecker 2001: ABECKER, A.; MAUS, H.; BERNARDI, A.: *Software-Unterstützung für das geschäftsprozessorientierte Wissensmanagement*. In: Hinkelmann K. (Hrsg.): *Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement: Von der Strategie zum Content*, Proceedings des Workshops der Konferenz WM2001 in Baden-Baden, CEUR-WS/Vol-37, 14-16 März 2001 S. 127-145, 2001.
- Ackoff 1994: ACKOFF, R. L.: *Systems thinking and thinking systems*. In: *System Dynamics. Review*, 10(2-3): 175-188., 1994.
- Adams 2004: ADAMS, M.; BOIKE, D.: *PDMA studies: PDMA foundation CPAS study reveals new trends*. *Visions*, XXVIII: 3, July 2004, S.26-29, 2004.
- Aggteleky 1992: AGGTELEKY, B.; BAJNA, N.: *Projektplanung: ein Handbuch für Führungskräfte*. München; Wien: Hanser, 1992.
- Albers 2002a: ALBERS, Albert; BURKARDT, N.; SAAK, M.: *Gezielte Problemlösung bei der Produktentwicklung mit Hilfe der SPALTEN-Methode*. 47. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Illmenau, 23.-26. September, 2002a.
- Albers 2002b: ALBERS, Albert; SAAK, Markus; BURKARDT, Norbert: *Gezielte Problemlösung bei der Produktentwicklung mit Hilfe der SPALTEN-Methode*. 47. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Illmenau, 23.-26. September 2002, 2002b.
- Albers 2002c: ALBERS, Albert; MATTHIESEN, Sven: *Konstruktionsmethodisches Grundmodell zum Zusammenhang von Gestalt und Funktion technischer Systeme – Das Elementmodell „Wirkflächenpaare & Leitstützstrukturen“ zur Analyse und Synthese technischer Systeme..* in: *Konstruktion, Zeitschrift für Produktentwicklung*; Band 54; Heft 7/8 - 2002; Springer-VDI-Verlag GmbH & Co KG; Düsseldorf, 2002c.
- Albers 2003: ALBERS, Albert; SAAK, M.; BURKARDT, N.: *Methodology in Problem Solving Process*. DAAAM International Vienna, 14th International DAAAM Symposium, Intelligent Manufacturing & Automation, Focus on Reconstruction and Development, Sarajevo, 2003, Wien, International DAAAM, 2003.
- Albers 2004: ALBERS, Albert; BURKARDT, N.; DEIGENDESCH, T.: *Process, methods and tools in product Development of Multi-Scale Systems*. Proceedings of the TMCE 2006, April 18–22, 2006, Ljubljana, Slovenia, Edited by Horváth and Duhovnik, 2004.
- Albers 2004a: ALBERS, Albert; BURKARDT, N.; OHMER, M.: *Principles for Design on the Abstract Level of the Contact & Channel Model C&CM*. Procs. TMCE, Lausanne, Switzerland, 2004a.
- Albers 2005: ALBERS, Albert; BURKARDT, N.; MEBOLDT, M.: *SPALTEN problem solving methodology in the product development*. Conference on Engineering Design - ICED 2005 Melbourne, 2005.
- Albers 2005: ALBERS, Albert; BURKARDT, Norbert; MEBOLDT, Mirko: *SPALTEN PROBLEM SOLVING METHODOLOGY IN THE PRODUCT DEVELOPMENT*. Conference on Engineering Design - ICED 2005 Melbourne, 15.-18.08.2005, 2005.
- Albers 2006: ALBERS, Albert; MEBOLDT, Mirko: *A New Approach in Product Development, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving*. AEDS 2006 WORKSHOP, 27 – 28 October 2006, Pilsen - Czech Republic, 2006.

- Albers 2007: ALBERS, Albert; MEBOLDT, M.: *SPALTEN Matrix — Product Development Process on the Basis of Systems Engineering and Systematic Problem Solving*. in: Hrsg.: Krause, F.-L.; The Future of Product Development. Springer Berlin Heidelberg., 2007.
- Albers 2007a: ALBERS, Albert; MEBOLDT, M.: *IPEMM- Integrated Product Development Process Management Model, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving*. in: 16th International Conference on Engineering Design - ICED 07, 28-30 August 2007, Paris, France, Proceedings of the ICED 07, 2007a.
- Albers 2008: ALBERS, Albert: *SUPPORT OF DESIGN ENGINEERING ACTIVITY THROUGH C&CM - TEMPORAL DECOMPOSITION OF DESIGN PROBLEMS*. Proceedings of the TMCE 2008, April 21–25, 2008, Izmir, Turkey, Edited by I. Horváth and Z. Rusák, 2008.
- Albers 2008a: ALBERS, Albert: *SUPPORT OF SYSTEM ANALYSES AND IMPROVEMENT IN INDUSTRIAL DESIGN THROUGH THE CONTACT & CHANNEL MODEL*. INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE - DESIGN 2008, 2008a.
- Albers 2009: ALBERS, Albert; ENKLER, Hans-Georg; OTTNAD, Jens: *Managing Complex Simulation Processes – the Generalized Contact and Channel Model*. wird veröffentlicht in: International Journal of Product Development, 2009.
- Alexander 1977: ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, S.: *Pattern Language. Towns, Buildings, Construction*. New York: Oxford University Press, 1977.
- Andreasen 2005: ANDREASEN, M. M.: *Concurrent Engineering - effiziente Intergartion der Aufgaben im Entwicklungsprozess*. In: Handbuch Produktentwicklung; Hanse, 2005.
- Ansoff 1965: ANSOFF, I.: *Corporate Strategy*. Mc Graw Hill; New York, 1965.
- Aristoteles 1907: ARISTOTELES: *Metaphysik*. Deutsche Übersetzung von Adolf Lasson; Diederichs Verlag, Jena, 1907.
- Ashby 1961: ASHBY, R. W.: *An Introduction to Cybernetics*. London, 1961.
- Ashby 1974: ASHBY, W.; ROSS: *Einführung in die Kybernetik*. Suhrkamp Taschenbuch wissenschaft, 1974.
- Ashby 1958: ASHBY, W. R.: *Requisite Variety and Its Implications for the Control of Complex Systems*. in: Cybernetica 1. Page: 83-99, 1958.
- Baecker 1994: BAECKER, D.: *Postheroisches Management. Ein Vademecum*. Merve Verlag, Berlin, 1994.
- Baecker 2005a: BAECKER, D.: *Kommunikation*. Leipzig: Reclam, 2005a.
- Baecker 2005b: BAECKER, D.: *Schlüsselwerke der Systemtheorie*. Wiesbaden: Verlag der Sozialwissenschaften, 2005b.
- Baecker 2006: BAECKER, D.: *Coaching Complexity*. Vortrag auf dem 1. Berliner Coachingtag: <http://www.uni-wh.de/baecker/>, 2006.
- Baecker 2009: BAECKER, Dirk: *Der Manager*. Stefan Möbius und Markus Schroer (Hrsg.), Sozialfiguren der Gegenwart. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2009.
- Balazova 2004: BALAZOVA, M.: *Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung*. Dissertation; Paderborn, 2004.
- Balmelli 2006: BALMELLI, Laurent: *An Overview of the Systems Modling Language for Products and Systems Development*. IBM Technical Report in: Journal of Object Technology, 2006.

- Balmelli 2006a: BALMELLI, Laurent: *Model Driven Systems Development*. IBM Systems Journal, Vol 45, No 3., 2006a.
- Banse 2002: BANSE, G.; MEIER, B.; WOLFFGRAMM, H.: *Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse*. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 2002.
- Banse 2006: BANSE, Gerhard; GRUNWALD, Armin; KÖNIG, W.: *Erkennen und Gestalten - Eine Theorie der Technikwissenschaften*. edition sigma, Berlin, 2006.
- Bateson 1981: BATESON, G.: *Ökologie des Geistes: Anthropologische, psychologische, biologische und epistemologische Perspektiven*. 4. Auflage. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1981.
- Beer 1973: BEER, S.: *Kybernetische Führungslehre*. Herder & Herder, Frankfurt/New York, 1973.
- Below 2001: BELOW, C.: *Wissen preisgeben: Die Angst der Experten vor dem Machtverlust*. in: Antoni, C.H./Sommerlatte, T. (Hrsg.): *Report Wissensmanagement. Wie deutsche Firmen ihr Wissen profitabel machen*, Düsseldorf, S. 67, 2001.
- Bernard 1938: BERNARD, Chester: *The Functions of Executive*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1938.
- Bertalanffy 1968: BERTALANFFY, L.: *General System Theory*. George Braziller, Inc., New York, 1968.
- Bertalanffy 1951: BERTALANFFY, L. von: *General system theory: A new approach to unity of science*. John Hopkins Press, 1951.
- Bertalanffy 1949: BERTALANFFY, Ludwig von: *Das biologische Weltbild*. Bern: Francke, 1949.
- Bertalanffy 1949a: BERTALANFFY, Ludwig von: *Zu einer allgemeinen Systemlehre.. Biologica Generalis Bd. XIX*, 1949a.
- Beyes 2002: BEYES, T. P.: *Kontingenz und Management*. St. Gallen, Dissertation, 2002.
- Bielowski 1971: BIELOWSKI, Heinz: *Systemplanung: In: Management-Exzyklopädie, Bd. 5.* München: Verlag Moderne Industrie, 1971.
- Birkhofer 1998: BIRKHOFFER, H.; DANNHEIM, F.; GRÜNDER, C.: *Umwelt- und marktgerechte Produkte - Utopie oder ernsthaftes Entwicklungsziel?*. In: VDI-Berichte 1400 – Markt- und Kostenvorteile durch Entwicklung umweltverträglicher Produkte. Düsseldorf S. 1-18., 1998.
- Birkhofer 2004: BIRKHOFFER, H.: *There is nothing as practical as a good Theory – An Attempt to deal with the Gap between Design Research and Design Practice..* In: *Proceedings of International Design Conference Design 2004, Dubrovnik (Kroatien)*, S. 7-14., 2004.
- Bolz 1997: BOLZ, N.: *Die Sinngesellschaft*. Düsseldorf, 1997.
- Bolz 2005: BOLZ, N.: *Baustein zu einer Designwissenschaft*. In: Baecker D. Hrsg.; *Schlüsselwerke der Systemtheorie*. Verlag für Sozialwissenschaften, 2005.
- Bolz 2007: BOLZ, N.: *Simplexity – weniger Informationen, mehr Möglichkeiten auf dem Weg zum Kunden*. in: *Tagungsband, Handelsforum 2007*, 2007.
- Borchert 2004: BORCHERT, J.; GOOS, P.; STRAHLER, B.: *Forschungsansätze*. Hrsg.: Matthias Schumann. Institut für Wirtschaftsinformatik. Universität Göttingen. Arbeitsbericht Nr. 25/2004, 2004.
- Both 2005: BOTH, P. von: *Ein systemisches Projektmodell für eine kooperative Planung komplexer Unikateuniversitätsverlag karlsruhe*. universitätsverlag karlsruhe, 2005.
- Brander 1985: BRANDER, S.; KOMPA, A.; PELTZER, U.: *Denken und Problemlösen. Einführung in die kognitive Psychologie*. VS Verlag für Sozialwissenschaften; Auflage: 2., 1985.

- Brandt 2005: BRANDT, S.; MORBACH, J.; MIATIDIS, M.: *Ontology Based Information Management in Design Processes*. RWTH Aachen and Fraunhofer FIT, 2005.
- Braun 2005: BRAUN, T. E.: *Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld*. Dissertation, München, 2005.
- Breiling 1997: BREILING, A.; KNOSOLA, R.: *Bewerten technischer Systeme: theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen*. Springer, Berlin, 1997.
- Bretzke 1980: BRETZKE, W. R.: *Der Problembezug von Entscheidungsmodellen*. Mohr Siebeck, 1980.
- Büchel 1969: BÜCHEL, Alfred: *Systems Engineering*. Industrielle Organisation 38 Nr. 9, 1969.
- Buggie 1982: BUGGIE, F. D.: *Strategies for New Product Development*. in: Long Range Planning, Volume 15, Issue 2, April 1982, Pages 22-31, 1982.
- Burmeister 2006: BURMEISTER, K.; NEEF, A.: *Der Stoff aus dem die Zukunft ist Streitschrift für eine Innovationskultur*. eCulture Factory: Fraunhofer IAIS, 2006.
- Burns 1962: BURNS, T.; STALKER, G. M.: *The Management of Innovation*. Chicago, 1962.
- Carbone 2004: CARBONE, T. A.: *Developing a new survey instrument for the fuzzy front end of new product development*. Proceedings of the 25th Annual Conference American Society for Engineering Management, 2004.
- Chestnut 1965: CHESTNUT, Harold: *Systems engineering tools*. New York [u.a.] : Wiley, 1965.
- Churchman 1961: CHURCHMAN, Charles West; ACKOFF, R. L.; ARNOFF, L. E.: *Operations Research. Eine Einführung in die Unternehmensforschung*. Wien: Oldenbourg, 1961.
- Conant 1970: CONANT, R. C.; ASHBY, W. R.: *Every Good Regulator of a System must be a model of that System*. in: International Journal of Systems Science, 1970, vol. 1, No. 2, 89-97, 1970.
- Cooper 1994: COOPER, R. G.: *Perspective: Third-Generation New Product Processes*. Journal of Product Innovation Management, Vol.11, S. 3-14., 1994.
- Cooper 2002a: COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J.: *What Best Practice Companies Are Doing*. IN: Research Technology Management. Volume 45, Number 5, 2002a.
- Cooper 2002b: COOPER, R. G.: *Top oder Flop in der Produktentwicklung. Erfolgsstrategien: Von der Idee zum Launch*. Wiley, Weinheim, 2002b.
- Cooper 2005: COOPER, R. G.: *Your NPD portfolio may be harmful to your business's health*. PDMA Visions April 2005 Vol. XXIX No. 2, 2005.
- Cube 1971: CUBE, Felix von: *Was ist Kybernetik*. Bremen, Carl Schünemann Verlag 1967: München; Deutscher Taschenbuchverlag 1971, 1971.
- Daenzer 2002: DAENZER, W. F.; HUBER, F.: *Systems Engineering*. Verlag Industrielle Organisation, 2002.
- Danner 1996: DANNER, S.: *Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse*. Aachen: Shaker-Verlag 1996. Dissertation TU München, 1996.
- DeGroot 1978: DEGROOT, A.D.: *Thought and Choice in Chess*. Mouton Publishers, 1978.
- DeMarco 1998: DEMARCO, Tom: *Der Termin - Ein Roman ueber das Projektmanagement*. Hanser Fachbuch, 1998.
- Diemer 1968: DIEMER, Alwin: *Systematik und Klassifikation in Wissenschaft und Dokumentation*. Diemer: Meisenheim an der Glan: Hain, 1968.

- DIN 199-1 2002: DIN 199-1: *Klassifikationssysteme. Erstellung und Weiterentwicklung von Klassifikationssystemen*. Beuth Verlag, 2002.
- DIN 32705 1987: DIN 32705: *Technische Produktdokumentation. CAD-Modelle, Zeichnungen und Stücklisten. Teil 1: Begriffe*. Beuth Verlag, 1987.
- DIN 32705 1987: DIN 32705: *Klassifikationssysteme. Klassifikationssysteme; Erstellung und Weiterentwicklung von Klassifikationssystemen*, 1987.
- DIN 69901 1987: DIN 69901: *Projektmanagement. Begriffe*. Beuth Verlag, 1987.
- DIN 69905 1997: DIN 69905: *Projektwirtschaft - Projektabwicklung - Begriffe*. Beuth Verlag, 1997.
- DIN 9000 2004: DIN 9000: *Qualitätsmanagement*, 2004.
- Dittmann 2007: DITTMANN, L.U.: *OntoFMEA: Ontologiebasierte Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse, 1. Auflage*. Deutscher Universitätsverlag, 2007.
- DoD 2007a: DoD: *DoD Architecture Framework, Version 1.5, 23 April 2007 Volume I*. Department of Defense, 2007a.
- DoD 2007b: DoD: *DoD Architecture Framework, Version 1.5, 23 April 2007 Volume II*. Department of Defense, 2007b.
- DoD 2007c: DoD: *DoD Architecture Framework, Version 1.5, 23 April 2007 Volume III*. Department of Defense, 2007c.
- Dörner 1978: DÖRNER, D.; REITHER, F.: *Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen*. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 25/78 Heft 4, 527-551, 1978.
- Dörner 1983: DÖRNER, D.; KREUZIG, H. W.; REITHER, F.: *Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Verlag Hans Huber, Bern, Stuttgart, Wien, 1983.
- Dörner 1987: DÖRNER, D.: *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. 3. Auflage, Stuttgart, 1987.
- Dörner 1998: DÖRNER, D.: *Logik des Misslingens – Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Rowohlt, Reinbeck bei Hamburg, 1998.
- Dörner 2002: DÖRNER, D.: *Die Logik des Gelingens*. in: Brandeins 07/02. Schwerpunkt: Entscheidung, 2002.
- Dörner 2006: DÖRNER, Dietrich: *Die Logik des Misslingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen*. rororo, 2006.
- Drucker 1991: DRUCKER, F.: *Management. An abridged and revised version of Management: Tasks, Responsibilities, Practices*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1991.
- Drucker 1993: DRUCKER, P.: *Post-Capitalist Society*. Harper Business Press, 1993.
- Drucker 1969: DRUCKER, P. F.: *The Age of Discontinuity. Guidelines to our Changing Society*. New York: Harper Row, 1969.
- Dubs 2004: DUBS, R.; EULER, D.; RÜEGG-STÜRM, J.: *Einführung in die Managementlehre*. Haupt, 2004.
- Dueck 2006: DUECK, G.: *Lean Brain Management - Erfolg und Effizienzsteigerung durch Null-Hirn*. Springer, Berlin, 2006.
- Dueck 2008: DUECK, Gunter: *Wir bezahlen den Aufbau der Welt alle drei, vier Jahre neu*. in: Promotion Business, Ausgabe 2/2008, 2008.
- Duncker 1935: DUNCKER, K.: *Zur Psychologie des Produktiven Denkens*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, 1935.

- Dutke 1994: DUTKE, S.: *Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens - Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie*. Verlag für Angewandte Psychologie, Göttingen Stuttgart, 1994.
- Ehrlenspiel 1995: EHRENSPIEL, K.: *Integrierte Produktentwicklung*. 1. Auflage. München: Hanser, 1995.
- Ehrlenspiel 2003: EHRENSPIEL, K.: *Integrierte Produktentwicklung*. 2. Auflage. München: Hanser, 2003.
- Eisler 2004: EISLER, R.: *Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Geschichte der Philosophie*. 2. Ausgabe, Digitale Bibliothek Band 3, Berlin, 2004.
- Eisler 1930: EISLER, Rudolf: *Wörterbuch der philosophischen Begriffe Band 3.* , 1930.
- Ellis 1962: ELLIS, D.O.; LUDWIG, F. J.: *Systems Philosophy*. Englewood Cliffs, N. J., 1962.
- Ellul 1995: ELLUL, J.: *The Technological Society*. London: Jonathan Cape, 1995.
- Engelbrecht 2001: ENGELBRECHT, A.: *Biokybernetische Modellierung adaptiver Unternehmensnetzwerke*. Fortschr.-Ber. VDI Reihe 16 Nr. 137, VDI Verlag, Düsseldorf, 2001.
- Europäische Kommission 2003: EUROPÄISCHE KOMMISSION: *Das Humankapital in der wissensbasierten globalen Wirtschaft — Abschlussbericht*. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, 2003.
- Fehling 2002: FEHLING, G.: *Aufgehobene Komplexität: Gestaltung und Nutzung von Benutzungsschnittstellen*. Verlag im Internet GmbH, 2002.
- Fernandez 1997: FERNANDEZ, M.; GOMEZ-PEREZ, N.; JURISTO, N.: *METHONTOLOGY :From Ontological Art Towards Ontological Engineering*. AAAI-97, Spring Symposium on Ontological Engineering, Stanford University, 1997.
- Flechtner 1969: FLECHTNER, Hans-Joachim: *Grundbegriffe der Kybernetik: eine Einführung*. H.-J. Flechtner. 4. Aufl. Stuttgart: Wiss. Verl. Ges., 1969.
- Foerster 1993: FOERSTER, H. von: *Kybernetik*. Merve, 1993.
- Foerster 1996: FOERSTER, H. von: *Wissen und Gewissen. Versuch einer Brücke*. 3. Aufl., Frankfurt, 1996.
- Forrester 1971: FORRESTER, J. W.: *World dynamics*. Cambridge, 1971.
- Forrester 1972: FORRESTER, J. W.: *Grundzüge einer Systemtheorie (Principles of Systems)*. Wiesbaden, 1972.
- Frank 1964[1]: FRANK, H.: *Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften..* Frank, H. (Hrsg.): Frankfurt, 1964[1].
- Frank 1964[2]: FRANK, H.: *Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte..* Quickborn, 1964[2].
- Frank 1966: FRANK, H.: *Kybernetik und Philosophie. Materialien und Grundriß zu einer Philosophie der Kybernetik*. Berlin, 1966.
- Frank 1994: FRANK, U.: *Multiperspektivische Unternehmensmodellierung. Theoretischer Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwurfsumgebung*. Oldenbourg, 1994.
- Frank 1997: FRANK, U.: *Erfahrung, Erkenntnis und Wirklichkeitsgestaltung Anmerkungen zur Rolle der Empirie in der Wirtschaftsinformatik*. Erschienen in: Grün, O.; Heinrich, L.J.: *Wirtschaftsinformatik - Ergebnisse empirischer Forschung*. Berlin, Springer. S. 21-35, 1997.

- Frank 2003: FRANK, U.: *Einige Gründe für die Wiederbelebung der Wissenschaftstheorie*. In: Die Betriebswirtschaft, Jg. 3/03, S. 278-292, 2003.
- Franke 1985: FRANKE, H.: *Konstruktionsmethodik und Konstruktionspraxis – eine kritische Betrachtung*. in: Proceedings of ICED85, Vol. 2 Page. 910-920, 1985.
- Franke 1975: FRANKE, Hans-Joachim: *Methodische Schritte beim klären konstruktiver Aufgabenstellungen*. Zeitschrift Konstruktion 27, 1975.
- Franke 1976: FRANKE, Hans-Joachim: *Untersuchungen zur algorithmisierbarkeit des Konstruktionsprozesses*. Fortschrittsberichte der VDI Zeitschriften, Reihe 1, Nr. 47, Düsseldorf. Dissertation TU Braunschweig, 1976.
- Franke 2008: FRANKE, Hans-Joachim; STECHERT, Carsten: *Anforderungsmodellierung für komplexe Produkte*. Konstruktion, Springer VDI Verlag, 2008.
- Freeman 1974: FREEMAN, C.: *The Economics of Industrial Innovation*. Harmonsworth, 1974.
- Fuchs 2006: FUCHS, B.: *Definition eines Vorgehensmodells zur Prozessverbesserung mit Hilfe von CMMI*. Diplomarbeit, TU-Darmstadt; Fachbereich Informatik -Fachgebiet Metamodellierung, 2006.
- Fuchs 1969: FUCHS, Erwin: *Handwörterbuch der Organisation*. Erwin Grochla (Hrsg.), Stuttgart : Poeschel, 1969.
- Funkat 2003: FUNKAT, A.-K.; FUNKAT, G.: *Prozessbasiertes Knowledge Engineering in medizinischen Problemdomänen*. Dissertation: Universität Ilmenau, 2003.
- Funke 1992: FUNKE, J.: *Wissen über dynamische Systeme: Erwerb, Repräsentation und Anwendung*. Springer, 1992.
- Funke 2006: FUNKE, J.: *Enzyklopädie der Psychologie / Serie 2: Denken und Problemlösen. Kognition C/II/Bd. 8: Bd. C/II/5*. Hogrefe-Verlag; Auflage: 1, 2006.
- Gabler 1971: GABLER: *Dr. Gablers Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Gabler, 8. Aufl., 1971.
- Galbraith 1973: GALBRAITH, J.: *Designing complex organizations*. Addison-Wesley, 1973.
- Gamper 1999: GAMPER, J.; NEJDEL, W.; WOLPERS, M.: *Combining Ontologies and Terminologies in Information Systems*. 5th Int. Congress on Terminologie and Knowledge engineering, 1999.
- Gantt 1919: GANTT, H. L.: *Organizing for Work*. Harcourt, Brace, and Howe, New York, 1919.
- Gaus 1995: GAUS, W.: *Dokumentations- und Ordnungslehre. Theorie und Praxis des Information Retrieval. 2. Auflage*. Berlin: Springer, 1995.
- Gausemeier 2002: GAUSEMEIER, J.: *Strategiekompetenz und Agilität*. Unternehmertagung 2002 des VDMA 6./7. November, 2002.
- Gerst 2002: GERST, M.: *Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung*. Verlag Dr. Hut, München, 2002.
- Gierhardt 2001: GIERHARDT, H.: *Global verteilte Produktentwicklung*. Verlag Dr. Hut, München, 2001.
- Gigerenzer 2006: GIGERENZER, G.: *Einfache Heuristiken für komplexe Entscheidungen*. in: Mathematisierung der Natur. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, 2006.
- Gigerenzer 2007: GIGERENZER, G.; GAISSMAIER, W.: *Denken und Urteilen unter Unsicherheit: Kognitive Heuristiken*.  
[http://www.forum.mpg.de/archiv/veranstaltung9/hintergrund/kognitive\\_heuristiken.pdf](http://www.forum.mpg.de/archiv/veranstaltung9/hintergrund/kognitive_heuristiken.pdf)  
10.10.2007, 2007.



- Gilmore 1995: GILMORE, D.; LEIGHTON, J.: *Keeping one PACE ahead of the Competition*. Engineering Management Journal, April 1995, 1995.
- Glaserfeld 1992: GLASERFELD, E. von: *Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffs der Objektivität*. In: *Einführung in den Konstruktivismus*. München, Zürich: Piper, 1992.
- Gomez 1995: GOMEZ, P.; PROBST, G.: *Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens*. Verlag Paul Haupt, 1995.
- Goorhuis 1994: GOORHUIS, H.: *Konstruktivistische Modellbildung in der Informatik*. Dissertation, Universität Zürich, 1994.
- Grochla 1980: GROCHLA, E.: *Handwörterbuch der Organisation*. Stuttgart: Poeschel, 1980.
- Größer 1992: GRÖßER, H.: *Systematische rechnerunterstützte Ermittlung von Produkthanforderungen*. Dissertation TH Darmstadt, 1992.
- Größler 2004: GRÖßLER, A.; SCHIERITZ, N.: *Begrenzte Rationalität in der Modellstruktur und bei der Modellentwicklung – das Beispiel System Dynamics*. in: Fischer, T. (Hrsg.): *Kybernetik und Wissensgesellschaft*, 2004.
- Gruber 1993: GRUBER, T.R.: *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*. In: Poli R. (Hrsg.): *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Gruber 1995: GRUBER, T.R.: *Towards Principles for the Design of Ontologies 'Used for Knowledge sharing*. Int. Journal Human Computer Studies, 43(5-6), 1995.
- Grüninger 1995: GRÜNINGER, M.; FOX, M.S.: *Methodology for the Design an Evaluation of Ontologies*. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, 1995.
- Haberfellner 1975: HABERFELLNER, R.: *Die Unternehmung als dynamisches System. Der Prozeßcharakter der Unternehmungsaktivitäten*. Zürich, 1975.
- Haberfellner 1994: HABERFELLNER, Reinhard; DAENZER, Walter: *Systems engineering - Methodik und Praxis*. Hrsg.: W. F. Daenzer; F. Huber: - 8. verb. Auflage- Zürich, 1994.
- Habermas 1988: HABERMAS, J.: *Theorie des kommunikativen Handelns, Band II*. Suhrkamp Verlag, 1988.
- Hacker 2002: HACKER, W.: *Denken in der Produktentwicklung - Psychologische Unterstützung der frühen Phasen*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG & Rainer Hampp, 2002.
- Hacker 2008: HACKER, W.; STÖCKERT, H.: *Kompetenzentwicklung in der Produktentwicklung*. Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 11, 755-758, 2008.
- Hager 1998: HAGER, F.-P.: *Historisches Wörterbuch der Philosophie. Bd. 10.* Hrsg.: J.Ritter et al., 1998.
- Hall 1956: HALL, Arthur Davis; FAGEN, Robert E.: *Definition of Systems. General Systems 1.* , 1956.
- Hansen 1968: HANSEN, F.: *Konstruktionssystematik. Grundlagen für eine allgemeine Konstruktionslehre*. 3. Aufl. Berlin. Verl. Technik, 1968.
- Hars 1994: HARS, A.: *Referenzdatenmodelle: Grundlagen effizienter Datenmodellierung*. Wiesbaden: Gabler, 1994.
- Hartmann 1912: HARTMANN, Nicolai: *Philosophische Grundfragen der Biologie*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1912.
- Hauschildt 1993: HAUSCHILDT, J.: *Innovationsmanagement*. Verlag Vahlen, 1993.

- Hauschildt 1999: HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G.: *Promotoren, Champions der Innovation*. 2. erw. Auflage, Wiesbaden, 1999.
- Hayek 1996: HAYEK, F. A.: *Die Anmaßung von Wissen*. in: Neue Freiburger Studien. Tübingen, 1996.
- Heisig 2005: HEISIG, P.: *Integration von Wissensmanagement in Geschäftsprozessen..* Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin, 2005.
- Hellige 1995: HELLIGE, D.: *Hierarchische ablaufsteuerung oder kooperative Bewältigung von Problemzusammenhängen? Zur Geschichte von Modellen des Konstruktionsprozesses*. in: Kooperation in der Arbeits- und Technikgestaltung, Münster, Hamburg. Lit Verlag., 1995.
- Henderson 1935: HENDERSON, Lawrence Joseph: *Pareto's General Sociology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1935.
- Hepp 2008: HEPP, M.; DELEENHEER, P.; DEMOOR, A.: *Ontology Management: Semantic Web, Semantic Web Services and Business Applications*. 1. Auflage, Springer, 2008.
- Herbst 1999: HERBST, D.: *Interne Kommunikation*. Berlin: Cornelsen, 1999.
- Herbst 2000: HERBST, D.: *Erfolgsfaktor Wissensmanagement (1. Aufl.)*. Berlin: Cornelsen, 2000.
- Herstatt 2006: HERSTATT, C.; VERWORN, B.: *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen - Methoden - Neue Ansätze*. Gabler Verlag, 2006.
- Hoffmeister 1955: HOFFMEISTER, Johannes: *Wörterbuch der philosophischen Begriffe*. Hamburg: Meiner, 1955.
- Holland 1992: HOLLAND, J. H.: *Complex adaptive systems*. in: Daedalus 121, 1. pp17-30., 1992.
- Horkheimer 1986: HORKHEIMER, M.; ADORNO, T.W.: *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente*. Frankfurt am Main, 1986.
- Horvath 2006: HORVATH, I.: *On the differences between research in design context and design inclusive research*. In: Kim Y.S. (Ed.), Proceedings of International Design Research Symposium: International Design Research '06 (pp. 381-394). Seoul, 2006.
- Hubka 1988: HUBKA, V.; EDER, W. E.: *Theory of Technical Systems*. Springer Verlag, Berlin, 1988.
- Hubka 1992: HUBKA, V.; EDER, E.: *Einführung in die Konstruktionswissenschaft*. Springer, Berlin, 1992.
- Hubka 1996: HUBKA, V.; EDER, W. E.: *Design Science*. Springer, 1996.
- Hübner 1968: HÜBNER, K.: *Von der Intentionalität der modernen Technik*. in: *Sprache im technischen Zeitalter..* Köln : SH-Verl. ; Stuttgart ; Berlin ; Köln ; Mainz, Kohlhammer, 1961-1976, 1968.
- Hughes 1996: HUGHES, G. D.; CHAFIN, D. C.: *Turning New Product Development into a Continuous Learning*. Process. Journal of Product Innovation Management 13; p. 89-104, 1996.
- Humpert 1995: HUMPERT, A.: *Methodische Anforderungsverarbeitung auf Basis eines objektorientierten Anforderungsmodells*. Dissertation Uni-GH Paderborn, 1995.
- Hutterer 2005: HUTTERER, P.: *Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung*. Dissertation: Universität München, 2005.
- IPEK - Institut für Produktentwicklung 2006: IPEK - INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG: *Zukunft durch Forschung gestalten*. IPEK, 2006.
- Jaffe 2001: JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N.: *Technological Change and the Environment*. In: RFF (ed.): Discussion Paper. Washington, 2001.
- Janis 1982: JANIS, I.: *Groupthink. Psychological Studies of Policy Decisions and Fiascoes*. Houghton Mifflin Company; 2. Auflage, 1982.

- Jänsch 2007: JÄNSCH, J.: *Akzeptanz und Anwendung von Konstruktionsmethoden im industriellen Einsatz*. Fortschritt-Berichte VDI, 2007.
- Jetter 2005: JETTER, A.: *Produktplanung im Fuzzy Front End*. Gabler Verlag, 2005.
- Jonas 1957: JONAS, Hans: *Bemerkungen zum Systembegriff und seiner Anwendung auf Lebendiges*. Studium Generale 10, 1957.
- Jordan 1983: JORDAN, W.: *Die Diskrepanz zwischen Konstruktionspraxis und Konstruktionsmethodik*. in: Proceedings of ICED83 Vol. 2, 1983.
- Jörg 2005: JÖRG, M. A. J.: *Ein Beitrag zur ganzheitlichen Erfassung und Integration von Produktanforderungen mit Hilfe linguistischer Methoden*. Shaker Verlag, Dissertation Universität Karlsruhe (TH), 2005.
- Kablouti 2007: KABLOUTI, G.: *Vom Wissensmanagement zur Managementfunktion von Wissen: Ein systemisches Managementmodell für den wissensintensiven Wettbewerb*. Dissertation Universität St. Gallen, 2007.
- Kahn 2003: KAHN, K. B.; FRANZAK, F.; GRIFFIN, A.: *Editorial: Identification and Consideration of Emerging Research Questions*. In: Journal of Product Innovation Management, Vol.20, 3/2003, Page. 192-201, 2003.
- Kant 1781: KANT, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft*. Riga, 1781.
- Kappelhoff 1999: KAPPELHOFF, P.: *Handlungssysteme als komplexe adaptive Systeme: Überlegungen zu einer evolutionären Sozialtheorie*. in: Sammelband der Tagung: Erkenntnistheoretische Standortbestimmung der Sozialwissenschaften, Wien, 1999.
- Kempski 1964: KEMPSKI, J.: *Brechungen - Kritische Versuche zur Philosophie der Gegenwart*. Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1964.
- Kendal 2007: KENDAL, S.; GREEN, M.: *An introduction to Knowledge Engineering*. 1. Auflage, Springer, 2007.
- Kerzner 2001: KERZNER, H.: *Strategic planning for project management using a project management maturity model*. John Wiley, New York, 2001.
- Kesselring 1954: KESSELRING, F.: *Technische Kompositionslehre*. Berlin: Springer Verlag, 1954.
- Khurana 1997: KHURANA, A.; ROSENTHAL, S. R.: *Integrating the Fuzzy Front End of New Product Development*. Sloan Management Review Vol. 38 No. 2, 1997, S. 104 – 112, 1997.
- Kickermann 1995: KICKERMANN, H.: *Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen im methodischen Konstruktionsprozess*. Dissertation TU Braunschweig, 1995.
- Kieser 2002: KIESER, A.: *Organisationstheorien*. Kohlhammer, Berlin, Köln, 2002.
- Klabunde 2003: KLABUNDE, S.: *Wissensmanagement in der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung*. Gabler Verlag, 2003.
- Kläger 1993: KLÄGER, Roland: *Modellierung von Produktanforderungen als Basis für Problemlösungsprozesse in intelligenten Konstruktionssystemen*. Dissertation, Shaker Verlag Aachen, 1993.
- Klaus 1961: KLAUS, Georg: *Kybernetik in philosophischer Sicht*. Georg Klaus. - 1. Aufl. Berlin : Dietz, 1961.
- Klaus 1966: KLAUS, Georg: *Kybernetik und Erkenntnistheorie*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1966.
- Klaus 1968: KLAUS, Georg: *Wörterbuch der Kybernetik*. (Hrsg.) Dietz Verlag, 1968.

- Kliemt 1986: KLIEMT, H.: *Grundzüge der Wissenschaftstheorie*. Gustav Fischer Verlag; Stuttgart; New York, 1986.
- Klimecki 1991: KLIMECKI, R.; GILBERT, J.B.; PROBST, P.: *Systementwicklung als Managementproblem, in: Staehle, Wolfgang H. und Jürgen Sydow: Managementforschung 1*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1991.
- Koen 2001: KOEN, P. A.; ET. AL.: *Providing Clarity and a Common Language to the "Fuzzy Front End"*. Research-Technology Management, (March-April 2001): pp 46-55, 2001.
- Koen 2002: KOEN, P. A.; AJAMIAN, G. M.; BOYCE, S.: *Fuzzy front end: effective methods, tools, and techniques*. The PDMA Toolbook for New Product Development, John Wiley & Sons, New York, NY, pp.5-35., 2002.
- König 1971: KÖNIG, Gert: *Lexikon der Pädagogik*. Heinrich Rombach (Hrsg.): Freiburg: Herder, 1971.
- Kowol 1998: KOWOL, U.: *Innovationsnetzwerke*. Deutscher Universitäts-Verlag, 1998.
- Krallmann 1996: KRALLMANN, H.: *Systemanalyse im Unternehmen: Geschäftsprozeßoptimierung, partizipative Vorgehensmodelle, objektorientierte Analyse*. 2. Aufl. Oldenbourg, München/Wien, 1996.
- Krause 2007: KRAUSE, F.L.; FRANKE, H.-J.; GAUSEMEIER, J.: *Innovationspotentiale in der Produktentwicklung*. Hanser, 2007.
- Krug 1829: KRUG, Wilhelm Traugott: *Allgemeines Handwörterbuch der philosophischen Wissenschaften Bd. IV*. Leipzig: F.A. Brockhaus, 1829.
- Krünitz 1841: KRÜNITZ, Johann Georg: *Ökonomisch-technische Encyclopädie*. 1841.
- Krusche 2000: KRUSCHE, Thomas: *Strukturierung von Anforderungen für eine effiziente und effektive Produktentwicklung*. Dissertation, Verlag Mainz, Wissenschaftsverlag, Aachen, 2000.
- Kruse 1996: KRUSE, Peter J.: *Anforderungen in der Systementwicklung - Erfassung, Aufbereitung und Bereitstellung von Anforderungen in interdisziplinären Entwicklungsprojekten*. VDI Fortschrittsberichte. Reihe 20 Nr. 191. Düsseldorf: VDI Verlag, 1996.
- Kuhn 1976: KUHN, T. S.: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, 1976.
- Kurtz 2003: KURTZ, C. F.; SNOWDEN, D. J.: *The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world*. in: IBM Systems Journal, Vol. 42, No. 3., 2003.
- Kuttig 2005: KUTTIG, F.: *Verteilte kooperative Geräteentwicklung in der Mechatronik*. Dissertation. Universität München, 2005.
- Lambert 1974: LAMBERT: *Systemtheorie und Systemtechnik*. in: Händle, Frank/ Jensen, Stefan (Hrsg.); Nymphenburger Texte zur Wissenschaft. München: Nymphenburger, 1974.
- Lassmann 2006: LASSMANN, W.: *Wirtschaftsinformatik*. Gabler Verlag, 2006.
- Leifer 1991: LEIFER, E. M.: *Actors as Observers: A Theory of Skill in Social Relationships*. New York: Garland, 1991.
- Lembke 2001: LEMBKE, G.: *Die Lernende Organisation als Grundlage einer entwicklungsfähigen Unternehmung*. TECTUM Verlag Marburg, 2001.
- Lembke 1980: LEMBKE, M. L.: *Strategisches Produktmanagement*. deGruyter, 1980.
- Lenk 1971: LENK, Hans: *Philosophie im technologischen Zeitalter*. Verlag W. Kohlhammer Stuttgart Berlin Köln Mainz, 1971.

- Lenk 2008: LENK, Hans: *Von der Arbeits- zur Selbstbildungs- und Eigenleistungsgesellschaft*. universitätsverlag karlsruhe, 2008.
- Lindblom 1959: LINDBLOM, C. E.: *The Science of "Muddling Through"*. Public Administration Review, Vol. 19, No. 2 , pp. 79-88, 1959.
- Lindemann 1980: LINDEMANN, Udo: *Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt*. Fortschrittsberichte der VDI Zeitschriften 1980, 1980.
- Lindemann 2005: LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte*. Berlin: Springer, 2005.
- Lindemann 2006: LINDEMANN, Udo; PONN, J.: *Intelligent Search for Product development informations - an Ontology based approach*. In: Marjanovic, D.: 9th International Design Conference Dubrovnik, 15 - 18 May 2006. Glasgow: The Design Society, 2006.
- Lindemann 2009: LINDEMANN, Udo; MAURER, Maik; BRAUN, Thomas: *Structural Complexity Management*. Springer Verlag Berlin, 2009.
- Löffelholz 1970: LÖFFELHOLZ, Josef: *Repetitorium der Betriebswirtschaftslehre*. Wiesbaden: Gabler, 3. Aufl, 1970.
- Lossack 2006: LOSSACK, R.S.: *Wissenschaftstheoretische Grundlagen für die rechnergestützte Konstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006.
- Luchins 1959: LUCHINS, A. S.; LUCHINS, E.: *Rigidity of behavior, a variational approach to the effect of Einstellung*. Eugene, Univ. of Oregon Books, 1959.
- Ludwig 2000: LUDWIG, B.: *Management komplexer Systeme – Der Umgang mit Komplexität bei unvollkommener Information*. VDI Verlag, Düsseldorf, 2000.
- Luhmann 1984: LUHMANN, N.: *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Suhrkamp, 1984.
- Luhmann 1991: LUHMANN, N.: *Wie lassen sich latente Strukturen beobachten? In: Watzlawick P., Krieg P. (Hrsg.): Das Auge des Betrachters. Beiträge zum Konstruktivismus.*. München, 1991.
- Magee 2004: MAGEE, C.L.; DE WECK, O.L.: *Complex System Classification*. Fourteenth Annual International Symposium of the International Council On Systems Engineering (INCOSE) 2004, 2004.
- Malik 2003: MALIK, A.: *Strategie des Managements komplexer Systeme*. Bern: Haupt, 2003.
- Malik 2001: MALIK, F.: *Wissen kann man nicht managen - nur Mitarbeiter*. Welt am Sonntag, Berufswelt, 05.08.2001, S. 2, 2001.
- Matthiesen 2002: MATTHIESEN, S.: *Ein Beitrag zur Basisdefinition des Elementmodells "Wirkflächenpaare & Leitstützstrukturen" zum Zusammenhang von Funktion und Gestalt technischer Systeme*. Dissertation, Karlsruhe, 2002.
- Maturana 1980: MATURANA, H.; VARELA, F.: *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Boston: D. Reidel,, 1980.
- Maturana 1990: MATURANA, H. R.; VALERA, F. J.: *Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens.*. Goldmann, 1990.
- Mauthner 1923: MAUTHNER, Fritz: *Wörterbuch der Philosophie, 2. Auflage, S. 380.* , 1923.
- Mayer 2006: MAYER, U.: *Aufbau einer Wissenskomponente für das aspektorientierte Prozessmanagement*. Dissertation: Erlangen, 2006.

- McCarthy 1956: MCCARTHY, J.: *The Inversion of Functions Defined by Turing Machines*. In: Automata Studies, 177-181. Princeton University Press, 1956, 1956.
- McGrath 1996: MCGRATH, M. E.: *Setting the PACE in Product Development*. Butterworth-Heinemann, Burlington, 1996.
- McGrath 2004: MCGRATH, M. E.: *Next Generation Product Development: How to Increase Productivity, Cut Costs and Reduce Cycle Times*. McGraw-Hill Companies, 2004.
- Meerkamp 2007: MEERKAMP, H.: *Prozesse: eine aktuelle Herausforderung in der Produktentwicklung*. In: Konstruktion 9/07, Springer, 2007.
- Meyer 2005: MEYER, B.: *Der nicht-explizite Wissensbegriff im Wissensmanagement: Schärfung eines vagen Konstruktes (Draft)*. [http://abulifa.wiwi.hu-berlin.de/~interval/download/1108111255-nicht-explizites\\_Wissen\\_draft\\_Bmeyer.pdf](http://abulifa.wiwi.hu-berlin.de/~interval/download/1108111255-nicht-explizites_Wissen_draft_Bmeyer.pdf), 2005.
- Meyer 2006: MEYER, B.: *Der Paradigmenwechsel im Wissensmanagement: Wissensmanagement(systeme) über drei Generationen*. Diskussionspapier des Lehrstuhls Organisations- und Sozialpsychologie, Humboldt-Universität zu Berlin., 2006.
- Miller 1956: MILLER, G. A.: *Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information*. The Psychological Review, 1956, vol. 63, pp. 81-97, 1956.
- Miller 1986: MILLER, J. G.: *Can Systems Theory Generate Testable Hypothesis?: From talcot Parsons to Living theory*. Systems Research, 3, 1986.
- Morris 1938: MORRIS, C.W.: *Foundation of the theory of signs*. Chicago, 1938.
- Mühlethaler 2005: MÜHLETHALER, B.: *Wissensmanagement - Stand der Forschung und Diskussionsschwerpunkte*. Universität Bern, 2005.
- Müller-Stewens 2001: MÜLLER-STEWENS, G.; LECHNER, C.: *Strategisches Management. Wie strategische Initiativen zum Wandel führen. Der St.Galler General Management Navigator.. 2. Auflage*. Stuttgart, Schäffer-Poeschel., 2001.
- Negele 1998: NEGELE, H.: *Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung*. Herbert Utz Verlag, 1998.
- Negele 1999: NEGELE, H.; ET. AL.: *Modellung of Concurrent Engineering PRocess for integrated Systems Development*. in: Proceedings of the 9th Annual Symposium of INCOSE, UK, 1999, 1999.
- Nonaka 1991: NONAKA, I.; TAKEUCHI, H.: *The Knowledge creating Company*. Harvard Business Review, 69, November-December, 96-104, 1991.
- Nonaka 1997: NONAKA, I.; TAKEUCHI, H.: *Die Organisation des Wissens. Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. Campus, 1997.
- Nonaka 1998: NONAKA, I.; KONNO, N.: *The concept of "Ba": Building a Foundati-on for Knowledge Creation*. in: California Management Review, 40. Jg. (1998) Nr. 3, S. 40-55, 1998.
- North 1999: NORTH, K.: *Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen*. Wiesbaden, 1999.
- North 2000: NORTH, K.; ROMHARDT, K.; PROBST, G.: *Wissensgemeinschaften - Keimzellen lebendigen Wissensmanagements*. in: ioManagement Nr. 7/8, 2000.
- OECD 1996: OECD: *The Knowledge-Based Economy*. General Distribution OECD/GD (96)102. Paris, 1996.

- Ossimitz 2000: OSSIMITZ, G.: *Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen*. Profil Verlag, München, 2000.
- Ottosson 2006: OTTOSSON, S.: *Handbook in Innovation Management - Dynamic Business & Product Development*. Gothenburg, Sweden, 2006.
- Pahl 1972: PAHL, G.: *Klären der Aufgabestellung und Erarbeitung der Anforderungsliste*. VDI. Zeitschrift Konstruktion Nr. 24, 1972.
- Pahl 1997: PAHL, G.; BEITZ, W.: *Konstruktionslehre: Grundlagen Erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Springer, Berlin, 1997.
- Parsons 1951: PARSONS, T.: *Toward a General Theory of Action: Theoretical Foundations for the Social Sciences*. Harvard University Press, 1951.
- Patzak 1982: PATZAK, G.: *Systemtechnik, Planung komplexer innovativer Systeme. Grundlagen, Methoden, Techniken*. Springer, Berlin, 1982.
- Peters 1998: PETERS, Wolfgang: *Zur Theorie der Modellierung von Natur und Umwelt*. Dissertation TU Berlin, 1998.
- Pfiffner 1999: PFIFFNER, M.; STADELMANN, P.: *Wissen wirksam machen. Wie Kopfarbeiter produktiv werden*. 2. unveränd. Aufl., Bern/Stuttgart/Wien, 1999.
- Plato 1990: PLATO: *Theaitetos, Der Sophist, Der Staatsmann*. Eigler, G. (Hrsg.). (1990). Plato: Werke in acht Bänden. Bd. 6, griech./dt., bearb. von P. Staudacher (Bd. 6). Darmstadt: Wiss. Buchges. Über vier aporetisch endende Definitionen von Wissen, 1990.
- Polanyi 1985: POLANYI, M.: *Implizites Wissen*. Frankfurt, 1985.
- Popper 1935: POPPER, K. R.: *Logik der Forschung*. Springer, 1935.
- Popper 1968: POPPER, K. R.: *Was ist Dialektik?*. In: Ernst Topitsch (Hrsg.): *Logik der Sozialwissenschaften* 5, S. 262–290, 1968.
- Popper 1973: POPPER, K. R.: *Objektive Erkenntnis - Ein evolutionärer Entwurf*. Hamburg, 1973.
- Prasad 1997: PRASAD, B.: *Concurrent Engineering Fundamentals*. Volume II, Integrated Product Development, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, 1997.
- Probst 1999: PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: *Wissen managen: wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen (3. Aufl.)*. Wiesbaden: Gabler, 1999.
- Probst 2006: PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: *Wissen managen: wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen (5. Aufl.)*. Gabler Verlag, 2006.
- Pulm 2004: PULM, U.: *Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung*. Dissertation: München, 2004.
- Puntschart 2006: PUNTSCHART, I.: *Wissensaustausch über (un)moderierte Diskussionsforen*. Dissertation: Graz, 2006.
- Rammert 1989: RAMMERT, W.: *Das Innovationsdilemma: Technikentwicklung im Unternehmen*. Westdeutscher Verlag, 1989.
- Rammert 1998: RAMMERT, W.: *Was ist Technikforschung? Entwicklung und Entfaltung eines sozialwissenschaftlichen Forschungsprogramms*. In: B. Heintz/B. Nievergelt (Hrsg.): *Wissenschafts- und Technikforschung in der Schweiz*. Zürich: Seismo 1998, S. 161-193, 1998.
- Rammert 2000: RAMMERT, W.: *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 9.: Innovationen - Prozesse, Produkte, Politik*. Frankfurt/M.: Campus, 2000.

- Reinmann-Rothmeier 2001: REINMANN-ROTHMEIER, G.; MANDL, H.: *Ein pädagogisch-psychologischer Ansatz zum Wissensmanagement - ein Widerspruch in sich?*. *io management*, 11, 68-75, 2001.
- Riempp 2003: RIEMPP, G.: *Eine Architektur für integriertes Wissensmanagement*. Uhr, W. (Hrsg.): Tagungsband der WI 2003, Dresden, 2003.
- Ritter 1998: RITTER, J.; GRÜNDER, K.; GABRIEL, G.: *Historisches Wörterbuch der Philosophie. Bd. 5.* Schwabe, Basel, 1998.
- Rodenacker 1994: RODENACKER, W. G.: *Methodisches Konstruieren*. Springer, Berlin, 4. Aufl., 1994.
- Rohn 2006: ROHN, Dennis: *NASA Systems Engineering Processes and Requirements*. [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov) - A Glenn Research Center Briefing, 2006.
- Ropohl 1978: ROPOHL, G.: *Massstäbe der Technikbewertung - Vorträge und Diskussion*. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1978.
- Ropohl 1979: ROPOHL, G.: *Eine Systemtheorie der Technik - Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie*. Carl Hanser Verlag, München Wien, 1979.
- Ropohl 1999: ROPOHL, G.: *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. München: Hanser, München. 2. Aufl., 1999.
- Ropohl 2005: ROPOHL, G.: *Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode*. In: *Method(olog)ische Fragen der Inter- und Transdisziplinarität – Wege zu einer praxisstützenden Interdisziplinaritätsforschung*. Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis Nr. 2, 14. Jahrgang, 2005.
- Rosenberg 1983: ROSENBERG, N.: *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge University Press, 1983.
- Roth 1994: ROTH, K.: *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen: Konstruktionslehre*. Band 1. Springer, Berlin, 2. Auflage, 1994.
- Rupprecht 2002: RUPPRECHT, C.: *Ein Konzept zur projektspezifischen Individualisierung von Prozessmodellen*. Dissertation: Karlsruhe, 2002.
- Saak 2006: SAAK, M.: *Entwicklung eines Konzeptes und eines Prototypen für ein rechnergestütztes Werkzeug zum effizienten Einsatz der Problemlösungsmethodik „SPALTEN“*. Forschungsberichte des Instituts für Produktentwicklung, Band 23, Karlsruhe, 2006.
- SAP 2006 2007: SAP 2006; 2006: *Geschlossener Qualitätsregelkreis aus Basis von SAP, Lösungen im Qualitätsmanagement*. <http://www.sap.com/germany/industries/media/index.epx> 15.01.2007, 2007.
- Schanz 1988: SCHANZ, G.: *Methodologie für Betriebswirte*. 2. Aufl. Stuttgart. Poeschel, 1988.
- Scheer 1996: SCHEER, A.-W.: *ARIS House of Business Engineering - Konzept zur Beschreibung und Ausführung von Referenzmodellen..* Tagungsband: Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung 10. März, 1996.
- Schlitt 2003: SCHLITT, M.: *Grundlagen und Methoden für Interpretation und Konstruktion von Informationssystemmodellen*. Dissertation. Universität Bamberg, 2003.
- Schmid 1999: SCHMID, M. R.: *Wissensmanagement für den Innovationsprozeß*. Dissertation Universität Bielefeld, 1999.
- Schmidt 1951: SCHMIDT, Heinrich: *Philosophisches Wörterbuch*. Stuttgart: Körner, 11. Auflage, 1951.
- Schmidt 1992: SCHMIDT, J.: *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus*. Hrsg. Schmidt J.; Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 1992.



- Schneider 1974: SCHNEIDER, M.: *Analysis und Synthesis bei Leibniz*. Dissertation Bonn, 1974.
- Schneider 2001: SCHNEIDER, U.: *Die 7 Todsünden im Wissensmanagement. Kardinaltugenden für die Wissensökonomie*. Frankfurter Allgemeine Buch, 2001.
- Scholl 2004: SCHOLL, W.: *Innovation und Information*. Göttingen: Hogrefe, 2004.
- Schön 1992: SCHÖN, D. A.: *Designing as Reflective Conversation with the Materials of a Design Situation*. in: *Research in Engineering Design* (1992) 3, p. 131-147, 1992.
- Schopp 2002: SCHOPP, B.: *Logische Architektur integrierbarer Wissensmedien am Beispiel einer virtuellen Akademie*. Dissertation, Universität St. Gallen, 2002.
- Schregenberger 1980: SCHREGENBERGER, J. W.: *Methodenbewusstes Problemlösen, Ein Beitrag zur Ausbildung von Konstrukteuren, Beratern und Führungskräften*. ETH Zürich, 1980.
- Schreiber 2000: SCHREIBER, G.; AKKERMANN, H.; ANJEWIERDEN, A.: *Knowledge engineering and Management: The CommonKADS Methodology*. MIT Press, 2000.
- Schreyögg 2003: SCHREYÖGG, G.; GEIGER, D.: *Kann die Wissensspirale Grundlage des Wissensmanagements sein?*. Diskussionsbeitrag Nr. 20 des Instituts für Management der Freien Universität Berlin, 2003.
- Schumpeter 1997: SCHUMPETER, J. A.: *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: eine Untersuchung über Unternehmerrisiko, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*, 9. Aufl.. Berlin, 1997.
- Schumpeter 1961: SCHUMPETER, J.A.: *Konjunkturzyklen, Band I*. Göttingen, 1961.
- Schütt 2000: SCHÜTT, P.: *Wissensmanagement*. Stuttgart, 2000.
- Schütt 2000a: SCHÜTT, P.: *Die richtige Balance zwischen stillem und explizitem Wissen*. *Praxis Wissensmanagement* 4/00, 2000a.
- Schütt 2003: SCHÜTT, P.: *Die dritte Generation des Wissensmanagements*. *KM-Journal* 1, 2003: S.1-7, 2003.
- Schütt 2003: SCHÜTT, P.: *The post-Nonaka Knowledge Management*. *Journal of Universal Computer Science*, vol. 9, no. 6 (2003), 451-462, 2003.
- Schütte 1998: SCHÜTTE, R.: *Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung: Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle*. Dissertation: Gabler, Wiesbaden, 1998.
- Schwaber 2007: SCHWABER, K.: *SCRUM Development Process*. <http://jeffsutherland.com/oops/schwabpub.pdf>, 2007.
- Schwanninger 1999: SCHWANINGER, M.: *Intelligente Organisationen - Konzepte für turbulente Zeiten auf der Grundlage von Systemtheorie und Kybernetik*. Berlin: Duncker & Humblot, 1999.
- Seidel 2005: SEIDEL, M.: *Methodische Produktplanung - Grundlagen, Systematik und Anwendung im Produktentstehungsprozess*. Reihe Informationsmanagement im Engineering Karlsruhe, 2005.
- Selke 2006: SELKE, A.: *Informationsmanagement in schnell wachsenden Unternehmen*. Schriftenreihe Personal- und Organisationsentwicklung Band 4, Herausgeber: Prof. Dr. Ekkehart Frieling. kassel university press GmbH, Kassel, 2006.
- Serenko 2004: SERENKO, A.; BONTIS, N.: *Meta-Review of Knowledge Management and Intellectual Capital Literature*. *Knowledge and Process Management* Volume 11 Number 3 pp 185–198, 2004.
- Shannon 1976: SHANNON, C. E.; WEAVER, W.: *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*. München, 1976.

- Shannon 1948: SHANNON, C.E.: *A Mathematical Theory of Communication*. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423, 623-656, July, October, 1948, 1948.
- Siebel 2001: SIEBEL, W.; IBERT, O.; MAYER, H.: *Staatliche Organisation von Innovation: Die Planung des Unplanbaren unter widrigen Umständen durch einen unbegabten Akteur*. In: Leviathan 29. Jg., Heft 4 (Dzember), S. 526 – 543, 2001.
- Simon 1962: SIMON, H. A.: *The Architecture of Complexity*. Proceedings of the American Philosophical Society 156: 467-482., 1962.
- Simon 1972: SIMON, H. A.: *Theories of Bounded Rationality*. in: C. B. Radner und R. Radner (Hrsg.): *Decision and Organization*, Amsterdam, 1972.
- Simon 1973: SIMON, H. A.: *The Structure of Ill Structured Problems*. in: *Journal of Artificial Intelligence*; Vol. 4, Nr. 3, Pages 181-201, 1973.
- Simon 1994: SIMON, H. A.: *Die Wissenschaften vom Künstlichen*. Springer Verlag: Wien, 1994.
- Smith 1765: SMITH, Adam; FAULCHE: *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Faulche, Bd. 15, 1765.
- Snowden 2000: SNOWDEN, D.: *The ASHEN-Model an enabler of action*. Knowledge Management, Band 3, 7/2000, S. 14-17, 2000.
- Snowden 2002: SNOWDEN, D.: *Complex Acts of Knowing – Paradox and Descriptive Self-Awareness*. In: *Journal of Knowledge Management*, 6. Jg. 2002, Nr. 2, S. 100-111, 2002.
- Speck 1980: SPECK, J.: *Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe*. Hrsg. Speck J.,Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1980.
- Spranger 1945: SPRANGER, Eduard: *Psychologie des Jugendalters, 10. Auflage S. 8. , 1945*.
- Staab 2004: STAAB, S. G.; STUDER, R.: *Handbook on Ontologies*. Springer, 2004.
- Stachowiak 1969a: STACHOWIAK, H.: *Kybernetik*. In: Grochla, E. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Organisation*. Stuttgart, 1969a.
- Stachowiak 1969b: STACHOWIAK, H.: *Denken und Erkennen im kybernetischen Modell*. Wien - New York, 1969b.
- Stachowiak 1973: STACHOWIAK, H.: *Allgemeine Modelltheorie*. Springer Verlag: Wien, 1973.
- Stachowiak 1983: STACHOWIAK, H.: *Modelle - Konstruktion der Wirklichkeit*. München, 1983.
- Steinbuch 1963: STEINBUCH, K.: *Automat und Mensch. Kybernetische Tatsachen und Hypothesen..* Berlin - Göttingen - Heidelberg, 1963.
- Steinbuch 1970: STEINBUCH, K.: *Philosophie und Kybernetik*. München: Nymphenburger, 1970.
- Steinmeier 1999: STEINMEIER, E.: *Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells- Einsatz in der PKW- Entwicklung*. Shaker Verlag, 1999.
- Stock 2000: STOCK, W.: *Informationswirtschaft. Management externen Wissens*. München, Wien: Oldenbourg, 2000.
- Sure 2002: SURE, Y.; STUDER, R.: *On-To-Knowledge Methodology*. Universität Karlsruhe, 2002.
- Takeuchi 1986: TAKEUCHI, H.; NONAKA, I.: *The New New Product Development Game*. Harvard Business Review S. 2-10 Jan 1, 1986, 1986.
- Taylor 1913: TAYLOR, F. W.: *Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung*. München, Berlin: Oldenbourg, 1913.

- Thommen 1996: THOMMEN, J.-P.: *Betriebswirtschaftslehre Band 3: Personal, Organisation, Führung, Spezielle Gebiete des Managements*. Versus; Auflage: 4. Aufl., 1996.
- Trendelenburg 1840: TRENDELENBURG, Friedrich Adolf: *Logische Untersuchungen Bd. 1*. Leipzig, 1840.
- Ulmann 1973: ULMANN, G.: *Kreativitätsforschung*. Köln: Verlag Kiepenheuer & Witsch, 1973.
- Ulrich 1988: ULRICH, H.; PROBST, G. J.: *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln*. 2. Auflage, Stuttgart/Bern, Haupt, 1988.
- Ulrich 2001: ULRICH, H.: *Systemorientiertes Management*. Haupt Verlag, Bern, 2001.
- Uschold 1995: USCHOLD, M.; KING, M.: *Towards a Methodology for Building Ontologies*. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, 1995.
- Uschold 1996: USCHOLD, M.; GRUNINGER, M.: *Ontologies: Principles, methods and applications*. Knowledge Engineering Review, 11(1996) Nr. 2., 1996.
- Vahs 2005: VAHS, D.; BURMESTER, R.: *Innovationsmanagement*. Schäffer-Poeschel; 3. Auflage, 2005.
- Van de Ven 1999: VAN DE VEN, A. H.; ET AL.: *The Innovation Journey*. Oxford University Press, 1999.
- van Wyk 1984: VAN WYK, Rias J.: *Panamoric Scanning and the Technological Environment*. Technovation 2(2), 1984.
- VDA 2006: VDA: *Abwicklung von Qualitätsdaten, Quality Data eXchange, Handbuch zum QDX Standard*. <http://www.vda-qmc.de> 15.11.2006, 2006.
- VDA 2007: VDA: *Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie Präventive Qualitätsmanagement-Methoden in der Prozesslandschaft. Band 14*. Stand: 01.05.2007 - GELBDRUCK -, 2007.
- VDI 2206 2004: VDI 2206: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. Beuth Verlag, 2004.
- VDI 2220 1980: VDI 2220: *Produktplanung. Ablauf, Begriffe und Organisation*. VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 1980.
- VDI 2221 1993: VDI 2221: *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Beuth Verlag, 1993.
- VDI 2222 1997: VDI 2222: *Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien*. VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 1997.
- VDI 2223 2004: VDI 2223: *Methodisches Entwerfen technischer Produkte*. VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 2004.
- VDI 2243 2002: VDI 2243: *Recyclingorientierte Produktentwicklung*. VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 2002.
- VDI 5610 2008: VDI 5610: *Wissensmanagement im Engineering: Grundlagen Konzepte, Vorgehen*. VDI Verlag, Düsseldorf, 2008.
- Vernon 1966: VERNON, R.: *International investment and international trade in the product cycle*. in: Quarterly Journal of Economics, Jg.80, S.190-207, 1966.
- Verworn 2005: VERWORN, B.: *Die früher Phasen der Produktentwicklung*. Gabler Verlag, 2005.
- Vester 1980: VESTER, F.; HESLER, A.: *Sensitivitätsmodell*. Frankfurt a. M.: Regionale Planungsgemeinschaft, 1980.
- Vester 2007: VESTER, Frederic: *Die Kunst vernetzt zu denken*. Deutscher Taschenbuch Verlag; München, 2007.

- V-Modell 97 1997: V-MODELL 97: *Modell Entwicklungsstandard für IT - Systeme des Bundes*. <http://www.v-modell.iabg.de>, 1997.
- Voß 2003: VOß, J.-P.: *Innovation - An integrated concept for the study of transformation in electricity systems*. Veröffentlichung aus dem bmbf Projekt TIPS: Transformation and Innovation in Power Systems, 2003.
- Wahren 2004: WAHREN, H.: *Erfolgsfaktor Innovation*. Springer, Berlin, 2004.
- Walch 1775: WALCH, Johann Georg: *Philosophisches Lexicon*. Leipzig: Gleditz, 1775.
- Walker 1996: WALKER, Wolfgang: *Abenteuer Kommunikation. Bateson, Perls, Satir, Erickson und die Anfänge des Neurologischen Programmierens*. Klett-Cotta, Stuttgart, 1996.
- Wallas 1927: WALLAS, G.: *The art of thought*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1927.
- Ward 2007: WARD, Allen C.: *Lean Product and Process Development*. The Lean Enterprise Institute, Inc., 2007.
- Warnecke 1996: WARNECKE, G.; ET AL.: *Aufbau und Anwendung eines integrierten Prozessmodells für die Produktion*. In: *Industrie Management* 12 (1996) 5, S. 21-25, 1996.
- Watty 2006: WATTY, R.: *Methodik zur Produktentwicklung in der Mikrosystemtechnik*. Dissertation, Universität Stuttgart, 2006.
- Wegehaupt 2004: WEGEHAUPT, P.: *Führung von Produktionsnetzwerken*. Dissertation RWTH Aachen, 2004.
- Weick 1982: WEICK, K. E.: *Management of Organizational Change among Loosely Coupled Elements*. in: Goodman, P. S. (Hrsg.): *Change in Organizations*, San Francisco, 1982.
- Weigt 2008: WEIGT, Markus: *Systemtechnische Methodenentwicklung*. Dissertation: universitätsverlag Karlsruhe, 2008.
- Weilkiens 2006: WEILKIENS, Tim: *Systems Engineering mit SysML/UML Modellierung, Analyse, Design*. dpunkt.verlag, Heidelberg, 1. Auflage, 2006.
- Weiß 2006: WEIß, S.: *Konzept und Umsetzung eines Navigators für Wissen in der Produktentwicklung*. Fortschritt-Berichte VDI, 2006.
- Weizsäcker 1979: WEIZSÄCKER, C. F. von: *Die Einheit der Natur*. München, 1979.
- Weizsäcker 1985: WEIZSÄCKER, C. F. von: *Aufbau der Physik*. München, 1985.
- Welp 2007: WELP, E. G.; LABENDA, P.: *Usage of Ontologies and Software Agents for Knowledge Based Design of Mechatronic Systems*. Int. Conference on Engineering Design ICED'07, Paris, France, 2007.
- Wenzel 2003: WENZEL, S.: *Organisation und Methodenauswahl in der Produktentwicklung*. Herbert Utz Verlag, 2003.
- Werner 2006: WERNER, Götz: *Führung für Mündige - Subsidiarität und Marke als Herausforderung für eine moderne Führung*. Universitätsverlag Karlsruhe, 2006.
- Westkämper 1998: WESTKÄMPER, E.; BALVE, P.; WIENDAHL, H.-H.: *Auftragsmanagement in wandlungsfähigen Unternehmensstrukturen*. In: *PPS-Management* 3 (1998), Nr. 1, Seite 22-26, 1998.
- Wiener 1948: WIENER, N.: *Cybernetics: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press, 1948.

- Wiener 1961: WIENER, N.: *Cybernetics: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press. 2. Auflage, 1961.
- William 2007: WILLIAM, C. W.: *Scrum Development Process*. <http://xp123.com/xplor/xp0401/Scrum-dev.pdf>, 2007.
- Willke 1993: WILLKE, H.: *Systemtheorie: Eine Einführung in die Grundprobleme der Theorie sozialer Systeme, 4. Aufl.*. Stuttgart, Jena: Fischer, 1993.
- Willke 1998: WILLKE, H.: *Organisierte Wissensarbeit*. In: Zeitschrift für Soziologie, 3, Jahrgang 27, Bielefeld, 1998.
- Willke 1998a: WILLKE, Helmut: *Wissensarbeit in intelligenten Organisationen*. in: Forschung an der Universität Bielefeld 18, 1998a.
- Winkelmann 2007: WINKELMANN; HACKER, W.: *Unterstützungsmöglichkeiten der Produktentwicklung: Welche Veränderungen am Ergebnis löst das fragengestützte Nachdenken über eigene Lösungen aus?*. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 61, 11-21, 2007.
- Winkelmann 2007: WINKELMANN; HACKER: *Unterstützungsmöglichkeiten der Produktentwicklung*. Zeitschrift fuer Arbeitswissenschaft: Heft 61; Seiten11-21, 2007.
- Winter 2000: WINTER, A.: *Referenz-Metaschema für visuelle Modellierungssprachen*. Dissertation, Universität Koblenz-Landau, 2000.
- Winter 1964: WINTER, S. G.: *Economic Natural Selection and the Theory of the Firm*. Yale Economic Essays, 4, 225-272, 1964.
- Wissler 2005: WISSLER, Frank Eugen: *Ein Verfahren zur Bewertung technischer Risiken in der Phase der Entwicklung komplexer Serienprodukte*. Berichte aus dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) Stuttgart, 2005.
- Witte 1973: WITTE, E.: *Organisation für Innovationsentscheidungen: Das Promotren Modell*. Göttingen: Otto Schwartz, 1973.
- Wittgenstein 1994: WITTGENSTEIN, L.: *Tractatus logico-philosophicus. Logischphilosophische Abhandlung*. 24. Auflage Frankfurt a.M., 1994.
- Wögerbauer 1943: WÖGERBAUER, H.: *Die Technik des Konstruierens*. München: Oldenburg-Verlag, 1943.
- Wohland 2007: WOHLAND, G.; WIEMEYER, M.: *Denkwerkzeuge für dynamische Märkte*. Monsenstein und Vannerdat, 2007.
- Wolf 1999: WOLF, T.; DECKER, S.; ABECKER, A.: *Unterstützung des Wissensmanagements durch Informations- und Kommunikationstechnologie*. in: Hrsg.: Scheer A.-W.; Electronic Business Engineering. 4. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 1999. Heidelberg: Physica-Verlag, 1999.
- Wolff 1750: WOLFF, Christian: *Philosophia moralis sive ethica*. 1750.
- Wolff 1716: WOLFF, Christian: *Mathematisches Lexicon*. Leipzig: Gleditsch 1716.
- Wynn 2009: WYNN, David; ALBERS, Albert; BRAUN, Andreas: *Contact and Channel Modelling to support the design of technical systems*. erscheint in: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED'09, 2009.
- Zangemeister 1973: ZANGEMEISTER, Christof: *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik - Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen*. Wittemannsche Buchhandlung - München; 3. Aufl., 1973.

- Zedler 1744: ZEDLER, Johann Heinrich: *Grosses vollständiges Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste, welche bishero durch menschlichen Verstand und Witz erfunden und verbessert worden. Bd. 21.* Leipzig und Halle., 1744.
- Zemanek 1968: ZEMANEK, H.: *Formal Aspects of Cybernetics. Manuskript zum XIV. Internationalen Kongress für Philosophie..* Wien (Kolloquium VI), 1968.
- Zemanek 1968[2]: ZEMANEK, H.: *Auffassungen der Kybernetik.* In: Moser, S. Schmidt, S. j. (Hrsg.): *Information und Kommunikation.* München, 1968[2].
- Züst 2006: ZÜST, Reiner; TROXLER, Peter: *No More Mudling Through - Mastering Complex Projects in engineering and Management.* Springer, 2006.
- Zwicker 1998: ZWICKER, Ekkehard: *Unterstützung der Unternehmensübergreifenden Produktentwicklung durch den Einsatz Moderner Informationstechnologie.* Dissertation, ETH Zürich, 1998.

## 7 Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Oerding, Jochen Andreas  
Geburtsdatum: 24. Februar 1978  
Geburtsort: Heidelberg am Neckar  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: Verheiratet, zwei Kinder  
Wohnort: Ludwigsburg

### Studium

11/2003 - 04/2004: Diplomarbeit bei der Dr.-Ing. Dr. h.c. F. Porsche AG  
10/2000 – 04/2004: Fachrichtung Produktionstechnik  
10/1998 – 04/2004: Maschinenbaustudium an der Universität Karlsruhe (TH)  
Abschluss als Diplomingenieur

### Berufstätigkeit

Seit 05/2009: Vorentwicklung Motorgeräte  
ANDREAS STIHL AG & Co. KG  
Bis 04/2009: Gruppenleiter Entwicklungsmethodik und Entwicklungsmanagement  
Institut für Produktentwicklung  
Universität Karlsruhe (TH)