

Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse

Band 20

Entscheiden in komplexen Systemen

Wissenschaftliche Jahrestagung der
Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik
vom 29. und 30. September 2000 in Mannheim

Herausgegeben von

Peter Milling



Duncker & Humblot · Berlin

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-50683-5>

Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-12-18 04:15:34
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse

Bemerkungen der Herausgeber zu den Zielen der Reihe

Der Titel der Reihe ist als Programm gedacht. Ihr Anliegen ist es, die Volkswirtschaft und die Unternehmung mit dem Systemansatz zu untersuchen. Dieser Ansatz ist in den Wirtschaftswissenschaften dadurch gekennzeichnet, daß er die Unternehmung und die Volkswirtschaft als Systeme betrachtet und sich systemtheoretischer Modelle und Methoden bedient.

Die Theorie dynamischer Systeme, die häufig auch als Kybernetik bezeichnet wird, umfaßt 1. die Informationstheorie (= Semiotik), 2. die Kontrolltheorie und 3. die Automatentheorie.

Der Schwerpunkt wirtschaftskybernetischer Analysen liegt (bisher) im Bereich der Kontrolltheorie. Denn die *klassische Regelungstheorie* und -*technik* sowie die *moderne Variationsrechnung* bieten hervorragende Grundlagen für die Analyse ökonomischer Systeme.

Ein erstes Anliegen dieser Reihe ist, die Systemanalyse auf alle (ökonomischen) Entscheidungsprozesse und Koordinationsmechanismen auszuweiten. Das hierzu notwendige Gespräch über die Trennungslinien der sozialwissenschaftlichen Fächer hinweg soll gefördert werden.

Ein zweites Motiv dieser Reihe ist, das Wissen über Struktur und Prozesse in Wirtschaft und Verwaltung mit Hilfe der Systemtheorie zu erweitern. Die Kybernetik hat sich nämlich in den letzten Jahren zu einer Grundlagenwissenschaft entwickelt und bildet hierfür eine gute Ausgangsbasis. Auf dem Wege zu einer Wirtschaftskybernetik werden noch viele Aufgaben umformuliert oder neu gestellt und geklärt werden müssen. Dazu soll diese Reihe als Gesprächsform dienen.

Entscheiden in komplexen Systemen

Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse

Herausgegeben von

Prof. Dr. Jörg Baetge, Münster/Westfalen
Prof. Dr. Heribert Meffert, Münster/Westfalen
Prof. Dr. Karl-Ernst Schenk, Hamburg
Prof. Dr. Bernd Schiemenz, Marburg

Band 20

Entscheiden in komplexen Systemen

Wissenschaftliche Jahrestagung der
Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik
vom 29. und 30. September 2000 in Mannheim

Herausgegeben von

Peter Milling



Duncker & Humblot · Berlin

Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik e. V.
Frankfurt am Main
Sekretariat: Institut für Textil- und Verfahrenstechnik
Postfach
D-73766 Denkendorf
Tel. ++ 49 711 93 400
Fax ++ 49 711 93 40 297

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Entscheiden in komplexen Systemen : vom 29. und 30. September 2000
in Mannheim / Hrsg.: Peter Milling. – Berlin : Duncker und Humblot, 2002
(Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und
Sozialkybernetik ; 2000)
(Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse ; Bd. 20)
ISBN 3-428-10683-0

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen
Wiedergabe und der Übersetzung, für sämtliche Beiträge vorbehalten
© 2002 Duncker & Humblot GmbH, Berlin
Fotoprint: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin
Printed in Germany

ISSN 0720-6992
ISBN 3-428-10683-0

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier
entsprechend ISO 9706 ☺

Vorwort

Kybernetik und Systemforschung sind am Industrieseminar der Universität Mannheim seit langen Jahren zuhause; seit etwa 1967 steht dieses Feld im Fokus der Forschung, ist aber auch wesentlicher Bestandteil der Lehre. Die frühe Beschäftigung mit diesem Ansatz ist das Resultat des häufig mangelhaften Realitätsbezuges formaler Modellbildung und -analyse bei den „klassischen“ Verfahren. Da die Annahmen der typischen Operations-Research-Methoden nur schwer mit den realen Anforderungen an die Entscheidungsunterstützung insbesondere auf der Ebene der Unternehmenspolitik in Einklang zu bringen waren und sind, machte dies die Suche nach anderen Wegen erforderlich, um mit den Charakteristika relevanter Realprobleme sachgerecht umgehen zu können.

Die Beschäftigung mit Dynamik und Komplexität führt nahezu zwangsläufig zu der Begegnung mit Kybernetik und Systemforschung. Versuche, die bei der Unternehmensführung auftretende Komplexität zu reduzieren, haben sich als problematisch oder gar als untauglich erwiesen. Stattdessen gilt es, das benötigte Handlungsrepertoire aufzubauen, um innerhalb einer komplexen Umwelt erfolgreich agieren aber auch reagieren zu können. Kybernetik und Systemforschung – insbesondere in der Ausprägung von System Dynamics – bieten die grundlegenden Konzepte, um diese Sachverhalte verstehen und untersuchen zu können. Sie stellen auch die Methoden zur Verfügung, Entscheidungen in komplexen Systemen zu unterstützen und den Zusammenhang zwischen komplizierten Strukturen und Systemverhalten erfahrbar zu machen.

System Dynamics, das für sich den Status einer allgemeinen Systemtheorie reklamiert, wurde in Europa nahezu zeitgleich in England, an der Universität Bradford, und in Deutschland, an der Universität Mannheim, heimisch. Der damalige Inhaber des Lehrstuhls für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Industrie, Gert v. Kortzfleisch, verbrachte ein Forschungssemester an der Sloan School of Management des Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) und traf dort auf den Pionier der Anwendung von Rückkopplungskonzepten, formalen Entscheidungsmodellen und der Computersimulation bei Managementproblemen, Jay W. Forrester. Dies war der Beginn einer langen, fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen den System-Dynamics-Gruppen am M.I.T. sowie in Mannheim und der Nukleus einer sich erfreulich entwickelnden internationalen Forschergemeinschaft.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht überraschend, dass Jay W. Forrester einen seiner frühen Ehrendoktorgrade von der Universität Mannheim erhalten hat; 1979 wurden Forrester von der Fakultät für Betriebswirtschaftslehre Titel und Würde eines Dr. rer. pol. h. c. verliehen – eine Auszeichnung, die heute eine aus fast einem Dutzend verschiedener Ehrendoktorwürden hochrenomierter Universitäten ist.

Mit dem vorliegenden Band setzt die Gesellschaft für Wirtschafts- und Soziokybernetik die Tradition fort, die Vorträge ihrer wissenschaftlichen Tagungen in einer Publikation zusammenzufassen und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. „Entscheiden in komplexen Systemen“ war das Thema der Veranstaltung, die vom 29. und 30. September 2000 an der Universität Mannheim stattfand und die auf erfreuliche Resonanz stieß. Die Referate verdeutlichten Aktualität und Lösungsmächtigkeit kybernetischer Überlegungen; sie spiegeln die Heterogenität der teilnehmenden Institute und Referenten wider.

Unterstützt wurden Vorbereitung und Durchführung der Tagung durch die Prechel-Stiftung der Universität Mannheim sowie durch die BASF AG, Ludwigshafen, die Audi AG, Ingolstadt, und die Stadt Mannheim. Allen Donatoren sei herzlich gedankt; ohne ihre Hilfe wäre die Ausrichtung der Veranstaltung kaum möglich gewesen.

Dank gilt auch den Mitarbeitern des Industrieseminars, die sich in bewundernswerter Weise neben ihren sonstigen Verpflichtungen für den Erfolg der Tagung eingesetzt bzw. ihn durch ihr Engagement erst ermöglicht haben. Stellvertretend für ein harmonierendes Team sind hier Herr Dipl.-Ing. Joachim Stumpfe und Frau Dipl.-Hdl. Sandra Gillhart zu nennen, die die Hauptlast der gesamten Vorbereitung und der Durchführung der Tagung schulterten. Herr Dr. Andreas Größler zeichnete für die Betreuung der Beiträge des Tagungsbandes verantwortlich.

Mannheim, im Frühjahr 2002

Peter Milling

Inhaltsverzeichnis

Peter Milling

Kybernetische Überlegungen beim Entscheiden in komplexen Systemen 11

David C. Lane and Elke Husemann

Steering Away From Scylla, Falling Into Charybdis: The importance
of recognising, simulating and challenging reinforcing loops in social
systems 27

Systemdenken und Systemsimulation

Markus Schwaninger und Peter Hechenblaickner

Planung aus der Sicht der neuen Kybernetik 69

Martin Liehr

Zur Verwendbarkeit von Systemarchetypen: Systemdenken vs.
Systemsimulation 89

Jürgen Strohhecker

Erklärungsansätze für die Logik des Scheiterns von
Unternehmensveränderungen 107

Bülent Akin

Simulation von taktischen Gestaltungsentscheidungen des Produktions-
managements mit System Dynamics – Dargestellt am Beispiel der
Bevorratungsebenenwahl 127

Achim Korten

Integration des ressourcen- und des marktorientierten Ansatzes
in einem System – Dynamics – Modell 151

Günther Ossimitz

Systemisches Denken braucht systemische Darstellungsmittel 161

Kybernetische Ansätze zur Entscheidungsunterstützung

Bernd Schiemenz

Rekursive Strukturen und Problemlösungen	175
--	-----

Bernhard Kroll

Frühwarnung und Gegensteuerung in Wirtschaftssystemen	195
---	-----

Patrick Balve

Das Modell wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme als Analyse- und Gestaltungsrahmen in Veränderungsprozessen	207
---	-----

Vojko Potocan, Matjaz Mulej und Stefan Kajzer

Standardisierung der Entscheidungsprozesse in komplexen und komplizierten Geschäftssystemen: zwischen der echten und der scheinbaren Ganzheitlichkeit	221
---	-----

Rolf Pfeiffer

Die Findung des besten Unternehmens in einem Benchmarking-Wettbewerb ..	235
---	-----

Heinz Grote

Hohe Produktivität in selbstorganisierten Organisationsstrukturen – Komplexitätsbeherrschung mit Managementkybernetik	243
---	-----

Jan Westphal

Organisationskybernetik in der Produktionslogistik	257
--	-----

Lernen und Wissensmanagement in Organisationen

Andreas Größler und Frank Mickeler

Simulation verschiedener Formen organisationaler Lernprozesse	273
---	-----

Falko E. P. Wilms

Multipersonelle Konstruktion von Wirkungsgefügen	287
--	-----

Ubaldo Bilello

Verarbeitung von Wissen in Organisationen	303
---	-----

Ricarda B. Bouncken

Wissensmanagement bei Kompetenzzentren der Transnationalen Unternehmung	315
---	-----

Komplexitätsbewältigung in wirtschaftlichen und sozialen Systemen*Manfred Stütgen*

Komplexe adaptive Systeme – oder was wir von der Komplexitätstheorie für die Organisation von Unternehmen lernen können 333

Rainer Schwarz und Joachim Schreyer

Modellexperimente für Produktentwicklungsprozesse in der Autoindustrie mittels GERT-Netzwerken 349

Thomas Spengler und Marcus Schröter

Systemdynamische Ansätze für ein stoffstrombasiertes Supply Chain Management – dargestellt am Beispiel der Elektronikindustrie 361

Martin Fischer

Balanced Scorecard: Ein Instrument zur Komplexitätsbewältigung? 377

Norbert Brachthäuser

Entscheidungen unter den Sachzwängen der Volkswirtschaftssysteme 393

Kybernetische Überlegungen beim Entscheiden in komplexen Systemen

Von *Peter Milling*

A. Kybernetik und Systemforschung zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen

Sowohl in der akademischen Forschung und Lehre als auch bei der praktischen Entscheidungsfindung in Unternehmen oder anderen Systemen gilt es, diejenige Methode auszuwählen, die für die spezifische Fragestellung die geeignete ist. Dabei scheint die Konzentration auf drei Aspekte angebracht: Problemcharakteristika, Ziel und Zweck der Untersuchung sowie Lösungsmächtigkeit verfügbarer Methoden. Sie weisen den Weg, welche Verfahren zur Lösung welcher Probleme zur Verfügung stehen und entsprechend heranzuziehen sind (Abbildung 1).

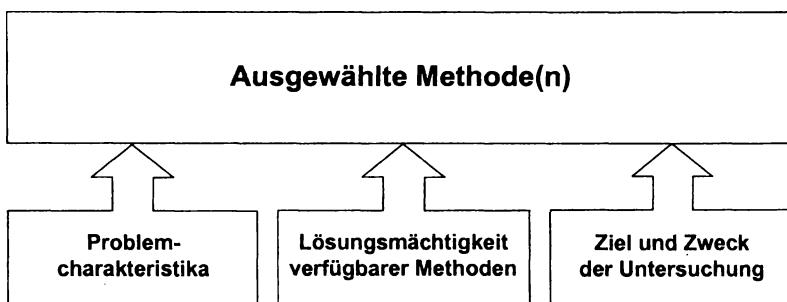


Abbildung 1: Determinanten der Methodenwahl

Problemcharakteristika. Als typisches Merkmal von Entscheidungssituationen, wie sie sich in der Technik, der Unternehmensführung und anderen Bereichen finden, ist der Begriff der Komplexität zu nennen. Hierunter wird meist eine große Anzahl von Elementen – der Aspekt der Varietät –, deren vielfältige Verknüpfungen – der Gesichtspunkt der Konnektivität – sowie ihre nichtlinea-

ren und häufig zeitverzögerten Beziehungen – die Frage der Funktionalität – verstanden.¹ Abbildung 2 veranschaulicht diese Dimensionen des Komplexitätsbegriffs. Die Komplexität der zu führenden bzw. zu gestaltenden Systeme führt unmittelbar zu dem „law of requisite variety“, das den Einsatz einer Problemlösungsmethode fordert, die varietätsmäßig mit der realen Problemstellung korrespondiert.²

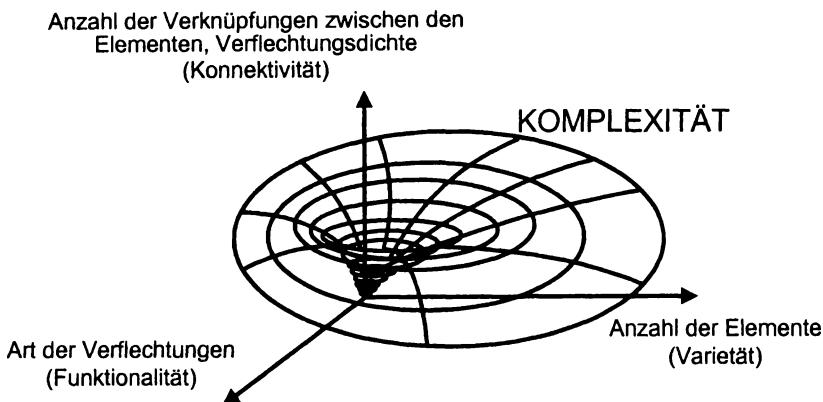


Abbildung 2: Dimensionen des Komplexitätsbegriffs

Solchermaßen beschriebene Systeme sind u. a. dadurch gekennzeichnet, dass sie kein intrinsisches Gleichgewicht haben, nicht den klassischen, ökonomischen Überlegungen der perfekten Information genügen und nicht durch rationales Verhalten determiniert sind. Es ist z. T. überhaupt nicht möglich, bei komplexen Systemen Systemrationalität anzunehmen, weil die große Anzahl der Variablen, die Art ihrer Verknüpfung und die daraus resultierende Dynamik solches Verhalten begrenzen.³

Ziel und Zweck der Untersuchung. Systeme zur Entscheidungsunterstützung sollten danach streben, die konkrete Situation zu erklären und ein bestimmtes beobachtetes Verhalten zu verstehen; nicht das Generieren irgendeiner Lösung,

¹ Vgl. Peter Milling: Systemtheoretische Grundlagen zur Planung der Unternehmenspolitik, Berlin 1981, S. 91 ff.; P. N. Murphy: Complex Societal Problem Solving, A Possible Set of Methodological Criteria, in: Systems Research and Behavioral Science, Vol. 17 (2000), Nr. 1, S. 73–101.

² Siehe W. Ross Ashby: An Introduction to Cybernetics, New York 1958, S. 202 ff.

³ Vgl. u. a. Herbert A. Simon: The New Science of Management Decision, revised edition, Englewood Cliffs, N. J. 1977; derselbe: Models of Bounded Rationality, Cambridge, Mass. 1982.

bei der unklar bleibt, warum ein bestimmtes Verhalten eintritt, ist ihr Ziel. Gezielt entschieden, gesteuert und kontrolliert werden kann nur, wenn verstanden wird, warum das System in bestimmter Art und Weise reagiert. Das verlangt nicht, in allen technischen Einzelheiten unterrichtet zu sein. Ein Autofahrer muss nicht verstehen, wie ein Antiblockiersystem (ABS) oder ein elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) funktioniert, aber er sollte wissen, was es bewirkt, wie es einzusetzen ist, wann und wie es gegebenenfalls zu aktivieren bzw. deaktivieren ist.

Effektive Systeme der Entscheidungsunterstützung führen zu einem „Prämissen-Sharing“. Interessenkonflikte, unterschiedliche Ziele und Werte werden aufgegriffen und transparent gemacht, um die Subjekte, die in den Entscheidungsprozess einbezogen sind, zu einem gemeinsamen Wertesystem, zu gemeinsamen Entscheidungsprämissen kommen zu lassen. Auf dieser Basis soll eine sinnvoll strukturierte Entscheidungsunterstützung Szenarien generieren und Antwort geben auf die Frage, was passiert, wenn ...? Was passiert, wenn der größte Kunde ausfällt oder der wichtigste Zulieferer plötzlich nicht liefern kann oder der Preis für einen zentralen Produktionsfaktor sich verdoppelt? Antworten auf solche und ähnliche Fragen bilden die Voraussetzungen sinnvoller Entscheidungsprozesse.

Und schließlich geht es bei der Entscheidungsunterstützung um Handlungskonzepte, nicht um das Studieren und Analysieren als Selbstzweck, sondern darum, zu beeinflussen und zu gestalten. Durch Erklären und Verstehen von beobachteten Problemsituationen und Verhaltensformen sollen Entscheidungsträger in die Lage versetzt werden, vorausschätzen, zumindest teilweise prognostizieren zu können, wie bestimmte Aktionen sich in der Realität auswirken werden. Es muss im Vorhinein bewusst sein, dass Maßnahmen gewisse Konsequenzen nach sich ziehen – diese Kausalitäten müssen nicht notwendigerweise bis in alle Details gesehen werden, zumindest aber in der Richtung und in der Größenordnung. Die Reaktionen der Handlungen dürfen das Entscheidungssubjekt nicht schlicht überraschen, sonst wurde das System nicht richtig verstanden und kann nicht effektiv und effizient geführt werden.

Lösungsmächtigkeit verfügbarer Methoden. Was steht an Methoden für diese Ansprüche zur Verfügung? Natürlich die klassischen OR-Verfahren zur Entscheidungsoptimierung, wie die lineare oder die dynamische Programmierung, diverse Simulationsverfahren, z. B. die Monte-Carlo-Simulation und andere mehr. Die statistischen Analysen der Ökonometrie, aufbauend auf entsprechenden Datenreihen, suchen nach Gesetzmäßigkeiten in empirischen Beobachtungen. Aber was passiert in Situationen, in denen Daten nicht in dem benötigten Umfang zur Verfügung stehen oder keine Hypothesen über die Zusammenhänge vorliegen oder die vermuteten Gesetzmäßigkeiten zu komplex sind? Hier wird der Einsatz Neuronaler Netze propagiert, die die biologische

Struktur und Funktionalität des Gehirnes nachahmen, um zu Handlungsempfehlungen zu kommen. Sie erklären jedoch in keiner Weise, warum eine bestimmte Aktion gewählt wird, sondern agieren wie eine Black Box, die aufgrund von Inputfaktoren sowie nicht expliziter Lernprozesse Maßnahmen vorschlägt.⁴ Und schließlich bieten sich für die diskutierten Problemcharakteristika sowie die genannten Ziele und Zwecke der Untersuchung die kybernetischen Systemanalysen und hier insbesondere der System-Dynamics-Ansatz an.

System Dynamics ist ein Verfahren, das kybernetisches Gedankengut aufgreift und die Rückkopplung sowie die damit verbundene Dynamik als die Essenz sozialer Systeme versteht.⁵ Während aber die Kybernetik als solche, Handlungssubjekte häufig mit der Erkenntnis, dass Feedback und Dynamik existieren, alleine lässt und keine weitergehenden Hinweise bietet, wie mit dieser Entscheidungskomplexität umzugehen ist, unterstützt der System-Dynamics-Ansatz die Entscheidungsfindung. System Dynamics stellt eine Strukturtheorie sozialer Systeme dar und gibt Handlungsanweisungen, wie Systeme abzubilden, zu studieren und gegebenenfalls zu steuern sind. System Dynamics erhebt für sich den Anspruch einer *handlungsorientierten Systemtheorie*.

Die zentralen Merkmale des System-Dynamics-Ansatzes bilden die Informations-Rückkopplung, die Verwendung von (formalen) Modellen und das Streben nach verbesserten „policies“ zur Systemsteuerung. System Dynamics bedeutet „the investigation of the information feedback character of systems and the use of models for the design of improved organizational form and guiding policy.“⁶ Ein anderes Zitat charakterisiert System Dynamics als „a body of theory dealing with feedback dynamics. It is an identifiable set of principles governing interactions within systems. It is a view of the nature of structure of purposeful systems.“⁷ Diese Merkmale erlauben es, Systeme zu strukturieren und im Einzelnen darzustellen.

Auf der strukturtheoretischen Basis wird es möglich, operational die Konzepte der Kybernetik in Systeme der Entscheidungsunterstützung einzubinden, diese zu analysieren und für die Entscheidungsfindung auch und gerade im

⁴ Zum Problem der Black Box vgl. z. B. W. Ross Ashby: *Design for a Brain. The Origin of Adaptive Behavior*, 2. überarbeitete Auflage, London 1972, S. 82 ff.

⁵ Das Erkenntnisobjekt der Kybernetik wird teilweise nur auf Regelkreise mit negativer Rückkopplung als Prototypen einfacher zielsuchender Systeme beschränkt. Tatsächlich befasst sich die Kybernetik – ebenso wie die Systemtheorie und System Dynamics – auch mit positiven Rückkopplungsbeziehungen. Siehe beispielsweise: John H. Milsum (Hrsg.): *Positive Feedback. A General Approach to Positive/Negative Feedback and Mutual Causality*, Oxford et al. 1968.

⁶ Jay W. Forrester: *Industrial Dynamics*, Cambridge, Mass. 1961, S. 13.

⁷ Jay W. Forrester: *Industrial Dynamics – After the First Decade*, in: *Management Science*, Vol. 14 (1968), S. 398–415, hier: S. 401.

Bereich komplexer Systeme zu nutzen. Bei sozialen Systemen sind dabei Aspekte unterschiedlicher Ebenen und Bereiche zu berücksichtigen. Wertvorstellungen, Ziele und Interessenkonkurrenzen der Entscheidungsträger spielen hier eine wichtige Rolle. Nicht alle an den Entscheidungsprozessen Beteiligten streben dieselben Ziele an, nicht alle handeln auf Basis kongruenter Werthaltungen. Auch liegt eine gewisse Ordnung, eine Struktur des Systems vor, die den Handlungsspielraum begrenzt. Aus diesen subjektiven und objektiven Gegebenheiten heraus werden Handlungsstrategien abgeleitet. Für diese unterschiedlichen, aber alle im höchsten Maße entscheidungsrelevanten Sachverhalte finden sich in der englischen Sprache die Bezeichnungen *polity*, *policy* und *politics*; im Deutschen fehlt ein entsprechendes begriffliches Instrumentarium.⁸ *Politics* bezeichnet die Ebene der Werthaltungen, *policy* umfasst die Strategie der Handlungsvorgehensweise und *polity* definiert die Struktur und den vorgegebenen Rahmen der Entscheidungsfindung des Systems. Die Abbildung 3 verdeutlicht dies exemplarisch für den Bereich der Unternehmenspolitik.

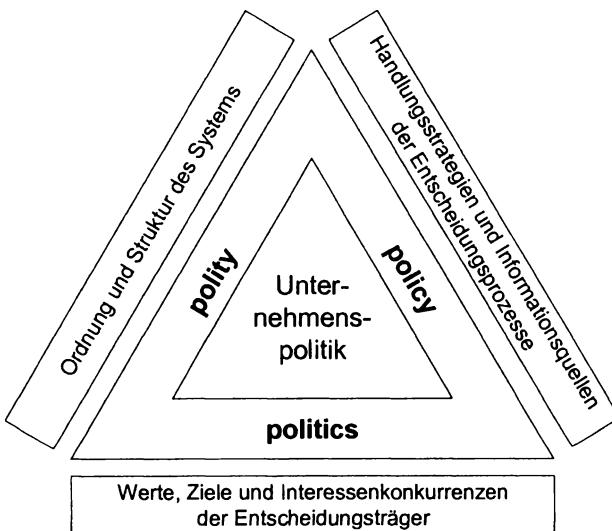


Abbildung 3: Dimensionen unternehmenspolitischer Entscheidungsprozesse

Mit den unterschiedlichen Perspektiven und Dimensionen wird offensichtlich, dass es sich bei der Unterstützung von Entscheidungsprozessen in komplexen Systemen, wie der Festlegung der Unternehmenspolitik, nicht um trivi-

⁸ Vgl. Volker von Prittitz: Politikanalyse, Opladen 1994, S. 11 ff.

ale Anforderungen handelt. Ein Ansatz wie System Dynamics, der hier eines seiner wesentlichen Anwendungsgebiete sieht, hat schwierige methodische Hürden zu bewältigen und hohen Ansprüchen, was die Lösungsqualität und -zuverlässigkeit der Handlungsempfehlungen betrifft, zu genügen.

B. Leitmotive von System Dynamics

Die grundlegenden Konzepte des System-Dynamics-Ansatzes sollen anhand von drei axiomatischen Aussagen verdeutlicht werden, nämlich zur Dynamik und Rückkopplung, zum Einsatz von Modellen und Simulationen sowie zu dem nomologischen Anspruch von System Dynamics als einer allgemeinen Systemtheorie.

I. Dynamik und Rückkopplung

Die Informationsrückkopplung ist das zentrale Bauelement sozialer Systeme; alle lebenden Systeme sind Rückkopplungssysteme, oder umgekehrt formuliert, ohne Rückkopplung existiert kein Leben. Um die mit dem Feedback-Gedanken einhergehenden Konsequenzen für die Systemdynamik zu verdeutlichen, soll folgendes Beispiel dienen:

In der Zeit des „Kalten Krieges“ bedrohte das atomare Wettrüsten den Fortbestand der menschlichen Existenz. Aus der begrenzt rationalen Perspektive eines der Handlungssubjekte, etwa aus Sicht der USA, wird beobachtet oder vermutet, dass der Gegner, die damalige UdSSR, eine gewisse Anzahl von Atomsprengköpfen zur Verfügung hat. Daraus erwächst eine tatsächliche oder vermeintliche Bedrohung der USA und zwingt diese, der Gefährdung zu begegnen. Um mit dem Feind Schritt zu halten oder besser ihn zu übertreffen, müssen die USA „nachrüsten“. Das ist – isoliert betrachtet – die rationale, fast zwangsläufige Vorgehensweise. Auf der anderen Seite von Atlantik und Pazifik sieht die UdSSR nun das Atomwaffenarsenal der USA anwachsen und fühlt sich ihrerseits bedroht, woraus auch für die UdSSR die Notwendigkeit zur Nachrüstung resultiert. So schaukelt sich der Prozess in positiver Rückkopplung auf.

Beide Argumentationsschienen sind in sich schlüssig und in linearer bzw. isolierter Betrachtung fast ohne Widerspruch hinzunehmen. Sie werden in ihrer gesamten Dynamik und Komplexität erst deutlich, wenn beide Argumentationsketten gekoppelt werden, wenn ein geschlossenes System, ein Regelkreis betrachtet wird. Dann wird unmittelbar erkenntlich, dass dieses System über alle Ingredienzien eines „Teufelskreises“ verfügt und zu einer Rüstungsspirale führt (Abbildung 4). Ähnlich wird teilweise die Situation hinsichtlich der

„National Missile Defense“-Initiative der US-Regierung als potenzieller Auslöser neuer Rüstungsbemühungen eingeschätzt.

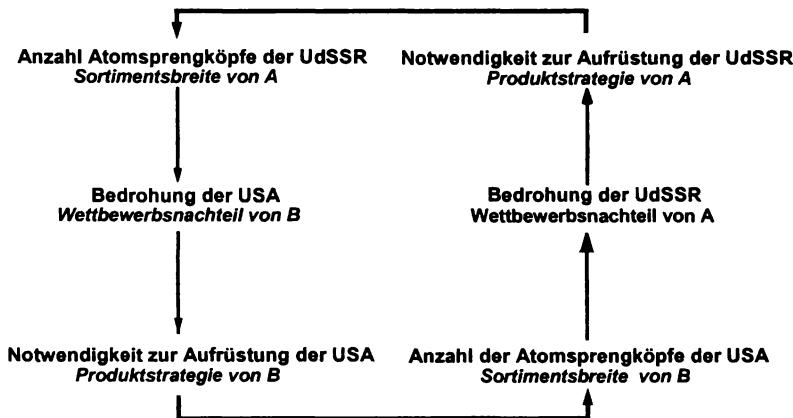


Abbildung 4: Von der isolierten und linearisierten „Weltsicht“ zum Systemdenken

Struktur und Ergebnisse des Beispiels lassen sich mit geringen Modifikationen auf weitere, insbesondere betriebswirtschaftliche Bereiche übertragen, z. B. auf das Problem der Sortimentsvielfalt im Unternehmen. Dort finden sich die gleichen Argumentationsketten: Unternehmen A bietet eine bestimmte Sortimentsbreite an. Daraus resultiert ein zumindest vermeintlicher Wettbewerbsnachteil des Unternehmens B, also meint B, mit einer neuen Produktstrategie nachziehen zu müssen, um den vielen unterschiedlichen Produkten von A zu begegnen. Die breitere Sortimentspalette führt zu Reaktionen der Konkurrenz, und es entwickelt sich aus der Forderung nach Kundenorientierung ein Zyklus ständig steigender Sortenvielfaltkosten, der das Betriebsergebnis belastet und die Überlebensfähigkeit bedroht. Es findet sich genau die Ablaufsequenz mit geringfügig anderen begrifflichen Interpretationen wie beim Wettrüsten.

Die phänomenübergreifende Anwendbarkeit von Erkenntnissen über Zusammenhänge und Abläufe unterschiedlicher Probleme, die aber isomorph oder zumindest homomorph strukturiert sind, ist ein wichtiges Merkmal des Systemansatzes. Um aber die Dynamik in toto und nicht die einzelner Komponenten zu erkennen, ist es notwendig, sich von der isolierten Betrachtung „x beeinflusst y“ zu lösen und eine Systemsicht einzunehmen.

Die Welt ist nicht so simpel strukturiert, um sie in einem einzigen Feedback-Loop darstellen zu können. Ein in realen Dimensionen noch einfaches System besteht aus einer Vielzahl vermaschter Regelkreise. Bei der Analyse solcher

Systeme geht es in aller Regel nicht um einzelne Entscheidungen, was in einer spezifischen Situation getan werden soll, sondern um das Entwickeln allgemeiner *Verhaltensregeln*, um policies, die angeben, wie unter bestimmten Verhältnissen Entscheidungen getroffen werden. Nicht die isolierte Handlungsalternative – etwa bei der Lagerhaltung, wie viel Stück in einer bestimmten Situation zu bestellen sind – steht im Mittelpunkt, sondern die Frage nach der *Bestellpolitik* oder nach der *Innovationspolitik* oder der *Personalpolitik* und den Wirkungen, die sich daraus für das System im Ganzen ergeben. Diese Fragestellungen führen an die Grenze des klassischen Systemdenkens; benötigt wird ein Medium, um mit der Komplexität des Systems, den vielfältigen, vermaschten Regelkreisen und den daraus resultierenden Verhaltenskonsequenzen umgehen zu können: Dieses Medium ist das formale Modell.

II. Modelle und Simulation

Nur ein System, dessen verhaltensrelevante Merkmale verstanden werden, ist zuverlässig zu steuern und zu kontrollieren. Dieses Postulat des Verstehens und Erklärens unterliegt einer rationalen – bzw. begrenzt rationalen – Unternehmenspolitik, die sich dessen bewusst ist, warum bestimmte Ereignisse bzw. Verhaltensformen eintreten und somit in die Strukturen und/oder in die Prozesse gezielt eingreifen kann. Das führt zum Einsatz von Modellen und zur Simulation bei der Modellanalyse. Alle rationalen Entscheidungen basieren auf Modellen – seien sie implizit-mentaler oder explizit-formaler Natur.⁹ Für die Kybernetik bedeutet diese Aussage nur eine andere Formulierung des Conant-Ashby-Theorems „Every good regulator of a system must be a model of that system“¹⁰ (Abbildung 5).

Mentale Schlussfolgerungsprozesse verfügen über bemerkenswerte Stärken in ihrer Heuristik. Sie vermögen sehr wohl zu unterscheiden, welche Faktoren relevant sind und welche nicht; sie weisen aber auch erhebliche Schwächen dadurch auf, dass sie unscharf formuliert und nur schwer zu kommunizieren sind. Außerdem verändern sie sich ständig, ohne dass dies den am Entscheidungsprozess Beteiligten deutlich wird. Beide Typen von Modellen werden in aller Regel durch eine Form der Simulation analysiert, durch die Überlegung, was passiert, wenn ...?, welche Konsequenzen hat eine Maßnahme, wie reagiert

⁹ Vgl. Stafford Beer: *Decision and Control. The Meaning of Operational Research and Management Cybernetics*, Chichester et al. 1966, S. 100; Herbert Stachowiak: *Denken und Erkennen im kybernetischen Modell*, 2. verbesserte Auflage, Wien – New York 1969, S. 9 ff.

¹⁰ Roger C. Conant und W. Ross Ashby: *Every good regulator of a system must be a model of that system*, in: *International Journal of Systems Science*, Vol. 1 (1970), No. 2, S. 89–97.

der Konkurrent etc.? Dies kann das Ergebnis eines spezifischen, impliziten Simulationsprozesses sein oder etwa durch den Einsatz der Computersimulation erfolgen.

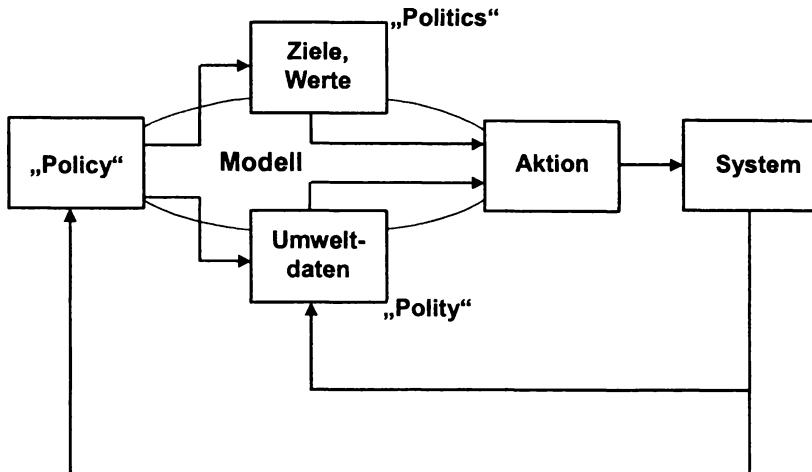


Abbildung 5: Modelle in Entscheidungsprozessen

Schon bei der Festlegung, welche Informationen und Daten heranzuziehen sind, spielt der Politics-Prozess mit den involvierten Interessen, Zielen und Werten eine ebenso große Rolle wie die Aspekte der Polity, also der Struktur des Systems. Bei umfangreicheren impliziten Modellen sind die Entscheidungs-subjekte mit dem Problem der eng begrenzten mentalen Kapazität konfrontiert, die sich auf die Berücksichtigung von 7 ± 2 Elementen beschränkt.¹¹ Wenn die Anzahl der Systemelemente die kritische Grenze übersteigt, wird – häufig unbewusst – vereinfacht, indem immer nur die Variablenzahl, die kognitiv beherrscht wird, Berücksichtigung findet; darüber hinausgehende Aspekte werden vernachlässigt. Es wird so nur ein Ausschnitt der Realität betrachtet bzw. analysiert, der Rest bleibt unberücksichtigt. Bei der Befassung mit komplexen Systemen können diese aber nicht so vereinfacht werden, dass sie sowohl dem Postulat des 7 ± 2 als auch dem Gesetz der erforderlichen Varietät genügen.

Insbesondere das konstitutive Element der Kybernetik, die Rückkopplungsstruktur, schafft besondere Schwierigkeiten, ihre Verhaltenskonsequenzen in-

¹¹ Siehe George A. Miller: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, in: Psychological Review, Vol. 63 (1956), S. 81–97.

tuitiv zu erkennen. Forrester und Sterman haben in mehreren Untersuchungen, z. T. mit empirischen Experimenten, deutlich gemacht, dass die Existenz von Feedback leicht zu kontra-intuitivem oder dysfunktionalem Verhalten führt.¹² Der menschliche Geist ist offensichtlich nur begrenzt in der Lage, die Dynamik von rückgekoppelten Systemen zu erfassen. Er ist geschult, linear-isolierend zu denken und zu argumentieren. Wenn vergangene Entscheidungen sich auf die Prämissen künftiger Entscheidungen auswirken, ergeben sich Schwierigkeiten.

Daraus folgt ein Plädoyer für den Einsatz formaler Modelle bei der Unterstützung von Entscheidungen einer gewissen Komplexität. Nur sie sind in der Lage, die angesprochenen Schwachstellen zu umgehen. Die Computersimulation erlaubt es, komplexe Systeme in all ihren Facetten zu erstellen und zu analysieren. Sie ermöglicht es, eine Instruktionssequenz in fast beliebigem Umfang lückenlos, fehlerfrei und in sich logisch konsistent nachzuvollziehen. Daraus ergibt sich erstens das Postulat der Notwendigkeit von Modellen beim Problemlösen – was kein Petrum sondern nur das Konstatieren der Wirklichkeit ist – und zweitens die Forderung nach *formalen* Modellen, um die Prämissen deutlich machen und auch formal – insbesondere durch Computersimulation – analysieren zu können.

III. Nomologien und Strukturtheorie

Die Forderung nach Heranziehen formaler Modelle für unternehmenspolitische Fragestellungen verlangt entsprechende Möglichkeiten der praktischen Umsetzung. Der System-Dynamics-Ansatz entwickelt sich zu einer Allgemeinen Systemtheorie; durch ihn können unterschiedliche Phänomene, die erkannt, analysiert und verstanden wurden, auf andere Bereiche übertragen werden, soweit diese homomorphe oder gar isomorphe Strukturen aufweisen. Wurde beispielsweise verstanden, wie die Zinseszinsformel wirkt – wie Zinsen zu zusätzlichem Kapital und damit zur Basis zukünftiger Zinsen werden –, dann kann dieses mathematische Modell angewandt werden, um etwa Bevölkerungsprozesse zu erläutern. Mathematisch unterliegt beiden die gleiche Struktur. Wenn die Dynamik von Wachstumsraten und Verdoppelungszeiten erkannt wurde, ist dies *ceteris paribus* übertragbar auf andere Phänomene vergleichbarer Struktur. Ein prominentes Beispiel dieses Zusammenhangs bietet das Bass-Modell der Diffusion neuer Produkte im Markt, das auf mathematischen

¹² Siehe Jay W. Forrester, Counterintuitive Behavior of Social Systems, in: *Collected Papers of Jay W. Forrester*, Cambridge, Mass. 1975, S. 211–244; John D. Sterman: Modeling Managerial Behavior: Misperception of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment, in: *Management Science*, Vol. 35 (1989), No. 3, S. 321–339, hier: S. 334 ff.

Zusammenhängen beruht, die aus der Verbreitung von Epidemien bekannt wurden.¹³

System Dynamics sieht die Realität als mehrstufige Hierarchie und bietet Gestaltungshinweise zu ihrer Abbildung. Das zentrale Bauelement bildet die geschlossene Systemgrenze. Geschlossen heißt hier nicht, dass keinerlei Transfers über die Grenze hinweg stattfinden. Die Systemgrenze ist vielmehr so zu legen, dass sie keine Rückkoppelungsbeziehungen durchtrennt, denn paradigmatisch ist der Feedback-Loop entscheidend für das Systemverhalten, und folglich wird die Systemabgrenzung durch die verhaltensrelevanten Feedback-Loops bestimmt. Alle verhaltensrelevanten Regelkreise müssen in die Überlegungen mit einbezogen sein. Was relevant ist und was nicht, ist ein eminentes Problem, dessen Lösung ein gutes System-Dynamics-Modell von einem durchschnittlichen oder gar schwachen unterscheidet. Grundsätzlich gilt es, das Modell zu ermitteln, das mit der geringsten Anzahl von Variablen und Relationen das zu untersuchende Problem erklärt und die wesentlichen Ansatzpunkte zur Verhaltensbeeinflussung umfasst.

Zwei Variablen sind notwendig aber auch hinreichend, um Systeme abzubilden: Zustandsgrößen und Flussgrößen. Zustandsgrößen sind die Akkumulation oder Integration der Flussgrößen. Deren Substruktur stellt die letzte Ebene der Systemhierarchie dar. Sie lässt sich untergliedern in eine Zielgröße, in eine *beobachtete Zielerreichung* – tatsächlicher und beobachteter Systemzustand sind beileibe nicht immer identisch – und eine daraus resultierende Zielabweichung. Aus dieser Diskrepanz wiederum ergibt sich eine Aktion, um Ziel- und Istwert anzugeleichen. Diese Struktur entspricht dem allgemeinen Modell im Entscheidungsprozess, das oben im Zusammenhang mit dem Conant-Ashby-Theorem angesprochen wurde (Abbildung 6).

Auf dieser Basis bietet der System-Dynamics-Ansatz detaillierte Handlungsanweisungen, wie im Einzelnen beim Modellaufbau vorzugehen ist. Der Modellbildungsprozess beginnt mit einer Systembeschreibung, die in die Rückkopplungselemente bzw. in die Zustands- und Flussgrößen übertragen und dann zu einem mathematischen Modell formuliert und parametrisiert wird. Die Daten und die Frage ihrer Verfügbarkeit stehen nicht am Beginn des Modellentwicklungsprozesses; am Anfang stehen vielmehr Beobachtungen und Hypothesen über die Realität. Erst dann wird das Modell mit Daten versehen, analysiert, getestet, Vorschläge für neue Policy-Strukturen werden erarbeitet, die Erkenntnisse mit den „problem-owners“ diskutiert und schließlich die Ergebnisse im Realsystem implementiert.

¹³ Vgl. Frank M. Bass: 1969. A New Product Growth Model for Consumer Durables, in: Management Science, Vol. 15 (1969), No. 5, S. 215–227.

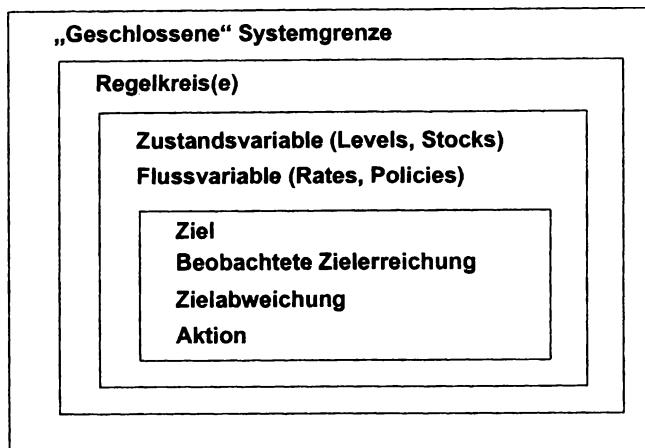


Abbildung 6: Strukturhierarchie von System Dynamics

Jedes gute System-Dynamics-Modell ist eine „Theorie“, ein Satz von Hypothesen. Jede Hypothesenkomponente sollte ihr reales Gegenstück haben, und jedes *problemrelevante* Element in der Realität sollte im Modell abgebildet sein. Keine problemrelevanten Elemente der Realität bleiben unberücksichtigt, nur weil keine Zahlen oder Daten darüber vorliegen. Die schlechte Schätzung eines relevanten Parameters ist besser, als Zusammenhänge und Parameter generell auszuschließen und ihnen damit implizit den Wert Null zuzuweisen.

C. Lehraktivitäten auf dem Gebiet der kybernetischen Systemanalyse

Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Erkenntnissen über die Bedeutung von Feedback-Beziehungen für die akademische Lehre? Im Grundstudium der Betriebswirtschaftslehre werden die Studenten mit so zentralen Sachverhalten wie dem Einfluss des Preises auf die Nachfrage oder den Auswirkungen der Kapazitätsauslastung auf die Stückkosten konfrontiert. Die Stückkosten ihrerseits wirken sich – zumindest langfristig – auf den Preis aus, und die Weiterführung der Argumentationskette schließt einen (positiven) Feedbackloop (Abbildung 7).

In der akademischen Ausbildung werden die geschilderten Zusammenhänge weitgehend aufgeteilt und isoliert in getrennten Veranstaltungen wie „Mikroökonomie“, „Produktionswirtschaft“, „Kostenrechnung“ und „Marketing“ gelehrt; die über die einzelne Relation hinausgehende Systemperspektive findet nahezu keine Beachtung, sie steht zumindest nicht im Mittelpunkt. Die Zusam-

menhänge werden konsequent zertrennt und in einzelne Elemente aufgelöst, die aus ihnen resultierenden Systemeigenschaften – „das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ – bleiben weitgehend unberücksichtigt, die inhärente Dynamik kann so nur rudimentär erfasst werden.

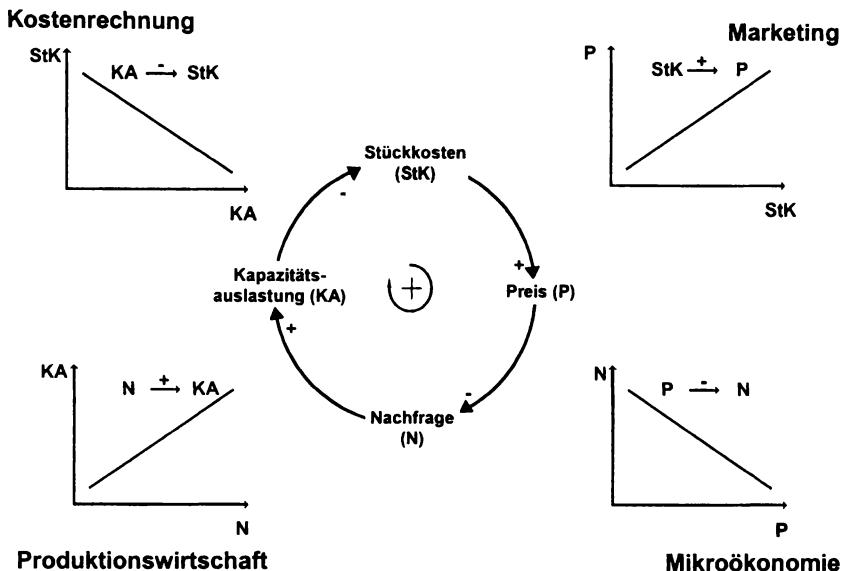


Abbildung 7: Elemente eines Feedback-Loops

Am Industrieseminar der Universität Mannheim wird versucht, dieses Defizit zumindest in der Lehre des Hauptstudiums zu kompensieren. Angeboten wird neben „klassischen“ Veranstaltungen zur Industriebetriebslehre sowie ein- und fortführenden Kursen in System Dynamics auch das Unternehmensspiel *LEARN!* Seinen Kern bildet ein aus mehreren Forschungsprojekten zum Innovations- und Technologiemanagement hervorgegangenes Modell. In den Veranstaltungen zu *LEARN!* emulieren jeweils 4–6 Studenten den Vorstand eines von insgesamt vier Unternehmen, die mit ihren Produkten auf einem gemeinsamen Markt konkurrieren. Die Teilnehmer müssen viele der typischen Entscheidungen treffen, die bei der Geschäftsführung in der Industrie anfallen.¹⁴ Dies verlangt auch, die Vorstandskollegen von der Qualität der Argumente zu überzeugen, zu einem Beschluss im Kollegialorgan zu kommen und

¹⁴ Für Einzelheiten siehe Peter Milling: Managementsimulationen im Prozeß des Organisationalen Lernens, in: Markus Schwaninger (Hrsg.): Intelligente Organisationen, Berlin 1999, S. 461–472.

ihn umzusetzen. Neben individuell verbesserten Einsichten in die kritischen Erfolgsfaktoren und die komplexen Systemreaktionen, fördert das Planspiel so kooperative Lernprozesse.

Im Verlauf der Spielsitzungen sind u. a. Entscheidungen zu treffen, um durch Forschung und Entwicklung neue Produkte zur Marktreife zu entwickeln, entsprechende Produktionskapazitäten bereitzustellen sowie Verfahren zur Weiterentwicklung der technischen Leistungsfähigkeit und/oder zur Kostenenkung zu erarbeiten. Innovationsstrategie (time to market, time to volume), Ressourcenakquisition und -allokation sowie der Einsatz des absatzpolitischen Instrumentariums sind hierbei zentrale Aktionsvariablen. Die Handlungen treffen am Markt auf die Entscheidungen der Konkurrenzunternehmen und perpetuieren die Dynamik des Strategiefindungsprozesses. Abbildung 8 zeigt die Entscheidungskomplexe und ihre Zusammenhänge im Überblick.

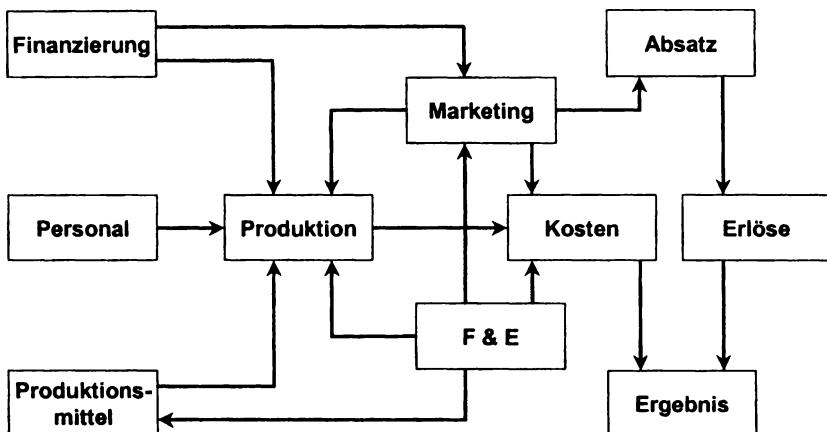


Abbildung 8: Entscheidungsbereiche im Unternehmensplanspiel *LEARN!*

Der Wechsel zwischen verschiedenen Führungsbereichen erlaubt den Teilnehmern im Spielverlauf aus mehreren Entscheidungsperspektiven Einsichten in die Sachwände des Systems. Dabei wird deutlich, wie Unternehmensstrukturen und Marktgeschehnisse Handlungen erfordern oder beabsichtigte Maßnahmen verhindern. Das vermehrte Verständnis für funktional unterschiedliche Interessen sowie Diskussionen übergeordneter, gemeinsam zu verfolgender und nur gemeinsam zu erreichender Ziele wirken der engen, ja isolierenden Spezialisierung des „Taylorismus“ entgegen. Der Konsens über auch metaökonomische Wertordnungen – der Bereich der *politics* in den oben angesprochenen Dimensionen unternehmenspolitischer Entscheidungsprozesse – führt zu einer

„shared vision“ für die Entwicklung und schafft eine tragfähige Basis für das Entstehen einer lernenden Unternehmung.¹⁵

Das Unternehmensplanspiel verdeutlicht didaktisch nachhaltig, wie die einzelnen Bereiche im Unternehmen – aber auch die einzelnen Lehrveranstaltungen des Studiums – zusammenwirken. Eine Steigerung des Absatzes geht einher mit dem Anstieg des Umlaufvermögens, dieses muss finanziert werden, was die Kosten beeinflusst etc. Die direkte Konfrontation mit den wechselseitigen Beziehungen verdeutlicht manches, was im Studium an Verknüpfungen und an daraus resultierenden Verhaltenskonsequenzen nicht einsichtig wurde. Die Studenten schätzen diese Art der Lehrveranstaltung und heben in der Evaluierung hervor, dass sie hier Zusammenhänge erkennen und so das Gedankengut von Kybernetik und Systemforschung in der Anwendung erfahren.

D. Anforderungen an Modelle zur Unterstützung von Entscheidungen in komplexen Systemen

Der bewusste Einsatz von Modellen, insbesondere formaler Modelle, und deren Analyse sind für die rationale Unterstützung von Entscheidungsprozessen von unabdingbarer Voraussetzung. Modelle sozialer Systeme sind extrem vereinfachte Abbilder der Realität. Von vielen Aspekten der Wirklichkeit muss abstrahiert werden: Es erfolgt notwendigerweise die Konzentration auf einige Ausschnitte. Um diesen Prozess sachgerecht zu gestalten, muss bekannt sein, welche Aspekte im Fokus des Interesses stehen, wozu eine klare Problemstellung und -definition benötigt wird. Ohne klar definierten Problembezug ist dieser Vereinfachungsprozess nicht sinngerecht durchführbar, weil der Filter fehlt, der das Wichtige vom Unwichtigen, das Problemrelevante vom Irrelevanten trennt. Es kann nicht ein Modell einer Unternehmung oder irgendeines anderen Systems schlechthin entwickelt werden – die Komplexität wäre überwältigend und die Problemrelevanz dennoch nicht gegeben –, sondern nur ein Modell für eine bestimmte Entscheidungssituation.

Modelle sollen einen bestimmten Zweck erfüllen, und nach dieser Zweckerfüllung sind sie zu beurteilen; es kommt also bei der Beurteilung der Modellqualität darauf an, was mit dem Modell erreicht werden soll. Ist die Lagerhaltung zu optimieren oder ein Szenario für den Fall zu erstellen, dass eine wichtige Bezugsquelle ausfällt? Sollen die Kapitalkosten minimiert oder eine Finanzierungsstrategie für die langfristige Expansion ermittelt werden? Unterschiedliche Fragestellungen werden unterschiedliche Modelle erfordern. Nur ein kla-

¹⁵ Siehe Peter Milling: Managementsimulationen im Prozeß des Organisationalen Lernens.

rer Zielbezug bietet die Orientierung zur Beurteilung der Modellvalidität. Trotz der Lösungsmächtigkeit von System Dynamics und der Leistungsfähigkeit der entsprechenden Software darf nicht übersehen werden, dass für viele Problemstellungen dieser Ansatz nicht der richtige, zumindest nicht der optimale ist: Für seinen methodisch angemessenen Einsatz müssen spezifische Gegebenheiten, insbesondere die Dominanz der Rückkopplungsbeziehungen, vorliegen.

Bei der sinnvollen Verwendung formaler Modelle muss die Modellstruktur die bedeutsamen Zusammenhänge erfassen und deren Verhaltenswirkungen erklären: Die Struktur beeinflusst das Verhalten. Nur wenn aus den Einflussfaktoren heraus erklärt werden kann, warum ein bestimmtes Verhalten eintritt, ist es nachzuvollziehen. Nur dann kann verstanden werden, warum und wie eine Maßnahme bestimmte Konsequenzen verursacht. Wenn es Aufgabe der Systemanalyse ist, rationale Handlungsempfehlungen für die Systemgestaltung zu geben, ist die Erklärungsfunktion unabdingbar. Sonst können aus dem Modell und seiner Analyse keine verlässlichen Schlüsse gezogen werden.

Eingreifende Maßnahmen in das System müssen in Realität und Modell korrespondieren; es muss eine eindeutige Relation zwischen einer Handlungsempfehlung und der Verhaltenskonsequenz vorliegen, d. h. die Umsetzung der vorgeschlagenen Entscheidung muss realiter zu den erwarteten Ergebnissen führen. Diese Übereinstimmung braucht nicht bis ins Detail zu reichen – Abweichungen zwischen der Modellumgebung und der realen Entscheidungssituation sind, bei sozialen Systemen per definitionem, unvermeidlich, aber es muss eine robuste Beziehung bestehen. Sonst kann auf dieser Basis nicht verlässlich und verantwortungsvoll gestaltet werden.

Nur bei Vorliegen dieser in groben Zügen aufgelisteten Voraussetzungen, vermag ein Modell effektiv zur Unterstützung von Entscheidungen in komplexen Systemen herangezogen werden. Dann aber vermag der Prozess der Modellbildung und -analyse Zusammenhänge aufzudecken und zu verdeutlichen, die ohne eine solche Vorgehensweise eventuell nicht erkannt worden wären. Damit eröffnet sich ein bedeutsames Potenzial zur Unterstützung für das Entscheiden in komplexen Systemen.

Steering away from Scylla, Falling into Charybdis: The Importance of Recognising, Simulating and Challenging Reinforcing Loops in Social Systems

By *David C. Lane and Elke Husemann*

A. The Context and Approach of this Paper

This paper is written from the perspective of two system dynamicists looking towards the broader community of system scientists. In essence, we should like to offer a single observation: that we should place as much attention and emphasis on reinforcing loops as we do on balancing loops. To support this proposition, using ideas from system dynamics (Forrester, 1961; 1968), we shall approach reinforcing feedback effects in three ways.

We shall begin by illustrating the existence, indeed, the ubiquity of reinforcing effects through a range of examples and argue that it is essential that these potentially extremely powerful effects not be overlooked. Turning to the necessity for careful evaluation of the impact of any reinforcing effect, there follows a brief discussion of the importance of computer simulation. Finally, by considering the danger of overestimating, instead of overlooking, the power of reinforcing loops, we hope to demonstrate the importance of trying to understand complex social systems and thereby accepting human responsibility for their behaviour.

The following opening section outlines the context of the paper further and sets the stage for an exploration of these three approaches.

I. Feedback in Cybernetics and Systems Science

The title of this article is drawn from Homer's "Odyssey". This seemed appropriate for a paper first given at a meeting of the *Gesellschaft für Wirtschafts- und Soziokybernetik*. It is that last word – Cybernetics in English – that takes us back to Ancient Greece. As the reader will know, it is drawn from the ancient Greek word *κυβερνητής* (or *κυβερνιπς*) meaning steersman, or pilot. The Greek pilot steering his ship expresses one of the most important features

of the “systems approach”: control (Figure 1). This is negative feedback, or a balancing loop as we might also say in system dynamics.¹ We use balancing loops to control social systems, moving towards some desired state, steering away from problems. Similarly, Odysseus steered his ship towards his home of Ithaca, always trying to avoid the many perils waiting for him.

Viewed from the perspective of system dynamics, cybernetics – and the system sciences generally – seem to place most emphasis on balancing loops. That emphasis is present in a rich array of applications of systems ideas; for example, in regulators for water clocks and steam engines (q.v.). It can be found in the work of Wiener (1948) and in that of Ashby (1956), where the primary interest is in balancing loops. It continues today in the ideas of Beer (1981; 1985) and Checkland (1981; 1985).

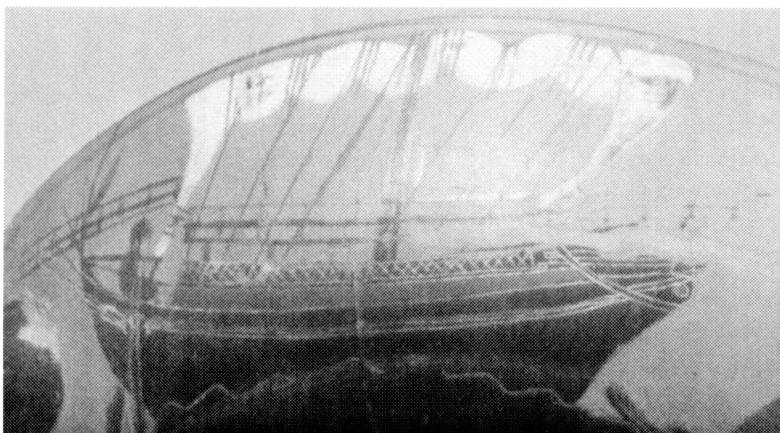


Figure 1: Detail from a black-figured *kylix* (drinking cup) showing a *kubernitis*, or steersman, at work on a merchant vessel. Made in Athens, about 520–500 BCE.

Found in a tomb at Vulci, Etruria. Blacas Collection, GR 1867.5–8.963, BM Cat Vases B436. Copyright British Museum, London.

Why did this emphasis on balancing loops come about? Perhaps because there are so many balancing effects observable in the world. There is docu-

¹ Formally, in negative feedback loops the net rate of change of the state variable with respect to that state variable is negative, that is:

$$\frac{d \text{ Net Rate}}{d \text{ State Variable}} < 0.$$

In isolation such loops produce goal-seeking behaviour over time, the value of the state variable moving exponentially towards some asymptotic value because the system's eigenvalues have negative real parts.

mentary evidence of this feedback idea in the third century BCE in a description of a regulator for a water clock (Mayr, 1970). In the 18th century AD regulators were introduced for steam engines; a mathematical description of the way they function appeared in the following century (Maxwell, 1867). Both cases are examples of the idea of control that steers the system towards some goal, away from undesired states.

However, very different feedback effects may also be observed in the world: reinforcing loops. A snowball, tumbling down a wintry mountain slope, grows larger and larger. We can watch it grow exponentially just as we may notice the similar growth in a population, money in a bank account, or the stock of scientific knowledge. These are all reinforcing feedback effects.²

Where such effects have welcome consequences – as in the bank account – we refer to them as “virtuous circles”. But reinforcing loops can also produce unwelcome consequences, as in the case of an epidemic or an unpaid debt. These vicious circles have the capacity to destroy a system by sucking it into a spiral of disaster.

That such reinforcing feedback effects may be observed is reason enough to say that they should be taken into account. Mere intellectual completeness though would not suffice to argue that much more emphasis should be placed on them than is generally the case in the system sciences. However, as we shall attempt to show below, failure by decisions makers to account for reinforcing effects can have serious consequences.

II. Scylla and Charybdis

The need to consider both balancing loops and reinforcing loops is conveniently illustrated by Odysseus' encounter with Scylla and Charybdis. The story is familiar from Homer. Odysseus is advised by the goddess Circe that his boat must pass between two rocks. The highest is the home of Scylla, a repulsive six-headed monster that will kill some of his crew:

“No crew can boast that they ever sailed their ship past Scylla unscathed, for from every blue-prowed vessel she snatches off a man with each of her heads.”

(Homer, 1991, 1.97–100, p.181–2)

² Formally, with positive feedback loops the net rate of change of the state variable with respect to that state variable is positive, so:

$$d \text{ Net Rate} / d \text{ State Variable} > 0.$$

In isolation such loops produce exponentially growing or declining behaviour over time, the value of the state variable tending towards the point at $\pm\infty$ because the system's eigenvalues have positive real parts.

This then appears to be an obvious problem with an equally obvious solution; the sensible thing is for the ship's pilot to steer away from it. However, Odysseus is told that steering away from Scylla, closer towards the other rock, could lead to his ship falling into the deadly whirlpool of Charybdis:

“Charybdis sucks the dark waters down.” (l.104, p.182)

The consequence of this is worse; if the boat is gripped by the currents of Charybdis it will be pulled further and further down into the vortex:

“Not even the Earthshaker could save you from destruction.” (l.108, p.182)

Should Odysseus' ship, by steering far away from Scylla, fall into Charybdis then all will die.

If Scylla represents the problems that we try to steer away from using balancing loops, the dangers of Charybdis are those of a powerful reinforcing loop, all the more dangerous if its existence is overlooked or its potential underrated.

Odysseus' choice was to lose six men to the monster Scylla or to steer away from this definite problem but risk that the lives of the entire crew of his ship would be lost in the waters of Charybdis. It may seem unlikely at first sight, but we shall seek to demonstrate that actors in complex social systems may find themselves confronted by situations which require similarly stark decisions.

III. Three Approaches to Reinforcing Loops

Ultimately, the story of Odysseus' encounter with Scylla and Charybdis illustrates the prudence of looking for the whole picture, of paying as much attention to the existence of reinforcing loops as to that of balancing loops. In order to bring reinforcing loops into our thinking when it comes to decision making in complex social systems, we would suggest three approaches towards these important elements. An exploration of these forms the core of this paper.

First, for any complex system, at a purely conceptual level, the question of the existence of reinforcing loops must always be considered. Decision makers must be open to this possibility, including the idea that such loops may be vicious circles and therefore best avoided. We shall illustrate the importance of this with several examples.

Second, where the existence of reinforcing loops is under consideration, computer simulation modelling will often be necessary. Whether it is used to assess their impact or to consider responses to their existence, formal modelling will almost always bring vital benefits. This is a point well known to the system science community and so we shall touch on it only briefly.

Third, we have to make a crucial distinction between the importance of reinforcing loops and the inevitability of their impact. Sometimes, the latter is seen as fate, even though the concern is with social systems for which human actors bear responsibility. To regard reinforcing loops as beyond human understanding and control would be as disastrous as it would be to neglect them altogether as an example shall show.

In the following sections we turn to these three approaches in more detail.

B. The First Approach: Think About the Possibility of Reinforcing Loops

The first thing to do if we wish to shift the emphasis a little more towards considering reinforcing effects is to be open to the possibility that such loops may exist in any system we are examining. Social systems can contain powerful reinforcing loops; these might be virtuous circles to be welcomed but, in order to underline the dangers of neglecting them, in this section we will focus our attention on highly destructive vicious circles. These anyone would wish to avoid, just as Odysseus gave the order to his crew:

“Give a wide berth to that foaming surf”

(I.220, p.185)

Where might reinforcing loops occur? In a very wide range of situations, as the following examples indicate.

I. “Der Weg zum Friedhof”

Thomas Mann gives us a very human example of destructive reinforcing effects in a social system. In his story ‘The Road to the Churchyard’ he describes his protagonist:

“Lobgott Piepsams Erscheinung war nicht freudig... Erstens trank er ... Ferner war er verwitwet, verwaist und von aller Welt verlassen; er hatte nicht eine liebende Seele auf Erden.”

(Mann, 1975, S.142)

“Lobgott Piepsam’s appearance was far from cheerful... To begin with he drank... Secondly he was a widower and a bereaved father, forsaken by everyone: he had not a soul left on earth to whom he was dear.”

(Mann, 1996, p.65)

Mann goes on to describe the social consequences of this situation...

“Nicht genug damit, hatte er bald darauf seine Erwerbsstelle eingebüßt, war schimpflich aus Amt und Brot gejagt worden, und das hing mit jener Leidenschaft zusammen, die stärker war als Piepsam.”

(S.142-3)

"As if this were not enough, he had shortly afterwards lost his job, he had been shamefully dismissed from his employment and livelihood, and this had been in consequence of the above-mentioned ruling passion, which was a passion stronger than Piepsam." (p. 65)

... and he outlines the underlying psychological processes:

"Er hatte ihr ehemals einigermaßen Widerpart zu halten vermocht, obgleich er ihr periodenweise unmäßig gefrönt hatte. Als ihm aber Weib und Kinder entrafte waren, als er ohne Halt und Stütze, von allem Anhang entblößt, allein auf Erden stand, war das Laster Herr über ihn geworden und hatte seinen seelischen Widerstand mehr und mehr gebrochen. Er war Beamter im Dienste einer Versicherungssozietät gewesen... In unzurechnungsfähigem Zustande jedoch hatte er sich grober Versehen schuldig gemacht und war, nach widerholten Vermahnungen, endlich als dauernd unzuverlässig entlassen worden." (S.143)

"In the old days he had been able to resist it up to a point, despite periodic bouts of immoderate indulgence. But when he had been bereft of wife and children and stood alone in the world without guidance or support, deprived of all dependants, the vice had become his master, and had increasingly broken his resistance and his spirit. He had had a position on the staff of an insurance company ... But he had been guilty, when in a condition of irresponsibility, of various acts of gross negligence, and in the end his employers, after repeatedly reprimanding him, had dismissed him as hopelessly unreliable." (p.65)

Finally, Mann comments:

"Er trank, weil er sich nicht achtete, und er achtete sich weniger und weniger, weil das immer erneute Zuschandenwerden aller guten Vorsätze sein Selbstvertrauen zerfraß." (S.143)

"He drank because he did not respect himself, and he respected himself less and less because his self-confidence was undermined by the ever-recurring collapse of all his good resolutions." (p.66)

Mann's story can be interpreted in terms of two reinforcing loops (Figure 2). The loss of Piepsam's family triggers a first, psychological loop. He can resist less, so he drinks more. He loses his self-confidence and hence his self-respect. This is a classic alcoholic spiral of decline. It also has a social dimension. His drinking makes him behave badly, his employers' sense of his reliability declines and they repeatedly reprimand him, adding further to his loss of self respect. The highest level of reprimand is that he is fired.

While this example of reinforcing loops is drawn from German literature, such vicious circles do occur in real decision-making situations. What is more, they can be the unexpected consequence of an attempt to escape from a problem by bringing the effects of a balancing loops into play. The next two sub-

sections introduce two such examples drawn from the world of business policy-making.

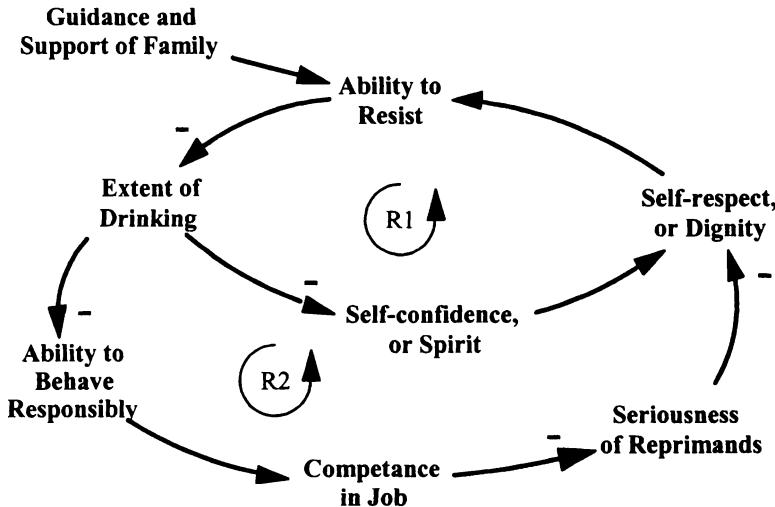


Figure 2: Causal loop diagram representation of the processes underlying the alcoholic decline of Mann's character Lobgott Piepsam.

II. Managing Labour Costs

In a recent article Jeffrey Pfeffer examines current thinking on workers' pay (Pfeffer, 1998). He describes how it appears that a sensible way to control costs is to reduce hourly pay rates to workers. This action might appear to us as a possible course for a company to steer away from the Scylla of high costs. But Pfeffer argues that this can be a serious mistake.

He points out that attempts to cut hourly pay rates implicitly assume that those pay rates will influence labour costs in a direct way, thereby influencing total costs, but that at the same time they will have no other effects. Pfeffer, though, traces some more complex relationships between hourly pay rates and labour costs. In system dynamics terms these can be represented in a diagram as shown in Figure 3.

First, lower hourly pay rates attract lower quality staff who, over time, will replace better and more qualified staff. Work quality is reduced, poor work has to be done again and so the time taken to complete a task correctly rises. This

causal mechanism (Hedström and Swedberg, 1998) forms a reinforcing loop which acts to increase labour costs when hourly pay rates are reduced.

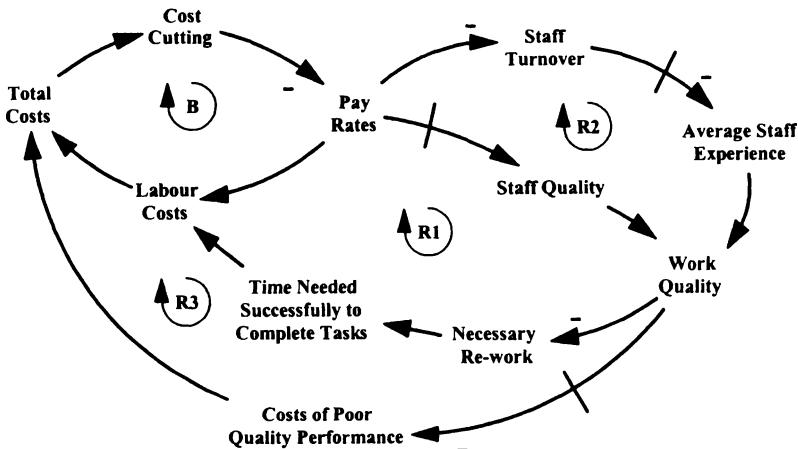


Figure 3: Diagram of Pfeffer's account of the range of possible consequences of reducing workers' pay rates.

Second, lower hourly pay rates increase staff turnover as better qualified workers are more inclined to look elsewhere for work. In this way too, with a delay, the pool of knowledge and experience held within the workforce reduces. By this additional mechanism, work quality also declines. Again, a reinforcing loop is formed which then acts to increase labour costs when hourly pay rates are reduced.

Finally, a company doing poor quality work will incur extra costs. These might result from poor goods having to be replaced when customers complain. More seriously, defective goods or services might cause damage and injury to users for which there will be compensation claims.³ A reduction in work quality may generate replacement and/or compensation costs only after considerable delay but both increase total costs.

This analysis starts with a perfectly sensible managerial decision: avoid the Scylla of high labour costs by cutting pay rates. However, what Pfeffer's

³ In a commentary on Pfeffer's paper journalist Simon Caulkin suggests a link between low wages and the poor safety record of the rail infrastructure in Great Britain ('Given a level playing field, most people improve their game', *The Observer*, 24th May 1998).

examples suggest is that because of this decision a company could spiral into the Charybdis of increasing costs resulting from the existence of three vicious circles.

This is not to say that the same reinforcing loops would appear in any given case of labour pay rates. Nor, if any did come into play, would their impact always have the same strength. Rather, the conceptual point to make is that it would be dangerous to single out one balancing loop for our attention and action. In any given situation, it is worth stopping to consider the possibilities of inadvertently creating or giving unwanted momentum to the effects of reinforcing loops.

III. Managing Large Projects

More cases of the need to be open to the possible existence of vicious circles arise in the management of large projects and in the launch of new companies (Roberts, 1964; Cooper, 1980).

Consider a project of significant size, the building of a ship or a bridge, or the writing of a piece of computer software. At the start project managers estimate the total work to be done within a certain time and the workforce needed to do it. If, along the way, it is found that more work is involved, more people can be recruited. The Scylla to avoid is the work's falling behind schedule (and in some cases incurring lateness penalties). A balancing loop involving the expansion of the workforce steers the project away from this problem (Figure 4).

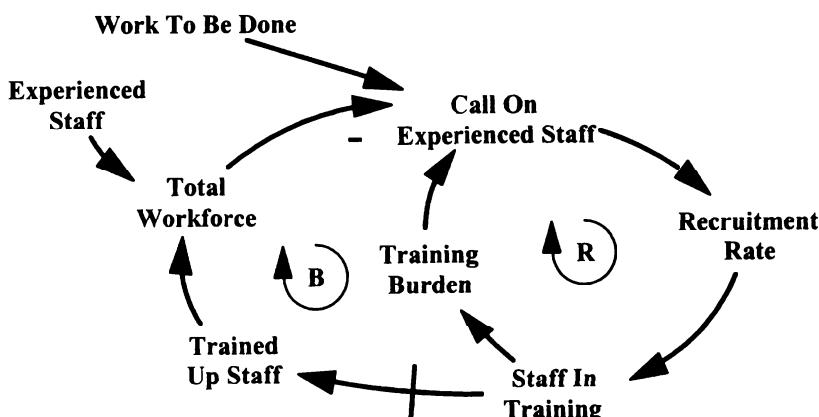


Figure 4: Some of the central feedback effects relating to the management of large projects.

However, any new staff joining a project need to be integrated appropriately to be of use. Perhaps they need specific training. Even if they arrive highly qualified and experienced they will certainly need help picking up the details of this particular job and getting accustomed to the people they must now deal with and to their idiosyncrasies. These training processes introduce a delay between the recruitment of a new worker and the time when that worker is contributing fully to the project. Furthermore, these training activities all require support time from people who might otherwise be dealing with the tasks originally at hand. This can lead to a further decrease in the amount of real work being done. A vicious circle can be created as the organisation falls further behind schedule. It will keep on hiring people to get back on track but must then bear the commensurate training burden. In consequence the project spirals down into Charybdis.

The situation is even more complex in growing companies because the amount of work to be done is not fixed but keeps increasing. The standard example in the system dynamics field is People Express Airline (Graham, Morecroft, Senge and Sterman, 1992). In the 1980s it was producing sufficient profit to buy new aircraft and grow staff numbers but it could not manage the increases in staff numbers. As the fraction of inexperienced staff grew and the time spent by experienced staff on giving training grew with it, service quality spiralled down and the airline collapsed.

However, even in static situations in which the number of tasks to be worked through should be finite and measurable at the start, similar effects occur. Indeed, this spiralling collapse phenomenon is so well known that the project management literature has produced Brook's law, "adding manpower to a late software project makes it later" (Brooks, 1975).

IV. The First Approach in Summary

This first approach to reinforcing loops can be summarised simply. Such loops arise in many social systems. Where they exist, they contain the potential to wreck attempts to improve the performance of the larger system. Consequently, where an attempt is made to control a complex social system, the possible existence and impact of reinforcing loops must first be considered.

C. The Second Approach: The use of Computer Modelling

Let us now turn to the second approach to reinforcing loops. It is not enough to acknowledge the potential existence of reinforcing loops. They must be accurately located and assessed. If undesirable effects are expected, how bad might things get? Once this has been decided, and especially in the case of truly

vicious circles, great care must then be taken in deciding what to do to avoid them, the timing, direction and strength of any policy intervention. Odysseus had a goddess to tell him how bad the threat was and to advise him what to do. He could probe the danger by asking her,

“tell me this. I must be quite clear about it. Could I not somehow steer clear of the deadly Charybdis, yet ward off Scylla when she attacks my crew?”

(l. 111–114, p. 182)

This not being an option outside the world of Greek myths, system dynamicists usually turn to computer modelling for the best possible assessment of a situation.

I. A Core System Dynamics Idea

One of system dynamics' core elements lies in its search for information about the structure of social systems. The emphasis has always been on doing this by consulting the system actors (Forrester, 1961; 1992). The means of doing this have been further refined recently by the addition of various group decision support procedures (Vennix, 1996).

Most system structures will contain both reinforcing and balancing loops. The behaviour over time of such structures derives from those loops. The difficulty is that the loops effect each other through a variety of accumulation and draining processes, delays and non-linearities. These result in shifts in loop dominance; sometimes one loop dominates the system with the others being dormant, at other times a different loop will become dominant. This has two implications which are worth reviewing because they make up a distinctive feature of system dynamics compared with other parts of the system sciences.

II. Systems must be Mapped

The first implication is that it is not sufficient to treat a system as a black box. Because of the changes in loop dominance outlined above, a crucial reinforcing feedback loop might not make its presence felt at all times. At times when it was not influencing the behaviour of a system, observation of this behaviour on its own would therefore leave its presence undetected. In this way, a record of past system behaviour by itself would not be enough to even begin to guess at future behaviour. What is needed to cover such – quite common – eventualities, is an explicit formal map of the underlying system structure.

To illustrate, consider the example of managing labour costs in section B.II. In the past, the policy of cutting hourly pay rates may have worked well for

small reductions, or across a short timescale. In other words, a reduction in pay rates did indeed produce a reduction in labour costs. But in order to ensure that this really is the only relevant loop in existence and that there are no hidden reinforcing loops about to kick in, we must create a system map, a glass box model, which represents all available information about the system. This information will present itself partly as objective information on known decision making processes and causal mechanisms (Hedström and Swedberg, 1998); partly, it will arise as judgmental information based on the mental databases of system actors (Forrester, 1992). Ultimately, it may contain informed guesses from those familiar with the system and its potential and who are seeking not to optimise its behaviour but to improve it (Forrester, 1987). But in the end, a map created in this way at least has the chance of finding hidden reinforcing loops which have the potential to make labour costs explode upwards should pay rates be reduced. Only when they are located can their actual importance be considered.

III. Maps must be Simulated

In some cases the loop structure of a system is so clear that behaviour can be inferred (Vennix, 1995). However, this is seldom the case. In fact, in system dynamics, both theory and more than 40 years of practice teach us that most social systems have few high leverage points for intervention and few key performance measures telling us when to intervene. The only way to find those features is via the rigorous deduction of computer simulation.

As an example, consider the map for the expansion of large projects (Figure 4). This seems to indicate that a workforce should never be expanded because this policy produces increased training which slows the real work rate, provokes ever more recruitment and sends the whole system into a destructive spiral. This goes against experience in other situations however, which means that no such general policy inference is possible. Instead, important questions must be asked in each case: how fast can we expand the workforce? What are the danger signs to show us if this policy is becoming counter-productive? And what should we do then?

Rigorously deduced answers to these questions may indicate that staff can still be recruited but that the rate at which actual project tasks are being done should be carefully monitored. If and when necessary, recruitment can be slowed or suspended thus weakening or severing the reinforcing loop and letting the balancing loop catch up.

These are essentially quantitative questions. Inferences from purely qualitative maps cannot possibly address such important managerial concerns (Forrester, 1994; Richmond, 1994; Lane, 1998; 2000a). Only the rigor of model

formulation, simulation and experimentation can address such questions convincingly.

IV. The Second Approach in Summary

The second approach to reinforcing loops then concerns the best way of discovering their potential. Mapping out system structure is the first step towards uncovering possibilities that previous system behaviour might not hint at. However, to assess the importance of reinforcing loops, to provide a basis for actual decision making in a complex system, it is frequently the case that a computer simulation model is needed.

D. The Third Approach: Challenge the Idea that Reinforcing Loops are Beyond Human Control and Understanding

The third approach to dealing with reinforcing loops involves challenging the idea that nothing can be done about them. It is because, as parts of socially constructed systems, these loops are of our making that it is worth thinking about them carefully and trying to understand them. Odysseus knew that humans had choices when he told his men:

“The good ship’s steering oar is in your control” (Homer, 1991, I.219, p.185)

System dynamics and systems science are founded on the belief that people should keep trying to understand quite difficult and complex situations. As an example to illustrate just how important it can be to make this effort, the issue of globalisation seemed appropriate.

I. Illustrating the Approach: Globalisation

Globalisation is a term with many meanings. On a broad basis, it has been defined as “a process (or set of processes) which embodies a transformation in the spatial organization of social relations and transactions, generating transcontinental or interregional flows and networks of activity, interaction and power” (Held et al., 1999).⁴ These processes have been dated back to the 16th century AD when European power moved into other parts of the globe (Gray, 1998) but it might also be argued that their roots extend back much further, to the earliest times when one group of people met with another group.

⁴ This generalisation beyond the mere trading of physical goods is important. An example of social interaction is the reported globalisation of cultural activities such as clubs and music associated with drug use (Secretariat to the UN Commission on Narcotic Drugs, 1999).

Much of the discussion today is about the social consequences of economic processes and the political idea that capitalism will unfold its full benefit as trade is extended across the globe, unrestrained by attempts to regulate markets for any outside purpose.

As a social issue, globalisation is as controversial as it is topical. In its name, grand universal claims are made; it is said to be linked to every other aspect of our lives: business and environment, culture, religion even. By definition, everyone on the planet is affected by its progress and there are frequent appeals to all of us to accept our role in the project. The course and benefits of the project, however, remain hotly debated. Much opinion and analysis is offered, not just in small specialist circles, but addressed to the public at large via television, magazines, books, radio, websites. Yet, most of this public discourse appears to leave us with very few options. We are invited respectively to embrace predicted developments euphorically or to await them despondently. Either way, the implication is that processes which are in motion now cannot be stopped and will inevitably and completely change the world as we know it (save for the proposition from among one camp which suggests that we can stop what we do not like but only by tearing down most of the world as we know it). It is with this prospect in mind, that we are advised to adjust our individual lives.

What then, do such offerings to the public tell us of the assumptions about the underlying processes among those trying to conquer the issue? In the following, we shall not attempt to unveil a new understanding of the processes of globalisation in themselves. Nor are we going to cover all of the many and varied arguments. While for the purposes of this paper we shall concentrate on the two large camps of those championing or opposing the cause of globalisation, we are aware that a range of followers are gathered at either position with in some ways disparate views and that there are also those who claim that nothing new is actually happening under the sun. Instead, we shall try to discover a little more about the mental models of some of those who are attempting to influence the debate. Because, despite both the profusion of explanations presented and increasing attempts at sophisticated analysis, on either side we can still find frequent examples of arguments about large-scale developments and far-reaching consequences resting on claims of quite simple links.⁵ In turn, investigation of models built upon such links leads to the

⁵ The huge number of offerings on this topic covers the whole range from the good, to the bad and on to the ridiculous when it comes to articulacy and rigorous logic. See for example Frank J. Lechner and John Boli's, *The Globalization Reader* (2000) which seeks to cover the issue from economic, political, cultural and environmental angles. Alternatively, almost any national paper or magazine provides examples, be it *Le Nouvel Observateur*, *Die Zeit* or *The Independent*. Indeed, coverage extends all the

discovery on both sides of certain beliefs which even determined opponents appear to hold in common. These relate to the ability to control forceful feedback processes once they are underway.

It is these arguments, their underlying assumptions and beliefs which illustrate the importance of the third approach to reinforcing loops: to challenge the idea that social systems may contain loops which are beyond any human control.

In the next three sub-sections, we shall look at the ways in which arguments involving reinforcing loops are employed on different sides of the globalisation debate and see what these have in common.

II. On the Benefits of Globalisation

The arguments for the benefits of globalisation are quite well known. They start with the idea that unrestricted competitive trade will produce the most efficient functioning of markets allowing the greatest possible profits to be made. Repeated reinvestment of such profits will lead to growth; the related increase in access to jobs and goods for larger numbers of people will lead to a better quality of life for these people. If, therefore, unrestricted trade is expanded across the whole globe, quality of life will increase for everyone, including those presently stuck in poverty in so-called underdeveloped countries.

In some ways, globalisation might thus be seen as a remedy to overcome problems believed to be caused by economic inefficiency. It would be the logical extension of Weber's "spirit of capitalism", that is, capitalism as a vital, restless spirit, always seeking to improve, to grow, to extend itself (Weber, 1992).

The argument goes further when it is claimed that, not only will current problems be overcome by globalisation, but that even some problems which may be caused by the process itself, will be short-term only, and can only be overcome by the same panacea: globalisation.⁶

way to *Advantage - The Magazine of Wimbledon*, January/February 2001, in which an advertisement 'Going...Going...Global' features a local estate agent promising, "when we take on your property, we take it to the world. In an increasingly global marketplace where will the buyer of your home be found?"

⁶ For example, the editorial in *The Economist*; "Governments are apologising for globalisation and promising to civilise it. Instead, if they had any regard for the plight of the poor, they would be accelerating it, celebrating it, exulting in it..." (23rd September 2000). See also Martin (2000).

An argument as to why and how globalisation has to take place is made by Thomas Friedman in his book "*The Lexus and the Olive Tree*" (2000). He strongly asserts many links between phenomena observed by him of which the basic ones can be put down in system dynamics terms (Figure 5).

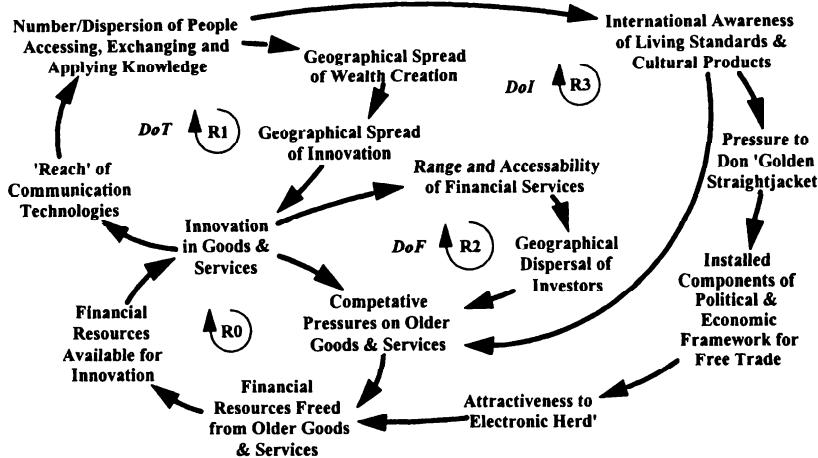


Figure 5: A pro-globalisation view: representation of the mechanisms argued by Friedman to underlie globalisation and thought to produce broadly desirable consequences.

For the core of his “globalization system” Friedman turns to Joseph Schumpeter (as well as Intel chairman Andy Grove). In a somewhat selective reading of the first, he asserts his belief in the positive consequences of a perpetual cycle of “creative destruction” where older goods and services are constantly replaced by newer, more efficient ones. The destruction of inefficient companies during this process frees financial resources which will again be put to use to innovate goods and services. Nowadays, only those countries willing to open themselves up to this process on a global level will thrive because in the age of the internet, there are pressures building up which drive the process faster and faster.

In the *Financial Times*, 24th January 2001, "Growth makes the poor richer", Martin Wolf also believes that "a link does indeed exist between globalisation, inequality and poverty", that "globalisation must have caused the inequality" between rich and poor countries, but that the reasons for this lie in the so far insufficient degree of globalisation.

To illustrate his argument for such pressures, Friedman points to three related developments which he claims to have identified. These he calls the “democratization” of technology, finance and information. First, the increasing reach of communication technologies i.e. the increase in affordability, speed, distance covered, bandwidth and convenience of devices used, enlarges the number of people accessing, exchanging and applying knowledge as well as the geographical area over which such people will be dispersed. This furthers the geographical spread of wealth creation (e.g. well qualified people being able to find well paid jobs) and in turn the geographical spread of innovation. Second, innovation in goods and services is also driving the increase in range and accessibility of financial services and the resulting geographical spread of investors, Friedman’s “democratization of finance”. Third, the growing number of people all over the globe with access to knowledge about the world increases awareness of other peoples’ living standards and cultural products available elsewhere. This will result in pressure on locally produced goods and services which may not come up to the same standards and also a desire to access or create similar products. The latter will therefore lead to pressure on governments to provide the opportunities, where these do not exist, for people to take part in a system that can provide such living standards and cultural products. According to Friedman, this can only be achieved by a country donning a “golden straightjacket” which provides a stable political and economic framework for secure and simultaneously “free” trade with the rest of the globe. This framework will be the same for any country (and is best closely modelled on the existing U.S. example). The more components of this framework are installed in a country, the more attractive it becomes to investors from all over the globe who will make financial resources available. Friedman calls his investors, increasingly equipped with technology, the “electronic herd”. Essentially, it performs the same function as Adam Smith’s “invisible hand”. The herd cannot err, or never for long, and its movements result in the best possible goods and services being offered in places where the conditions are right for trade.

While Friedman does not think that this future of increasingly rapid changes for everyone is without problems, overall he welcomes it, convinced that eventually besides economic advantages, it will even bring benefits such as a free press for China. More importantly, he is convinced that, “the fast world and the golden straightjacket were produced by large historical forces”. His electronic herd will not graze on territory where it does not find the right conditions and, “if you think that you can resist these changes without paying an increasingly steep price, without building an increasingly high wall and without falling behind increasingly fast, then you are deluding yourself”.

Along with others who proclaim that only more globalisation can overcome current problems, Friedman asserts that the only real choice is to acknowledge that there is no choice and to act accordingly.

It is often with reference to the unease caused by unwelcome consequences among non-believers that advocates of globalisation reach for their ultimate claim, aimed to disarm all resistance, to end all discussion: they appeal to the idea that humans have no control over the runaway processes of globalisation (c.f. Giddens, 1999). Chomsky (1999) describes how this position has long been advanced by those championing unregulated markets and Bourdieu has studied the cultural processes by which, “neo-liberalism comes to be seen as an inevitability” (Bourdieu, 1998). An extraordinary example is Fukuyama’s neo-Hegelian argument that the global triumph of capitalism is historically inevitable (Fukuyama, 1989). More recently, US president Bill Clinton produced an example of what might charitably be called ontological confusion when, on a visit to Moscow during an economic crisis, he remarked that;

“I do not believe that you can defy the rules of the road in today’s global economy, any more than I could defy the laws of gravity ...”

(The Guardian, 3rd September, 1998)

In this way globalisation is presented as fate, a natural phenomenon separate from human beings, an objective fact beyond our control.

There is another idea frequently presented as an objective fact beyond discussion. The concept of markets as effective means of organising various resource allocation problems has found widespread acceptance, especially when put in contrast to the simultaneous waste and scarcity produced under the conditions of the old centrally-planned economies of the Soviet Union and in Eastern Europe. Arguments about globalisation, however, go much further than that and thus produce the second feature noteworthy in our context: the assumption that the processes underlying globalisation do not need to be probed in too much detail. It is asserted that markets, left to themselves, have the power to respond to an almost infinite variety of problems, that markets are always the best means for responding to what it is that people want.⁷ Among

⁷ The position is summarised by Simon (1969) when he comments that the market mechanism, “is indeed a remarkable mechanism which under many circumstances can bring it about that the producing, consuming, buying and selling behaviour of enormous numbers of people, each one responding only to his or her selfish interests, leads to an allocation of resources that clears markets – that does in fact balance ... production with ... consumption ... Only relatively weak conditions need be satisfied to produce such an equilibrium ... In contemporary neo-classical economics much stronger claims are made for the price mechanism than merely that it clears markets. If certain rather strong assumptions are granted (essentially assumptions of perfect competition and of profit ... maximisation by the economic actors), it can be shown rigorously that the equilibrium

the functions they are thus best equipped to deal with are many previously tackled by national governments in attempts to provide networks of economic stability as well as social security for individuals, from the running of railways to the provision of pensions. Governments should now leave it to global markets to shape developments in these areas.⁸ There is something almost religious about the belief that such enormous responsibilities can be passed to markets and it is nicely expressed in the repeated use of Adam Smith's term, "the invisible hand" (Galbraith, 1987).⁹

III. On the Problems of Globalisation

Just as there are those who argue that globalisation is a process bringing immense benefits to the entire world, there are others who believe its effects will be catastrophic. Among them, the claim from the first camp that globalisation will influence all aspects of life is believed, but for this reason it is at the same time met with attacks on all aspects of the project.

From among the vast range of arguments, we shall extract one in order to examine more closely its underlying assumptions about the strength of reinforcing effects and how they might be approached. As in the view of welfare for individuals included above, it too is concerned with the role and aims of governments. Before that, however, we need to acknowledge that, whereas an argument in favour of globalisation may be made to rest on a few decisive, mainly economic links at the centre of things (though other benefits may be said to follow), cases made against are often built on a thick base of supposed effects of the processes of globalisation on the ground, and embedded among a diverse range of related themes. Which is not to say that any particular form of argument can be assumed to lead to a more accurate assessment of the situation, as we shall see.

produced by the market will be optimal in the sense that it could not be shifted so as to make everyone simultaneously better off. These are the familiar and famous propositions of the existence and Pareto optimality of competitive equilibrium that have been formalised so elegantly by Arrow, Debreu, Hurwicz, and others" (p. 38–39).

⁸ Yergin and Stanislaw (2000) see government policies moving in this direction. They claim this is possible because of a shift in public confidence away from more active governments towards the workings of less restrained markets. An earlier shift during the first half of the 20th century of both public confidence and policies had been in the opposite direction. Each time, developments were based on people's perceptions that contemporary arrangements were not delivering either enough protection or else sufficient gain for their lives.

⁹ As Galbraith pejoratively observes, "The reference to the invisible hand has for many a mystic overtone: here is a spiritual force that supports the pursuit of self-interest and guides men in the market to the most benign of ends".

Nevertheless, seen from the camp assembled to do battle against it, the role of governments in processes of globalisation must be viewed against a larger background of associated arguments. Where those in favour of globalisation tend to refer to markets as if they were individual actors (leaving the details of the processes which shape them in a black box), those against often reserve a central role for a different kind of actor which they claim global unrestricted markets produce and favour: transnational corporations.

In complete contradiction to what is said in favour of globalisation, the growth and growing influence of these corporations is made responsible for a loss of efficiency and vitality of capitalism (Nader, 2000). Equally, with regard to welfare and security, it is argued that the actual resources available for such projects and the ability of governments to act are threatened where companies always have the option to move their operations to countries with lower wages and weaker union influence (Rodrick, 1997; Korten, 1995). Companies can threaten to move to places with higher subsidies (the results of government activity which in themselves violate the principles of free trade); they can press for reduced wages, reduced corporation taxes, reduced state spending on and the privatisation of healthcare, mass transportation, education. Countries are expected to compete with each other in a race to the bottom as they are forced to deregulate, cut taxes and shrink the welfare state. In this picture, politics is increasingly influenced by a corporate agenda and politically, a new version of Gresham's Law applies: bad capitalism drives out good capitalism (Gray, 1998). While the role of governments shrinks, the size and influence of corporations grows.

Turning to the fate of the individual, we arrive in a very different new world. Here, the ways of corporations, competitive perhaps but not locally routed, are seen as discouraging professional conduct and as eventually responsible for a "corrosion of character" in individuals (Sennett, 1998). There is increasing inequality in a-winner-takes-all society of constant insecurity and competition. The benefits of success are enormous, the cost of failure is destitution. As a result there is low trust and low social cohesion. In contrast, poverty, tension, family breakdown are all high. Disillusionment leads to a withdrawal from active politics. Governments are seen less and less to have the interests of the electorate at heart and there is cynicism about the possibility of creating real change.

Culturally, human desires are increasingly shaped to the convenience of corporations. Consumerist culture creates high volume demand for branded goods with built-in obsolescence or for short-lived fads (Klein, 2000).¹⁰ Activities

¹⁰ The notion that consumer demand can be shaped, or even created, may be seen in earlier "exposés" of the advertising industry (Packard, 1957; Key, 1973) and relates to the Marxian concept of "alienation" and "false consciousness" (Marx, 1975).

involving low levels of resource use and stretching over long periods of times are discouraged¹¹.

On a truly global level, the exploitation of natural resources needed to feed this consumerist culture ends in environmental degradation and pollution.¹²

And so we come to our exploration of a small part of this vast canvas where the loss of influence of the forlorn individual and the growth of power of corporations link: politics, more specifically, the consequences of party finances (an issue under some scrutiny in the U.S., Germany, France and Britain at the time of writing). The argument juxtaposes the increasing disillusionment of individual citizens and a growing confidence of success among corporations if they become involved in politics as active “corporate citizens” (Korten, 1995). Expressed in system dynamics terms, the asserted links form the picture reproduced in Figure 6.

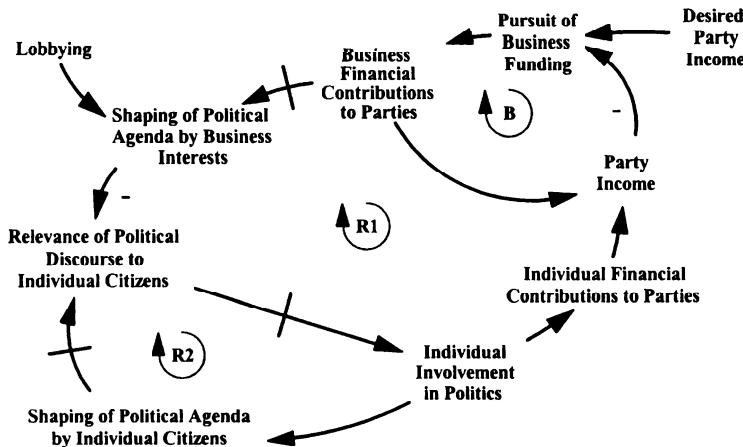


Figure 6: An anti-globalisation view: representation of the mechanisms argued to underlie the increasing role played by corporations in politics and thought to produce undesirable consequences.

¹¹ Products related to music are one example. The music industry used to provide instruments and sheet music for active enjoyment in the home. In the 20th century it switched into providing pre-recorded materials for passive consumption, and the devices to play them. Those devices have moved through various formats, producing forced obsolescence in ever shorter periods of time.

¹² The impact of increased consumption on the environment is an issue which has been extensively explored by the system dynamics community, see (Forrester, 1971; Meadows, Meadows, Randers and Behrens, 1972; Meadows, Meadows and Randers, 1992; Randers, 2000).

Individual membership of political parties has been falling and with it party income from that source. At the same time, it has become increasingly costly to run election campaigns. To steer away from that problem, parties have increasingly sought to close the gap in funding with corporate donations, a response which can be represented as a balancing loop.

As a result, political parties have listened more to advisors from companies and less to individual citizens. They have found it easier to get large corporate donations than to raise many small contributions from members. This produces a pair of reinforcing loops.

The first concerns money. Increasing corporate donations produce an increasing shaping of political parties' ideas towards corporate interests (see also Monbiot, 2000; Cohen, 1999). The relevance of mainstream parties to citizens is reduced and individual contributions fall further. By this mechanism parties become addicted to corporate donations.

The other reinforcing loop concerns the variety of ideas that is used in political discourse. As presented by politically active corporations, globalisation is the only intellectual game in town. Individual citizens are less and less able to shape the agenda of parties according to their opinions and interests, as individual membership declines. The relevance of party policies to individuals reduces and the systemic result is that individual citizens become disaffected from politics (see also Chomsky and Herman, 1988).

IV. Observations on the Positions

What is most interesting about these positions in our context, is that here two sides, apparently adamantly opposed to each other in their view of the world, employ arguments which actually share the same attitude towards the power of feedback effects and the power – or lack thereof – of human control over social systems.

Both camps claim links between certain actions and far-reaching consequences for huge systems. Yet, looked at in systems thinking terms, the mental models on which these claims are based are frequently revealed as rather simplistic. They claim immense power for certain effects but the ways in which these are supposed to operate have not been rigorously examined. There are two aspects to this.

First, consider the reinforcing loops that are implied in such arguments (Figures 5 & 6). Both sides are quick to rush to judgement on their impact. In the view promoting the benefits of globalisation, all of the reinforcing loops are virtuous circles – what they produce, fundamentally, is good. Furthermore, these loops are all strong; they dominate the system. In the argument about the

problematic influence of corporations on the political agenda, all of the reinforcing loops are vicious circles – their effects are bad. And these loops too are all strong; they dominate the system. In both cases, a certain behaviour of the system is confidently inferred. However, as we have argued in the section on the simulation approach to reinforcing loops, such inference cannot usually be made without both careful mapping of the underlying model and computer simulation. If this is true for inferences about any reasonably complex system, how much more so for claims made about developments on a global scale.

Stringent investigation of these claims would seem even more important since the behaviour that is inferred is said, on either side, to lead to inevitable consequences. On either side, it is not that the links made in our examples, taken separately, are all implausible. Yet, given the scale of the issues presented, it is sad how quickly the talk turns to fateful consequences and how comparatively little effort is expended on examining the reasoning behind this expectation. According to these views, whether the outcome is anticipated eagerly or with trepidation, either way, after the first determining steps, there is nothing that anyone can do to influence where we all arrive. In this way, the mere possibility of the existence of reinforcing loops is transformed into the certainty of their powerful impact.

The second aspect of simplistic mental models concerns the use of language which is ontologically crude in various ways. In the context of this section, that crudeness has the effect of promoting superficial understanding of the mechanisms underlying globalisation. That superficiality perhaps explains the rush to judgement on the reinforcing loops described above. But it is also profoundly misleading in both its implied explanation for globalisation and in how, in different ways, it shapes our understanding of whether interventions into globalisation are possible and what form they might need to take.

One of the reasons for choosing examples from the so-called globalisation debate was to show why it is important to challenge the assumption that complex social systems are beyond human control and to encourage a more careful consideration of reinforcing loops.

It is worth continuing with this topic in order to examine how it is possible to get stuck in this way of thinking to start with and how it might be possible to get beyond it. For this, we shall look more closely at that second aspect of the attitude towards social systems where views from the two sides curiously mesh.

E. Towards a Better Understanding of Complex Systems

We believe that the understanding of many observed phenomena and any debate about them can be considerably improved when systems ideas are

employed in association with contemporary social theories. This includes any discussion about suspected powerful reinforcing effects in complex systems such as in the globalisation debate. The following exploration of this proposition connects tentatively with von Foerster's work on second-order cybernetics (von Foerster, 1981). It connects strongly with ideas on how contemporary thinking in social theory relates to system dynamics (Lane, 2000b; 2001).

I. Ontological Extremism in the Globalisation Debate

As mentioned above, the second aspect of attitudes towards social systems which may be encountered in either camp arguing over globalisation shows up in the use of language. It is defined by a wider background against which the various claims are made, namely, the beliefs of those who advance them about what are the real forces that shape the world as we see it. The language in which the ideas we outlined above are couched, reveals that there are appeals from both sides to the same two sets of beliefs. However, in sociological terms, these two ontological positions are taken to extremes which are mutually exclusive. These extremes make both thinking and communication about what is going on and how future developments can be influenced that much harder. They restrict further the careful examination of reinforcing effects.

One position can be seen as the realist extreme. In this view, social structures and thereby social forces are treated as objectively real in their own right. They determine behaviour but they are separate from human agents (Burrell and Morgan, 1979; Lane, 1999). We have already referred to Bill Clinton's language and his equation of social forces and natural laws. In this case, globalisation is therefore unstoppable by anyone, including those who are not convinced of its benefits. Whereas this must be an attractive idea to someone in favour of globalisation, the same idea seems also to hover around the other camp. Many people apparently believe that globalisation is unstoppable even though it will have bad consequences for their own lives.¹³ There is a curiously despairing, yet sometimes also self-satisfied fatalism about this.¹⁴ Generally, the realist extreme produces arguments which imply that globalisation cannot be controlled in any way.

¹³ To cite one example; "Masses of people all over the world find themselves caught up in some kind of a whirlpool, in a situation where they are turned this way and that by forces they do not control and which no one appears to control" (Beams, 2000). Note the use of the whirlpool metaphor.

¹⁴ British trade union leader John Monks when asked about job cuts at car plants in Luton, blamed globalisation, "I don't agree with the decision but at the end of the day

To believe the complete opposite is to take an extreme nominalist position (Burrell and Morgan, 1979; Checkland and Davies, 1986). This says that as human agents create meaning – *Bedeutung* – they interpret and create the social world. Hence, the social world is exactly what we choose it to be at any given time; human agency is in complete control. This is behind the widespread appeal, among those arguing in favour of globalisation, to “market populism – the idea that free markets, whether in the form of stock trading, corporate advertising, management theories or global trade, represent the will of the people”.¹⁵ The idea that markets produce outcomes which are purely the expression of human wants is also behind the quasi-religious appeal to the “invisible hand”.¹⁶ This kind of language seems predestined to encourage people in the belief that it is not worth trying to understand the mechanisms that are in operation. On the other side, there are also appeals to the extreme nominalist view where campaigners portray globalisation as a conspiracy by an international elite: CEOs in corporations and the leaders of the WTO and the World Bank.¹⁷ In this scenario, it is possible to stop the process. The proposals of means to do this include frequent calls for direct action and many of these

what globalisation says is final and we've just got to accept it" (*The Independent*, 29th December 2000).

Discussing job losses at a steel plant in South Wales, the British Secretary of State for Trade and Industry, Stephen Byers said these were “due to” globalisation. The academic from Cranfield University who was also asked to comment simply said, “globalisation is going to be marching forward and forward”. Neither man felt it necessary to argue for or against the benefits of the broader processes (Radio Four, Today Program, 1st February 2001).

¹⁵ *The Financial Times*, 12th December 2000, “Now that the party is over”.

¹⁶ It is noteworthy that Smith only uses this phrase once in *The Wealth Of Nations* (Smith, 1937). Furthermore, he was quite clear that markets only operate well when people have a particular understanding of “enlightened self-interest”. Today it is known that markets do not necessarily produce outcomes which are consistent with the values of a society (Hutton, 1995).

Interestingly, economists seem to be more aware than most of the clear limits of their theories (Ormerod, 1994). It is, however, maybe worth recalling that Smith’s ideas on the benefits of markets have something in common with the “Rhine model of capitalism” practised by the *Mittelstand* in Germany (Hutton, 1995).

¹⁷ For a recent discussion see *Le Nouvelle Observateur*, 14th–20th September 2000, “Ces géants de l’ économie qui contrôlent votre vie”. An additional example is “The Whirled Bank Group” at www.whirledbank.org which aims to expose what its contributors see as the real aims and effects of World Bank policies. The sub-title “Our dream is a world full of poverty” purports to express the overarching aim. Even more striking is www.corporatewatch.org; this website for a business monitoring group includes the rubric, “The Earth is dying, it is being killed. And those who are killing it have names and addresses”. The existence of such opinions within the protest movement exemplifies the view that, “conspiracy theories die hard” (Yergin and Stanislaw, 2000).

are based on the nominalist view of the world. The direct action evidently has *Bedeutung* for those involved in it. One of the most hopeful adherents must be the “lad, no more than 19”, encountered at a packed meeting at the University of Warwick” who proclaimed, “we need a revolution... and we, I mean us here, can begin to make that revolution – right after this meeting by ... smiling. When these capitalist bastards see everyone smiling, they won’t know what to do.”¹⁸ However, this perspective overemphasises the ability of people to begin the world again.¹⁹ Generally, the nominalist extreme produces arguments which imply that globalisation will be driven or stopped by people’s wishes and willpower but that there is no real purpose in examining the structures around it in any more detail.

As applied to globalisation, both of these positions are ontologically crude. One tends to be confused about the nature of the forces involved, the other overstates people’s scope to act without reference to any social structures.

Globalisation is not fate, not an independent realist structural force. To take but one element, the conditions in which so-called free trade can unfold have to be created by human actions, a fact of which its advocates are indeed usually well aware. What those taking the extreme realist stance either overlook or prefer not to see is that what has been artificially constructed is not beyond deconstruction. John Gray describes the conditions in an earlier period of free trade centred on Britain in the 19th century, nowadays much used as a reference point. Then, a central government actively deregulated markets and it was only able to do so because a base had been prepared by legislation reaching back as far as the 17th century which reduced land, labour and food to – marketable – commodities. (These days holding strong views against globalisation, Gray claims that when societies are truly left to develop according to human desires, they tend to evolve more socially and politically controlled forms of transfer.) However, while it was possible for a strong government to advance this agenda under certain conditions, when new economic developments led to a change of mood among various groups of the population, much of the structure supporting it, though by no means the entire base, was dissembled again (Gray, 1998)²⁰. It would be *unrealistic* to view globalisation as an objective, unchangeable phenomenon.

Similarly, globalisation is not merely the result of how human agents interpret the world; it does have some institutionalised features. The global

¹⁸ *The Independent*, 29th December 2000, “Smile, and we might yet defeat global capitalism”.

¹⁹ Pace Paine; “We have it in our power to begin the world over again” (Paine, 1994, p. 299).

²⁰ This argument has points of similarity with that described in note 8.

population lives by international arrangements negotiated by governments and regulated by the WTO, the World Bank and others. For example, the so-called “weightless economy” (Quah, 1996) is actually buoyed up by many supporting institutional factors: international financial markets have a degree of flexibility that has taken decades to assemble in the form of international agreements and investment in communication and information technologies. So globalisation is not the mere expression of the needs of the overwhelming majority of the planet nor of the mere agreement between a small number of conspirators.

Considering our examples at hand, neither form of ontological extremism is therefore helpful when confronted with the idea of powerful reinforcing effects. In fact, from both extreme positions the view goes towards dead ends. Since we cannot do without either structures or human agents, we would propose a perspective that seeks to take both these elements into account.

II. Interaction of Agency and Structure: A Global View of Cinema

If the phenomena surrounding our example, globalisation, are not defined by structure alone, nor by human agency alone, how can they be understood, let alone controlled? It would be more promising to look for their origins in the interaction of human agency and social structure. This is a complex position arising from contemporary social theory. We shall illustrate how it might be employed by looking at one area where globalisation is often cited as the reason for various opportunities or the lack thereof – the global cinema industry. A general theoretical account follows in the next sub-section.

Measured by both expenditure and revenue the cinema industry today has a single dominating player in global film production: the companies clustered around Hollywood. However, Hollywood films exist in an extraordinarily narrow groove. There are very firm conventions for the presentation of character and the configuration of plotline (Goldman, 1984; McKee, 1999), whilst even technical aspects of film making such as editing and lighting have converged towards a small set of acceptable approaches (and even physiognomies, see Dyer, 1997). The range of film styles and approaches across the world, and across the history of cinema show how much else is possible. For example, modern Japanese cinema offers portrayals of quite different social attitudes. Similarly, German and Russian films of the 1920s were made in a much more radical cinematic language. These indicate how very restricted Hollywood’s palate is. A system map gives an indication of how this situation might have come about (Figure 7).

According to this view, one explanation would be that, by a variety of means, Hollywood has taught cinema-goers world-wide its own language of cinema. The causal loop diagram illustrates some of the causal mechanisms

influencing the production of “Hollywood style” films (the left hand loop) and that of “alternative styles” (these are aggregated together in the right hand loop). The production of each film style involves a reinforcing feedback loop. Consider the operation of these loops over the century for which cinema has existed. The Hollywood loop has created growth. In contrast, the alternative loop on the right hand side has generated contraction. What made the loops operate in this way? There are many effects that triggered this response (for a full exploration see Putnam, 1997). However two effects are of interest here.

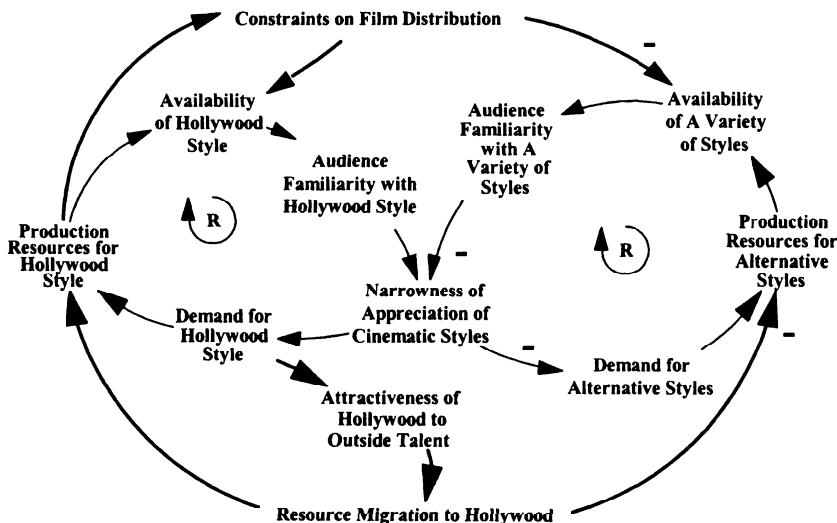


Figure 7: An example of the interaction of agency effects and structural effects. Proposed mechanisms influencing the availability of resources and the shaping of cultural familiarity in the case of the global cinema industry.

The first is obvious and concerns resources. Like all successful industries, Hollywood attracts good quality people from across the world. In the 1970s actor Mel Gibson found fame in Australia working with director Peter Weir. Both have spent the last two decades working in Hollywood. In 1926 F. W. Murnau completed “Faust” and then left Germany for Hollywood. In the 1980s Wolfgang Petersen directed what was then Germany’s most expensive film, “Das Boot”, a considerable international success and noteworthy in this context because it gave an, albeit rather particular, German perspective on the naval conflict of the Second World War. Petersen went to Hollywood and rapidly embraced its style. He put Clint Eastwood “In the Line of Fire”, protecting that symbol of American values, the US president and subsequently, with the help

of Harrison Ford, made the president himself an action hero in "Airforce One". He recently directed George Clooney, by then known in various countries, in a big release for 2000 aimed at more corners of the globe called, "A Perfect Storm".²¹ Inside the US, independent film makers are talent-spotted and encouraged to work with major studios (Biskind, 1998). These are all exemplifications of the links shown at the bottom of the causal loop diagram. This is an agency/structure effect: the resource structure of cinema produces greater audience familiarity with Hollywood style films and then individual human agents act in a way which creates further demand for such films.

The second effect responsible for causing one loop to triumph over another concerns distribution. Here we see a further agency/structure effect. Hollywood carefully controls the distribution of its films to cinema chains (Putnam, 1997). Put simply, if a cinema wants this summer's big dinosaur film then they must take it in a bundle with three other films. Perhaps those three will be enjoyed for their own merits but even if they play to few people, they prevent other films being shown. As indicated at the top of the causal loop diagram, audience familiarity and thereby acceptance of cinematic style narrows as it is restricted from access to a variety of cinematic styles.

Now, on the one hand it might be said that audiences are only getting what they want. This is true to some extent. Cinema-goers genuinely like what they see and the market responds efficiently to give them more. However, what audiences come to like does have something to do with what they are used to seeing and what their expectations are of the kind of experience that cinema can afford them. These have been shaped considerably by the existing structure of global cinema.

In response to this comment it might be said that audiences have been brainwashed. That is too harsh. Consumer choice can certainly influence the market. Expensively made and marketed Hollywood films do occasionally fail badly. New and idiosyncratic film makers do appear. Hollywood is not all-powerful – in local markets such as France or Hong Kong, the local cinema industry supplies its own products side by side with Hollywood.²²

²¹ An even more striking example is offered by another German émigré, Roland Emmerich. He made the roaringly successful "Independence Day", a film which discards symbolism in favour of explicit political values: to free them from alien invasion, all of the peoples of the world must take part in an experience patterned on the independence day of the American colonies.

²² We should of course acknowledge that the above model is only qualitative in nature. This is less problematic than the cases considered previously because it is used here not to infer a future possible behaviour but to explain an observed, past behaviour. Nevertheless, ideally the model's components would be formalised and quantified so

Overall, neither of the extreme ontological views of the situation would work. Hollywood films are not inherently more interesting than other styles and so naturally deserving of their pre-eminent position. However, their success is not an American plot. That global success shows the operation of a complex system which has grown up over decades as a result of the interaction of human actions and the sedimentations of those actions in the form of structural effects.

III. Synthesis: Ontological Depth and Agency/Structure Theories

The above example illustrates the limitations of using purely realist or nominalist approaches to the understanding of social phenomena. The realist tradition stems from Comte and Durkheim, who sought to explain how objectively describable structures constrain human action. This contrasts with the nominalist tradition of Hegel, Husserl and Schutz who sought to explain how individuals act as voluntaristic human agents, continually creating the social world by ascribing subjective meaning to their actions. These views – “structure” and “agency” – are not dichotomous but coexisting. The traditional distinction made between these approaches is increasingly seen as describing extremes of a dialectical activity. The means by which the two can be integrated is at the heart of the “agency and structure debate” in social theory (Ritzer, 1996). It is by combining these ideas with systems science that complex phenomena such as globalisation may be understood better.

The theories emerging from the agency/structure debate have two components: a more flexible position on ontology and a more supple model of the relationship between agency and structure. We will sketch these in very roughly in turn below.

Instead of being viewed as “flat” social landscapes, social systems are increasingly seen to have layers of features. This is the concept of “depth ontology”; depending on the number of human agents involved, this “allows for degrees of objectivity and removal from human activity” (Layder, 1994) (see also Giddens, 1984). The “thin” end of this ontological scale is dominated by phenomena created by few human agents. Consider Mann’s character, Lobgott Piepsam. The values that make him lose his self-respect are quite “thin”. Some are purely subjective, based only on his interpretations of the world. The others, the values that make him lose his job, are slightly “thicker”, coming from the inter-subjective social mores, the shared *Bedeutung*, the *Lebenswelt*, of his community. At the “thick” end of the scale we find gravity. This has infinite

that it can undergo the more rigorous tests of computer simulation modelling in accordance with the second approach to reinforcing loops above.

ontological depth; human agents are irrelevant because this is an unchangeable aspect of physical reality.

The processes of globalisation are located somewhere between these two ends. They are clearly of a very large scale; they have significant ontological depth. Nevertheless, that depth is finite. So, individuals do encounter structural forces which shape their behaviour. Those forces may seem objective in nature but ultimately those forces are the sedimented consequences of many acts of human agency.

The second component of some newer social theories which might be profitably combined with systems science is the idea that agency and structure interact. This is regarded as one of the most important issues in contemporary social theory (Ritzer, 1996). To many researchers the agent versus structure split is a false division. Their ambition is to break through the paradigm incommensurability that separates these two views. Recently, social theories have emerged which try to integrate the two and explain social phenomena. There are many contributors to this area: Berger and Luckmann (1966), Bourdieu (1977), Habermas (1981a; 1981b), Luhmann (1984) and Archer (1995) are but a few of the notable ones. Their analysis and suggestions by no means coincide in every aspect. Here, we will have to make do with a brief outline of the general ideas around which the discussions revolve as they might be applied to our purposes (Figure 8).

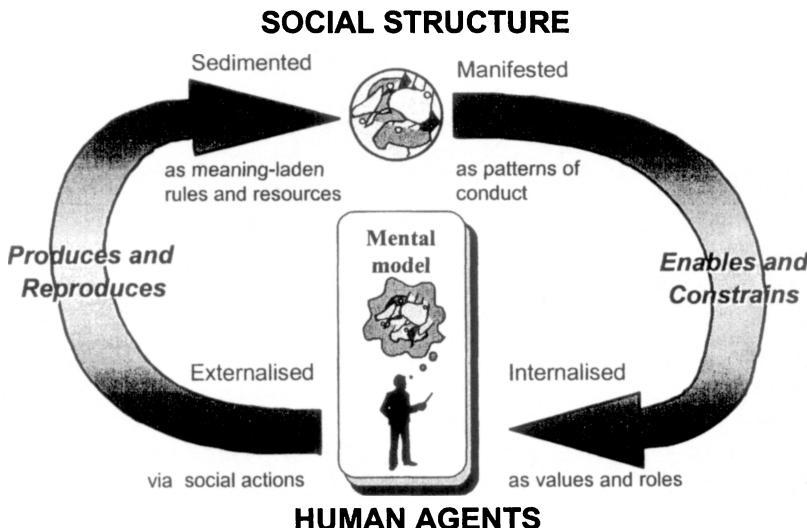


Figure 8: Representation in general terms of the feedback relationship between agency and social structure. See main text for description.

Social structure is seen as a stock of patterns of appropriate human conduct. This structure then manifests itself in meaningful rules that influence the availability of resources – material as well as social psychological – in ways which enable some types of behaviour and constrain others. For example, charitable giving can be encouraged by the appropriate configuration of a tax regime or by the knowledge that such activity attracts social approbation. In contrast, violent crime is discouraged via the legal threat that practitioners have their liberty removed from them. Individual human agents interpret these different resource availabilities in terms of values and roles. Hence, charitable giving is valued, murder is not; usually, the role of a donor to charity is seen as commendable whilst that of murderer is condemned. Such signals are internalised into the mental models which individual human agents use to guide their behaviour. These mental models are then externalised in the form of social actions. Thus, an individual expresses admiration for a charity donor, or offers a further opportunity for charitable behaviour. In contrast, individuals proffer information to the police when intelligence concerning a murder is sought, or avoid the use of violence themselves. In these ways the social structure in the shape of existing patterns of conduct is reproduced (albeit never perfectly). New forms of action and associated value may also emerge.²³ Such actions are then accumulated into the social structure in ways which enable or constrain future behaviours.

IV. Improving the Understanding of Complex Systems Using Ideas from Social Theory and Systems Science

What might the theories of depth ontology and agency/structure linkage theories reveal about a complex issue such as globalisation? They indicate that human desires may indeed produce market responses, an effect represented on the left hand side of Figure 8. However, they also suggest that markets can channel human desires (right hand side). The examination of global cinema

²³ In many cases the production of new patterns of conduct are the most interesting because they shift the nature of the social structure. Examples might include: the education of women (a century ago this was generally constrained by social and institutional means), the full involvement in Western civic society of people from all kinds of cultural backgrounds and with all sorts of skin colour (constrained by legal means and social pressures), the acceptance of open homosexual behaviour (constrained until fairly recently by legal means, still constrained to some extent by social disapprobation), and the involvement of men in child rearing (constrained by lack of social approbation, e.g. employers interpreting such behaviour as revealing a lack of seriousness in career advancement and by the incomprehension of other males). In all of these cases the social actions of a small number of individuals offered counter-examples to accepted patterns of conduct. To different degrees between each of these cases, these behaviours have begun to be sedimented into the social structure.

given above would be consistent with these general ideas. It should be possible to map out other complex systems accordingly. It would also be possible to examine other aspects of globalisation while keeping in mind these general points.

The theories briefly outlined above help to bring out two things. First, they indicate that – at least in principle – even very complex processes such as globalisation are not beyond any human control. Globalisation is not fate and it is not unstoppable. Where we are now is the result of human actions. What happens in the future will be the consequence of human actions. Second, the structural mechanisms underlying the processes of globalisation are central to these processes because the mental models used by human agents are central to the functioning of any social effect.

Yet, the language used in both camps, “the bacchanalian whirl of generalization and meta-historical claim which has masked discussion of globalization” (Halliday, 2001), can seem to reject understanding. This is not true in every case; there are sophisticated propositions being put forward from either side. But it is surprisingly widespread and it is especially unfortunate given that the number and bellicosity of clashes between followers of either side are both increasing and that the battles are not confined to verbal arguments.

On 26th September, 2000, just a few days before the conference at which this paper was first presented, one such confrontation occurred. On the streets of Prague anti-globalisation protesters²⁴ demonstrated and confronted police in an attempt to influence and disrupt a meeting of the WTO.

Having seemingly abandoned hope of much influence through the old political channels, campaigners against globalisation are turning to forms of “direct action” such as was seen in Prague.²⁵

There are clearly growing numbers of people who are feeling disquiet at the thought of what globalisation might mean for their lives. For example, as we have seen, workers in the industrialised parts of the world are being told that they must adapt to often unwelcome changes in their work habits because these are part of the inevitable process of globalisation. They will not be immediately convinced that somehow the same process will in the end feed all the starving

²⁴ At a similar confrontation in Seattle on 30th November 1999 one of the protesters could be seen holding a placard reading, “Join the world wide movement against globalisation”. This neatly captures the richly ambiguous nature of the phenomenon of globalisation.

²⁵ At the time of writing, similar demonstrations had occurred again, at the European Union conference in Nice on 6th and 7th December 2000.

children of the world. Yet in the week of the Prague meeting the front cover of the magazine "*The Economist*" was a photograph of an African child with the superimposed caption "The case for globalisation" (*The Economist*, 23rd – 29th September 2000).²⁶

On the other hand, it is not reassuring to find among those frightened by the prospect people who argue that globalisation is nothing but a secret conspiracy organised by the CIA, a diagnosis offered by one of the protesters interviewed in Prague on the evening of 26th September.²⁷

Such simplistic argumentation on either side reduces the options for effective action, let alone for any fruitful discussion between the two camps²⁸ because it reduces the options for a systemic understanding of what is going on. "Understanding" in this context refers to the mental models people use when taking decisions (c.f. Figure 8). System dynamics indicates that those having poor mental models are likely to be surprised and disappointed by the consequences of the actions that they take (Forrester, 1970). In the case of the

²⁶ As noted previously, the editorial in that edition of the magazine also merits attention. It combines a condemnation of the presumption of inevitability – "International economic integration is not an ineluctable process as many of its most enthusiastic advocates appear to believe" – with a series of grand claims about the benefits of globalisation especially with regard to "third world poverty". The latter provoked a number of responses on the letters page of the following issue taking a completely opposite position on effects and consequences (see also Madeley, 2000).

The Economist commentator worried that "governments and their international agencies – which means the IMF and the World Bank, among others" are increasingly "pandering" to anti-globalisation activists, "adjusting both their policies and the way their policies are presented to the public at large". A writer in the *Financial Times*, 30th January 2001, "Guilt drives west to adopt lofty ideals", described renewed promises from first world governments to open their markets and wondered whether, "the rhetoric on tackling world poverty (will) translate into action." Two divergent views again about what is going on and how it might be influenced.

²⁷ See also footnote 17.

²⁸ The camps are taking note of each other to some extent: at the meeting in Davos, according to the *Financial Times*, 24th January 2001, "Power élite at Davos poised to vie with protesters for attention", "accusations that Davos is a cosy capitalist club that conspires in secret to run the world have made their mark on the agenda. Globalisation backlash is a prominent topic, and about 60 representatives of non-governmental organisations ... and labour unions are expected." This was complemented by "unprecedented security measures" and, among the uninvited, were those rallying support for demonstrations via the internet (an increasingly popular way of organising anti-globalisation and associated causes – *Le Nouvel Observateur*, 18th–24th January 2001, "Debout, les internautes de la terre").

Meanwhile, some observers remained confused about distinctions between actors and structures, "The markets are watching the movers and shakers in Davos. The world is watching on CNBC." *The Financial Times*, 25th January 2001, advertisement.

truly complex social systems knitted together by the processes of globalisation, such consequences could turn out to be quite undesirable for individuals when they make decisions but not just for them.

The quality of the debate on this issue is often poor and not only among the general public gathered in offices or restaurants. Disappointingly, the offerings of government officials, politicians, employer or employee representatives are not always better.

V. The Third Approach in Summary

By our choice of example we hope to have shown just why it is important to challenge the idea that powerful feedback effects in complex systems cannot be controlled by human action.

Globalisation presents some further examples of arguments implicitly based on reinforcing loops; some virtuous circles, some vicious circles. Furthermore, globalisation is an ontologically thick phenomenon involving the interaction of agency and structure. Its mechanisms are complex and its consequences hard to agree upon. Nevertheless, the argument made in sections D and E makes two proposals about a third approach to reinforcing loops.

First, even complex social systems are, in principle, within human control since they are of human creation. In practice, the effort necessary to continue, terminate or redirect any processes within them will be different in each case. The involvement and understanding of large numbers of people may be needed. The prospects of success may vary. Nevertheless, for there to be any prospect of success, understanding is important. That understanding must concern itself with the underlying mechanisms and the possible consequences of different actions and policies.

Second, the use of feedback ideas from system dynamics, incorporating contemporary ideas from social theory, has the potential to improve that understanding.

F. Closing Remarks

In its entirety this paper is intended to be an encouragement to think about reinforcing feedback effects as well as balancing ones and to consider them carefully. People tend to think more about balancing effects, about steering away from problems. This is perhaps natural. Classical civilisation gives us a vision of Scylla carved on a bronze bowl (Figure 9). It is a terrifying vision. No wonder Odysseus wanted to steer far way from it. Similarly it is natural for humans to try to avoid problems. But sometimes they may steer into greater problems. The Department of Greek and Roman Antiquities in the British

Museum in London was able to supply us with the depictions of Scylla in this paper. Yet it did not have a single image of Charybdis. We do not know whether classical civilisation could not portray it. For us today, however, it may seem easier to steer away from a problem that has been identified, than to imagine another that we might accidentally spiral into.



Figure 9: Central design from a bronze *patera* (shallow dish) showing Scylla devouring the companions of Odysseus. Roman, made about AD1–50. From Boscoreale, near Pompeii. GR 1897.7–26.7, BM Cat Bronzes 882. Copyright British Museum, London.

Of course, reinforcing loops do not spring up everywhere. Likewise, not all reinforcing effects have unwelcome consequences. But whether the consequences might be welcome or unwelcome it is problematic merely to presume that any reinforcing effect will be overwhelmingly powerful.

The aim of the examples and arguments in this paper is to even out the emphasis a little, and bring reinforcing loops more into the thinking of system scientists. To assist in that change of emphasis, three approaches have been suggested.

First, whether taking a drink, considering a new pay scheme or implementing a global trade agreement, decision makers need to think about the possible existence of reinforcing feedback effects.

However, second, careful mapping and rigorous testing can assist in decision making in complex systems. Labour costs must still be managed. More staff must sometimes be hired. To find effective interventions the formality and rigour of computer modelling will be needed far more often than not.

Finally, it should never be forgotten that, at least in principle, social systems are within human control. We have explored the example of globalisation where this is a problem of particularly impressive proportions but there is a general point. Human beings are responsible for social systems, and so they should try to understand them.

Where the debate is poor, we think that it can be illuminated using the tools of systems science. Of those, we, of course, believe that one set, namely that employed by system dynamics is very useful, particularly when it comes to reinforcing effects. Whilst we believe that popular discourse could be improved, we also think that system dynamics ideas have something to offer the technical discourse. In the shape of a combination of feedback analysis and agency/structure ideas, they can provide a platform to create subtle and supple models.

Choosing how to steer between Scylla and Charybdis is not a decision that confronts everyone but many decisions involve difficult choices in complex situations. Odysseus had help from a goddess. He decided that Charybdis posed the greater threat and chose to stay closer to Scylla. He lost some of his crew but the ship passed between the two rocks. Odysseus eventually reached his home of Ithaca. Researchers today have system science. When system science encourages decision makers to think about reinforcing feedback effects as well as balancing ones, it can help them to complete their voyages.

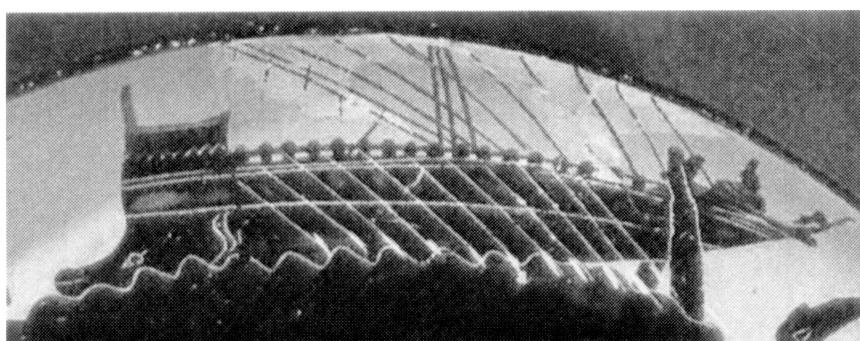


Figure 10: Detail from the outer frieze of a red- and black-figured *kylix* (drinking cup) showing a galley under sail. Made in Athens about 510–500 BCE. From Vulci, Etruria. Canino Collection, GR 1843.11-3.29, BM Cat Vases E2. Copyright British Museum, London.

Acknowledgements

The authors are grateful to Ms. Lesley Fitton and Dr. Judith Swaddling of the Department of Greek and Roman Antiquities at the British Museum London for furnishing the photographs included here. We would like to express our thanks to Prof. Dr. Peter Milling of the Industrieseminar der Universität Mannheim and to the other officers of the GWS for the invitation to present this paper at the conference in September 2000.

References

- Archer, M. S. (1995): Realist Social Theory: The morphogenetic approach. Cambridge: CUP.*
- Ashby, W. R. (1956): An Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall.*
- Beams, N. (2000): Globalisation: The socialist perspective. Downloadable from www.wsws.org.*
- Beer, S. (1981): The Brain of the Firm. Chichester: Wiley.*
 – (1985): Diagnosing the System for Organisations (2nd ed.). Chichester: Wiley.
- Berger, P. L. / Luckmann, T. (1966): The Social Construction of Reality: A treatise in the sociology of knowledge. London: Anchor/Doubleday.*
- Biskind, P. (1998): East Riders, Raging Bulls: How the sex 'n' drugs 'n' rock 'n' roll generation saved Hollywood. London: Bloomsbury.*
- Bourdieu, P. (1977): Outline of a Theory of Practice. Cambridge: CUP.*
 – (1998): The Myth Of “Globalization” And The European Welfare State (1996). In *Acts Of Resistance: Against the new myths of our time* ed. P. Bourdieu, pp. 27–44. Oxford: Polity Press.
- Brooks, F. P. (1975): The Mythical Man-month: Essays on software engineering. Reading, MA: Addison-Wesley.*
- Burrell, G. / Morgan, G. (1979): Sociological Paradigms and Organisational Analysis: Elements of the sociology of corporate life (1985 edition). Aldershot: Gower.*
- Checkland, P. B. (1981): Systems Thinking, Systems Practice. Chichester: Wiley.*

- (1985): Achieving “desirable and feasible” change: an application of soft systems methodology. *Journal of the Operational Research Society* 36(9), pp. 821–831.

Checkland, P. B. / Davies, L. (1986): The use of the term “Weltanschauung” in soft systems methodology. *Journal of Applied Systems Analysis* 13(1), pp. 109–115.

Chomsky, N. (1999): *Profit Over People: Neoliberalism and global order*. London: Seven Stories Press.

Chomsky, N. / Herman, E. S. (1988): *Manufacturing Consent: The political economy of the mass media*. New York: Pantheon.

Cohen, N. (1999): *Cruel Britannia: Reports on the sinister and the preposterous*. London: Verso.

Cooper, K. G. (1980): Naval ship production: A claim settled and a framework built. *Interfaces* 10(6), pp. 20–36.

Dyer, R. (1997): *White*. London: Routledge.

Forrester, J. W. (1961): *Industrial Dynamics*. Cambridge, MA: MIT Press.

- (1968): *Principles of Systems*. Cambridge, MA: MIT Press.
- (1970): Counterintuitive behaviour of social systems. In *Collected Papers of Jay W. Forrester* (1975 collection), pp. 211–244. Cambridge, MA: Wright-Allen Press
- (1971): *World Dynamics*. Cambridge, MA: Wright-Allen Press.
- (1987): Fourteen “Obvious Truths”. *System Dynamics Review* 3(2), pp. 156–159.
- (1992): Policies, decisions and information sources for modelling. *European Journal of Operational Research* 59(1), pp. 42–63.
- (1994): System dynamics, Systems thinking, and Soft OR. *System Dynamics Review* 10(2–3), pp. 245–256.

Friedman, T. (2000): *The Lexus And The Olive Tree*. London: Harper Collins.

Fukuyama, F. (1989): The End of history? In *The National Interest* eds. O. Harries and R. W. Tucker, pp. 3–18. Washington D C: Irving Kristol.

Galbraith, J. K. (1987): *A History Of Economics: The past as the present*. London: Penguin.

Giddens, A. (1984): *The Constitution of Society*. Cambridge: Polity.

- (1999): *Runaway World: How globalisation is reshaping our lives*. London: Profile Books.

Goldman, W. (1984): *Adventures In The Screen Trade: A personal view of Hollywood and screenwriting*. London: Macdonald & Co.

- Graham, A. / Morecroft, J. D. W. / Senge, P. M. / Sterman, J. D.* (1992): Model-supported Case Studies for Management Education. *European Journal of Operational Research* 59(1), pp. 151–166.
- Gray, J.* (1998): *False Dawn: The delusions of global capitalism*. London: Granta Books.
- Habermas, J.* (1981a): *The Theory of Communicative Action, Vol. I, Reason and the Rationalization of Society* (1984 translation). Cambridge: Polity.
- (1981b): *The Theory of Communicative action, Vol. II, Lifeworld and System: A Critique of Functionalist Reason* (1987 translation). Cambridge: Polity Press.
- Halliday, F.* (2001): *The World At 2000*. Basingstoke: Palgrave.
- Hedström, P. / Swedberg, R.* (eds.) (1998): *Social Mechanisms: An analytical approach to social theory*. Cambridge, CUP.
- Held, D. / McGrew, A. / Goldblatt, D. / Perraton, J.* (1999): *Globalization*. London: The Foreign Policy Centre.
- Homer* (1991): *The Odyssey* (Trans. E. V. Rieu). London: Penguin.
- Hutton, W.* (1995): *The State We're In*. London: Jonathan Cape.
- Key, W. B.* (1973): *Subliminal Seduction*. New York: Penguin.
- Klein, N.* (2000): *No Logo: Taking aim at the brand bullies*. London: HarperCollins.
- Korten, D. C.* (1995): *When Corporations Rule The World*. West Hartford and San Francisco: Kumarian Press and Berrett-Koehler Publishers.
- Lane, D. C.* (1998): Can We Have Confidence In Generic Structures? *Journal of the Operational Research Society* 49(9), pp. 936–947.
- (1999): Social theory and system dynamics practice. *European Journal of Operational Research* 113(3), pp. 501–527.
- (2000a): Diagramming Conventions in System Dynamics. *Journal of the Operational Research Society* 51(2), pp. 241–245.
- (2000b): Should System Dynamics Be Described As A “Hard” Or “Deterministic” Systems Approach? *Systems Research and Behavioral Science* 17(1), pp. 3-22.
- (2001): *Rerum cognoscere causas: Part II – Opportunities generated by the agency/structure debate and suggestions for clarifying the social theoretic position of system dynamics*. *System Dynamics Review* 17(4).
- Layder, D.* (1994): *Understanding Social Theory*. London: Sage.
- Lechner, F. J. / Boli, J.* (2000): *The Globalization Reader*. Oxford: Blackwell.

- Luhmann, N. (1984): Social Systems (1995 translation). Cambridge: Polity.*
- Madeley, J. (2000): Hungry For Trade: How the poor pay for free trade. London: Zed Books.*
- Mann, T. (1975): Der Weg Zum Friedhof (1900). In Die Erzählungen (Band 1), pp. 141–148. Hamburg: Fischer.*
- (1996): The Road To The Churchyard (1900). In *Death In Venice & Other Stories* (Trans. David Luke) pp. 61–71. London: Minerva.
- Martin, P. (2000): The Moral Case For Globalization (1997). In The Globalization Reader eds. F. J. Lechner and J. Boli, pp. 12–13. Oxford: Blackwell.*
- Marx, K. (1975): Early Writings: Economic and Philosophical Manuscripts (1844, trans. R. Livingston and G. Benton). London: Harmondsworth.*
- Maxwell, J. C. (1867): On Governors. Proc. Roy. Soc. 16, pp. 270–283.*
- Mayr, O. (1970): The Origins Of Feedback Control. Cambridge, MA: MIT Press.*
- McKee, R. (1999): Story: Substance, structure, style, and the principles of screenwriting. London: Methuen.*
- Meadows, D. H. / Meadows, D. L. / Randers, J. (1992): Beyond the Limits. London: Earthscan.*
- Meadows, D. H. / Meadows, D. L. / Randers, J. / Behrens, W. W. (1972): The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. London: Earth Island.*
- Monbiot, G. (2000): Captive State: The corporate takeover of Britain. London: Macmillan.*
- Nader, R. (2000): Cutting Corporate Welfare. New York: Seven Stories Press.*
- Ormerod, P. (1994): The Death of Economics. London: Faber & Faber.*
- Packard, V. (1957): The Hidden Persuaders. New York: D. McKay.*
- Paine, T. (1994): Common Sense (1776). In “Rights of Man” and “Common Sense”, London: Everyman’s Library.*
- Pfeffer, J. (1998): Six Dangerous Myths About Pay. Harvard Business Review, May–June 1998, pp. 109–119.*
- Puttnam, D. (1997): The Undeclared War: The struggle for the control of the world’s film industry. London: HarperCollins.*
- Quah, D. (1996): The Invisible Hand And The Weightless Economy. LSE Centre for Economic Performance Occasional Paper 12.*

- Randers*, J. (2000): From Limits To Growth To Sustainable Development. *System Dynamics Review* 16(3), pp. 213–224.
- Richmond*, B. (1994): Systems thinking/system dynamics: Let's just get on with it. *System Dynamics Review* 10(2–3), pp. 135–157.
- Ritzer*, G. (1996): *Sociological Theory* (4th ed.). London: McGraw-Hill.
- Roberts*, E. B. (1964): *The Dynamics of Research and Development*. New York: Harper and Row.
- Rodrick*, D. (1997): *Has Globalization Gone Too Far?* New York: Institute For International Economics.
- Secretariat to the UN Commission on Narcotic Drugs (1999): *World Situation With Regard To Drug Abuse*. Note by the Secretariat to the United Nations Commission on Narcotic Drugs, UN Economic and Social Council E/CN.7/2000/4, pp. 1–18.
- Sennett*, R. (1998): *The Corrosion Of Character: The personal consequences of work in the new capitalism*. London: W. W. Norton.
- Simon*, H. A. (1969): *The Sciences of the Artificial*. London: MIT Press.
- Smith*, A. (1937): *An Inquiry Into The Nature And Causes Of The Wealth Of Nations* (1776). New York: Modern Library.
- Vennix*, J. A. M. (1995): Building consensus in strategic decision making: System dynamics as a Group Support System. *Group Decision and Negotiation* 4(4), pp. 335–355.
- (1996): *Group Model-building: Facilitating team learning using system dynamics*. Chichester: Wiley.
- von Foerster*, H. (1981): *Observing Systems*. Seaside, CA: Intersystems.
- Weber*, M. (1992): *The Protestant Ethic And The Spirit Of Capitalism* (1904–5, trans. T. Parsons). London: Routledge.
- Wiener*, N. (1948): *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. New York: Wiley.
- Yergin*, D. / *Stanislaw*, J. (2000): The Commanding Heights: The battle between government and the marketplace that is remaking the modern world (1998). In *The Globalization Reader* eds. F. J. Lechner and J. Boli, pp. 212–220. Oxford: Blackwell.

Planung aus der Sicht der neuen Kybernetik

Von *Markus Schwaninger* und *Peter Hechenblaickner*

A. Einführung

Mit der Planung ist eine tragende Säule der Unternehmungsführung ins Wanken geraten. Von Vertretern beider Kommunen, Praktikern wie Theoretikern, wird häufig der Sinn des Planens in Frage gestellt, ja Planung schlachtweg für obsolet erklärt. Beide Seiten setzen beim selben Kritikpunkt an: angesichts der Komplexität und Dynamik sozialer Systeme sei es unmöglich, den Kurs einer Organisation vorausschauend, adäquat zu beschreiben, geschweige denn durch lenkende Eingriffe zu bestimmen.

In diesem Beitrag gehen wir vom Wortstamm des Planungsbegriffes aus, dem lateinischen Adjektiv „*planus, planum*“ (eben, metaphorisch auch: deutlich, klar), aus dem sich im übertragenen Sinn die Bedeutung ableitet, einen komplexen Sachverhalts überschaubar zu machen.

Als Italo Calvino von der Harvard University eingeladen wurde, die „Charles Eliot Norton Poetry Lectures“ des Studienjahres 1985/1986 zu halten, wählte er als Thema, die seiner Meinung nach für das neue Jahrtausend erhaltenswürdigen Werte zu identifizieren. Einen dieser Werte, die sich ihm zufolge in der gesamten Literaturgeschichte wiederfindet, nennt er die „Anschaulichkeit“. Er begründet seine Wahl in folgender Weise:

„Wenn ich die Anschaulichkeit in meine Liste der zu bewahrenden Werte mit aufgenommen habe, dann deshalb, um vor der Gefahr zu warnen, dass wir ein fundamentales Vermögen des Menschen verlieren könnten: die Fähigkeit, [...] in Bildern zu denken. Was mir vorschwebt, ist eine Pädagogik der Einbildungskraft, die uns dazu erziehen müsste, unsere innere Sicht zu kontrollieren, ohne sie zu ersticken und ohne sie auf der anderen Seite in eine confuse, labile Phantasterei verfallen zu lassen, sondern es vielmehr zu erlauben, dass die Bilder sich zu einer Form kristallisieren [...].“¹ Obwohl Calvino hier den Leser, den Autor eines Texts, auch den Visionär vor Augen

¹ Calvino 1991, S. 128 (im Original teilweise hervorgehoben).

hat, also eine einzelne Person mit ihrer Wahrnehmung, erscheint uns seine Beschreibung der Anschaulichkeit als für die Planungsforschung überaus relevant, so man in der Lage ist, sie auch für soziale Systeme, wie bspw. Organisationen, geltend zu machen. Genau in diesem Sinne kann auch die Vision eines „Management Cockpit“, wie sie in der Darstellung einer Software-Firma zum Ausdruck kommt (Abbildung 1), gewertet werden.



Performance monitoring, simulation of alternative business scenarios, resource reallocation and new target setting should be possible within one management meeting in the Management Cockpit Room

Abbildung 1: Vision eines Management-Cockpit gemäß der Softwarefirma SAP AG (Quelle: SAP AG 1999)

Wir setzen uns im folgenden mit der Frage auseinander, *wozu*, *was* und *wie* überschaubar zu machen ist. Die *neue Kybernetik* gibt darauf wertvolle Antworten.

B. Wozu planen? – Kybernetik I versus Kybernetik II

Die soziologische Tradition der Systemtheorie lehrt, dass soziale Systeme nicht aus Menschen als Individuen bestehen, sondern aus kommunikativen Ereignissen.² Kommunikation ist der Operationsmodus aller Arten von sozialen

² Vgl. Luhmann 1984.

Systemen, seien es Interaktionen, Organisationen, oder sei es die Gesamtgesellschaft.

Gilt es in der Folge, die Planung in sozialen Systemen zu untersuchen, ist aus dieser Sicht klar, dass auch die Planung von bzw. in Organisationen als kommunikativer Prozess zu verstehen ist. Dass auch Individuen als psychische Systeme ihrerseits planen, ist damit selbstverständlich nicht ausgeschlossen. Allein: Wen interessiert, was und wie die Mitglieder einer Organisation planen? Die Organisation jedenfalls so lange nicht, als das Planen nicht in die Operationstypik des sozialen Systems „Organisation“ gebracht wird. Und dann unterliegt dieses nunmehr kommunikative Ereignis (respektive diese Folge solcher Ereignisse) den Möglichkeiten, die das System diesem Ereignis einräumt, um Effekte auszulösen. Es bleibt dem System selbst überlassen, die eigene Resonanzfähigkeit gegenüber bestimmten Ereignissen (die bei sozialen Systemen nur kommunikative Ereignisse sein können) zu organisieren. Stichwörter der neueren Systemtheorie, wie „Selbstorganisation“ oder „operationale Geschlossenheit“, bringen genau dies zum Ausdruck.

Die Frage nach dem „*Wozu*“ von *Planung* verweist auf die Leitdifferenz von *Fremdreferenz* und *Selbstreferenz*. Stand in der traditionellen Kybernetik (der „Kybernetik beobachteter Systeme“) erstere im Vordergrund, so beschäftigt sich mit der letzteren explizit die Kybernetik zweiter Ordnung („Kybernetik beobachtender Systeme“).³ Anknüpfend beim vorhergehenden Abschnitt lässt sich die Verschiedenheit dieser Perspektiven, im Zusammenhang mit dem Stichwort *Management-Cockpit*, zunächst wie folgt veranschaulichen. Abbildung 2 ist einem vor wenigen Jahren erschienenen Artikel über Management-Cockpits entnommen. Darin wird das Konzept einer Firma erläutert, die solche Management-Cockpits, mit technologisch anspruchsvoller Ausstattung, anbietet.

Stellt man diesem Bild das von einem Vordenker, dem „Vater“ der Managementkybernetik, stammende Bild eines in den frühen Siebziger Jahren realisierten „Decision Room“ entgegen (Abbildung 3), zeigt sich klar der Unterschied zwischen einem fremdlenkungs- und einem selbstlenkungsorientierten Managementverständnis. Zudem wird an diesem Beispiel deutlich, wie wichtig es ist, dass technische Konzepte grundlagentheoretisch reflektiert und untermauert werden.

³ Vgl. Schwaninger 1994, S. 24–26, mit Bezug auf Heinz von Foersters Unterscheidung beobachtender und beobachteter Systeme.

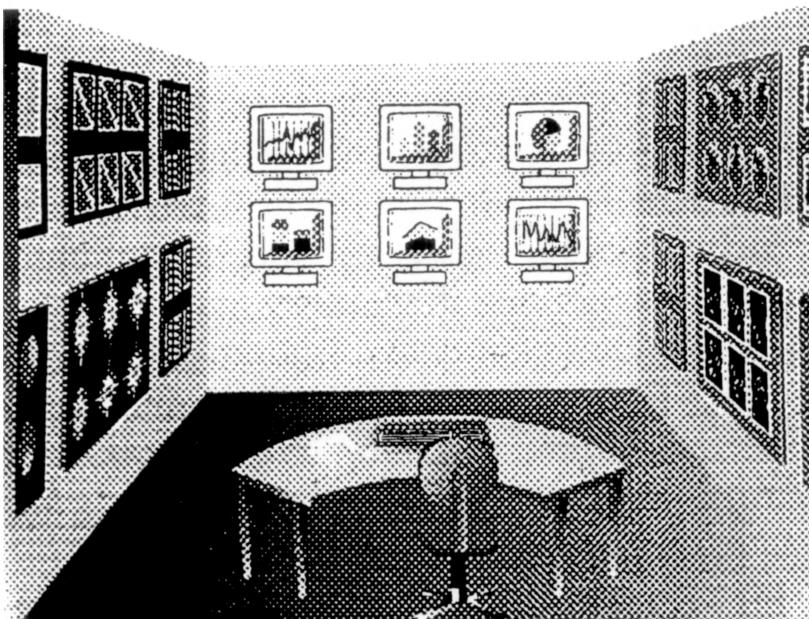


Abbildung 2: Cockpit-Konzeption aus einem fremdlenkungsorientierten Verständnis von Management
 (Quelle: Wall Street Journal, November 15, 1995, p. 1)

Das abstrakte Schema in Abbildung 4 verdeutlicht den Unterschied zwischen den beiden Lenkungskonzepten und damit Vorstellungen von Management überhaupt⁴.

Betrachtet man im Sinne der Kybernetik II Organisationen als selbst-referentielle Systeme, so wird Planung von bzw. in Organisationen als *Selbstplanung des Systems*, – der Organisation –, begreifbar. Die Planenden selbst werden damit als Teil einer Konstruktion kenntlich.

In der Vorstellung von Planung als Fremdgestaltung steht der Manager gleichsam ausserhalb des zu steuernden Systems. Die Ziele werden dem System vorgegeben. Diese Auffassung entspricht einer stark handlungs-theoretischen und auch kausalen Vorstellung von Planung und Entscheidung, suggeriert sie doch, dass Effekte auf Handlungen einzelner Personen zurückge-

⁴ Mit Ulrich (1984) definieren wir Management als das Gestalten, Lenken und Entwickeln von komplexen sozialen oder sozio-technischen Systemen.

rechnet werden können.⁵ Heinz von Foerster nennt dieses Konzept eines Systems bekanntlich eine „triviale Maschine“.⁶

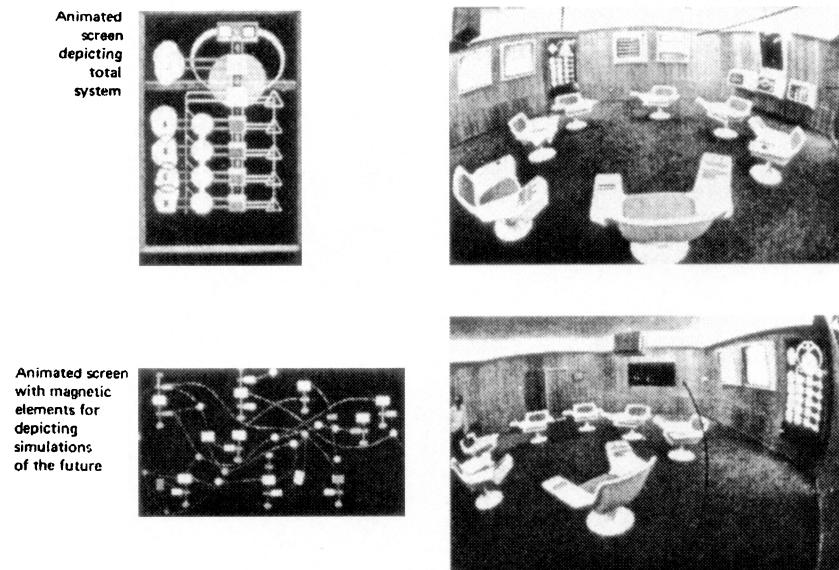


Abbildung 3: Cockpit-Konzeption aus einem selbstlenkungsorientierten Verständnis von Management (Quelle: Beer 1975)⁷

Demgegenüber wird die Planung in der Kybernetik zweiter Ordnung, in einer „Cybernetics of observing systems“ als Komponente und Eigenschaft des Systems selbst kenntlich, als eine Beobachtung von Entscheidungen, die immer auch anders beobachtet werden könnte. Darauf wird weiter unten zurückzukommen sein.

Hieraus wird deutlich, dass im Rahmen dieser Theorie der Begriff der Beobachtung eine zentrale Rolle zuerkannt erhält. Der Mathematiker und Logiker George Spencer-Brown⁸ spricht in seinen „Laws of Form“ von der

⁵ Siehe Hechenblaickner 1998, S. 50–56.

⁶ von Foerster 1988.

⁷ Diese Abbildung ist der Innenseite des Schutzumschlages des zitierten Buches entnommen. Der abgebildete „Decision Room“ wurde 1973 unter der Leitung von Stafford Beer im Rahmen eines Projektes für die chilenische Regierung realisiert (vgl. auch Beer 1981).

⁸ Spencer Brown 1979.

Beobachtung als dem Verwenden einer Unterscheidung. Es wird also eine Unterscheidung getroffen, welche eine der beiden Seiten der Unterscheidung als Innenseite der Form bezeichnet und damit gleichzeitig alles andere als deren Aussenseite ausschliesst. Befolgt man also Spencer-Browns Anweisung: „Draw a distinction“, so tritt augenblicklich ein Beobachter in Szene.

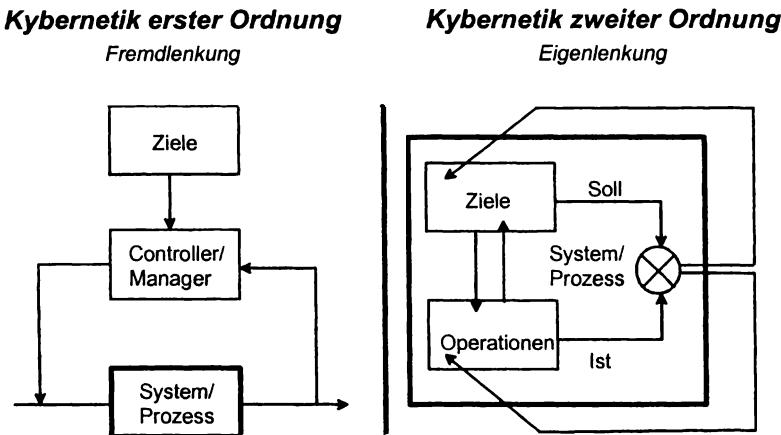


Abbildung 4: Fremdlenkung versus Eigenlenkung (Quelle: Schwaninger 1994)

Die Planung, so ist zu vermuten, erbringt ganz wesentlich die Leistung, in der Organisation jene Entscheidungen zu markieren (zu bezeichnen), die getroffen werden sollen – sowie auch, andere, ebenso mögliche, Entscheidungen als Aussenseite, als nicht präferierte Entscheidungen, mitzuführen. Sie kann dies allerdings nicht auf Dauer, nicht ein für alle mal leisten. Die Unterscheidung muss vielmehr in der Kommunikation der Organisation laufend neu getroffen werden. Auf diese Weise können sich schliesslich in der von Foerster'schen Sprache „Eigenwerte“⁹ der Kommunikation herausbilden und bestimmte Anschlusskommunikationen, also Anschlussentscheidungen nahe legen. Im Modell der Eigenlenkung kennt das System lediglich seine Reproduktion über eine Verkettung seiner Operationen. Auch Ziele sind demnach als systemische Operationen zu verstehen, die an anderen anschliessen und an die wiederum, indem sie Differenzen etwa zwischen Soll und Ist aufspannen, Folgeoperationen anschliessen können.

⁹ Von Foerster 1976; bezogen auf den Operationsmodus von Organisationen (Entscheidungen) kann sich somit eine Art „Kultur der Entscheidungsfindung“ verfestigen; siehe hierzu Hechenblaickner 1999.

Der Operationsmodus von Organisationen besteht laut Luhmann in der Kommunikation von Entscheidungen.¹⁰ Organisationen reproduzieren sich über eine autopoietische Verknüpfung von Entscheidungen. Deshalb scheint klar, dass, wenn wir Planung in Organisationen beobachten, wir letztlich Entscheidungen beobachten. In einer Arbeit zur Politischen Planung aus dem Jahre 1966 unterscheidet Luhmann zwischen Planung und Entscheidung dergestalt, dass er von zwei Stufen eines planmässigen Entscheidungsvorgangs spricht. Planung, so schreibt er, ist „[...] die Festlegung von Entscheidungsprämissen für künftige Entscheidungen, oder kürzer formuliert: Planen heißt über Entscheidungen entscheiden.“¹¹ Dabei nimmt die Planung, so schreibt Luhmann weiter, die späteren, konkreten Entscheidungen nicht vorweg, sondern strukturiert lediglich spätere Entscheidungssituationen mehr oder weniger stark. In dieser Definition wird schon deutlich, dass die Planung als Entscheidung ebenso wie jene eine Beobachtung erster Ordnung darstellt. Auch sie behandelt bzw. beobachtet Sachverhalte. Gleichzeitig ist sie aber mehr als nur das. Sie unterscheidet sich von blossen Entscheidungsoperationen, die der autopoietischen Reproduktion des Systems dienen, dadurch, dass sie Entscheidungen beobachtet, also Beobachtungen beobachtet. Die Planung agiert deshalb schon von vornherein als Beobachtungsweise zweiter Ordnung.

Das nahe Verhältnis von Planung und Entscheidung wird in der einschlägigen Literatur besonders hervorgehoben. Etwa wenn bei Ackoff betont wird, dass die Planung – als ein System von Entscheidungen verstanden – dann benötigt wird, wenn ein gewollter, zukünftiger Zustand eine Reihe von an sich voneinander unabhängigen Entscheidungen erfordert. Das eigentlich Komplizierte im Zusammenhang mit der Planung seien entsprechend nicht die Entscheidungen selber, sondern deren Wechselbeziehungen.¹² Intelligente Organisationen gestalten ihre Planungssysteme als verteilte, auf allen Stufen voll in die Subsysteme integrierte Prozesse. Am Sinne von Ackoff's Motto: „Plan or Be Planned For!“¹³

C. Was planen? – Neue Leitdifferenzen

Die soziologische Systemtheorie sieht in Plänen Selbstbeschreibungen der Unternehmung, denn Planung, so schreibt wiederum Luhmann, ist „eine

¹⁰ Luhmann 1992, 2000.

¹¹ Zitiert nach dem Wiederabdruck Luhmann 1971, S. 59.

¹² Ackoff 1970, S. 2–3.

¹³ Ackoff 1981.

bestimmte Art der Anfertigung einer Selbstbeschreibung des Systems“, welche „an der Zukunft orientiert“ wird.¹⁴

Die Planung als Anfertigung einer Selbstbeschreibung des Systems verdichtet die Selbstbeobachtung des sozialen Systems, in welcher eine Operation an einer anderen erfolgreich anschliessen kann. Die Selbstbeschreibung des Systems (der „Plan“), die also eine Selbstbeobachtung semantisch fixiert und verdichtet, dient auf diese Weise als Orientierungspunkt für weitere, daran anschliessbare Ereignisse. Von hier aus könnte für die eingangs angesprochene Begriffsfassung von „planen“ als „klar“ und „deutlich“ neuer Sinn gewonnen werden.

Die Planung wirft neue Differenzen auf, etwa die in ein bestimmtes Soll gegenüber einem beobachteten Ist. Die Planungsforschung selbst kann aber nicht gänzlich freigeben, welche Unterscheidungen die Planung treffen sollte. Dass die Planung einen Bezug zur Zukunft herstellt, wurde bereits betont. Hierbei kann sie aber weitere Differenzierungen vornehmen, etwa dergestalt, dass sie zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Planungszeiträumen unterscheidet. In neuerer Zeit hat sich allerdings als wichtiger, weil heuristisch leistungsfähiger, die Unterscheidung zwischen den logischen Ebenen *operativ*, *strategisch*, *normativ* erwiesen (Abbildung 5). Damit bieten sich zugleich inhaltlich nach diesen Beobachtungsweisen differenzierte Ausgestaltungen an, die sich aus den Ziel- und Steuerungsgrössen dieser unterschiedlichen logischen Ebenen ergeben (Abbildung 6).

Mit Hans-Christoph Vogel¹⁵ kann Planung schliesslich beschrieben werden als „ein Teil dieser Kommunikation, und zwar einer Kommunikation, die zur Sicherung des Fortbestands des Systems Zukunft auf den Boden der Gegenwart herunterholt.“ Dies, um hier und jetzt, so kann an Gälweiler angeschlossen werden, sorgfältig abzuklären, wie man von Anfang an zu handeln hat, um am Ende Erfolg zu haben.¹⁶

Die Frage nach dem „Was“ wirft als weitere Leitunterscheidung diejenige zwischen einer Beobachtung punktueller Zustände einerseits und dynamischer Verhaltensmuster andererseits auf. Zudem wird hier auch die Problematik unterschiedlicher Beobachter aufgeworfen, und schliesslich ist das herkömmliche Konzept der Steuerung durch dasjenige der Vorsteuerung zu ergänzen.

¹⁴ Luhmann 1984, S. 637.

¹⁵ Vogel 1991, S. 46.

¹⁶ Gälweiler 1986.

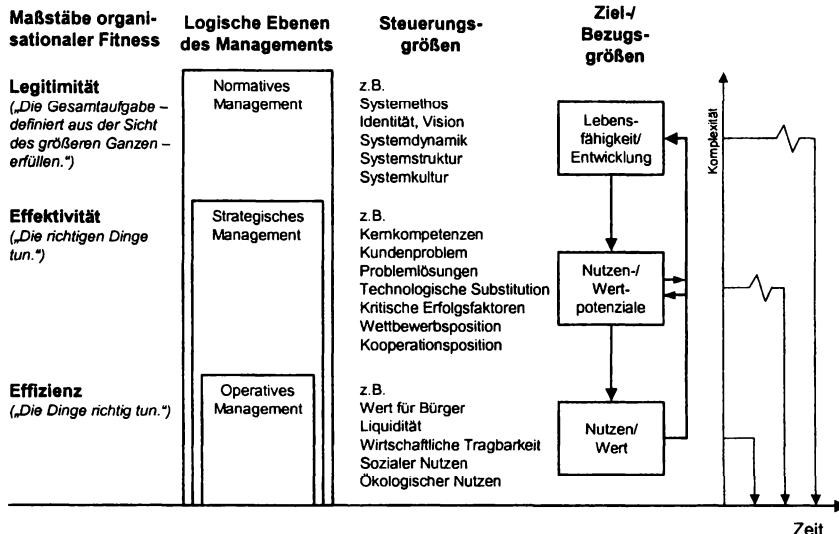


Abbildung 5: Modell Systemischer Lenkung (Quelle: Schwaninger 2000)

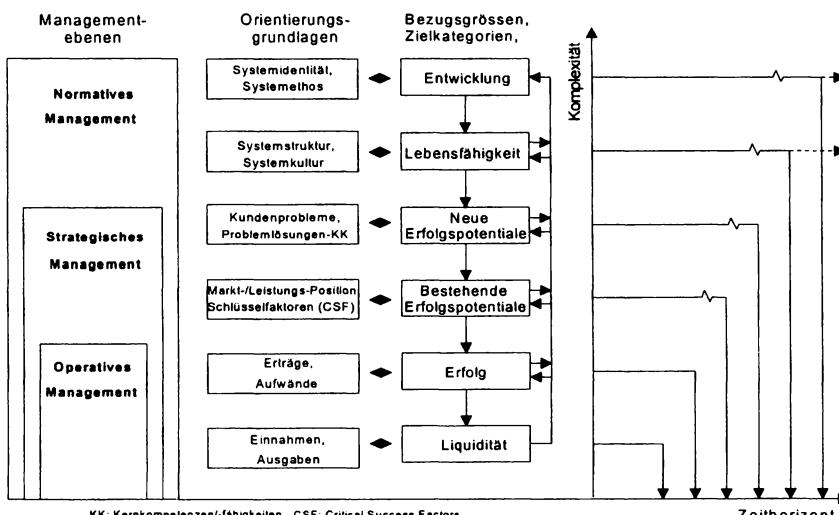


Abbildung 6: Bezugsgrößen und Orientierungsgrundlagen auf drei logischen Ebenen des Managements (Quelle: nach Schwaninger 1984, 1989, 2000)

I. Beobachtung punktuell versus Beobachtung dynamisch

Das herkömmliche Planungsverständnis betrachtet die Planung primär als individuelle, diskrete Zustände des gegenständlichen Systems. Sie geht von einem Entwurf aus, der in einen bestimmten Endzustand (ausgehend vom Istzustand), sowie unter Einrechnung verschiedener Zwischenzustände, münden soll. Dabei wird aber die spezifische Charakteristik der gegenständlichen Prozesse und Ablaufmuster zu wenig berücksichtigt. Auch Business Process Redesign-Vorhaben aus den 90er Jahren haben an dieser Sicht nur wenig geändert.

Die Theorie autopoieterischer sozialer Systeme betont nun den Modus der systemischen Reproduktion (z.B. kommunikative Ereignisse für soziale Systeme, Gedanken für psychische Systeme): Ereignisse können sich verketten, an einander erfolgreich anschliessen und auf diese Weise die Autopoiesis des Systems sicherstellen. Ein Beobachter zweiter Ordnung kann dann in der systemischen Reproduktion ein Muster erkennen und beispielsweise besonders tragfähige Beschreibungen des Systems finden. Diese können im Sinne von David Hilbert und Heinz von Foerster als „Eigenwerte“¹⁷ der systemischen Reproduktion aufgefasst werden.

Wenn man Organisationen als soziale Systeme erkennt, so nähert man sich einer Vorstellung, die der Eigendynamik und -typik von Planung Rechnung trägt. Planung liegt am Kern der Autopoiesis, denn sie dient als „Entscheidung über Entscheidungen“. Wenn Planung die Reproduktion des Systems ermöglicht (unter funktionalen Gesichtspunkten: ermöglichen soll), dann wirkt sie identitätsstiftend, kulturprägend und kann auf der Ebene des sozialen Systems selbstorganisatorisch Sinn hervorbringen.¹⁸ Planung entwirft damit wünschbare Zukunftszustände, an denen sich die Entscheidungen als Letztelemente des Systems orientieren können. Unter veränderlichen Bedingungen wird aber Planung zu einem kontinuierlichen Prozess, in welchem Planungsoperationen nicht nur bei Ausführungs-, sondern auch bei Planungsoperationen anschliessen. Damit wird Planung zu einem evolutionären Prozess des Ler-

¹⁷ von Foerster 1987.

¹⁸ Auf dieser Ebene können die kognitiven und affektiven Ebenen strukturell gekoppelt sein; siehe die Entwicklung in den Humanwissenschaften (vgl. Ciompi 1997), und in der Molekularbiologie (vgl. Pert 1997): Dort wird die Frage nach den fundamentalen Verbindungen zwischen dem kognitiven und dem affektiven Bereich theoretisch geklärt. Nach unserer Auffassung sind diese Erkenntnisse auf das Verhältnis zwischen Strukturellem zum Kulturellem in sozialen Systemen übertragbar.

nens¹⁹, dessen Kern die Erkenntnisgewinnung zur Sicherung von Lebensfähigkeit und Entwicklung der Organisation bildet.²⁰

II. Multiple Beobachter

Die neuere Kybernetik wendet sich gegen ein positivistisches Planungsverständnis. Jenes geht von der Vorstellung aus, ein Problem sei objektiv erfassbar, es gäbe eine allein gültige Diagnose und einen objektiv bestimmbaren besten Weg zur Lösung. Über die zentrale Rolle des Beobachters findet in der neuen Kybernetik eine Annäherung an ein konstruktivistisches Verständnis von Planung und Entscheidung statt.

Planung ist, wie schon ausgeführt, eine spezifische Anfertigung einer Selbstbeschreibung des Systems. Planungsoperationen können dabei nie die Gesamtheit der systemischen Operationen darstellen, sie können also etwa die Entscheidungen, über die sich eine Organisation reproduziert, nicht ersetzen. In diesem Fall würde die Planung überflüssig werden. Dies hat zur Konsequenz, dass Planungsergebnisse immer durch andere Operationen beobachtet werden können. Es bleiben also im Zusammenhang mit der Planung immer auch Kapazitäten für eine Beobachtung der Planung frei. Jene kann z.B. anhand von Unterscheidungen erfolgen, die die Bevorteilung / Benachteiligung durch geplante Massnahmen, die Kompatibilität / Inkompatibilität mit eigenen Zielvorstellungen anderer Abteilungen usw. in den Blick nimmt. Dies bedeutet letztlich, dass eine Organisation, in der heterarchische Beobachtungsverhältnisse herrschen, mit der Planung zugleich Vollzug der und Widerstand gegen die Pläne erzeugt.

Als eine semantische Verdichtung der Selbstbeobachtung des Systems wird die Planung also beobachtbar. Unterschiedliche Beobachter nehmen Verschiedenes als existent und wichtig wahr, sie verfolgen unterschiedliche Ziele, treffen unterschiedliche Unterscheidungen bzgl. Werte, Präferenzen usw. Damit zahlt die Planung einen nicht hohen Preis. Denn für jeden Beobachter erscheint eine Selbstbeschreibung contingent, also immer-auch-anders-möglich.²¹ Und dies provoziert geradezu die Frage: warum gerade so und nicht anders? Denn ein Beobachter zweiter Ordnung kann beobachten, was ein Beobachter erster Ordnung, indem dieser seine Unterscheidung nutzt, beobachten kann, und was er im gleichen Zuge mit ihrer Hilfe nicht beobachten kann. Dies hat immer dann schwerwiegende Auswirkungen, wenn es um ein Bemühen um bestimmte Wirkungen geht – also gerade im Zusammenhang mit

¹⁹ Gälweiler 1990.

²⁰ Schwaninger 1989.

²¹ Mit Bezug auf die Gesamtgesellschaft Luhmann 1997, Fuchs 1992.

Planungsaufgaben. Denn auf dem Weg, solche Wirkungen zu erreichen, ist ein Beobachtetwerden durch einen Beobachter zweiter, dritter oder n-ter Ordnung eher hinderlich. Luhmann²² betont: „Der Beobachter der Planung gefährdet die Durchführung des Plans.“

Die der Kybernetik der Beobachtung zweiter Ordnung zugrunde liegende Differenztheorie macht ihr Naheverhältnis zur konstruktivistischen Erkenntnistheorie deutlich. Aus dem Konstruktivismus wird oft abgeleitet, es gäbe keine objektive Realität. Diese einer oberflächlichen Verarbeitung des Theorieguts entspringende Schlussfolgerung übersieht, dass der Konstruktivismus den Schwerpunkt darauf legt, dass Wahrnehmung allgemein und Planung im besonderen ein konstruktives Unterfangen ist. Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung über objektive Wahrheit tritt in den Hintergrund. Trotzdem geht es immer um eine Bildung besserer (im Sinne tragfähigerer, anschlussfähigerer) Modelle. Organisationen mit Modellen, die besser geeignet sind, die Anschlussfähigkeit von Operationen an Operationen zu organisieren, stellen sich als überlegen heraus.²³

III. Einheit versus Differenz

Planung impliziert immer eine Reichweite in die Zukunft. Daraus ergibt sich ein ausgedehnter Komplexitätshorizont. Übersicht und Voraussicht sind Aspekte von Lenkung, die neue Differenzen aufwerfen, welche mittels Zielen operationalisiert und mittels Regelung und Steuerung realisiert werden sollen.

Die Planung erzeugt also neue Differenzen, sie setzt Ziele im Unterschied zum Ist. Als Beobachtung zweiter Ordnung sieht sie die blinden Flecken des Beobachtens von Sachverhalten (Beobachtung 1. Ordnung). Und dadurch kann sie das routinisierte Abarbeiten von Sachverhalten als riskant begreifen und in Frage stellen. Die Unterscheidung von „die Dinge richtig tun“ versus „die richtigen Dinge tun“ zeigt bereits, dass sie als Beobachtung zweiter Ordnung fungiert. Die Planung stellt damit ein Gesolltes vor – und damit eine Differenz, die ein Soll dem Ist gegenüberstellt. Ihr Ziel kann aber nicht sein, diese Differenz selbst aufzulösen.

Damit ist noch nicht geklärt, in welcher Weise weitere Operationen an die Planung anknüpfen. Für die Praxis der Unternehmensführung scheint klar, dass diese die Art der Orientierung an Planungsoperationen nicht freigeben kann. Die Steuerung schliesst hier an. In einer kausalen Vorstellung von Steuerung wird das System als ein Objekt für Steuerungsbemühungen kenntlich. Sie scheint gleichsam der Grammatik zu folgen: Subjekt – Prädikat – Objekt. Die

²² Luhmann 1990, S. 26.

²³ Schwaninger 1998.

Systemtheorie ersetzt nun sowohl das Subjekt als auch das Objekt. Nicht mehr ein Steuerungsakteur (ein Manager, der ausserhalb des Systems steht) fungiert als Subjekt, sondern das System selbst. Die Steuerung wird zur Systemsteuerung im Sinne von Selbststeuerung und damit zu einer systeminternen Operation.

Zugleich verschwindet das Objekt von Steuerung, so man dieses als die Organisation begreift. An seine Stelle treten Differenzen. Anders als die Planung, die neue Differenzen aufspannt, hat die Steuerung zum Ziel, Differenzen zu vermindern, sie auszugleichen.²⁴ Ebenso wie die Planung orientiert sich also auch die Steuerung an Differenzen. Auch sie ist Beobachtung. Ihre Bedeutung besteht aber darin, einen beobachteten Unterschied zu verringern. Der Differenz, an welcher sich die Steuerung ausrichtet, inhärent ist eine Asymmetrie dergestalt, dass ein eindeutiger Positivwert gegeben ist. Für die Steuerung ist genau dieser Positivwert die Herausforderung. Sie darf ihn aber nicht dadurch erreichen können, dass er im jeweiligen Zeitraum immer weiter dem je aktuellen Istwert angenähert wird. Die für die Steuerung massgebende Differenz impliziert also eine eindeutige Richtungsangabe.

Für die neuere Managementkybernetik lohnt es sich, im Rahmen des Steuerungsbegriffs zudem das Konzept der Vorsteuerung zu unterscheiden.

IV. Steuerung versus Vorsteuerung

Systemintern und auf die Planungsdifferenzen bezogen ist die Kenntnis der Differenz von Steuerung und Vorsteuerung bedeutsam. Eine erfolgreiche Steuerung kann dann verlangen, mögliche Störungsgrössen frühzeitig zu erkennen und das System auf deren Absorption einzustellen. Vorsteuern meint, durch Steuerungsgrössen einer definierten, logisch höheren Ebene jeweils Voraussetzungen für die Lenkbarkeit auf den nachgelagerten Ebenen zu schaffen.²⁵ Integrale Planung heisst dann, die Steuerungsgrössen dieser verschiedenen Ebenen in ihrem Zusammenhang überschaubar zu machen und Wege zu markieren, welche ein integrales Management ermöglichen – kybernetisch ausgedrückt, ein simultanes Unter-Kontrolle-Halten der Steuerungsgrössen aller Ebenen (operative, strategische und normative Ebene; vgl. Abbildungen 5 und 6). Erst die hierzu notwendige Beobachtung zweiter Ordnung ermöglicht das genannte integrale Management. Dies insbesondere im Sinne einer ganzheitlichen Unternehmensentwicklung.

²⁴ Luhmann 1989.

²⁵ Vgl. Gälweiler 1990, Schwaninger 1989.

D. Wie planen? – Innovation durch Beobachtung 2. Ordnung

Was die Frage nach dem „Wie“ der Planung anbelangt, steht unseres Erachtens vor allem die Notwendigkeit im Vordergrund, die herkömmlich dominante Beobachtung erster Ordnung vermehrt durch Beobachtungen zweiter Ordnung zu ergänzen. Wir haben oben bereits auf die prinzipielle Bedeutung solcher Beobachtungen höherer Ordnung hingewiesen. Dies unter anderem bezüglich der Selbstreproduktion einer Organisation. An dieser Stelle ist der fundamentale Stellenwert der Beobachtungen zweiter Ordnung, vor allem mit Blick auf die Innovation im allgemeinen und auf die organisationale Selbsterneuerung im besonderen gebührend hervorzuheben.

Wenn Planung, wie oben postuliert, grundsätzlich und vorwiegend als Beobachtung höherer Ordnung operiert, kann sie damit zu einem Instrument der Innovation von grösster Bedeutung werden. Sie kann, aber sie muss nicht. Wie die Praxis zeigt, wird die Planung oft als nicht viel mehr als ein Ritual aufgefasst (und damit gehandhabt), – eine Routine, eine Alibiübung, ohne grosse Implikationen für das reale Geschehen. In den schlimmen Fällen manifestiert sie sich als ein Bauen von starren Schienen in die Zukunft, womit sie kurzfristig die Flexibilität, langfristig zudem die Entwicklung behindert.

Eine Planung aus der Sicht der neuen Kybernetik setzt deshalb die Beobachtung zweiter Ordnung in mindestens zweifacher Hinsicht ein, mit Blick auf a) die Planungsinhalte und b) das Planungsinstrumentarium.

Was das Planungsinstrumentarium anbelangt, muss es, dem jeweiligen Gegenstand entsprechend, massgeschneidert werden. Erstens muss sich Planung auf den drei logischen Ebenen unterschiedlicher „Sprachen“ bedienen (vgl. die logisch unterschiedlichen Ziel- und Steuerungsgrössen in Abbildungen 4 und 5). Dass dies noch sehr wenig verstanden wird, zeigt beispielsweise eine erst kürzlich publizierte Aussage von Autoren, die zu den führenden Stimmen des General Management zählen: „Profitability is the only reliable guide to developing strategy“.²⁶

Zweitens bezieht sich Massschneidern auch auf Anpassungen des Planungsinstrumentariums an unterschiedliche Geschäftsgegenstände. Es ist kontraproduktiv, in einer grossen Organisation den Standard für das Planungsinstrumentarium für alle Geschäftseinheiten in den Details rigide zu fixieren. Zwar ist einzusehen, dass gewisse Planungskategorien (z.B. das Format bestimmter Eckwerte) verbindlich festgelegt werden müssen. Der Zeithorizont beispielsweise muss aber dem jeweiligen Geschäftsgegenstand

²⁶ Porter et al. 2000, S. 170. Der Hauptautor dieses Werkes wird auf dem Einband sogar als „leading authority on competitive strategy and international competition“ bezeichnet.

angepasst werden²⁷. Dies trifft unter anderem auch auf Analyse- und Diagnoseinstrumente zu²⁸.

Was die Inhalte der Planung betrifft, kann hier auf eine Heuristik rekurriert werden, welche speziell darauf angelegt ist, eine Fähigkeit zu unterstützen, die nur soziale Systeme aufweisen: Dies ist die Fähigkeit der ganzheitlichen Selbsttransformation, welche Änderungen der Identität und ein umfassendes Sich-selbst-Umstrukturieren mit umfasst. In Abbildung 7 wird ein Bezugsrahmen für eine solche integrale Transformation von Organisationen dargestellt. Das Schema beruht auf fünf Dimensionen. Drei davon – Aktivitäten, Strukturen und Verhalten²⁹ – sind die „Pfeiler“ des St. Galler Management-Konzeptes, ein Schema für die Strukturierung von Managementproblemen, welches an der Universität St. Gallen entwickelt wurde (Bleicher, 1999). Die vierte Dimension konstituiert sich aus fundamentalen Parametern, – Größen wie Identität und Ethos der Organisation. Die fünfte Dimension ist die Zeit.

Dieses Schema vermittelt einen Rahmen für die Entwicklung von Organisationen in einem grösseren Zeithorizont. Damit konzentriert es sich auf die Aspekte des normativen und des strategischen Managements. Ein integrales Transformationsmanagement erfordert die synchrone Entwicklung in allen drei Dimensionen. Dabei treten Widersprüche auf, vor allem aufgrund der diesen Dimensionen inhärenten, unterschiedlichen Zeitkonstanten. Dies zu erkennen erfordert eine Beobachtung zweiter Ordnung. Vor allem aber kann nur eine solche die zugrundeliegenden, fundamentalen Parameter erkennen respektive verändern, welche erst die Lösung dieser Widersprüche ermöglichen: Die Identität und das Ethos der Organisation³⁰.

Die dargestellte Heuristik kann den Beitrag von Planung im allgemeinen, jedoch zur Innovation im besonderen fördern. Innovation wird vor allem unter dem Gesichtspunkt der Neuerungen im Bereich von Produkten und Technologien thematisiert. Die organisatorischen und sozialen Innovationen sind jedoch im Prinzip noch bedeutender³¹. Langfristig betrachtet sind sie es, welche letztlich die Voraussetzungen schaffen, dass neue Produkte und Technologien überhaupt entstehen (müssen und können).

Die Beobachtung zweiter Ordnung fragt also „Welche Strukturen und Verhaltensmuster begünstigen die Innovation?“. Sie stellt die Frage „Wie kann

²⁷ Siehe Gälweiler 1990; Schwaninger 1989.

²⁸ Siehe Schwaninger 1994.

²⁹ Diese Kategorien basieren auf einer Leitunterscheidung des Biologen Ralph Gerard, eines der Pioniere der Systemtheorie, der die Dimensionen von Funktion, Struktur und Verhalten unterscheidet (Vgl. Rapoport 1992, S. 17 f.).

³⁰ Siehe dazu im einzelnen: Schwaninger 2000.

³¹ Vgl. Drucker 1992.

ein Kontext geschaffen werden, der die Propensität des betrachteten Systems, Innovationen zu generieren, erhöht?“ Hier kann dieses Thema nicht in seiner ganzen Komplexität dargestellt werden. Die Stichworte in Abbildung 7 skizzieren den Gegenstand immerhin in Form einer Art „Checkliste“, die helfen kann, beim Planen keine wichtigen Faktoren zu vergessen.

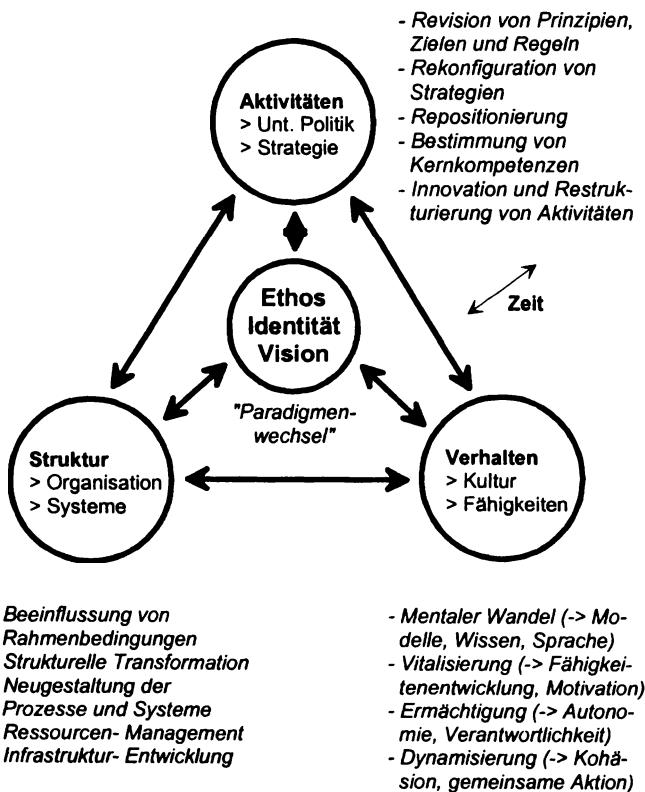


Abbildung 7: Bezugsrahmen für eine integrale Transformation von Organisationen (Quelle: Schwaninger 2000)

E. Ausblick

Anhand der dargestellten Leitdifferenzen wird ein neues Verständnis von Planung plastisch. Insgesamt ging es in der traditionellen Kybernetik vornehmlich um die Gestaltung von Inhalten, das Management auf Objektebene. Die neue Kybernetik stellt ein begriffliches und konzeptuelles

Instrumentarium für ein Management auf Metaebene und speziell für die Gestaltung von Kontexten mit Blick auf umfassende Entwicklungsprozesse zur Verfügung. Unter anderem mit den Konzepten der systemischen Reproduktion und der Beobachtung zweiter Ordnung trägt sie der besonderen Beschaffenheit sozialer Systeme als autopoiethische, operational geschlossene Systeme Rechnung. Deshalb erweist sich die kybernetisch fundierte Planungstheorie, im Vergleich zu den heute noch dominanten, als den komplexen organisationalen (und allgemein sozialen) Realitäten besser angemessen. Damit ist sie letztlich leistungsfähiger für einen Entwurf und für die Herbeiführung wünschenswerter Entwicklungen.

Literaturverzeichnis

Ackoff, Russell L.: A Concept of Corporate Planning, New York etc.: Wiley, 1970.

– *Creating the Corporate Future. Plan or Be Planned For, New York etc.: Wiley, 1981.*

Beer, Stafford: Brain of the Firm, 2nd edition, Chichester etc.: Wiley, 1981.

– *Platform for Change, Chichester etc.: Wiley, 1975.*

Calvino, Italo: Sechs Vorschläge für das nächste Jahrtausend. Harvard-Vorlesungen, aus dem Italienischen von Burkhardt Kroeber. München und Wien: Carl Hanser, 1991.

Ciompi, Luc: Die emotionalen Grundlagen des Denkens. Entwurf einer fraktalen Affektlogik, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1997.

Drucker, Peter F.: The New Society of Organization, in: Harvard Business Review, September–October 1992, S. 95–104.

Fuchs, Peter: Die Erreichbarkeit der Gesellschaft. Zur Konstruktion und Imagination gesellschaftlicher Einheit, Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1992.

Gälweiler, Aloys: Unternehmensplanung, 2. Auflage, Frankfurt und New York: Campus, 1986.

– *Strategische Unternehmensführung, Ausgewählte Schriften von Aloys Gälweiler, zusammengestellt, bearbeitet und ergänzt durch Markus Schwaninger, 2. Auflage, Frankfurt und New York: Campus, 1990.*

Hechenblaickner, Peter Paul: Planung in Organisationen als selbstreferentielle Systeme, Dissertation, Universität St. Gallen, 1998.

- Die Kondensation von Lebenswelten in Organisationen: Herausforderungen der Sozio-Kybernetik für Forschungen zum organisationalen Lernen, in: Schwaninger, Markus, Hrsg.: *Intelligente Organisationen, Konzepte für turbulente Zeiten auf der Grundlage von Systemtheorie und Kybernetik*, Berlin: Duncker & Humblot, 1999, S. 211–225.

Luhmann, Niklas: Politische Planung, in: Ronge, Volker / Schmieg, Günter, Hrsg.: *Politische Planung in Theorie und Praxis*, München: Piper 1971, S. 57–80.

- Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie, Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1984.
- Politische Steuerung. Ein Diskussionsbeitrag, in: *Politische Vierteljahresschrift*, 30.Jg./ Nr. 1, 1989, S. 4–9.
- Weltkunst, in: Luhmann, Niklas/ Bunsen, Frederick D./ Baecker, Dirk: *Unbeobachtbare Welt. Über Kunst und Architektur*. Bielefeld: Haux, 1990, S. 7–45.
- Organisation, in: Küpper, Willi/ Ortmann, Günther, Hrsg.: *Mikropolitik. Rationalität, Macht und Spiele in Organisationen*, 2., durchgesehene Auflage, Opladen: Westdeutscher Verlag, 1992, S. 165–186.
- Die Gesellschaft der Gesellschaft, Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1997.
- Organisation und Entscheidung, Opladen: Westdeutscher Verlag, 2000.

Pert, Candace: *Molecules of Emotion*, New York: Scribner, 1997.

Porter, Michael E. / *Takeuchi*, Hirotaka / *Sakakibara*, Mariko: *Can Japan Compete?*, Basingstoke/London: Macmillan, 2000.

Rapoport, Anatol: Weltbilder – Wissen und Glauben: Die systemische Sicht. In *Weltbilder – Wissen und Glauben, Aulavorträge*, Nr. 55, St. Gallen, Hochschule St. Gallen, 1992, S. 3–27.

SAP AG: Präsentationsunterlagen Strategic Enterprise Management (SEM), Walldorf, 1999.

Schwaninger, Markus: Zur Architektur integraler Planungssysteme, in: *Harvard Manager*, I. Quartal 1984, S. 102–110.

- *Integrale Unternehmungsplanung*, Frankfurt und New York: Campus, 1989.
- *Managementsysteme*, St. Galler Management-Konzept, Band 4, Frankfurt/New York: Campus, 1994.
- Szenario 2005: Die Organisationen mit den besten Modellen gewinnen, in: Belz, Christian, Hrsg.: *Management-Szenarien 2005*, Sondernummer Thexis 1998, Nr. 2, S. 136–137.

- Managing Complexity – The Path Toward Intelligent Organizations, in: Systemic Practice and Action Research, Vol. 13, No. 2, 2000, S. 207–241.

Spencer Brown, George: Laws of Form, New York: Dutton, 1979.

Ulrich, Hans: Management, Bern und Stuttgart: Haupt, 1984.

Vogel, Hans-Christoph: Organisationen – Rationalistisches und Konstruktivistisches zum Planungsprozeß, in: Bardmann, Theodor M./ Kersting, Heinz J./ Vogel, Hans-Christoph/ Woltmann, Bernd: Irritation als Plan. Konstruktivistische Einredungen, Aachen: Kersting, 1991, S. 32–63.

von Foerster, Heinz: Objects: Tokens for (Eigen-)Behaviors, in: ASC Cybernetics Forum Vol. 8, No. 3/4, 1976, S. 91–96.

- Abbau und Aufbau, in: Simon, Fritz B., Hrsg.: Lebende Systeme, Wirklichkeitskonstruktionen in der Systemischen Therapie, Berlin etc.: Springer, 1988, S. 19–33.
- Erkenntnistheorien und Selbstorganisation, in: Schmidt, Siegfried J., Hrsg.: Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus, Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1987, S. 133–158.

Zur Verwendbarkeit von Systemarchetypen: Systemdenken vs. Systemsimulation

Von *Martin Liehr*

A. Das Konzept der Systemarchetypen

System-Dynamics schreibt in seiner Eigenschaft als Strukturtheorie sozialen Systemen eine allgemeine Grundarchitektur und ubiquitäre Charakteristika zu und ermöglicht das Identifizieren übertragbarer Strukturen.¹ Diese werden häufig als „generisch“ bezeichnet und lassen sich durch die gesamte Entwicklungsgeschichte von System-Dynamics verfolgen. Trotz der zentralen Bedeutung generischer Strukturen für die Theorie dynamischer Systeme zeugen uneinheitliche Begrifflichkeiten und divergierende Anwendungsbereiche und –formen von einer ausgeprägten Heterogenität der existierenden Definitionen.² Eine Möglichkeit die verschiedenen Auffassungen zu ordnen und damit zu operationalisieren, ist in Tabelle 1 wiedergegeben, in der drei Konzeptausprägungen unterschieden werden.³

Die Konzepte sind nach den Kriterien abgegrenzt, die sie zur Identifizierung und Klassifizierung generischer Strukturen verwenden. Während Systemarchetypen das spezifische Verhalten eines Systems zugrunde legen, kombinieren Basisarchetypen Looppolaritäten, um repetitiv auftretende Regelkreismuster zu charakterisieren. Basisarchetypen leiten sich aus den System-

¹ Zur Darstellung von System-Dynamics als allgemeine Strukturtheorie vgl. Milling, Peter: Leitmotive des System-Dynamics-Ansatzes, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt), 13. Jg., Nr. 10 1984, S. 507-513, hier S. 509-511.

² Vgl. Lane, David und Smart, Chris: Reinterpreting „generic structure“: evolution, application and limitations of a concept, in: System Dynamics Review, Vol. 12, Nr. 02 1996, S. 87-120, hier S. 87-88.

³ Eine weitere Möglichkeit wird bei Paich illustriert, der generische Strukturen nach dem Umfang ihrer Übertragbarkeit in zwei Grundtypen unterscheidet, vgl. Paich, Mark: Generic Structures, in: System Dynamics Review, Vol. 01, Nr. 01 1985, S. 126-132. Des weiteren sind Lane und Smart zu nennen, die generische Strukturen nach deren Systemstruktur klassifizieren, vgl. Lane, David und Smart, Chris: Reinterpreting „generic structure“, S. 87-120, hier S 89-102.

archetypen ab und bilden eine übergeordnete Ebene zu diesen – sogenannte „totally generic archetypes“.⁴ Ihr Konzept geht von folgender Annahme aus: Es wird postuliert, daß eine Kombination aus zwei Regelkreisen notwendig, aber auch hinreichend ist, um contraintuitives Verhalten von Systemen zu beschreiben.⁵ Das dritte Konzept, die generischen Strukturmodelle, beinhaltet seinerseits mehrere Subkonzepte, die in Strukturumfang und damit Verwendungsmöglichkeiten differieren.⁶ Es entspringt einem Verständnis von Strukturen, wie es in der System-Dynamics-Modellierung vorherrscht und hat einen höheren Formalisierungsgrad als die beiden erstgenannten.

Tabelle 1

Konzepte und Kriterien generischer Strukturen

Konzept	Kriterium
Systemarchetypen	Systemverhalten
Basisarchetypen	Polarität der Regelkreise
Generische Strukturmodelle	Systemstruktur

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung des Konzeptes der Systemarchetypen im Laufe der Zeit.

Die erste Beschreibung und Analyse von Systemarchetypen geht auf Forrester zurück⁷; der Begriff selbst wird erst später geprägt⁸, ebenso wie seine inhaltliche Ausarbeitung. Ursprünglich dem Feld der Systemmodellierung zuzuordnen, hat das Konzept – im Zuge der qualitativen Orientierung der

⁴ Vgl. Corben, David A. und Wolstenholme, Eric F.: Towards a Core Set of Archetypal Structure in System Dynamics, in: Machuca, Jose A.D. und Zepeda, Enrique (Hrsg.): International System Dynamics Conference, Cancun (Mexico) 1993, S. 583-592, hier S. 584.

⁵ Vgl. ebd., S. 585.

⁶ Vgl. Richmond, Barry et al: An Introduction to Systems Thinking, Hanover 1997; vgl. Lane, David und Smart, Chris: Reinterpreting „generic structure“: evolution, application and limitations of a concept, in: System Dynamics Review, Vol. 12, Nr. 02 1996, S. 87-120.

⁷ Forrester untersucht contraintuitives Verhalten sozialer Systeme und deren „policy resistance“. Er bezeichnet ein komplexes System als „far more devious and diabolical than merely being different from the simple system with which we have experience. Although it is truly different, it appears to be the same.“ Forrester, Jay W.: Urban Dynamics, Cambridge (Mass.) 1969, S. 110.

⁸ Etymologisch betrachtet, entspringt der Begriff dem Griechischen „Archetypos“ und bedeutet „erstes seiner Art“, vgl. Senge, Peter M. et al.: Das Fieldbook zur Fünften Disziplin, Stuttgart 1996, S. 139.

Theorie dynamischer Systeme – Eingang in das „Systems Thinking“ gefunden und dort seine Popularität erlangt.⁹

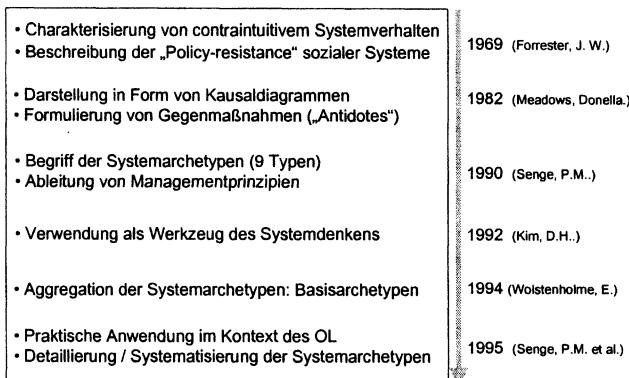


Abbildung 1: Entwicklung der Eigenschaften und der Verwendungsformen von Systemarchetypen

Vor dem Hintergrund seines Entstehungszusammenhangs und unterschiedlicher Entwicklungsrichtungen kann das Konzept folgendermaßen definiert werden: Systemarchetypen charakterisieren unerwartete, schwer kontrollierbare Verhaltensweisen komplexer Systeme. Sie führen in unterschiedlichsten Bereichen immer wieder auftretende Probleme und Fehlfunktionen auf eine begrenzte Anzahl miteinander interagierender Regelkreisbeziehungen zurück. Systemarchetypen sind der Empirie entsprungen und können als Induktion langjähriger quantitativer und qualitativer Modellierung betrachtet werden. Sie synthetisieren die Aussagen von komplexen Modellen einzelner Problemphänomene und stellen die Ergebnisse in abstrahierter Form dar.¹⁰

Vereinfacht ausgedrückt beschreiben sie von der Detailfülle konkreter Situationen abstrahierte Ergebnisse aus zahlreichen Simulationsexperimenten. In der Folge sollen diese Resultate in Simulationsmodelle umgewandelt werden. Hierbei stellt sich die Frage, welchen Sinn es macht Simulationsergebnisse ihrerseits zu simulieren, ohne einem Zirkelschluß zu unterliegen. Die Frage lässt sich vor dem Hintergrund der Zielsetzung der Simulationsanalyse beantworten.

⁹ Vgl. Senge, Peter M. et al.: Das Fieldbook zur Fünften Disziplin, Stuttgart 1996.

¹⁰ Als Beispiel sei hier der Systemarchetyp „Growth and Underinvestment“ angeführt, der eine Kernaussage aus Forresters „Market Growth as Influenced by Capital Investment“ wiedergibt und auf ein höheres Abstraktionsniveau projiziert, vgl. Forrester, Jay W.: Market Growth as Influenced by Capital Investment, in: Forrester, Jay W. (Hrsg.): Collected Papers of J. W. Forrester, Cambridge (Mass.) 1975, S. 111–132.

- Zum einen wird die Überprüfung der Aussagen der Systemarchetypen als Klasse abstrakter Systeme angestrebt. Solchen Klassen ist die Eigenschaft zueigen, Erkenntnistransfer zwischen formal ähnlichen Fragestellungen zu ermöglichen und dadurch den Modellaufbau, die Analyse und das Erarbeiten von Handlungsempfehlungen zu erleichtern.¹¹ Um die Aussagen der Systemarchetypen auf Eindeutigkeit zu prüfen, ist es erforderlich die Strukturen zu formalisieren und mathematisch zu beschreiben.¹²
- Zum anderen soll untersucht werden, ob und in welcher Form Systemarchetypen als Simulationsmodelle im Rahmen des Modellierungsprozesses verwendet werden können. Das Augenmerk soll hier besonders auf der Phase der Modellkonzeption liegen.

B. Modellierung und Simulation von Systemarchetypen

Die Modellierung und Simulation eines Systemarchetyps soll beispielhaft an dem Typus „Fixes that Fail“ illustriert werden, dessen Kausaldiagramm und Verhalten Abbildung 2 zu entnehmen sind.

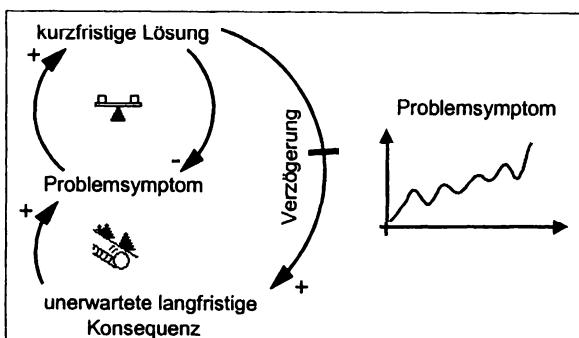


Abbildung 2: Systemarchetyp „Fixes that Fail“

Die Kausalbeziehungen und Systemdynamik von „Fixes that Fail“ lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:¹³ Ein Problemsymptom wird durch die

¹¹ Vgl. Milling, Peter: Leitmotive des System-Dynamics-Ansatzes, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt), 13. Jg., Nr. 10 1984, S. 507–513, hier S. 509.

¹² Vgl. hierzu Milling, Peter: Systemtheoretische Grundlagen zur Planung der Unternehmenspolitik, Mannheim 1979, S. 99-100 und S. 215–220.

¹³ Zu einer ausführlichen Erklärung und Beschreibung des Systemarchetyps, vgl. Anderson, Virginia und Kim, Daniel H.: Systems Archetype Basics: From Story to Structure, Waltham (Mass.) 1998, S. 7–23.

Implementierung einer Lösung verbessert oder sogar behoben. Die Problemlösung hat jedoch eine unerwartete, nach einer bestimmten Verzögerungszeit wirksam werdende Nebenwirkung. Letztere lässt das Problem erneut erscheinen, evtl. in verstärktem Maße, was ein nochmaliges, stärkeres Anwenden des Lösungsmechanismus erforderlich macht. Dieser stellt den gewünschten Systemzustand wieder her, jedoch nur für eine befristete Zeit, bis der negative Seiteneffekt der vermeintlichen Lösung erneut seine Wirkung entfaltet und der Zyklus von vorne beginnt. Das Problemsymptom entwickelt das in Abbildung 2 skizzierte Verhalten.

Das fundamentale Problem, dessen Lösung mehr Zeit und Energie beansprucht als das kurzfristige Kurieren des Problemsymptoms, wird entweder nicht erkannt oder aus Zeitgründen nicht gelöst; der Systemarchetyp beschreibt das häufig zu beobachtende Phänomen des „Oiling the Squeaky Wheel“.¹⁴

Aus Abbildung 3 wird deutlich, daß das Simulationsmodell mehr Variablen beinhaltet als das Kausaldiagramm.¹⁵ Die Grundstruktur des Modells ist geprägt von dem zielsuchenden Regelkreis *Problemlösung* und dem positiven Regelkreis *Seiteneffekt*. Die zentrale Rolle in dem Problemlösungsloop spielt die Tabellenfunktion *T Implementierung*. Über diese Funktion wird bestimmt, in welcher „Dosis“ die Lösung implementiert wird; sie beinhaltet außerdem das kritische Problemniveau¹⁶, das den zielsuchenden Prozeß steuert. Im positiven Regelkreis sind die verzögerte Variable *Unerwartete Nebenwirkung*, und die Variable *Wirkung Seiteneffekt* die zentralen Komponenten.¹⁷ Die Variable *kurzfristige Lösung* ist das verbindende Element zwischen den Regelkreisen.

Das *Problemsymptom* ist als Bestandsvariable, die *unerwartete Nebenwirkung* als Verzögerungsglied dritter Ordnung¹⁸ modelliert; beide beinhalten Nettobestandveränderungen. Die *kurzfristige Lösung* hingegen ist als Hilfsvariable definiert. Für die Abflußrate *Problemabnahme* ist eine Verzögerung vorgesehen, da es nicht realistisch erscheint, daß die Problemlösung – trotz ihrer rein kurzfristigen Wirkung – das Problem sofort beheben kann.

¹⁴ Vgl. Anderson, Virginia und Kim, Daniel H.: Systems Archetype Basics: From Story to Structure, Waltham (Mass.) 1998, S. 8.

¹⁵ Eine vollständig Aufstellung der Modellgleichungen ist im Anhang zu finden.

¹⁶ In dem Modell wird angenommen, daß der kritische Schwellenwert bei einer Verdopplung von *Problemsymptom* $t=0$ erreicht ist; wird er überschritten, greift der Lösungsmechanismus.

¹⁷ Mit der Schaltervariablen *T Schalter Wirkung* wird ein anfängliches Aufstauen der Nebenwirkung abgebildet.

¹⁸ Es wird davon ausgegangen, daß die unerwartete Nebenwirkung nicht ad hoc als Seiteneffekt zum Tragen kommt. Es erscheint daher realistisch, an dieser Stelle eine kurze Übergangsphase ohne Systemreaktion im negativen Loop abzubilden. Dieses Verhalten lässt sich mit einem Delay dritter oder höherer Ordnung generieren.

Der Verlauf der Tabellenfunktion *T Implementierung* und die Verzögerungszeit der Nebenwirkung sind die verhaltensbestimmenden Variablen des vorliegenden Modells. Hier entscheidet sich – aufgrund der Intensität der exponentiellen bzw. asymptotischen Wirkung des jeweiligen Loops – wann und für welche Dauer eine Dominanzverschiebung und damit eine Umkehrung des Systemverhaltens stattfindet.

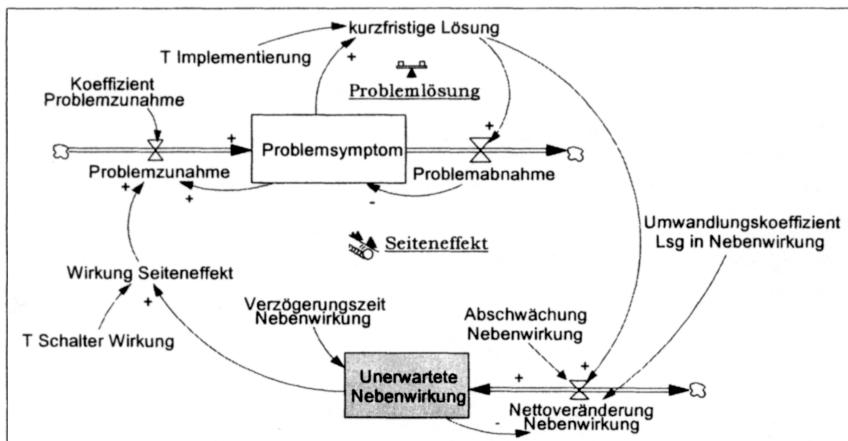


Abbildung 3: „Fixes that Fail“ als Strukturdiagramm

Das Modell generiert das dem Systemarchetypen zugeschriebene Verhalten. Der Verlauf des Problemsymptoms ist zyklisch, bei insgesamt steigender Tendenz. Die kurzfristige Medikamentierung des Problems wird in ständig höheren Dosen vorgenommen.¹⁹ Abbildung 4 zeigt den Verlauf des Problemsymptoms.

¹⁹ Das Verhalten entspricht dem, wie bei Anderson und Kim zu finden ist: „At some point, the problem gets bad enough to be called a crisis, and we apply a fix. The problem shows up in the behavior over time graph as a rising or falling curve punctuated by one or more dips or blips as the quick fix is applied.“ Anderson, Virginia und Kim, Daniel H.: *Systems Archetype Basics: From Story to Structure*, Waltham (Mass.) 1998, S. 9; vgl. auch Beschreibung bei Senge, Peter M. et al.: *Das Fieldbook zur Fünften Disziplin*, Stuttgart 1996, S. 146–147.

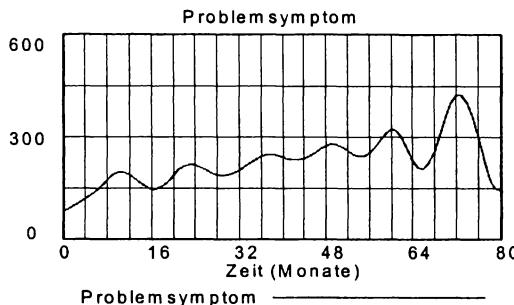


Abbildung 4: Simulationsverlauf für das Problemsymptom²⁰

Die Umwandlung des Systemarchetyps in ein Formalmodell wirft, trotz des verhältnismäßig geringen Umfangs und Komplexität des abgebildeten Zusammenhangs, eine Reihe von Fragen auf, deren Beantwortung als problematisch anzusehen ist. Im einzelnen sind dies:

1. Die Deklaration der Variablen kann auf Basis der Informationen aus dem Systemarchetyp nicht eindeutig vorgenommen werden.²¹ Für zwei der drei zentralen Variablen von „Fixes that Fail“ – für die *kurzfristige Problemlösung* und die *unerwartete Nebenwirkung* – kann keine eindeutige Aussage über die Variablenart (Bestandsgröße, Informationsfluß, Veränderungsrate) getroffen werden.²²
2. Die Position der Verzögerung geht aus der Beschreibung des Systemarchetyps nicht eindeutig hervor; dies wirft die Frage auf, ob sie in einer der drei vorgegebenen oder in einer zusätzlichen Variablen – z.B. in einer Hilfsvariablen – zu berücksichtigen ist.
3. Der abstrakte, unspezifische Charakter des Systemarchetyps erweist sich für die mathematische Abbildung der Entscheidungsregeln als problematisch. Letztere setzen sich aus Struktur (welche Informationsquellen werden gewählt und wie werden sie benutzt?) und Parametern (wieviel dieser Information wird verwertet?) zusammen.²³ Sind diese nicht ermittelbar oder nur unzureichend bestimmbar, ergeben sich eine Vielzahl von Alternativen für die Formulierung der Entscheidungsregeln.

²⁰ Die Größenordnungen im Modell und der Zeithorizont sind fiktiv.

²¹ Die Informationsbasis für die Modellierung sind das Kausaldiagramm und das Verhalten, wie sie in der Literatur zu finden sind.

²² Siehe hierzu den Vergleich des Modells aus Abbildung 3 mit dem Literaturbeispiel zu „Fixes that Fail“ in Abbildung 5.

²³ Vgl. Forrester, Jay W.: *Urban Dynamics*, Cambridge (Mass.) 1969, S. 111.

4. Das Gesamtverhalten des Systems reagiert auf Parameterveränderungen und Modifikationen des Verhältnisses der Parameter mit Instabilität. Dies gilt besonders für die Implementierung der Lösung (Verlauf der Tabellenfunktion) und die Verzögerungszeit der Nebenwirkung.
5. Das Formalmodell von „Fixes that Fail“ beinhaltet zwei zusätzliche, kleine Rückkopplungskreise, die im Kausaldiagramm des Systemarchetyps nicht vorgesehen sind.²⁴
6. Die Beschreibungen der Ursache-Wirkungsbeziehungen und besonders des Verhaltens des Systemarchetyps sind in den verschiedenen Literaturquellen nicht immer identisch.²⁵ Aufgrund des System-Dynamics Axioms des strukturbestimmten Verhaltens kann dies bei der Modellierung zu Abweichungen in den Systemstruktur führen.

Die Punkte 1–6 machen deutlich, daß unterschiedliche Systemmodelle für den Typ „Fixes that Fail“ denkbar sind; seine Überführung in ein Formalmodell ist demnach nicht eindeutig. Ein alternatives Modell wird in Abbildung 5 vorgestellt. Es entstammt der Untersuchung von Dowling et al., die ebenfalls zu dem Ergebnis kommt, daß die Modellstrukturen von „Fixes that Fail“ nicht eindeutig sind.²⁶

Die Unterschiede zwischen den beiden Modellen werden aus dem Vergleich der Strukturdiagramme deutlich (Abbildung 3 und 5). Das Literaturbeispiel ist ein System vierter Ordnung, das die drei zentralen Variablen als Integrationen modelliert und eine zusätzliche Variable *Durchschnittliche Lösungsmenge* einführt. Die wesentliche Strukturdifferenz manifestiert sich in der Formulierung der *kurzfristigen Lösung*. Während sie im ersten Modell in Form einer Hilfsvariablen Teil der Entscheidungsregel ist, wird sie in Abbildung 5 als Integrationsvariable abgebildet. Ihre Auswirkung auf den negativen Seiteneffekt ist

²⁴ Es sind dies der positive Loop zwischen dem *Problemsymptom* und der *Problemzunahme* sowie der negative Loop zwischen *Unerwartete Nebenwirkung* und deren Nettovariation.

²⁵ Bei anderen Systemarchetypen treten die Unterschiede in der Beschreibung des Verhaltens noch deutlicher hervor, z.B. bei den „Eroding Goals“, vgl. Anderson, Virginia und Kim, Daniel H.: *Systems Archetype Basics: From Story to Structure*, S. 63 und Senge, Peter M.: *The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization*, New York 1990, S. 383.

²⁶ Vgl. Dowling, Anne, MacDonald, Roderick H. und Richardson, George P.: *Simulation of Systems Archetypes*, in: Saeed, Khalid und Shimada, Toshiro (Hrsg.): *Proceedings of the 1995 International System Dynamics Conference*, Tokyo 1995, S. 454–463, hier S. 455–458 (Beschreibung) und S. 462–463 (Gleichungen). Neben dem in Abbildung 5 dargestellten Modell wird bei Dowling et al. noch ein weiteres vorgeschlagen, das sich sowohl von ersterem als auch dem hier entwickelten (Abbildung 3) grundlegend unterscheidet.

bei Dowling et al. nicht als Verzögerung modelliert, sondern als Durchschnittswert.²⁷

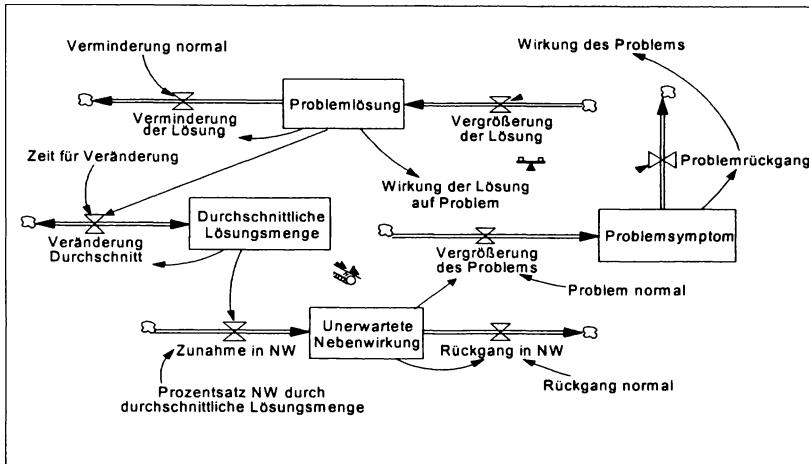


Abbildung 5: Alternative Modellstruktur zu „Fixes that Fail“²⁸

Trotz erheblicher Abweichungen zu der ersten Struktur generiert das Formalmodell aus Abbildung 5 ebenfalls das archetypische Referenzverhalten von „Fixes that Fail“.²⁹ Beide Modelle können somit den Anspruch erheben den Systemarchetyp – vor dem Hintergrund des erzeugten Verhaltens – adäquat abzubilden.

Was bedeutet dieses Ergebnis nun für die Validierung, die Aussagen und die Verwendbarkeit der Systemarchetypen in ihrer herkömmlichen Form und in Ausprägung von Simulationsmodellen? Zur Beantwortung dieser Frage gilt es die Ergebnisse aus der Modellierung und Simulation der übrigen acht System-

²⁷ Weitere Unterschiede bestehen in den Verläufen der Tabellenfunktionen und der Anordnung der Verzögerungen.

²⁸ Modifiziert nach: Dowling, Anne, MacDonald, Roderick H. und Richardson, George P.: Simulation of Systems Archetypes, in: Saeed, Khalid und Shimada, Toshiro (Hrsg.): Proceedings of the 1995 International System Dynamics Conference, Tokyo 1995, S. 454–463, hier S. 457. Die Variablennamen sind aus dem Englischen übersetzt; die Notation ist von Powersim® nach Vensim® konvertiert.

²⁹ Vgl. Dowling, Anne, MacDonald, Roderick H. und Richardson, George P.: Simulation of Systems Archetypes, in: Saeed, Khalid und Shimada, Toshiro (Hrsg.): Proceedings of the 1995 International System Dynamics Conference, Tokyo 1995, S. 454–463, hier S. 457.

archetypen zu berücksichtigen. Die Schnittmenge der Probleme, die sich bei der Modellierung aller Systemarchetypen ergeben, ist in Abbildung 6 aufgeführt.

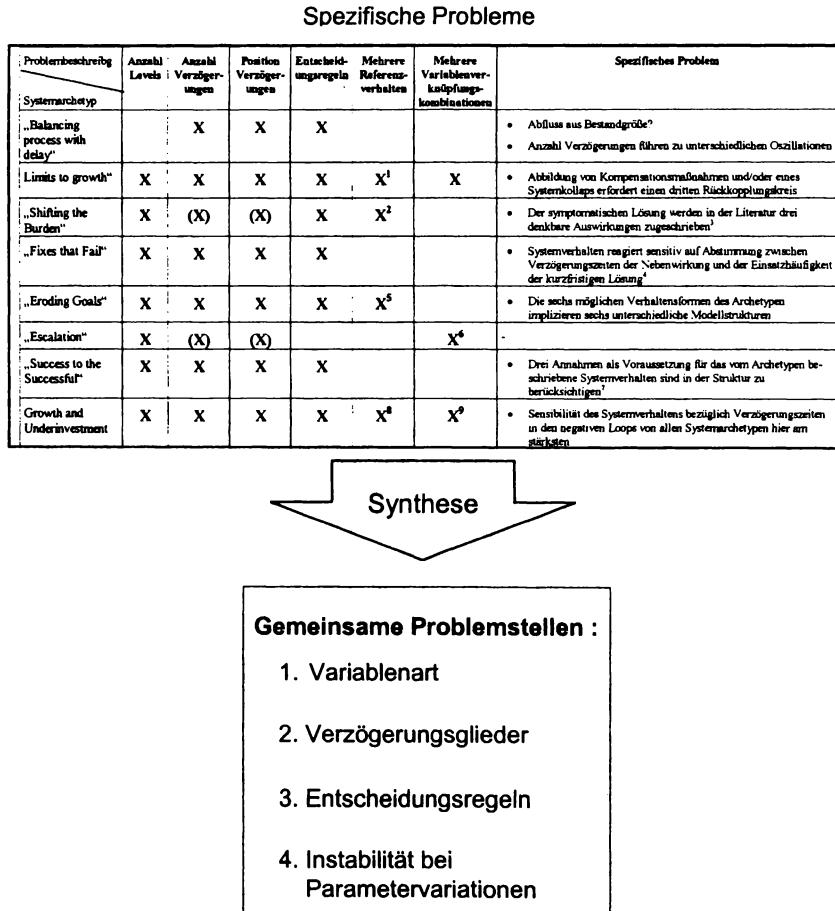


Abbildung 6: Gemeinsame Problemstellen bei der Modellierung aller Systemarchetypen

Für die Validierung der Struktur, der Parameter und des Verhaltens der Simulationsmodelle haben die Problemstellen aus Modellierung und Simulation folgende Auswirkung:

- Die Formalmodelle der Systemarchetypen können dem Kriterium der Homomorphie nicht gerecht werden. Letzteres ist jedoch notwendige

Bedingung für ein realitätsadäquates Modell. Milling schreibt hierzu: „Um ein Höchstmaß an Realitätsbezug zu erreichen, müssen alle Elemente, im Detail und in ihrem Zusammenwirken, ein reales und in bezug auf das zu betrachtende Phänomen relevantes Gegenstück haben. Das bedeutet, daß jede Relation des Modells eine hinreichend genaue Wiedergabe eines realen Phänomens sein muß. Die Elemente des Modells müssen in der Realität identifizierbar und in eindeutiger Form repräsentiert sein.“³⁰ Dieser Anforderung kann die Modellstruktur der Systemarchetypen nicht gerecht werden, womit eine Strukturvalidierung als nicht möglich eingestuft werden muß.

- Eine Überprüfung der dynamischen Konsequenzen des Einsatzes unterschiedlicher Parameter – z.B. in Form von Extremwertetests³¹ – ist für die Simulationsmodelle der Systemarchetypen durchführbar. Die Quantifizierung der Parameter bleibt jedoch arbiträr.
- Die Validierung des Modellverhaltens ist aufgrund des Vorliegens eines Referenzverhalten für jeden Archetypen möglich. Neben Plausibilitätstests können auch Konsistenztests durchgeführt werden.³² Das Verhalten ist für die Validierung der Modelle von Systemarchetypen das eindeutigste und damit ausschlaggebende Kriterium.

Allerdings ist zu beachten, daß System-Dynamics Modelle strukturdominiert sind; ihr Verhalten ist eine komplexe Deduktion der Systemstruktur. Ist letztere nicht homomorph, kann die Validierung des Systemverhaltens nur in begrenztem Umfang stattfinden. Dies bedeutet wiederum, daß die Gesamtvalidität nicht bestimmbar ist. Die Modelle der Systemarchetypen, ihr strukturbestimmtes Verhalten und ihre Aussagen sind damit nur begrenzt überprüfbar. Vor diesem Hintergrund ist die Allgemeingültigkeit des Konzeptes zu relativieren: Systemarchetypen sind als verbale und grafische Beschreibungen häufig vorkommender Situationen zu betrachten, die keine eindeutige Struktur besitzen. Ihr Charakter entspricht somit am ehesten dem einer Analogie.³³

³⁰ Milling, Peter: Der technische Fortschritt beim Produktionsprozeß: Ein dynamisches Modell für innovative Industrieunternehmen, Wiesbaden 1974, S. 211.

³¹ Vgl. Forrester, Jay W. und Senge, Peter M.: Tests for Building Confidence in System Dynamics Models, in: Legasto, Augusto Jr., Forrester, Jay W. und Lyneis, James M.: Studies in the Management Science, Vol. 14: System Dynamics, Amsterdam, New York, Oxford 1980, S. 209–228, hier S. 221–222.

³² Zu den Tests im Einzelnen vgl. Milling, Peter: Der technische Fortschritt beim Produktionsprozeß, S. 215–216.

³³ Der Begriff der Analogie zur Charakterisierung des Konzeptes der Systemarchetypen wird als erstes von Lane und Smart aufgegriffen, vgl. Lane, David und Smart, Chris: Reinterpreting „generic structure“, in: System Dynamics Review, Vol. 12, Nr. 02 1996, S. 87–120, hier S. 112–113.

C. Zur Verwendbarkeit der Systemarchetypen

I. Perspektiven der Verwendung im Rahmen des Systemdenkens

Als Kausaldiagramme gewähren Systemarchetypen qualitative Einblicke in komplexe Zusammenhänge. Ihre Verwendbarkeit als Werkzeug des Systemdenkens bleibt daher von obigen Modellierungsergebnissen weitgehend unbeeinflußt. Die Einsatzmöglichkeiten sind in der Literatur ausführlich beschrieben und sollen hier nicht im Detail dargestellt werden. Beispiele sind:

- Klassifizieren von bestehenden Modellen.
- Erklären von beobachtetem Systemverhalten.
- Strukturierung komplexer Kausaldiagramme.
- Vorbereiten quantitativer Systemanalysen.
- Ableiten von Handlungsempfehlungen.

Die Feststellung, daß es sich bei Systemarchetypen um Analogien handelt, stellt für diesen Verwendungskontext keine Einschränkung dar. Im Gegenteil: Durch eine Analyse der Konzepte und Definitionen von Analogien in anderen Disziplinen sowie Übertragung ihrer Verwendungsformen können neue Einsichten gewonnen und der theoretische Bezugsrahmen erweitert werden.³⁴ Beispielhaft sei hier die Kognitionspsychologie aufgegriffen, in der Analogien ein wichtiges Erkenntnisobjekt darstellen.³⁵

In der Kognitionspsychologie spielen Analogien im Rahmen des Problemlösungsprozesses eine herausragende Rolle. Beim Planen im Allgemeinen und Problemlösen im Besonderen wird der „Raum“, in dem nach Lösungen gesucht wird, in einem iterativen Prozeß eingeschränkt und wieder erweitert.³⁶ Für die Suchraumerweiterung stellen Analogien das wichtigste Verfahren dar: Sie eröffnen dem Entscheider handlungsrelevante Einsichten und erlauben ihm, unbekannte Strukturen des Systems durch Rückschlüsse auf bekannte Systeme

³⁴ Zur Notwendigkeit einer theoretischen Fundierung des Konzeptes der Systemarchetypen siehe Lane, David C.: *Can we have confidence in generic structures?*, in: *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 49, 1998, , S. 936947, hier S. 945.

³⁵ Weitere Bereiche, in denen Analogien eine wichtige Rolle spielen und die für das „Systems Thinking“ interessante Einsichten und Anwendungen versprechen, sind z.B. die Methodologie und die Logik, vgl. Menne, Albert: *Einführung in die Methodologie*, 3. Auflage, Darmstadt 1993.

³⁶ Vgl. Eysenck, Michael W. und Keane, Mark T.: *Cognitive Psychology – A Student's Handbook*, 3. Auflage, Sussex 1999, besonders S. 391–404.

zu ergänzen.³⁷ Die Analogisierung wird durch Abstraktion ermöglicht, wofür die Bildung von Oberbegriffs-/Unterbegriffshierarchien für die einzelnen Begriffe (Elemente) eines Systems notwendig ist.³⁸ Der Analogieschluß stellt zunächst eine Hypothese dar, die zu überprüfen und gegebenenfalls zu verwerfen oder zu ergänzen ist. Die Bildung von Analogien kann zum Verständnis oder sogar zur Lösung des Problems führen.

Die Teilschritte der Analogiebildung sind mit denen der Verwendung von Systemarchetypen nahezu identisch; sie gestalten sich folgendermaßen:

- „Abstraktion von bestimmten Merkmalen des gegebenen, konkreten Sachverhalts.“
- Suche nach einem Modell, d.h. Suche nach einem Sachverhalt, der eine andere Konkretisierung des abstrakten Sachverhaltes darstellt.
- Rückübertragung von Merkmalen des Modells auf den ursprünglichen Sachverhalt, dessen Bild dadurch bereichert wird.
- Prüfung, ob die neuen, hypothetisch angenommenen Merkmale tatsächlich vorhanden sind.“³⁹

Der Einsatz von Systemarchetypen entspricht der beschriebenen Suchraumerweiterung, deren Teilschritte mehrfach durchlaufen werden können. Bei den Merkmalen, die bei den Systemarchetypen abstrahiert und verglichen werden, handelt es sich um Muster – Verhaltens- und Ursache-Wirkungsmuster –, die es zu erkennen, übertragen und prüfen gilt.

Das Identifizieren, Klassifizieren und Anwenden von Mustern im weitesten Sinne gewinnt als Aufgabe des strategischen Managements angesichts einer unüberschaubaren Umweltkomplexität an Bedeutung. Dies zeigen andere, aktuelle Ansätze, die aus der komplexen und zum Teil chaotisch erscheinenden Unternehmensumwelt Muster repetitiver Prozesse zu filtern versuchen.⁴⁰ Diese

³⁷ Die Analogie bietet dem Problemlöser die Möglichkeit sein gesamtes, bisher erworbenes Wissen in die Lösung des Problems einzubringen. Vgl. Arbinger, Roland: Psychologie des Problemlösens: Eine anwendungsorientierte Einführung, Darmstadt 1997, S. 77.

³⁸ Vgl. Dörner, Dietrich: Die Logik des Mißlingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen, Hamburg 1996, S. 116.

³⁹ Dörner, Dietrich: Problemlösen als Informationsverarbeitung, Stuttgart et al. 2. Auflage 1979, S. 82-83.

⁴⁰ Vgl. Slywotzky, Adrian J. et al.: Profit Patterns, Chichester 1999. Repetitive Prozesse im Verhalten von Märkten, Kunden, Konkurrenten und Branchen werden hier erforscht und systematisiert, um auf diese Weise typische Entwicklungs- und Verhaltensmuster in der sich ständig verändernden Unternehmenslandschaft zu erkennen; vgl. auch Eisenhut, Martin: Wissensbasierte Diagnose von Industrieunternehmen: Modellkonzeption und empirische Fundierung, Frankfurt am Main 1996.

Ansätze unterscheiden sich in der Methodik, jedoch nicht im Grundsatz von den Systemarchetypen. Die Analogieschlüsse, die auf ihrer Basis gemacht werden, dienen nicht zuletzt der Sicherstellung der Handlungsfähigkeit in unstrukturierten, undurchsichtigen Situationen. Vor diesem Hintergrund gewinnen Konzepte wie die Systemarchetypen bei zunehmender Umweltkomplexität und Turbulenzen immer mehr an praktischer Bedeutung.

II. Konzeption eines Ansatzes zur Verwendung von Systemarchetypen im Rahmen der Systemsimulation

Simulationsfähige Formalmodelle von Systemarchetypen können für Policy-Analysen eingesetzt werden, oder im Rahmen des Modellierungsprozesses beispielsweise als Ausgangsmodelle Verwendung finden. Analysen alternativer Policies fördern Einblicke in das Systemverhalten und ermöglichen das Entdecken und Verstehen verbesserter Entscheidungsregeln. Hierin liegt eine wichtige Funktion simulationsfähiger Systemarchetypen. In diesem Abschnitt soll ihr Einsatz im Rahmen der Modellierung, insbesondere der Modellkonzeption, untersucht werden. Der skizzierte Ansatz stellt den Versuch dar, Systemarchetypen in die klassische System-Dynamics-Modellierung zu integrieren, wie bereits von Lane gefordert wurde „We need to integrate their ‚usefullness‘ with the scientific modelling of traditional SD and its tests of ‚representativeness‘“⁴¹ In der Folge werden in Kürze Zielsetzung, Voraussetzungen und Vorgehensweise des noch weiter auszuarbeitenden und zu detaillierenden Ansatzes in den Hauptpunkten umrissen.

Ziel ist es zu untersuchen, inwieweit mit vordefinierten Simulationsmodellen von Systemarchetypen die Modellkonzeption erleichtert werden kann, stellt sie doch mit der Überführung von Kausaldiagrammen in Strukturmodelle eine der anspruchsvollsten Etappen in der Modellerstellung dar.⁴² Die Überlegung, vordefinierte Referenz- oder Ausgangsmodelle für die Erstellung von System-Dynamics-Modellen zu verwenden, ist nicht neu.⁴³ Hintergrund hierfür sind

⁴¹ Lane, David C.: Can we have confidence in generic structures?, in: Journal of the Operational Research Society, Vol. 49, 1998, , S. 936–947, hier S. 945.

⁴² Vgl. Corben, David A.: Integrating Archetypes and Generic Models into a Framework for Model Conceptualisation, in: Machuca, Jose A.D. und Zepeda, Enrique (Hrsg.): International System Dynamics Conference, Cancun (Mexico) 1993, S. 11–21, hier S. 13–14.

⁴³ Vgl. z.B. Andersen, David F. und Richardson, George P.: Toward a Pedagogy of System Dynamics, in: Legasto, Augusto Jr., Forrester, Jay W. und Lyneis, James M.: Studies in the Managmenet Science, Vol. 14: System Dynamics, Amsterdam, New York, Oxford 1980, S. 91–106; oder Forrester, „System Examples“ in: Forrester, Jay W.: Industrial Dynamics – After the First Decade, in: Forrester, Jay W. (Hrsg.):

überwiegend pädagogische Bemühungen – im Sinne einer Erleichterung der ersten Modellierungsschritte – oder Effizienzbestrebungen, d.h. Zeit- und Kostenersparnisse durch Verkürzung der Phase der Modellkonzeption.⁴⁴

Die Voraussetzung für den Ansatz ist folgende: Wie in Abschnitt B deutlich wurde, sind die Modellstrukturen für Systemarchetypen nicht eindeutig; es sind mehrere Systemmodelle mit unterschiedlichen Strukturmerkmalen denkbar. Eine Validierung der Strukturen und Parameter wird erst dann möglich, wenn das Konzept auf einen bestimmten Bereich angewendet wird, z.B. auf TQM-Maßnahmen in der Produktion oder das Management einer Supply Chain.⁴⁵ Ist dies der Fall, entstehen „bereichsspezifische Systemarchetypen“, auf deren Formalmodelle die Prüfkriterien der Validität angewendet werden können. Hierdurch wird der generische Charakter des Konzeptes zwar auf einen Anwendungsbereich eingeschränkt, jedoch mit dem Vorteil, daß die aus den Kausaldiagrammen und Modellen abgeleiteten Aussagen validierbar sind.

Systemarchetypen in ihrer „klassischen“ Ausprägung (als Kausaldiagramme) werden über das Systemverhalten, das sie erzeugen, identifiziert. Auf die gleiche Weise soll die für ein Problem relevante Modellstruktur ermittelt werden. Die Idee des Ansatzes besteht demnach darin, von dem Verhalten eines Systems auf dessen Struktur zu schließen. Daß dieses Vorgehen grundsätzlich möglich ist, wird bei Andersen und Richardson für Systeme niederer Ordnung beschrieben.⁴⁶ Systemarchetypen werden als hochaggregierte Strukturmodelle konzipiert und bilden Ausgangsmodelle, die iterativ an die individuelle Situation anzupassen sind. Abbildung 7 illustriert grob die Hauptschritte der Vorgehensweise.

Collected Papers of J. W. Forrester, Cambridge (Mass.) 1975, S 133–150, hier S. 147–148.

⁴⁴ Vgl. Arthur, Daniel J.W., Grey, Colin und Winch, Graham W.: Building and Conceptualising Generic Model Structures to address Fundamental Business Change, in: Cavana, Bob et al. (Hrsg.): Systems Thinking for the Next Millennium, Wellington 1999, S. 3 (CD-ROM).

⁴⁵ In beiden Bereichen haben Kim/Burchill respective Morita/Matsumoto archetypische Verhaltensmuster untersucht und in Form von Kausaldiagrammen dokumentiert, vgl. Kim, Daniel H. und Burchill, Gary: System Archetypes as a Diagnostic Tool: A Field-based Study of TQM Implementations, in: Vennix, Jac A.M et al. (Hrsg.): Proceedings of the 1992 International Conference of the System Dynamics Society, Utrecht 1992, S. 311–320, Morita, Michiya und Matsumoto, Norihiro: In Search of Archetypes of Supply Chain Systems, in: Davidsen, Pal I et al. (Hrsg.): Sustainability in the third Millennium, Bergen 2000.

⁴⁶ Vgl. Andersen, David F. und Richardson, George P.: Toward a Pedagogy of System Dynamics, in: Legasto, Augusto Jr., Forrester, Jay W. und Lyneis, James M.: Studies in the Management Science, Vol. 14: System Dynamics, Amsterdam, New York, Oxford 1980, S. 91–106, hier S. 101–102.

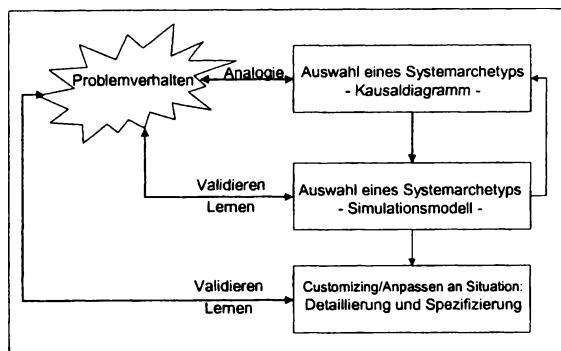


Abbildung 7: Bereichsspezifische Systemarchetypen als vordefinierte Simulationsmodelle

Die Verwendung bereichsspezifischer Systemarchetypen lässt sich folgendermaßen beschreiben:⁴⁷ Bei Vorliegen eines Problems wird überprüft, ob es sich um ein archetypisches Phänomen handelt und ein Systemarchetyp in Form eines Kausaldiagramms ausgewählt.⁴⁸ Diesem sind ein oder mehrere bereichsspezifische Formalmodelle zugeordnet.⁴⁹ Die Auswahl des geeignetesten Modells findet in einem iterativen Validierungsprozeß statt, in dem Relevanz und Realitätsnähe der einzelnen Modellelemente überprüft werden. Hierbei wird das Verständnis für Relationen und zeitliche Veränderungen des Realsystems vertieft; es findet ein Lernprozeß statt. Das schließlich ausgewählte Formalmodell ist eine abstrakte Darstellung des konkreten Problems und an dieses anzupassen. Dabei werden die Variablennamen und Parameterwerte spezifiziert. Das hieraus resultierende Modell ist ein noch hochaggregiertes Abbild der Realität, das im weiteren Verlauf zu detaillieren, d.h. um weitere Strukturen zu ergänzen ist.

⁴⁷ Ein ähnliches Vorgehen ist bei Corben zu finden, der seinen Ansatz auf den Basisarchetypen aufbaut, vgl. Corben, David A.: Integrating Archetypes and Generic Models into a Framework for Model Conceptualisation, in: Wolstenholme, Eric F. et al. (Hrsg.): System Dynamics: Exploring the boundaries, Stirling 1994, S. 11–21, hier S. 16–20. Der Ansatz von Corben weist drei methodische Schwächen auf (1. Zuordnung konkreter Strukturen zu einem Basisarchetyp, 2. Modellstrukturen werden gelten als eindeutig, 3. Unvollständigkeit der Liste der Systemarchetypen); sie sollen hier nicht im Detail diskutiert werden.

⁴⁸ Zu den Iterationen, bei der Auswahl des „richtigen“ Systemarchetypens, vgl. Senge, Peter M. et al.: Das Fieldbook zur Fünften Disziplin, Stuttgart 1996, S. 140–144.

⁴⁹ Trotz des Bezuges auf einen spezifischen Bereich können sich die Formalmodelle in Anordnung der Variablen und der Verzögerungen sowie im Verlauf der Tabellenfunktionen unterscheiden.

Bei Systemarchetypen ist der Lösungsraum auf constraintuitives Verhalten beschränkt. Probleme, die sich nicht in diese Kategorie subsumieren lassen, werden hier zunächst nicht berücksichtigt. Die Vorgehensweise für ihre Abbildung ist jedoch analog. Im Rahmen einer empirischen Studie des MIT werden von Graham vier weitere, häufig vorkommende Problemklassen identifiziert.⁵⁰ Diesen werden 17 „problem syndroms“ zugeordnet. In Formalmodelle umgewandelt können diese Problemklassen ebenfalls Eingang in den oben aufgezeigten Ansatz finden.

Die Verhalten-Struktur-Transformation, auf der der Ansatz aufbaut, führt zu der Formulierung eines ersten Hypothesensystems.⁵¹ Das Simulationsmodell des bereichsspezifischen Archetyps dient als Ausgangspunkt für die Erstellung komplexer Modelle.

Tabelle 2

Modellgleichungen für den Systemarchetypen „Fixes that Fail“

NettoveränderungNebenwirkung =
 kurzfristige Lösung * Umwandlungskoeffizient Lsg in Nebenwirkung – Unerwartete Nebenwirkung / Abschwächung Nebenwirkung
 ~Nebenwirkung/Month

Abschwächung Nebenwirkung = 6
 ~Month

Umwandlungskoeffizient Lsg in Nebenwirkung = 1
 ~Nebenwirkung/Problem

Unerwartete Nebenwirkung = delay3i (Nettoveränderung Nebenwirkung,
 Verzögerungszeit Nebenwirkung, ini Nebenwirkung)
 ~Nebenwirkung

Verzögerungszeit Nebenwirkung = 16
 ~Month

T Schalter Wirkung([(0,0) – (0.1,1)],(0,0),(0.05,0),(0.05,1))
 ~Problem/Nebenwirkung

Fortsetzung nächste Seite

⁵⁰ Vgl. Graham, Alan K.: Generic Models as Basis for Computer-Based Case Studies in: Forrester, Nathan B. et al. (Hrsg.): Proceedings of the 1988 International Conference of the System Dynamics Society, La Jolla (CA) 1988, S. 133–147.

⁵¹ Vgl. Milling, Peter: Systemtheoretische Grundlagen zur Planung der Unternehmenspolitik, Mannheim 1979, S. 109.

Fortsetzung Tabelle 2

Wirkung Seiteneffekt =**T Schalter Wirkung(Unerwartete Nebenwirkung) * Unerwartete Nebenwirkung****~ Problem****Problemzunahme =****max(0,Problemsymptom) * (Koeffizient Problemzunahme + Wirkung Seiteneffekt)****~Problem/Month****Problemabnahme = smooth(kurzfristige Lösung * max(Problemsymptom,0),2) ~****Problem/Month****ini Nebenwirkung = 0****~ Nebenwirkung****kurzfristige Lösung = T Implementierung(Problemsymptom / ini Problemsymptom)****~ Problem/Month****TImplementierung([(0,0)(10,1)],(0,0),(1,0),(2,0),(2,0.11),(3,0.25),(4,0.45),(5,0.475),(10,0.6))****~ dmml****ini Problemsymptom = 80****~ Problem****Koeffizient Problemzunahme = 0.1****~ dmml****Problemsymptom= INTEG (+Problemzunahme-Problemabnahme, ini****Problemsymptom)****~ Problem**

Erklärungsansätze für die Logik des Scheiterns von Unternehmensveränderungen

Von *Jürgen Strohhecker*

A. Eskalation des Wandels

Aus kybernetischer Perspektive ist Unternehmensführung im Grunde eine ganz einfache Sache: Stellt das Management Abweichungen zwischen Wunschposition und aktueller Situation fest, dann ergreift es Maßnahmen, um diese Diskrepanz zu schließen. Je drastischer Soll und Ist auseinanderfallen, desto zahlreicher und energischer werden die Aktionen und desto mehr verändert sich – hoffentlich – die Ist-Situation. Management ist aus dieser in Abbildung 1 dargestellten Perspektive ein zielsuchender Regelungskreislauf, der im Zeitablauf die Anpassung der Ist-Situation an die Wunschposition erreichen möchte.

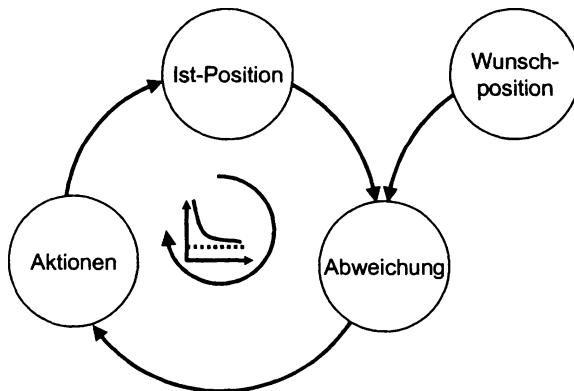


Abbildung 1: Management als zielsuchender Regelungskreislauf

Dass sich die Umwelt verändert und dass die Geschwindigkeit, mit der das passiert, gestiegen ist und wahrscheinlich noch weiter steigen wird, gehört zu den Erfahrungen, die den Unternehmen in den letzten Jahrzehnten zur schlich-

ten Selbstverständlichkeit geworden sind.¹ Was die Folge ist, wenn Kunden, Lieferanten oder Konkurrenten ihr Verhalten ändern, wenn der Staat neue Gesetze erlässt oder Ressourcen knapper werden, das lässt sich ebenfalls anhand von Abbildung 1 erläutern: die Ist-Position gerät unter Druck, wird auch ohne Zutun des Unternehmens verschoben, was Abweichungen entstehen lässt oder vergrößert und zum Handeln zwingt. Zwar gibt es manchmal Verzögerungen in der Wahrnehmung der Soll-Ist-Diskrepanz; die Notwendigkeit der Veränderung wird nicht unbedingt immer sofort erkannt, möglicherweise auch zunächst verdrängt, aber das gelingt nie für lange Zeit. Die Unternehmen sind dem Wandel gegenüber sensibler geworden, sind sich der Notwendigkeit zur permanenten Anpassung sehr wohl bewusst.² Sie bringen verstärkt Althergebrachtes auf den Prüfstand und suchen nach neuen Ideen sowie innovativen Konzepten.

Wo die Nachfrage nach neuen Antworten steigt, lässt das Angebot bekanntlich nicht lange auf sich warten. Wissenschaft, Beratung und Unternehmenspraxis zeigen sich inspiriert und produzieren Managementkonzepte am laufenden Band und mit zunehmender Geschwindigkeit. Business Process Reengineering, Total Quality Management, Supply Chain Management, Kaizen, Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, Target Costing, Balanced Scorecard sind nur einige wenige der Rezepturen, die den Unternehmensleitern angepriesen werden.

Zwar lässt sich trefflich darüber streiten, welches Konzept das erfolgreichere ist, welches als wirklich neu gelten kann; „Alter Wein in neuen Schläuchen“ ist darum ein nicht selten zu vernehmender Vorwurf.³ Aber das eigentlich Entscheidende ist die Tatsache, dass jedes Konzept Veränderungen mit sich bringt, beispielsweise eine neue Perspektive fordert, neue Methoden einführt oder die bisherigen Strukturen und Abläufe in Frage stellt. Wer aktiv wird, verändert sich – gleichgültig, von welchem Konzept er sich leiten lässt. Und dabei ist es nur selten die Ist-Position des eigenen Unternehmens allein, die verschoben wird. Die Konkurrenten, die es auf den meisten Märkten gibt, sind ebenfalls

¹ Vgl. Hans-Jörg Bullinger / Gudrun Wiedmann: Aktuelle Managementkonzepte in Deutschland, 1995, S. 58 f.

² Eine vom Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (IAO) durchgeführte empirische Studie, an der sich 384 große und mittlere Unternehmen aus allen Branchen beteiligt haben, zeigt die Einsicht in die Notwendigkeit grundlegender Veränderungen. Vgl. Hans-Jörg Bullinger/Gudrun Wiedmann: Aktuelle Managementkonzepte in Deutschland, 1995, S. 58–62.

³ Dixon et al. gehen unter anderem diesem Vorwurf nach und untersuchen, was wirklich neu ist am Reengineering. Vgl. J. Robb Dixon et al: Reengineering II, 1995, S. 106–108. Siehe auch Alfred Kieser: Business Process Reengineering – neue Kleider für den Kaiser?, 1996, S. 182.

betroffen. Sie spüren mit einer mehr oder weniger großen Verzögerung, dass etwas passiert, dass sich ihre relative Position auch ohne ihr Zutun verändert. Das lässt sie nicht ruhen, sondern selbst aktiv werden und nach geeigneten Antworten suchen.

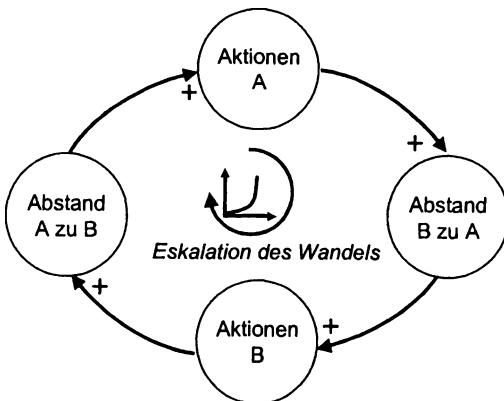


Abbildung 2: Eskalation des Wandels

Was die Lawine losgetreten hat, ist dann letztlich gleichgültig: immer größer und immer schneller werdend, rollt sie zu Tal. Findet sich Unternehmen A relativ zu Wettbewerber B schlecht positioniert, dann muss etwas geschehen. Neue vielversprechende Konzepte kommen da gerade recht. Stellt sich bei A dann der gewünschte Erfolg ein, erodiert jedoch die Ist-Position von B. Um nicht zu stark ins Hintertreffen zu geraten oder, besser noch, die Entwicklung umzukehren, sind Gegenmaßnahmen erforderlich. Da Imitationen nur das Gleichziehen, nicht aber das Überholen ermöglichen, entsteht der Bedarf an weiteren innovativen Managementideen. Weil A kaum zurückstecken wird, wenn B an Terrain gewinnt, schließt sich der Kreis, und das Spiel beginnt von vorne (siehe Abbildung 2). Der Wandel eskaliert und wird zur einzigen Konstante.

B. Veränderungsprojekte zwischen Top und Flop

Die beiden Bereiche eines Unternehmens, in denen der Wandel die sichtbarsten Spuren hinterlässt, sind zum einen die organisatorische Aufbaustruktur und zum anderen die Abläufe, die Geschäftsprozesse. Ihre Aufbauorganisation verändern Unternehmen beispielsweise dadurch, dass sie Hierarchien abbauen, die Funktionsorientierung aufgeben und stattdessen Sparten bilden, Stäbe zu Profit-Centern machen oder in der Produktion das Gruppenprinzip einführen. Änderungen in der Ablauforganisation führen demgegenüber z. B. zu neuen

Arbeitsabläufen, veränderten Zuständigkeiten oder neuen Schnittstellen. Beide Organisationsvariablen sind so eng miteinander verbunden, dass sich Wechselwirkungen praktisch nicht vermeiden lassen. Der Umbau der Aufbauorganisation bleibt so wenig ohne Folgen für die Arbeitsabläufe wie das radikale Reengineering von Geschäftsprozessen die Aufbaustruktur unbeeinflusst lässt.

Während über viele Jahre hinweg die Aufbauorganisation im Mittelpunkt der Organisationsgestaltung stand und die Abläufe dann der Hierarchie angepasst wurden, verschieben sich seit Anfang der 90er Jahre die Schwerpunkte: Mit dem Aufkommen des Business-Reengineering-Konzepts rücken die Prozesse in einem Unternehmen viel stärker in das Zentrum der Aufmerksamkeit. Die radikale Prüfung und kompromisslose Verschlankung der Geschäftsprozesse, ihre konsequente Ausrichtung auf die Anforderungen des Kunden sowie die Vereinheitlichung von Zuständigkeiten eröffnen – so die Versprechen der Business-Reengineering-Erfinder Hammer und Champy – das Potenzial für „Verbesserungen um Größenordnungen“⁴: Nicht der Fortschritt um inkrementelle 3 %, sondern der Quantensprung um wenigstens den Faktor 3 sei Lohn der Mühe. Die Wertschöpfung je Mitarbeiter vervielfache sich und der Traum vom Null-Fehler-Prozess werde Wirklichkeit.

Die großartigen Versprechungen bleiben nicht ohne Wirkung. Eine 1995 vom IAO durchgeführte Studie zum Stand der Managementkonzepte in Deutschland sieht zum damaligen Zeitpunkt den Business-Reengineering-Ansatz in Führung.⁵ Mehr als 40 Prozent aller befragten Unternehmen hatte zu diesem Zeitpunkt bereits ein Projekt durchgeführt oder war gerade dabei. Weitere 25 % gaben an, Business Reengineering stehe bei ihnen für die kommenden drei Jahre auf der Agenda. Ausgelöst von einem als stark empfundenen Konkurrenzdruck und einem Wandel der Kundenwünsche erscheint einem hohen Anteil der deutschen Manager die Veränderung der Unternehmensorganisation als wirksames Gegenmittel zur Stabilisierung und Verbesserung der eigenen Wettbewerbsposition.

Aber nicht alles, was glänzt, ist auch wirklich Gold. Natürlich gibt es Beispiele äußerst erfolgreicher Reengineering-Projekte, die beeindruckende Zahlen vorweisen können. Hammer/Champy führen Bell Atlantic an, denen eine Verkürzung der Auftragsabwicklungszeit von 15 Tagen auf 1 Tag gelungen ist.⁶ Osterloh/Frost beschreiben den Fall der Winterthur Versicherungen, die den Prozess der Antragsprüfung und Policenerstellung von sieben Arbeits-

⁴ Michael Hammer/James Champy: *Business Reengineering*, 1994, S. 50 ff.

⁵ Vgl. Hans-Jörg Bullinger/Gudrun Wiedmann: *Aktuelle Managementkonzepte in Deutschland*, 1995, S. 58–62.

⁶ Vgl. Michael Hammer/James Champy: *Business Reengineering*, 1994, S. 251 ff.

schritten auf einen Vorgang verkürzen konnten.⁷ Wie jedoch Kieser zu Recht bemerkt, beziehen sich die Quantensprünge, die berichtet werden, zumeist auf nur einen Prozess, vielleicht auf zwei Prozesse.⁸ Der Erfolg für das gesamte Unternehmen oder den Geschäftsbereich ist meist deutlich bescheidener. Selbst die als sehr erfolgreich eingestuften Reorganisationsprojekte lassen die Gesamtkosten einer Geschäftseinheit um kaum mehr als knapp 20 % sinken, wie die McKinsey-Berater Hall, Rosenthal und Wade bei der Analyse von 20 Fällen herausgefunden haben.⁹ Und in diesem Sinne erfolgreich sind nur sechs der in der Stichprobe vertretenen Projekte. Die restlichen 14 Reengineeringprojekte bringen für die Gesamtkosten der Geschäftseinheit wenig bis gar nichts, was unter dem Strich eine Fehlschlagsrate von 70 % ergibt.

Auf die Aussage, dass auf jedes erfolgreiche Veränderungsprojekt etwa zwei bis drei Fehlschläge kommen, stößt noch häufiger, wer die Literatur über Organisationsveränderungen, Change Management und Business Reengineering studiert. Wissenschaftlich fundierte Untersuchungen über Ausmaß und Häufigkeit von Misserfolgen bei Veränderungsprojekten sind jedoch äußerst rar. Manchmal fällt eine entsprechende Aussage quasi als Nebenprodukt an. Bei Drew beispielsweise findet der Leser eine Grafik, aus der sich eine Erfolgsquote von Business Reengineering von 40 % ergibt, sofern man bereit ist, eine Kosteneinsparung von mehr als einem Fünftel als Erfolg zu werten.¹⁰ Viel häufiger sind jedoch die schlichten Behauptungen vom Stil: „Reengineering projects flop more often than they succeed“¹¹ oder subjektive Schätzungen über die Fehlschlagshäufigkeit, basierend auf einer nicht näher spezifizierten Erfahrung. Pioniere im „über den Daumen peilen“ waren Hammer und Champy, die in ihrem die Reengineering-Welle auslösenden Werk mitteilen, dass „Business Reengineering in vielen Unternehmen nicht gelingt. Diese Unternehmen stehen nach ihren Bemühungen genau da, wo sie angefangen haben, bewirken keine weitreichenden Veränderungen, realisieren keine merklichen Leistungssteigerungen und heizen den Zynismus ihrer Mitarbeiter noch durch ein ineffektives Verbesserungsprogramm an.“¹² Die Business-Reengineering-Erfinder schätzen, dass „50 bis 70 Prozent der Unternehmen, die den Weg des Business

⁷ Vgl. Margit Osterloh/Jetta Frost: Prozessmanagement als Kernkompetenz, 1996, S. 76 ff.

⁸ Vgl. Alfred Kieser: Business Process Reengineering – neue Kleider für den Kaiser?, 1996, S. 183.

⁹ Vgl. Gene Hall/Jim Rosenthal/Judy Wade: Reengineering – Es braucht kein Flop zu werden, 1994, S. 84.

¹⁰ Vgl. Stephen Drew: BPR in Financial Services, 1994, S. 30.

¹¹ Thomas J. Kiely: Managing Change – Why Reengineering Projects Fail, 1995, S. 15.

¹² Michael Hammer/James Champy: Business Reengineering, 1994, S. 260.

Reengineering wählen, nicht die beabsichtigten durchschlagenden Resultate erzielen“.¹³

Moormann und Gossman kommen in ihrer empirischen Untersuchung zu den Erfolgsfaktoren von Reengineeringprojekten bei Kreditinstituten im deutschsprachigen Raum zu einem augenscheinlich weniger schlechten Ergebnis.¹⁴ Bei 15 von 22 untersuchten Business-Reengineering-Projekten im Bankensektor wurden die gesetzten Ziele immerhin zu mindestens 75 % erreicht. Das ergibt eine Erfolgsquote von immerhin gut 68 %. Völlig ungenügende Zielerreichung wurde nur bei zwei Projekten festgestellt.

Offen bleibt bei der Untersuchung von Moormann/Gossmann allerdings, wie ehrgeizig die Ziele gesteckt waren. Natürlich ist es einfacher, ein Ziel zu erreichen, das nur wenig vom Ist abweicht, als ein solches, das wirklich um Größenordnungen von der Ausgangslage entfernt ist. Daher lässt sich nicht abschließend beurteilen, ob die höhere Erfolgsrate vielleicht nur auf eine weniger anspruchsvolle Zielsetzung zurückzuführen ist. Außerdem darf nicht unberücksichtigt bleiben, dass bei der empirischen Studie von Moormann/Gossmann keine objektiven Erfolgskriterien erhoben, sondern Betroffene nach ihrer subjektiven Einschätzung gefragt wurden. Insofern ist es unwahrscheinlich, dass die Antworten die tatsächliche Situation unverzerrt widerspiegeln; denn es ist ein weithin bekanntes Phänomen, dass Menschen ihre Erfolge herausstellen, Fehlschläge dagegen lieber schnell verdrängen.

Aus der Perspektive der Praxis spielt es allerdings eine eher geringe Rolle, ob die Misserfolgsquote nun bei 30 %, 50 % oder 70 % liegt – sie ist in jedem Fall zu hoch, gerade vor dem Hintergrund der steigenden Veränderungsdynamik. Dass Restrukturierungen, Prozessoptimierungen, Unternehmenskooperationen und -fusionen oft scheitern, ist so verwunderlich andererseits auch wieder nicht; denn Änderungen an den Abläufen und Organisationsstrukturen eines Unternehmens sind Eingriffe in ein äußerst komplexes sozioökonomisches System, deren kurz- und langfristige Wirkungen oft in völlig konträre Richtungen zeigen. Die folgenden Abschnitte stellen einige Bausteine einer empirischen, dynamischen Theorie des Unternehmenswandels vor, die versuchen, der Komplexität, Interdisziplinarität und Dynamik des Problems gerecht zu werden und den so bedeutsamen weichen Faktoren den ihnen zukommenden Stellenwert einzuräumen.

¹³ Michael Hammer/James Champy: Business Reengineering, 1994, S. 260.

¹⁴ Vgl. Jürgen Moormann/Arndt Gossmann: Erfolgsfaktoren von Reengineering-Projekten, 1997, S. 373.

C. Veränderungen als Problemlösungsprozess

Die Notwendigkeit zur Veränderung ergibt sich aus einer bestehenden oder absehbaren Diskrepanz zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Wie überhaupt oder wie am besten die Lücke geschlossen wird, ist nicht unmittelbar ersichtlich; es ist unklar oder umstritten, welche Aktion wirkt und welche nicht; manchmal ist nicht einmal klar, was die Hauptschwierigkeit ist. Das sind die typischen Eigenschaften eines Problems: Soll und Ist weichen voneinander ab, und es ist nicht offensichtlich, wie dieser unbefriedigende Zustand verbessert werden kann.¹⁵ Insofern sind Veränderungsprozesse ihrem Wesen nach nichts Anderes als Problemlösungsprozesse.

Business Reengineering beispielsweise hat das Ziel, die Prozesse eines Unternehmens zu verbessern, die Fehler, die auftreten, zu minimieren und so einen reibungslosen und effizienten Ablauf sicherzustellen. Aufgabe ist somit, die in den Geschäftsprozessen verborgenen Probleme zu eliminieren. Dabei ist unter einem Prozessproblem all das zu verstehen, was den Arbeitsablauf schwerfällig, teuer, langsam oder fehleranfällig macht, beispielsweise

- übermäßig viele Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Abteilungen,
- unklare Aufgabenzuordnung und Verantwortlichkeiten,
- überflüssige Arbeitsschritte wie z. B. Unterschriften einholen oder Kopien anfertigen,
- unzureichende Automatisierung von Routinetätigkeiten.

Um zu einer Lösung derartiger Probleme zu kommen, gibt es zwei Wege, die sich signifikant unterscheiden: Manche Probleme sind so neuartig, dass bekannte und erprobte Prozeduren versagen. Sie müssen daher von Grund auf behandelt werden, was viel Zeit erfordert und in hohem Ausmaß Kapazitäten bindet. Erforderlich sind die so genannten innovativen Problemlösungen. Eine andere Kategorie von Problemen wird relativ einfach dadurch beseitigt, dass bereits erarbeitete erfolgreiche Lösungen angepasst und übertragen werden. Natürlich wird dies nicht in jedem Fall gelingen: Die Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Transfers ist daher in der Regel deutlich kleiner als eins, aber normalerweise auch signifikant größer als Null.

Die Dynamik des Problemlösungsprozesses ergibt sich somit aus dem Zusammenwirken der drei Feedbackkreisläufe Z1, Z2 und S1, die in Abbildung

¹⁵ Siehe auch Problemdefinitionen bei Allan Newell/Herbert A. Simon: *Human Problem Solving*, 1972, S. 72 f. oder Wolf-Rüdiger Bretzke: *Der Problembereich von Entscheidungsmodellen*, 1980, S. 34.

3 dargestellt sind.¹⁶ Regelkreis Z1 beschreibt den innovativen Problemlösungsprozess und ist zielsuchend. Das bedeutet, dass die Anzahl der neuartigen Problemlösungen im Zeitablauf abnimmt und letztlich dem Zielwert Null entgegenstrebt. Der Grund dafür ist darin zu sehen, dass mit jeder erfolgreichen Problemlösung der Bestand an noch ungelösten Problemen sinkt und damit immer weniger Probleme vorhanden sind, die noch einer Lösung harren – immer vorausgesetzt, es kommen keine neuen Probleme hinzu.

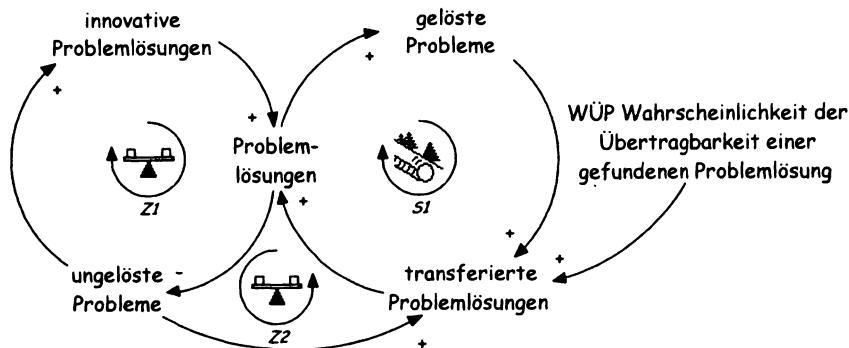


Abbildung 3: Regelkreisstruktur des Problemlösungsprozesses¹⁷

Andererseits gilt: Je mehr Probleme bereits gelöst sind, desto größer ist die Chance, dass eine in ähnlichem Zusammenhang wirksame Problemlösung auf ein noch offenes Problem angewendet werden kann. Zwar mögen Modifikationen und Anpassungen notwendig sein, aber dennoch geht dann meist alles viel schneller: Die durchschnittliche Problemlösungsdauer für analog lösbare Probleme wird grundsätzlich deutlich unter der für neuartige Probleme liegen, wenn das Wissen aus einer bereits erarbeiteten Problemlösung auf noch ungelöste Probleme übertragen werden kann. Der Regelkreis der analogiebasierten Problemlösung (S1) ist somit selbstverstärkend; denn je mehr Probleme bereits gelöst sind, desto leichter lässt sich der Schatz der dabei gewonnenen Erfahrungen nutzen und die Anzahl der per Wissenstransfer gelösten Probleme steigern.

Gebremst wird der Regelkreis des analogiebasierten Problemlösens durch den zielsuchenden Feedbackloop Z2. Dieser bringt zum Ausdruck, dass der Bestand an ungelösten Problemen auch die Problemlösungen durch Transfer

¹⁶ Die gleiche Regelkreisstruktur weisen Diffusionsprozesse von neuen Produkten, Krankheiten, Gerüchten oder Ähnlichem auf. Siehe hierzu John Sterman: *Business Dynamics*, 2000, S. 293 ff.

¹⁷ Zur Notation von Feedbackdiagrammen siehe John Sterman: *Business Dynamics*, 2000, S. 137–141 ff.

limitiert. Wenn es immer weniger noch offene Probleme gibt, dann werden ganz zwangsläufig auch die Erfolgsmeldungen zusehends seltener.

Das Zeitverhalten des in Abbildung 3 dargestellten Problemlösungsprozesses variiert mit Veränderung der Transferwahrscheinlichkeit WÜP. Ist WÜP Null, dann gibt es keine übertragenen Problemlösungen, und die Anzahl der gelösten Probleme strebt relativ langsam der Nulllinie entgegen. Je größer die Wahrscheinlichkeit ist, dass erfolgreiche Problemlösungen transferiert werden können, desto mehr dominiert Regelkreis S1 das Zeitverhalten und sorgt für eine deutliche Verkürzung des gesamten Prozesses (vgl. Abbildung 4).

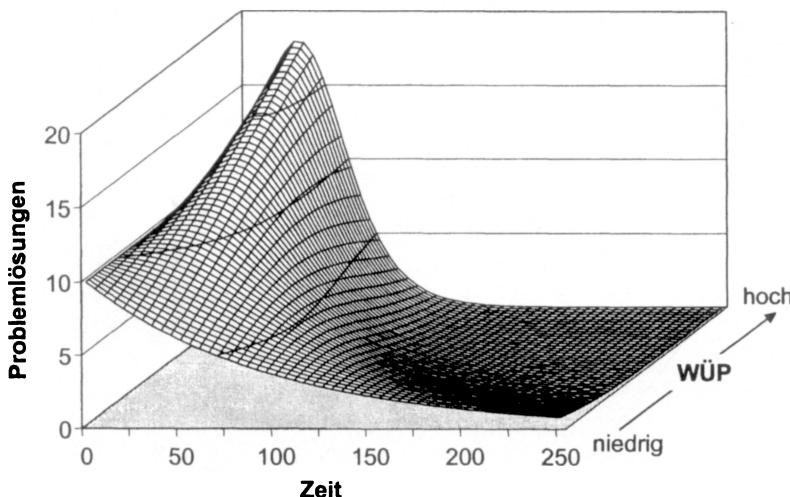


Abbildung 4: Dynamik des Problemlösungsprozesses in Abhängigkeit von der Transferwahrscheinlichkeit WÜP

Es ist aber nicht nur der Anteil an übertragbaren Problemlösungen, der Einfluss auf die Geschwindigkeit nimmt. Ob Veränderungen langsam oder schnell vonstatten gehen, hängt darüber hinaus auch von der Schwierigkeit der Aufgabe, der Menge der eingesetzten Ressourcen und ihrer Produktivität ab. Diesen drei Einflussfaktoren widmen sich die folgenden Abschnitte.

D. Die Veränderungskomplexität als Einflussfaktor auf die Geschwindigkeit des Veränderungsprozesses

Dass schwierige Probleme sich einer Lösung länger widersetzen als einfache, ist eine Binsenweisheit. Die Schwierigkeit eines Veränderungsproblems wird nach Schneiderman wesentlich von der organisatorischen und technischen

Komplexität bestimmt.¹⁸ Dabei hängt die technische Komplexität ab von Anzahl und Vernetzungsgrad technischer Systeme wie beispielsweise Maschinen, Transporteinrichtungen, Lagern, Datenverarbeitungsanlagen usw. Je höher diese ist, desto stärker geht die Veränderungsgeschwindigkeit zurück, weil bei Veränderungen zum einen eine größere Anzahl an Systemen betroffen ist und zum anderen Modifikationen in einem Bereich Auswirkungen auf viele andere Bereiche haben können, die überdacht und geprüft werden müssen. Die organisatorische Seite der Veränderungskomplexität wird beeinflusst von der Anzahl und Art der Personen aus unterschiedlichen Funktionsbereichen und Abteilungen, die kommunizieren und zusammenarbeiten müssen, damit der Wandel vorankommt. Es ist klar, dass sich Mitarbeiter aus demselben Unternehmensbereich besser und schneller verständigen können, dass es einfacher ist, sie an einen Tisch zu bekommen, und somit Resultate schneller zu erwarten sind. Insofern ist auch dieser Zusammenhang entgegengerichtet: Die Veränderungsgeschwindigkeit sinkt mit zunehmender organisatorischer Komplexität.

Bei der Untersuchung von Qualitätsverbesserungsprogrammen in einer Vielzahl von Firmen hat Schneiderman denn auch wenig überraschend eine mit beiden Komplexitätsdimensionen deutlich zunehmende Verbesserungs-Halbwertszeit gefunden.¹⁹ Diese gibt in Analogie zur Halbwertszeit des radioaktiven Zerfalls an, wie lange es im Durchschnitt dauert, die Prozessprobleme auf die Hälfte zu senken. Bei einzelnen Maschinen beträgt die Halbwertszeit nur wenige Monate; nimmt man den gesamten Herstellungsprozess ins Visier, dann erhöht sich die Halbwertszeit auf ein bis zwei Jahre; und soll schließlich ein unternehmensweiter Wandel vonstatten gehen, ist mit einer Halbwertszeit von fünf Jahren und mehr zu rechnen.

Für das in Abbildung 3 dargestellte Regelkreismodell des Problemlösungsprozesses hat die Berücksichtigung der Veränderungskomplexität eine unzweideutige Konsequenz: Es gibt einen weiteren Einflussfaktor, der die Anzahl der pro Periode erreichbaren Problemlösungen mitbestimmt. Der Zusammenhang ist dabei – wie durch das Minuszeichen am hervorgehobenen Pfeil zum Ausdruck gebracht wird – entgegengerichtet: Je höher die Veränderungskomplexität, desto weniger Problemlösungen lassen sich pro Zeiteinheit erarbeiten.

¹⁸ Vgl. Art Schneiderman: *Setting Quality Goals*, 1988, S. 55–57.

¹⁹ Vgl. Art Schneiderman: *Setting Quality Goals*, 1988, S. 57.

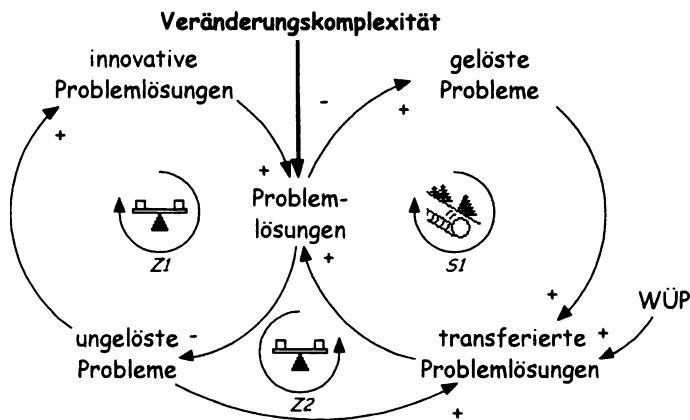


Abbildung 5: Einfluss der Veränderungskomplexität auf die Problemlösegeschwindigkeit im Regelkreismodell

Die Auswirkungen systematischer Variationen der Problemkomplexität auf die Anzahl der pro Periode erfolgreich gelösten Probleme zeigt Abbildung 6 und vermittelt damit einen Eindruck von der komplexitätsinduzierten Problemlösungsdynamik.

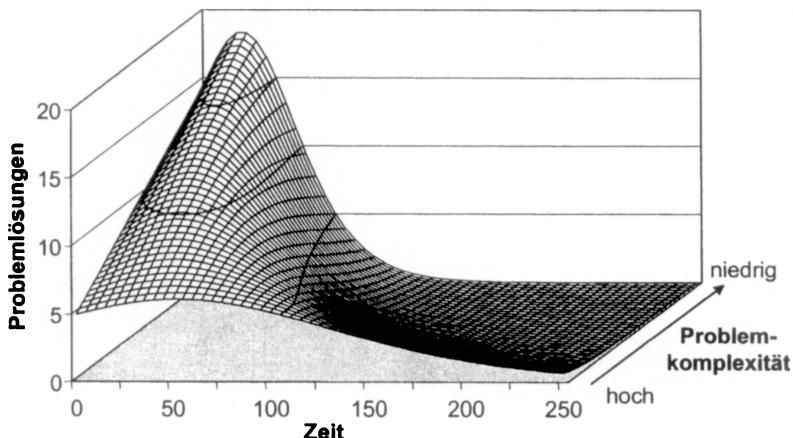


Abbildung 6: Dynamik des Problemlösungsprozesses in Abhängigkeit von der Problemkomplexität

E. Veränderungen als selbsttragender und sich selbst verstärkender Verbesserungsprozess

Die traditionell bedeutsamsten Ressourcen eines Unternehmens sind Kapital und Arbeit. Da sich Veränderungsprozesse meist mit der Transformation von organisatorischen Aufbaustrukturen und Abläufen befassen, dominiert die Bedeutung der Ressource Arbeit über die des Kapitals. Die Arbeitskapazität steht daher im Folgenden im Mittelpunkt der Untersuchung.

Die Beziehung zwischen der für den Veränderungsprozess eingesetzten Mitarbeiterkapazität und der Geschwindigkeit des Wandels ist gleichgerichtet: Je mehr Kapazität für Veränderungen eingesetzt wird, desto schneller geht der Wandel vonstatten. Die Arbeitskapazität kann dabei sowohl von internen Mitarbeitern als auch von externen Kräften stammen, wobei klar ist, dass beide Personengruppen nur in Grenzen substituierbar sind. Vielleicht ist es noch machbar, Reorganisationen ohne externe Hilfe, ohne Rückgriff auf Berater oder Trainer durchzuführen, auch wenn das in der Praxis vergleichsweise selten geschieht. Auf die Einbindung der eigenen Belegschaft kann jedoch in keinem Fall verzichtet werden, denn diese ist es letztlich, die die neuen Strukturen mit Leben füllen, die neuen Prozesse tatsächlich anwenden und somit den Wandel durchführen muss.²⁰

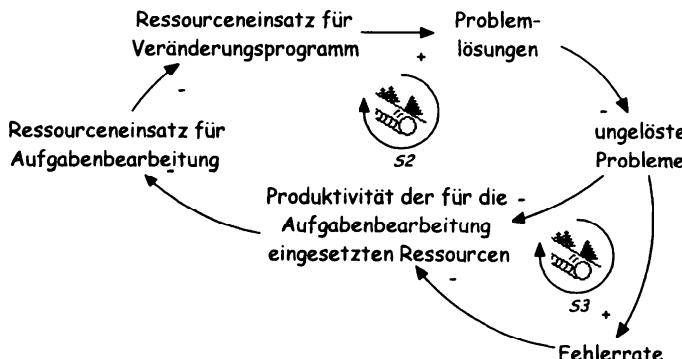


Abbildung 7: Die Antriebsmotoren S2 „Verändern steigert die Produktivität“ und S3 „Verändern vermeidet Fehler“

²⁰ Dementsprechend umfangreich ist die Literatur zu personalbezogenen Konzepten des Change Managements. Siehe beispielsweise Klaus Doppler/Christoph Lauterburg: Change Management, 2000, oder Dyril Conner/Ernest Clements: Die strategischen und operativen Gestaltungsfaktoren für erfolgreiches Implementieren, 1999, S. 22 ff.

Der Segen des Wandels kommt dann zum Tragen, wenn die Veränderung zu einer dauerhaften Problemlösung führt und der Bestand an noch ungelösten Problemen – gleichgültig, ob bereits erkannt oder noch unentdeckt – effektiv zurückgeht. Weniger Probleme in Prozessen und Strukturen bedeuten einerseits weniger Fehler, andererseits aber auch effizienteres Arbeiten, so dass sich ein direkter und ein indirekter positiver Effekt auf die Produktivität der Mitarbeiter im Tagesgeschäft ergibt.²¹ Damit geht einher, dass weniger Ressourcen für die operative Aufgabenbearbeitung eingesetzt werden müssen, wodurch – eine unveränderte Menge an insgesamt vorhandener Kapazität vorausgesetzt – automatisch mehr Ressourcen für den Verbesserungsprozess zur Verfügung stehen, was den Problemlösungsprozess weiter beschleunigen hilft. Diese beiden in Abbildung 7 dargestellten Engelskreise²² machen verständlich, warum der erfolgreiche, Verbesserungen bewirkende Veränderungsprozess so erstrebenswert ist: Problemlösungen, die an der Wurzel anpacken, verbessern die Qualität der Arbeit, machen das operative Geschäft effizienter. Damit entstehen nicht nur Freiräume für ein weiter verstärktes Engagement in die Verbesserung der Strukturen und Abläufe, sondern auch Spielräume für die Ausweitung des Leistungsangebots.

In Abbildung 7 ist unterstellt, dass ein Mehr an Ressourceneinsatz für den Veränderungsprozess auch zu mehr Problemlösungen führt. Das ist jedoch nur ceteris paribus richtig. Wie viele Probleme pro Periode wirklich beseitigt werden, hängt nicht nur von der Menge der eingesetzten Ressourcen, sondern auch davon ab, wie gut der Arbeitseinsatz in Ergebnisse umgesetzt werden kann. Eine Aussage über die Größe des Fortschritts wird erst dann möglich, wenn neben der Menge auch die Produktivität berücksichtigt wird. Viel eingesetzte Arbeitszeit hilft nur dann viel, wenn die Produktivität hoch ist, also effizient gearbeitet wird.

Die Produktivität des Veränderungsprozesses ihrerseits hängt davon ab, wie gut die Mitarbeiter sind, wie groß ihr Know-how ist und wie engagiert und motiviert sie zur Sache gehen. Da nach verbreiteter Erfahrung nichts mehr motiviert als der Erfolg, der wiederum abhängt von der Anzahl der gefundenen Problemlösungen, ergibt sich der in Abbildung 8 dargestellte selbstverstärkende Feedbackkreislauf S2, der im positiven Fall als Engelskreis, bei negativer Ent-

²¹ Repenning/Sterman nennen diesen Wirkungskreislauf „Second Order Improvement“ bzw. den „Work Smarter Loop“. Siehe Nelson Repenning/John Sterman: Getting Quality the Old-Fashioned Way, 1997, S. 12 ff.

²² Wie der Teufelskreis ist der Engelskreis ein sich selbstverstärkender Prozess; der einzige Unterschied besteht darin, dass Wachstum oder Schrumpfung positiv bewertet werden.

wicklungsrichtung aber auch als Teufelskreis wirken kann.²³ Wenn der Erfolg eines Veränderungsprogramms ausbleibt, führt das zur Demotivation der Mitarbeiter, die in der Folge ihr Engagement für die Lösung von Problemen des Wandels reduzieren.²⁴ Die niedrigere Produktivität sorgt für eine weiter sinkende Zahl an erfolgreichen Problemlösungen, was das Ansehen des Veränderungsprogramms weiter beschädigt. In dieser Form wirkt S4 als Todesspirale eines Veränderungsprozesses und ergibt somit einen Baustein für die Erklärung der Logik des Scheiterns.

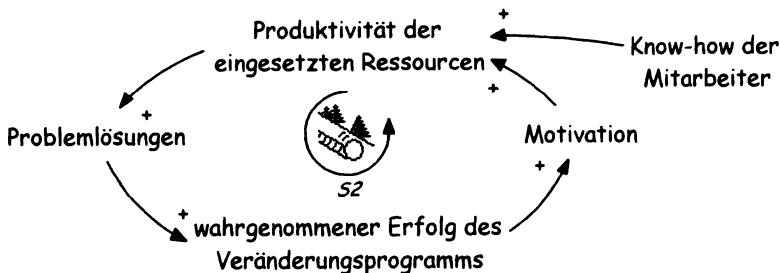


Abbildung 8: Selbstverstärkender Feedback als Antriebsmotor eines intrinsisch motivierten Veränderungsprozesses

F. Ressourcenkonflikte zwischen Leistungserstellungs- und Veränderungsprozessen als Auslöser des Scheiterns

Mögen Wandel und Veränderung für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens auch noch so bedeutsam sein, der primäre Unternehmenszweck ist ein anderer. Er besteht darin, die Kunden mit den Leistungen zu versorgen, die sie haben wollen und zu bezahlen bereit sind.²⁵ Weil sowohl der Leistungserstellungs- als auch der Veränderungsprozess zu großen Teilen um dieselben Ressourcen konkurrieren, sind wechselseitige Beeinflussungen – wie in Abbildung 9 gezeigt – mehr die Regel denn die Ausnahme.

²³ Vgl. Elizabeth Keating/Rogelio Oliva/Nelson Repenning/Scott Rockart/John Sterman: Overcoming the Improvement Paradox, 1999, S. 125 ff. Für mehr Übersichtlichkeit wurden bei Abbildung 8 die in Abbildung 3 enthaltenen Variablen „innovative Problemlösungen“ und „transferierte Problemlösungen“ „übersprungen“.

²⁴ Vgl. Sterman, John/Repennig, Nelson/Kofman, Fred: Unanticipated Side Effects of Successful Quality Programs, 1997, S. 510 f.

²⁵ Vgl. Michael Hammer: Das prozeßzentrierte Unternehmen, 1999, S. 127 ff.

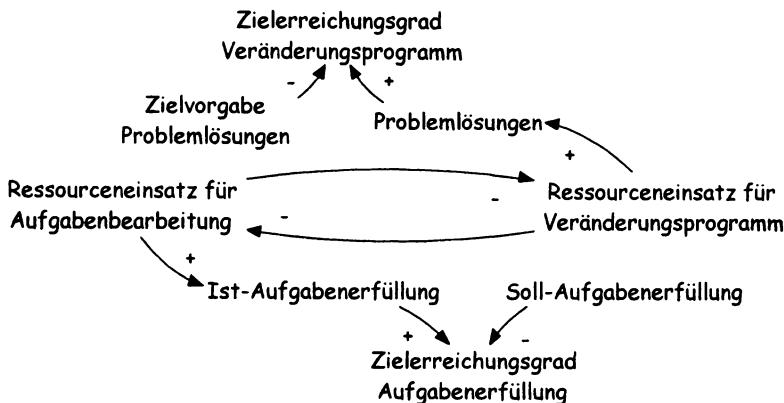


Abbildung 9: Ressourcenkonkurrenz zwischen Veränderungs- und Leistungserstellungsprozess

Zwar bleiben die Veränderungen in Strukturen und Abläufen auf mittlere bis lange Sicht nicht ohne positive Auswirkungen auf die Leistungserstellung, aber kurzfristig binden sie Ressourcen, die für die Bearbeitung der operativen Aufgaben fehlen. Die logische Folge: die Ist-Aufgabenerfüllung nimmt ab und der operative Zielerreichungsgrad sinkt. Die naheliegende Reaktion auf eine schlechte Zielerreichung besteht in der Steigerung der Arbeitsintensität. Intensiver zu arbeiten bedeutet, den Takt zu erhöhen, sich dichter an die eigene Leistungsgrenze zu begeben, noch vorhandene Reserven so weit wie möglich auszureißen und dadurch die Anzahl der erledigten operativen Aufgaben zu erhöhen.²⁶ Der sich ergebende Feedbackkreislauf Z3 ist in Abbildung 10 dargestellt und zielsuchend. Der zweite in Abbildung 10 gezeigte Ausweg besteht darin, mehr zu arbeiten, also Überstunden zu machen und dadurch den Ressourceneinsatz für die Aufgabenbearbeitung ohne schädliche Auswirkungen auf die für den Veränderungsprozess eingesetzte Zeit zu vermehren.

Beide Maßnahmen zeigen die erwünschte Wirkung, zumindest kurzfristig, bleiben auf mittlere und lange Sicht jedoch nicht ohne Nebenwirkungen. Die Folgen des intensiveren und längeren Arbeitens sind mehr Stress und schnelleres Ermüden (siehe Abbildung 11).

Zwar hat Stress durchaus produktivitätssteigernde Effekte, und insofern unterstützen die Feedbackkreisläufe Z5 und Z6 die Verringerung der Lücke zwischen Ist und Soll. Dem entgegen wirkt jedoch der Ermüdungseffekt: Die selbstverstärkenden Kreisläufe S5 „intensiver arbeiten macht müde“ und S6

²⁶ Vgl. Nelson Repenning/John Sterman: Getting Quality the Old-Fashioned Way, 1997, S. 15.

„mehr arbeiten macht müde“ können als Teufelskreise wirken, was die Produktivität exponentiell zum Abstürzen bringt und die operative Leistung in den Keller fallen lässt.

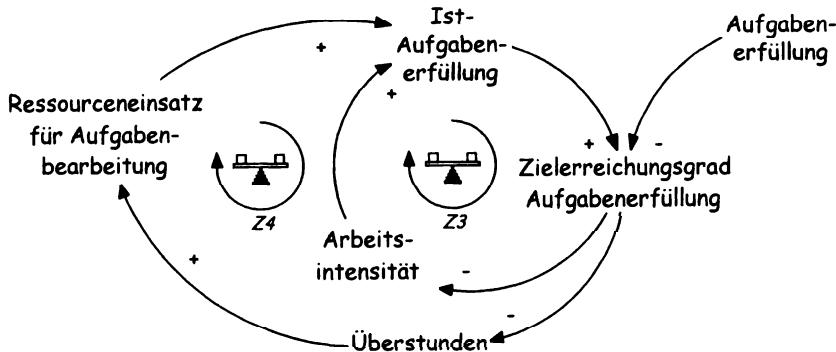


Abbildung 10: Zielsuchende Feedbackkreisläufe Z3 „intensiver arbeiten“ und Z4 „mehr arbeiten“

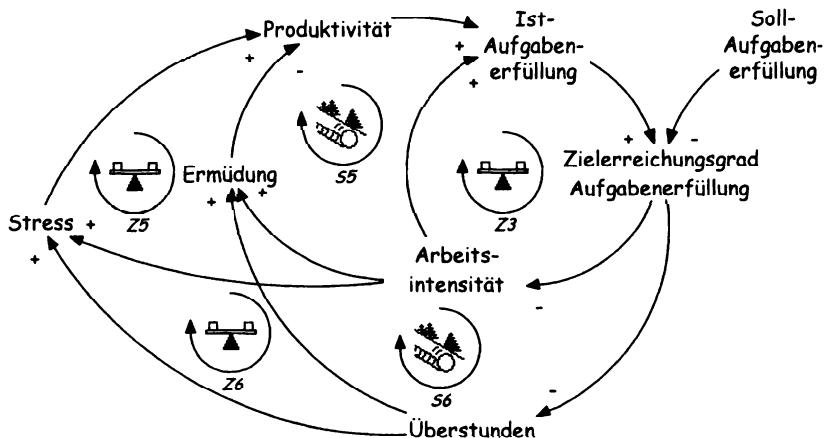


Abbildung 11: Stress und Ermüdung als Nebenwirkungen längeren und intensiveren Arbeitsens mit Folgen für die Produktivität

Vier weitere potentielle Teufelskreise – S7 bis S10 – entstehen dadurch, dass Stress und Ermüdung nicht nur die Produktivität verringern, sondern zugleich auch die Fehlerrate nach oben treiben. Mehr Fehler in der operativen Leistungserbringung bedeuten mehr Ausschuss, mehr Nachbesserung, weniger

Ressourcen für die Aufgabenbearbeitung und somit in jedem Fall eine geringere Anzahl an tatsächlich erledigten Aufgaben. Der Zielerreichungsgrad sinkt und führt somit zu einer weiteren Intensivierung und Verlängerung der Arbeit, was die Teufelskreise weiter beschleunigt, weil Stress und Ermüdung noch stärker ansteigen.

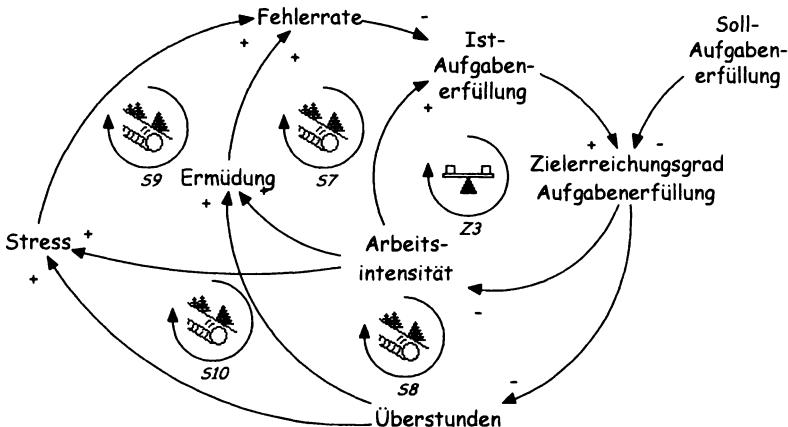


Abbildung 12: Stress und Ermüdung verursachen Fehler

Obwohl bisher der operative Leistungserstellungsprozess im Fokus stand, so ist doch klar, dass Ermüdung, Stress und nachlassende Produktivität auch für die Problemlösungsprozesse des Veränderungsprogramms nicht ohne Folgen bleiben. Wenn die Produktivität der Mitarbeiter sinkt, dann in allen Bereichen; der Problemlösungsprozess ist davon nicht minder betroffen als die operative Aufgabenerfüllung. Verstärkend hinzu kommt jedoch noch, dass Stress und Ermüdung im Alltag die Motivation, sich für Veränderungen einzusetzen und die bestehenden Probleme an der Wurzel anzupacken, völlig erodiert. Damit bringt die Fokussierung auf das operative Geschäft die in Abbildung 8 dargestellte Todesspirale gleich über zwei Hebel in Gang.

Repenning/Sterman weisen auf einen weiteren, nicht weniger kritischen Zusammenhang hin: je größer der Druck wird und je mehr der Stress zunimmt, desto vehementer suchen die Mitarbeiter nach einem Ausweg.²⁷ Beispielsweise werden Arbeitsabläufe abgekürzt, lästige Prüfschritte übersprungen oder Sicherheitsvorschriften missachtet. Mehr oder weniger schleichend werden die Prozesse so verändert, dass es wieder leichter fällt, die gesteckten Ziele zu erreichen. Nicht immer sind die berühmten kleinen Modifikationen und Work-

²⁷ Vgl. Nelson Repenning/John Sterman: Getting Quality the Old-Fashioned Way, 1997, S. 20 f.

arounds wirklich schädlich, aber „even if creative workarounds solve the initial problem, they can create new ones when the downstream processes are not updated to reflect the new upstream process“.²⁸ Kurzfristig mag daher der zielsuchende Regelkreis Z7 „Workarounds steigern die Produktivität“ Entlastung bringen. Wie S11 und S12 jedoch verdeutlichen, handelt es sich im Grunde um eine typische Fixes-that-Fail-Struktur²⁹: Die wirklichen Probleme werden nicht angepackt, ganz im Gegenteil, sie werden größer und größer.

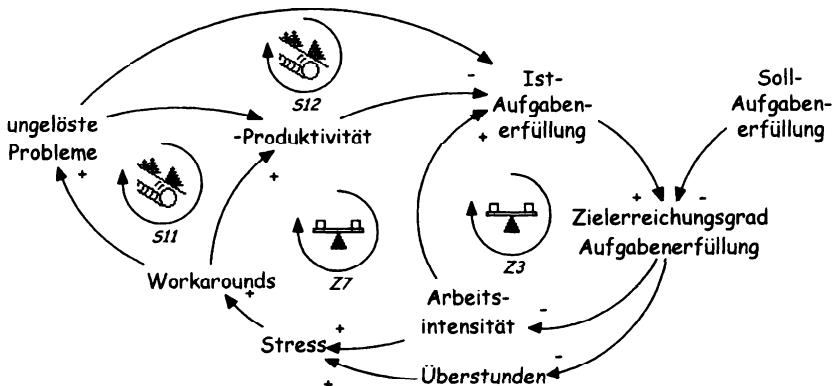


Abbildung 13: „Fixes that Fail“ – Workarounds als kurzsichtiger Ausweg

G. Auf dem Weg zu einer Theorie des Unternehmenswandels

So allgegenwärtig der Wandel in Unternehmen und Organisationen vonstatten geht, so bedeutsam ist die Aufgabe des Managements bei der Einleitung und Durchführung von Veränderungsprozessen. Die von Organisationsberatern und Trainern angebotenen Rezepte und Werkzeuge für ein erfolgreiches Change Management sind vielfältig, aber die theoretische Basis ist meistens dünn. Bei der Frage nach dem Grund für eine Empfehlung muss somit in der Regel der mehr oder weniger diffuse Hinweis auf die langjährige Erfahrung ausreichen. Eine empirische Theorie des Unternehmenswandels vermöchte

²⁸ Nelson Repenning/John Sterman: Getting Quality the Old-Fashioned Way, 1997, S. 20.

²⁹ Erläuterungen zu diesem und weiteren Systemarchetypen finden sich bei Daniel Kim/Virginia Anderson: Systems Archetype Basics, 1998, S. 7 ff.

diese Situation zu verbessern.³⁰ Sie könnte die immer wieder zu beobachtenden Phänomene des Scheiterns erklären, indem sie sie auf „Gesetzmäßigkeiten“ und speziell vorliegende Rahmenbedingungen zurückführte. Sie wäre in der Lage, Voraussagen zu unterstützen, und in ihrer technologischen Form in hohem Maße praxisrelevant, weil sie Ansatzpunkte für die richtige Gestaltung von Veränderungsprozessen aufzeigen könnte.

Die zuvor beschriebenen Zusammenhänge verstehen sich als prototypische Bausteine für eine solche Theorie der Veränderung. Obwohl bereits untereinander vernetzt, sind sie dennoch weit davon entfernt, ein „rundes Ganzes“ abzugeben zu können. Aber eines zu zeigen, sind sie schon in der Lage: Die Vielzahl an Faktoren ist zwar ärgerlich, weil schwer übersehbar, aber die eigentlichen Schwierigkeiten resultieren aus ihrer Vernetzung, aus unterschiedlich langen Verzögerungen und den Rückkopplungen. Diese dynamische Komplexität macht es unverzichtbar, eine empirische Theorie des Unternehmenswandels aus dynamischen Hypothesen aufzubauen.

Literaturverzeichnis

- Bretzke, Wolf-Rüdiger:* Der Problembezug von Entscheidungsmodellen, Tübingen: Mohr, 1980.
- Bullinger, Hans-Jörg / Wiedmann, Gudrun:* Aktuelle Managementkonzepte in Deutschland – Ergebnisse einer Studie Der Wandel beginnt, in: *Office Management*, Heft 8, 1995, S. 58–62.
- Conner, Dyril / Clements, Ernest:* Die strategischen und operativen Gestaltungsfaktoren für erfolgreiches Implementieren, in: *Spalink, Heiner (Hrsg.): Werkzeuge für das Change-Management – Prozesse erfolgreich optimieren und implementieren*, Frankfurt am Main: FAZ, 1999, S. 22–64.
- Dixon, J. Robb et al:* Reengineering II – Mit Ausdauer ist es machbar, in: *Harvard Business Manager*, Heft 2, 1995, S. 105–114.
- Doppler, Klaus / Lauterburg, Christoph:* Change Management – Den Unternehmenswandel gestalten, 9. Auflage, Frankfurt am Main/New York: Campus, 2000.
- Drew, Stephen:* BPR in Financial Services – Factors for Success, in: *Long Range Planning*, Heft 5, 1994, S. 25–41.

³⁰ Zu der Praxisrelevanz empirischer Theorien siehe Karl Popper: Kübelmodell und Scheinwerfermodell – Zwei Theorien der Erkenntnis, 1994, S. 366 ff.

- Hall, Gene / Rosenthal, Jim / Wade, Judy:* Reengineering – Es braucht kein Flop zu werden, in: *Harvard Business Manager*, Heft 4, 1994, S. 82–93.
- Hammer, Michael:* Das prozeßzentrierte Unternehmen – Die Arbeitswelt nach dem Reengineering, Frankfurt am Main: Campus/Heyne, 1999.
- Hammer, Michael / Champy, James:* Business Reengineering, 4. Auflage, Frankfurt am Main/New York: Campus 1994.
- Keating, Elizabeth / Oliva, Rogelio / Repenning, Nelson / Rockart, Scott / Sterman, John:* Overcoming the Improvement Paradox, in: *European Management Journal*, Heft 2, 1999, S. 120–134.
- Kiely, Thomas J.:* Managing Change – Why Reengineering Projects Fail, in: *Harvard Business Review*, Heft 3, 1995, S. 15.
- Kieser, Alfred:* Business Process Reengineering – neue Kleider für den Kaiser?, in: *Zeitschrift für Führung und Organisation*, Heft 3, 1996, S. 179–185.
- Kim, Daniel / Anderson, Virginia:* Systems Archetype Basics – From Story to Structure, Waltham: Pegasus, 1998.
- Moermann, Jürgen / Gossmann, Arndt:* Erfolgsfaktoren von Reengineering-Projekten, in: *Die Bank*, Heft Nr. 6, 1997, S. 372–376.
- Newell, Allan / Simon, Herbert A.:* Human Problem Solving, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1972.
- Osterloh, Margit / Frost, Jetta:* Prozessmanagement als Kernkompetenz – Wie Sie Business Reengineering strategisch nutzen können, Wiesbaden: Gabler, 1996.
- Popper, Karl:* Kübelmodell und Scheinwerfermodell – Zwei Theorien der Erkenntnis, in: Karl Popper: Objektive Erkenntnis – Ein evolutionärer Entwurf, Hamburg: Hoffmann und Campe, 1994, S. 354–375.
- Repenning, Nelson / Sterman, John:* Getting Quality the Old-Fashioned Way, MIT Working Paper D-4684-1, 1997, <http://web.mit.edu/jsterman/www/>.
- Schneiderman, Art:* Setting Quality Goals, in: *Quality Progress*, Heft Nr. 4, April, 1988, S. 55–57.
- Sterman, John:* Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World, Boston, u. A.: Irwin McGraw-Hill, 2000.
- Sterman, John / Repenning, Nelson / Kofman, Fred:* Unanticipated Side Effects of Successful Quality Programs: Exploring a Paradox of Organizational Improvement, in: *Management Science*, Heft 4, April, 1997, S. 503–521.

Simulation von taktischen Gestaltungsentscheidungen des Produktionsmanagements mit System Dynamics – Dargestellt am Beispiel der Bevorratungsebenenwahl

Von *Bülent Akin*

A. Einleitung

Die sog. *Bevorratungsebene* ist diejenige Fertigungsstufe eines standardisierten Erzeugnisses, bis zu der ohne Vorliegen eines Kundenauftrages (vor-)produziert wird. Trotz ihrer erheblichen Bedeutung für den Unternehmenserfolg ist die Lage der Bevorratungsebene in den meisten Industrieunternehmen eine historisch entstandene Gegebenheit denn Gegenstand einer formal fundierten Gestaltungsentscheidung. Der Grund hierfür ist in der Verkettung zahlreicher exogener und endogener Faktoren – beispielweise typische Kapazitätsangebots- und Kundennachfrageverläufe, Durchlaufzeiten, Prognosequalität, Fehlmengenkosten oder Obsoleszenzrisiken der Erzeugnisse – zu sehen. Vor diesem Hintergrund bietet sich die Computersimulation als ein heuristisches Verfahren der Entscheidungsfindung an. Insbesondere im *System-Dynamics-Ansatz* wird wegen der Abbildung von Ursache-Wirkungs-Ketten eine vielversprechende Möglichkeit gesehen.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Simulationsmodell aus der Dissertationschrift des Verfassers vorgestellt, welches das Verhalten eines Produktionsplanungs- und -ausführungssystems an Hand alternativer Lagen der Bevorratungsebene nachahmt und hieraus abgeleitete Kennzahlen dazu verwendet, in einem Zielsystem mehrerer entscheidungsabhängiger Kostenarten ein Gesamtkostenergebnis zu ermitteln. Zunächst wird in Abschnitt B die Bevorratungsebenenwahl als *Entscheidungsproblem* hervorgehoben und der Stand der bislang angewandten Verfahren festgestellt. Anschließend wird der SD-Ansatz im Hinblick auf seine Eignung für das dargestellte Problem skizziert (Abschnitt C). Bei der Darstellung des Modells (Abschnitt D) wird insbesondere auf den Zusammenhang der Modellteile eingegangen. Abschließend wird eine kritische Würdigung des SD-Ansatzes im vorliegenden Anwendungsfall vorgenommen (Abschnitt E).

B. Das Anwendungsgebiet Bevorratungsebenenwahl

I. Perzeption des Themas in der Literatur

In einführenden Darstellungen der Produktionswirtschaftslehre wird auf die Zwischenformen der Auftragsauslösung nicht ohne Erwähnung ihrer empirischen Bedeutung hingewiesen.¹ Das Thema wird von Wissenschaft und Praxis als *Beschreibungsgegenstand* aufgegriffen aber als *Gestaltungsgegenstand*, d.h. als taktische Rahmenentscheidung für die operative Produktionsplanung, vernachlässigt.² So wird die Lage der Bevorratungsebene in Lehrbüchern der Produktionswirtschaftslehre als *Wahlproblem* nicht in der gebotenen Ausführlichkeit behandelt. Vielmehr werden dort mangels eines anerkannten Entscheidungsverfahrens lediglich die wichtigsten Gesichtspunkte aufgelistet.³ In der Forschung wird das Thema insbesondere im Rahmen von Arbeiten zur variantenreichen Produktion behandelt.⁴ Ein Bedarf für *eigenständige* Untersuchungen zur Bevorratungsebenenwahl wird jedoch nicht nur seitens der Praxis, sondern auch von der produktionswirtschaftlichen Forschung festgestellt.⁵ Arbeiten, in denen die Dispositionartenbestimmung in Form einer Einzeldarstellung oder zumindest in größerem Umfang behandelt wird, beschränken sich in der Regel entweder auf eine Produktstufe⁶, oder auf einen speziellen Betriebstyp⁷, so dass situative Elemente die Problemanalyse überlagern.

Bei der Planung der Bevorratungsbene müssen größere Projekte ins Leben gerufen und erhebliche Mittel eingesetzt werden.⁸ Neben den Bestimmungsaufwand tritt zusätzlich die Variabilität der Randbedingungen. Diese Dynamik ist bei gleichzeitig hohem Aufwand für die Bevorratungsebenenplanung ein gewichtiges Argument für eine betriebswirtschaftlich fundierte Methoden-, Modell- und EDV-Unterstützung.⁹

¹ Vgl. z. B. Zäpfel 1982, S. 59 ff., Schneeweiss 1997, S. 4, Corsten 1998, S. 32 sowie S. 236 ff.

² Vgl. Geitner 1980, S. 379. Vgl. zur Einordnung des Problems als taktische Entscheidung Akın 1999, S. 65 ff.

³ Vgl. hierzu Zäpfel 1982, S. 62, Kurbel 1995, S. 225 ff., Corsten 1998, S. 237 f.

⁴ Vgl. Schuff 1984, S. 9 ff. sowie S. 145 ff., Helberg 1987, S. 50-53 sowie S. 116-119, Zimmermann 1988, S. 391 ff., Büdenbender 1991, S. 10 sowie S. 121 ff.

⁵ So beispielsweise Große-Oetringhaus 1974, S. 126 f.

⁶ Vgl. Schwalge 1983, die sich auf die fremdbeschafften Materialien beschränkt.

⁷ Vgl. hierzu Utzel 1992 sowie Köhler 1997, die die Einzel-/Auftragsfertigung behandeln.

⁸ Vgl. Zimmermann 1988, S. 393.

⁹ Vgl. hierzu die Ergebnisse einer Unternehmensbefragung in Akın 1999, S. 318 u. S. 321.

II. Planungsverfahren zur Bevorratungsebenenwahl

Die in der Literatur vorgeschlagenen und teilweise eingesetzten Verfahren sind von zweifachem Interesse. Sie dienen in ihrer Gesamtheit zum einen als Kriterienquellen zur Beurteilung von alternativen Bevorratungsebenen. Zum anderen führt ihre Kritik zur Computersimulation als geeignetem Verfahren zur Bevorratungsebenenwahl.

Vor ihrer Darstellung sind einige Klarstellungen vorzunehmen: Die gängige Bezeichnung *Bevorratungsebene* weckt falsche Vorstellungen von der Gestaltungsentscheidung um die es geht. In den seltensten Fällen ist die Bevorratungsebene ein „gerader horizontaler Strich“, der durch die Stücklistenstruktur gezogen wird. In der Realität „windet“ sie sich durch die zusammengefügten Komponenten eines Enderzeugnisses auf verschiedensten Dispositionsstufen, ist also beispielsweise auf Hauptbaugruppen- *und* Vorproduktebene anzutreffen. Auch ist es keinesfalls ausgeschlossen, dass auf einem bestimmten Stücklistenpfad vom End- bis zum Vorprodukt stets nur ein einziges bevorratetes Material besteht. Demnach ist die Bevorratungsebenenwahl entgegen der Einfachheit, die die Bezeichnung impliziert, als eine über die gesamte Stücklistenstruktur integriert getroffene Summe von Einzelentscheidungen über die Dispositionenart – d.h. ob auftrags-, erwartungs- oder verbrauchsorientiert¹⁰ – jeder einzelnen Stücklistenposition anzusehen. Zutreffender jedoch weniger einängig wäre die Bezeichnung „Dispositionartenstrukturierung“.¹¹ Folgerichtig müssen bei der Darstellung von Verfahren zur Bevorratungsebenenwahl auch solche Verfahren berücksichtigt werden, die die Dispositionartenstrukturierung nicht für die Stücklistenstruktur insgesamt, sondern im Grunde nur für einzelne Positionen bezeichnen.

Es kann zwischen folgenden Verfahrensgruppen unterscheiden werden:

- A) Einstufige Zuordnung der Dispositionenart mit wenigen Indikatoren.
- B) Mehrstufige Zuordnung mit wenigen, sukzessiv durchlaufenden Indikatoren.
- C) Einstufige Zuordnung mit umfangreichen Kriterien und Indikatoren.
- D) Wertzuwachskurve.
- E) Produktstrukturbezogene Verfahren.

¹⁰ Vgl. zu der hier zugrundegelegten Dispositionartendefinition Akin 1999, S. 38-51. Vereinfachend dargestellt entsprechen die Begriffe *auftragsorientiert* einer Kundenauftragsauslösung auf Enderzeugnisebene sowie einer Stücklistenauflösung auf Zwischen- und Vorproduktebene, *erwartungsorientiert* einer prognosegetriebenen Bedarfsermittlung und *verbrauchsorientiert* den Bestellpunktverfahren.

¹¹ Vgl. zur vom Verfasser vorgeschlagenen Bezeichnung „Dispositionartenstruktur“ Akin 1999, S. 16 ff., insbesondere S. 18.

F) Betriebstypologische Zuordnung.

G) Kostenorientierte Verfahren.

Die Kenntnis des Lesers voraussetzend konzentriert sich die Darstellung auf die Unzulänglichkeiten der Verfahren.¹²

A) Einstufige Zuordnung mit wenigen Indikatoren

Unter die Gruppe A fallen beispielsweise die ABC-Analyse nach dem Kriterium *Periodenverbrauchswert*, die XYZ-Analyse nach dem Kriterium *Wiederholhäufigkeit* oder Kombinationen hieraus.

Dem Vorteil der Einfachheit stehen aus Sicht einer ganzheitlichen Betrachtung gravierende Nachteile entgegen. Da die Verfahren der Zuordnung jeweils eines Materials dienen, können bei ihrer alleinigen Anwendung Effekte der Dispositionartenstrukturierung über die gesamte Produktstruktur nicht beurteilt werden. Vielmehr als die sehr geringe Anzahl der berücksichtigten Kriterien ist die mangelnde *Begründung* der ausgewählten Indikatoren zu kritisieren.

B) Mehrstufige Zuordnung mit wenigen, sukzessiv durchlaufenden Indikatoren

Bei den mehrstufigen Zuordnungsverfahren¹³ erfolgt eine Klassifikation wie bei den Verfahren der Gruppe A, jedoch im Unterschied zu diesen in mehreren Stufen nacheinander. Sie werden daher als Entscheidungsbaumverfahren bezeichnet.¹⁴ Die mehrstufigen Verfahren sind mit den gleichen prinzipiellen Problemen behaftet wie die einstufigen Verfahren. Hinzu kommt das Problem der Begründung der jeweils gewählten Indikatorenfolge.

C) Einstufige Zuordnung mit umfangreichen Kriterien und Indikatoren

Bei den Verfahren der Gruppe C handelt es sich um Checklisten sowie die Nutzwertanalyse.¹⁵ Sie stellen prinzipiell keine Grenzen an die Anzahl der zu berücksichtigenden Gesichtspunkte.

Die berücksichtigten Kriterien müssen bei *Checklisten* isoliert und ungewichtet beurteilt werden. Eine Verfahrensanweisung zur Zuordnung der Dispositionenart liegt dabei nicht vor. Das Verfahren ist grundsätzlich materialbezogen.

¹² Vgl. zu einer umfassenderen Auflistung und Besprechung Akın 1999, S. 75 ff.

¹³ Vgl. die Beiträge von Köhler, 1997, S. 136 ff., Utzel 1992, S. 140 ff., Heuser 1996, S. 76 ff.

¹⁴ Vgl. Utzel 1992, S. 139 und S. 142, sowie Köhler 1997, S. 135.

¹⁵ Vgl. z.B. Wildemann 1995, S. 199, Schiemann 1981, S. 23 ff., Köhler 1997, S. 125 ff.

Bei der *Nutzwertanalyse* können verschiedene Kriterien durch Gewichtung und Aggregation gleichzeitig betrachtet werden. Die Nutzwertanalyse könnte so nicht nur zur *Bewertung*, sondern prinzipiell auch zur *strukturbezogenen Festlegung* der Dispositionarten eingesetzt werden. Die Schwierigkeiten, die in der vorliegenden Problemdomäne auftreten, betreffen insbesondere die Aufstellung einer logisch strukturierten, überschneidungsfreien Kriterienhierarchie.

D) *Wertzuwachskurve*

Die aus der *Wertzuwachskurve* ableitbare Handlungsempfehlung lautet, die Bevorratungsebene im Bereich der vom Markt zugestandenen Lieferzeit unmittelbar vor Produktstufen mit großen Herstellkostenzuwächsen festzulegen.¹⁶ Unzureichend ist das Verfahren vor allem wegen der Begrenzung auf nur zwei Kriterien, namentlich Lagerkosten und Lieferfähigkeit.

E) *Produktstrukturbbezogene Verfahren*

Die Handlungsempfehlung der Produktprofilanalyse lautet, die Bevorratungsebene an der engsten Stelle des Produktstrukturbildes anzusiedeln,¹⁷ damit die zu bevorratenden Materialien möglichst viele Bedarfspositionen zusammenfassen und in möglichst vielen Materialien Verwendung finden. Eine hohe Aggregationswirkung und Mehrfachverwendbarkeit wird dabei mit Blick auf Zielkriterien wie Prognosesicherheit, geringes Obsoleszenzrisiko oder Reduktion von Planungs- und Verwaltungsaufwand angestrebt.¹⁸ Auch die Produktstrukturanalyse kann nur als ein grobes Hilfsmittel zur Bevorratungsebenenwahl angesehen werden.

F) *Betriebstypologische Zuordnung*

Bei dieser Methode besteht die Idee in der Ausnutzung der Merkmalszusammenhänge betriebstypologischer Merkmalskataloge. Von betriebsindividuellen Ausprägungen wie beispielsweise Großserienfertigung wird annähernd auf die zutreffende Art der Auftragsauslösung geschlossen und anschließend die Dispositionartenstruktur an dieser ungefähren Ausgangslösung ausgerichtet. Sind die zugrundegelegten Referenztypen deduktiv begründet, muss bedacht werden, dass eine geschlossene Theorie zu betriebstypologischen Merkmalsinterdependenzen bislang nicht vorliegt. Handelt es sich um Häufungstypen, ist zu bedenken, dass selbst vergleichsweise umfangreiche empirische Untersuchungen auf Stichproben von nicht mehr als siebzig Unternehmen basieren.¹⁹

¹⁶ Vgl. Zimmermann 1988, S. 405.

¹⁷ Vgl. Zimmermann 1988, S. 403.

¹⁸ Vgl. Zimmermann 1988, S. 403.

¹⁹ Vgl. zu den Stichprobenumfängen verschiedener Untersuchungen Schomburg 1980, S. 148, Büdenbender 1991, S. 53, Glaser/Geiger/Rohde 1992, S. 409.

G) Kostenorientierte Verfahren

Der Gedanke, alternative Dispositionsarten über den Aspekt der oft einseitig betrachteten Kapitalbindung hinaus mit Kosten zu bewerten, wird neben anderen beispielsweise von Schwalge²⁰ aufgegriffen und ausgearbeitet. Schwalge formuliert ein einfaches exaktes Optimierungsmodell ohne Nebenbedingungen.²¹ Es werden bezüglich der jeweils unterschiedenen Erfolgsteilgrößen bei im Voraus festgelegten Parametereinstellungen und Kostensätzen sowie einwertigen Erwartungen über die Entscheidungsbedingungen²² Kostendifferenzen der alternativen Dispositionsarten ermittelt. Die Vergabe der Dispositionsart erfolgt nach dem Kriterium der minimalen periodenbezogenen Gesamtkosten.

Da sich exakte analytische Entscheidungsmodelle für produktstrukturbezogene Probleme nur unter sehr restriktiven Prämissen formulieren und nicht sinnvoll einsetzen lassen,²³ ist der Preis der Konzeption als exaktes Optimierungsmodell die *isolierte* Bewertung der Dispositionsarten je Material.²⁴

Es ist somit festzuhalten, dass für mehrstufige Produktstrukturen in instrumenteller Hinsicht derzeit Simulationsmodelle in Frage kommen. Obwohl auch die Anwendung von Simulationsmodellen „allzuoft mit einem prohibitiven Komplexitätsgrad“²⁵ verbunden ist, ist dieser Weg in der Literatur nicht ohne Beispiel. Abele stellt ein Simulationsmodell zur Nachahmung von Grobplanungen bei unterschiedlicher *Dimensionierung* von Zwischenlägern in einem mehrstufigen Produktionssystem auf²⁶ und beurteilt mit einer einfachen Kostengliederung²⁷ fallbeispielbezogen alternative Testbedingungen²⁸. Mit der Simulationsstudie Abeles wird ein auch für die Dispositionsartenstrukturierung gangbarer Weg aufgezeigt, da eine kostenorientierte Bewertung stattfindet und verschiedenartige Effekte unterschiedlicher Bestandsstrategien bei der Modellierung berücksichtigt werden.

Bei Betrachtung der Bevorratungsebenenwahl als taktischem Planungsgegenstand unter Auswertung der resultierenden operativen Planung im ein- bis zweijährigem Betrachtungshorizont lässt sich eine *kosten- und erlösorientierte* Bewertung vornehmen. Durch die Vorgabe eines einheitlichen Zielkriteriums

²⁰ Vgl. Schwalge 1983, S. 53 ff.

²¹ Vgl. Schwalge 1983, S. 118 und S. 120.

²² Vgl. hierzu Schwalge 1983, S. 101 ff., insbesondere S. 106.

²³ Vgl. Jacob 1987, S. 376.

²⁴ Vgl. Schwalge 1983, S. 123.

²⁵ Jacob 1987, S. 376.

²⁶ Vgl. Abele 1985, S. 171 ff.

²⁷ Vgl. zum Aufbau des fraglichen Auswertungsmoduls Abele 1985, S. 149 ff.

²⁸ Vgl. Abele 1985, S. 175 ff.

„Ergebnismaximierung“ können die *Zielsetzungsdefekte*²⁹ der Verfahrensgruppen A–F ausgeschlossen werden. Mit der Offenlegung und teilweisen Be seitigung der Bewertungs- und Wirkungsdefekte kann dazu beigetragen werden, dass der Einsatz oder die Neuentwicklung von *heuristischen* Entscheidungsverfahren in *inhaltlich* fundierter Weise erfolgt. Das hier vorgestellte Simulationsmodell stellt einen Vorschlag in diese Richtung dar. Es beruht auf einem Kostenmodell zur Berücksichtigung der Bewertungsdefekte sowie einem kausalitätsorientierten Simulationsmodell zur Berücksichtigung der Wirkungsdefekte.

C. Gründe für die Nutzung des System-Dynamics-Ansatzes

I. Gründe für die Wahl der Computersimulation

Da aufgrund der Strukturmängel der Entscheidungsdomäne der Einsatz von exakten Optimierungsverfahren nicht in Sicht ist,³⁰ bietet sich die Simulation als Untersuchungsmethode und als heuristisches Verfahren der Entscheidungsfindung an. Sie erlaubt eine vergleichsweise hohe Abbildungsgenauigkeit bezüglich des realen Systems. Insbesondere eignet sie sich als ein Instrument zur Bewältigung von *Unsicherheiten der Eingangsgrößen*, welche die Aufstellung exakter Optimierungsmodelle weiter erschweren.³¹

Es wird hier noch kein für *realistische* Problemumfänge einsatzfähiges Modell, sondern ein erster Ansatz zur *formalen* Modellierung³² des bevorratungsebenenbedingten Verhaltens eines Produktionssystems vorgestellt. Dem Gedanken der Referenzmodellierung³³ entsprechend wird eine konzeptionelle Vorarbeit für die Entwicklung praxistauglicher Simulatoren geleistet. Es soll

²⁹ Unzulänglichkeiten schlecht strukturierter Entscheidungsprobleme können Adam und Witte 1979, S. 382 ff., folgend nach Zielsetzungs-, Bewertungs-, Wirkungs- und Lösungsdefekten gruppiert werden. Dabei betreffen – vereinfachend ausgedrückt – Zielsetzungsdefekte Unklarheiten über die Zielgrößen, Bewertungsdefekte Unklarheiten über die Maßgrößen und deren Messung, Wirkungsdefekte die Unkenntnis über die zielgrößenrelevanten Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sowie Lösungsdefekte das Fehlen eines tauglichen Berechnungsverfahrens.

³⁰ Vgl. hierzu Heuser 1996, S. 60 ff., insbesondere S. 61.

³¹ Vgl. hierzu Hagen 1977, S. 225 ff.

³² Vgl. zum Begriff des formalen Modells Chen 1990, S. 36 f. Vgl. zu Klassifikationskriterien und Klassen von Modellen Chen 1990, S. 35 ff. sowie Krallmann 1996, S. 17 ff.

³³ Vgl. zum Gedanken der Simulations-Referenzmodellierung Mertins/Rabe/Friedland 1996, S. 479 ff.

demonstriert werden, dass die Bevorratungsebenenwahl einer quantitativen Analyse und einer monetär fundierten Entscheidungsfindung zugänglich ist.

Mit der Modellierung des von der Dispositionartenstruktur abhängigen Systemverhaltens ist zugleich das Ziel verbunden, eine Vielzahl von Wirkungszusammenhängen abzubilden.³⁴ Dies hat wiederum zur Folge, dass zahlreiche Größen zumindest teilweise modellintern bestimmt werden, und ihr Zustandekommen Unterstellungen beinhaltet, die aus theoretischen Überlegungen herröhren. Es versteht sich somit, dass das vorgestellte Simulationsmodell auch bei Verwendung tatsächlicher Datenkonstellationen und vollständiger Validität nicht zum Beweis dieser Thesen dienen kann. Daher handelt es sich hier nicht um einen Versuch, durch Experimentwiederholung mit zufällig variierten Daten auf induktiv statistischem Wege die Bedeutung von Bevorratungsfaktoren nachzuweisen.³⁵

II. Simulationsmethode

Bei der Wahl der Simulationsmethode und des Simulationswerkzeugs sind folgende Gesichtspunkte hervorzuheben:

- Neben dem Verhalten des Produktionsausführungssystems ist auch das Verhalten des Produktionsplanungssystems abzubilden.
- Die Simulationsmethode muss in besonderer Weise dazu geeignet sein, Lagerhaltungssysteme und damit insbesondere zeitliche Aspekte der Produktionsplanung abzubilden.
- Die Simulationsmethode muss vor dem Hintergrund zu überwindender Wirkungsdefekte in erster Linie dem Verständnis des Systemverhaltens dienlich sein und neben der formalen Modellierung auch Ursache-Wirkungs-Beziehungen möglichst in grafischer Form abbilden.³⁶
- Hinsichtlich der Funktion eines Referenzmodells kommt es weniger auf rechentechnische Effizienz als auf Anschaulichkeit und Nachvollziehbarkeit des Programmcodes an.

³⁴ Vgl. hierzu ausführlich Akin 1999, S. 181 ff. Beispielsweise handelt es sich dabei um die folgende Kausalkette: Erhöhung der Bevorratungsebene und damit zusammenhängend Zunahme der Wiederbeschaffungszeit, Erhöhung des Mindestprognosehorizonts und Abnahme der Prognosegüte auf der Bevorratungsebene.

³⁵ Vgl. zu einer derartigen Vorgehensweise bei der Bevorratungsfaktorenanalyse, der aus den genannten Gründen nicht gefolgt werden kann, Zinn/Bowersox 1988, S. 126 ff.

³⁶ Vgl. zur Bedeutung dieses Aspekts bei der vorliegenden Problemstellung Heuser 1996, S. 50.

Der System-Dynamics-Ansatz (SD-Ansatz) entspricht diesen Anforderungen, da er eine auf dem Regelkreiskonzept beruhende, aus einfachen Strukturelementen bestehende Strukturtheorie dynamischer, vornehmlich sozialer Systeme darstellt,³⁷ auf deren Grundlage mit Hilfe ansatzspezifischer *kontinuierlicher* Simulationswerkzeuge³⁸ grafisch-algebraisch formulierte und ablauffähige *formale* Modelle generiert werden können.³⁹ Er wird in Untersuchungen eingesetzt, die hinsichtlich Planungsebene und -gegenstand ähnlich wie das hier behandelte Thema gelagert sind.⁴⁰

Von fundamentaler Bedeutung für den Betrachtungsgegenstand sind die SD-spezifische Modellierungsrestriktionen,⁴¹ weil sie gewährleisten, dass ein SD-Modell „einen Satz von Hypothesen über Ursache-Wirkungs-Beziehungen in der Realität“⁴² darstellt. Aus diesem Grunde eignet sich diese Strukturtheorie insbesondere vor dem Hintergrund von Wirkungsdefekten.

D. Modelldarstellung

I. Modellstruktur

Ein als *Customer-Order-Decoupling-Point-Analyser (CODP-Analyser)* bezeichnetes Simulationsmodell ermöglicht die Nachahmung der Einstreuierung und Abwicklung kunden- und lagerausgelöster Produktionsaufträge während eines Beobachtungszeitraumes im Jahresbereich, die Nachahmung des Produktionsgeschehens sowie die Ermittlung von Ergebnisveränderungen, die durch die Dispositionartenstruktur hervorgerufen werden.⁴³

³⁷ Vgl. zu dieser Charakterisierung Mertens 1982, S. 69, Milling 1984, S. 507 ff.

³⁸ Trotz einer Vielzahl SD-spezifischer Simulationswerkzeuge wie *Dynamo*, *Vensim*, *Powersim* u.a. (vgl. Milling 1996, Sp. 1846) können auch prozedurale Sprachen wie *Fortran* (vgl. v. Kortzfleisch/Krallmann 1979, Sp. 727) oder einfache Tabelenkalkulationsprogramme (vgl. Pidd 1992, S. 269) zur Abbildung von SD-Modellen herangezogen werden. Die hier beschriebene Modellierung erfolgte mit dem Werkzeug *Powersim* in der Version 2.5.

³⁹ Vgl. zu einer ausführlichen Darstellung des System-Dynamics-Ansatzes Forrester 1972 sowie Pidd 1992, S. 241 ff.

⁴⁰ Vgl. hierzu Oertli-Cajacob 1976, S. 237 ff. und Abele 1985, S. 107 ff.

⁴¹ Vgl. Forrester 1972, S. 95 und S. 98.

⁴² Milling 1984, S. 509.

⁴³ Vgl. zu einer ausführlichen Programmbeschreibung Akin 1999, S. 337 ff., sowie zum Programmcode Akin 1999, S. 421 ff. Das Programm besteht aus ca. 400 Objekten in Form von Konstanten, Hilfsgleichungen und Levels nach System Dynamics.

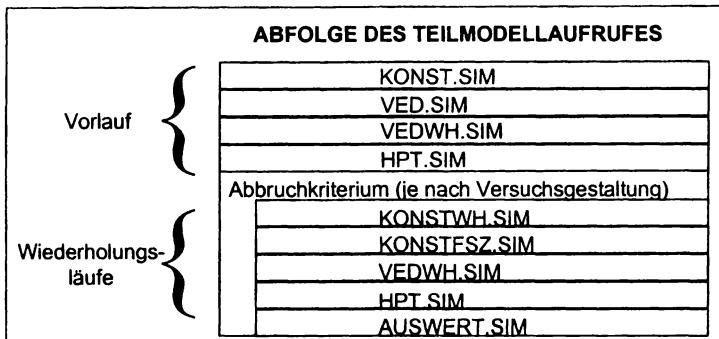


Abbildung 1: Abfolge des Aufrufes der Teilmodelle

Die Simulationsteilprogramme, aus denen sich das Gesamtprogramm zusammensetzt, sind: *KONST.SIM*, *KONSTWH.SIM*, *VED.SIM*, *VEDWH.SIM*, *KONSTFSZ.SIM*, *HPT.SIM* und *AUSWERT.SIM*. Jedes Teilmodell ist wiederum in grafisch unterschiedene Abschnitte gegliedert, die im Folgenden als *Bereiche* oder *Unterbereiche* bezeichnet werden.

Da es sich um ein *kontinuierliches* Simulationsmodell handelt, sind die obersten Bildungskriterien der Teilmodelle zeitlich begründet, nämlich erstens durch die *Simulationsdauer* sowie zweitens durch die *Wiederholung*.

Hinsichtlich der *Simulationsdauer* sind die Teilmodelle einzuteilen in solche, die zwecks rechentechnischer Entlastung der dynamischen Modelle Konstanten berechnen und deren Dauer eine Zeiteinheit umfasst (*KONST.SIM*, *KONSTWH.SIM*, *KONSTFSZ*), und in solche, deren Simulationsdauer einen operativen Produktionsplanungszyklus (beispielsweise 360 Tage) umfasst (*VED.SIM*, *VEDWH.SIM*, *HPT.SIM*, *AUSWERT.SIM*). Als zweites Einteilungskriterium dient die *Wiederholung*, d.h. *Abfolge* des Aufrufs der Teilmodelle (s. Ablaufdiagramm nach Abbildung1). *KONST.SIM*, *VED.SIM*, *VEDWH.SIM* und *HPT.SIM* sorgen durch einen einmaligen *Simulationsvorlauf* für die Initialisierung des Modells. Anschließend werden *KONSTWH.SIM*, *KONSTFSZ.SIM*, *VEDWH.SIM*, *HPT.SIM* und *AUSWERT.SIM* in der Anzahl der zu analysierenden alternativen Dispositionartenstrukturen *wiederholt* aufgerufen.

Im *Simulationsvorlauf* wird eine Simulation mit *historischen* Nachfrage- daten vorgenommen. Dabei wird eine vollständig kundenauftragsausgelöste Dispositionartenstruktur unterstellt. Der Vorlauf dient vor allem dem Einlesen der meisten Stamm- und Bewegungsdaten, der Berechnung von Konstanten sowie der Ermittlung von Ist-Fertigstellungszeiten *ohne* Bevorratung je Material.

Die Simulationsläufe mit prospektiven Bedarfsdaten (Wird-Daten) und alternativen Dispositionartenkonstellationen werden als *Wiederholungsläufe* bezeichnet. Es wird mindestens ein Wiederholungslauf durchlaufen, der durch eine vom Benutzer bestimmte Dispositionartenstruktur gekennzeichnet ist.

Die Benutzerparameter werden über ein Tabellenkalkulationsprogramm erfasst und mit Hilfe von Dynamic-Data-Exchange-Schnittstellen in die Modellbestandteile KONST.SIM bzw. KONSTWH.SIM eingelesen. Dort werden sie entweder zur Berechnung weiterer Konstanten verwendet oder unmittelbar als Textdateien wieder ausgelesen. Der gesamte weitere Datenaustausch zwischen den Teilmodellen erfolgt zu Anfang oder zum Ende der jeweiligen Programm läufe über Textdateien. Maßgeblich für diese Wahl sind Performancegründe.

II. Die Teilmodelle des Programms

1. KONST.SIM und KONSTWH.SIM

Das Teilmodell *KONST.SIM* führt einmalige Berechnungen von unveränderlichen Größen durch. Es berechnet vor allem:

1. An Hand von Direktbedarfsmatrizen Gesamtbedarfsmatrizen zur Ableitung von Sekundärbedarfen.
2. Materialweise Obsoleszenzfristen als Resultierende verschiedener Auslaufgründe wie z. B. Haltbarkeit oder Absetzbarkeit am Markt unter rekursiver Berücksichtigung der Obsoleszenzfristen der Komponenten.
3. Verschiedene Konstanten für die Maschinenbelegungsplanung.
4. Die „erlaubte“ Lieferfristabweichung, nach deren Ablauf die Fehlmengenfolgekosten den Auftragsdeckungsbeitrag übertreffen würden.

Im Teilmodell *KONSTWH.SIM* werden für die Wiederholungsläufe Abwandlungen der Direkt- bzw. Gesamtbedarfsmatrix berechnet. Diese „korrigierten“ Matrizen berücksichtigen den Umstand, dass bevorratete Materialien autonom disponiert werden und damit zu einer Unterbrechung der mehrstufigen deterministischen Bedarfsauflösung führen.

2. VED.SIM

Im Gegensatz zu den vorhergehenden Teilmodellen liefern die Teilmodelle, die mit VED (variierende *Eingangsdaten*) bezeichnet werden, *Zeitreihen*, die später als Input in das Hauptmodell eingelesen werden. Das Teilmodell *VED.SIM* generiert Bestell- und Bedarfsmengen, die während des Planungs-

horizonts veränderlich sind aber durch eine Variation der Dispositionsartenstruktur nicht berührt werden.

Im Modellbereich *Bestellmengenrechnung* werden nach Kunden und Endprodukten differenzierte Bestellmengen pro „Tag“, der kleinsten Simulationszeiteinheit, generiert. Es können neben Standardbestellmengen und Standardbestellintervallen auch Standardabweichungen der Bestellmengen sowie maximale Abweichungen von den Standardbestellintervallen variiert werden. Die Bestellmengenschwankungen werden mit der Standardnormalverteilung, die Bestellabstände mit der Gleichverteilung modelliert. Trend- und Saisonanteile werden nicht berücksichtigt.

Die Bedarfsermittlung wird auf zwei identischen, parallelen Wegen durchgeführt, damit *historische* und *prospektive* Bestellmengen generiert werden können. *Historische* Bestellmengen (Ist-Werte der Vergangenheit) werden im Vorlauf verwendet, *prospektive* Bestellmengen (Ist-Werte der Zukunft) bestimmen den tatsächlichen Bedarf in den Wiederholungsläufen.

Im Bereich *Bedarfsmengenberechnung* werden die auf das Bestelleingangsdatum bezogenen Bestellmengen um die vereinbarte Lieferzeit je Kunde und Endprodukt verzögert, damit die zum Zwecke der erwartungsorientierten Disposition monatlich aggregierten Prognosebedarfe zeitlich richtig zugeordnet werden. Die Berechnungen erfolgen hier ebenfalls nach historischen und prospektiven Bedarfen differenziert.

3. VEDWH.SIM

Das Teilmodell VEDWH.SIM dient drei Zwecken. Erstens wird per Binärvariable entschieden, ob an das Teilmodell HPT.SIM historische (Vorlauf) oder prospektive (Wiederholungslauf) Bedarfsdaten weitergeleitet werden. Zweitens werden Bedarfe zum Produktionsauslösungszeitpunkt bestimmt. Zur Ermittlung dieses Bedarfs wird angenommen, dass spätest möglich terminiert wird. Aus vereinbarter Lieferzeit je Kunden und Material wird eine maximale Bedarfsverschiebung errechnet, mit der die Bedarfe gegenüber dem Bestellzeitpunkt verzögert werden. Drittens werden für die in den Wiederholungsläufen erwartungsorientiert disponierten Materialien prognostizierte und monatlich aggregierte Bedarfe generiert, die je nach Dispositionsartenstruktur – und damit je nach Wiederbeschaffungszeit und Prognosegüte – mehr oder weniger nahe an den prospektiven Bedarfsdaten liegen.

4. KONSTFSZ.SIM

Das Teilmodell KONSTFSZ.SIM liefert bevratungsebenenabhängig Plan-Wiederbeschaffungszeiten, die in den Wiederholungsläufen bei der Produktionsplanung bevrateter Materialien Verwendung finden.

Die Plan-Wiederbeschaffungszeit setzt sich aus der Bereitstellungszeit der Direktbedarfsposition mit der längsten Bereitstellungszeit sowie der Fertigungszeit zusammen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei mehrstufiger Produktion die Plan-Bereitstellungszeiten der Direktbedarfspositionen bei jeder Dispositionartenstrukturänderung dispositionsstufenweise von der untersten bis zur obersten Dispositionsstufe sukzessive neu berechnet werden müssen, da sich die für die Bestimmung der maximalen Bereitstellungszeit maßgebliche Rangfolge der Inputmaterialien verändern kann. Das Teilmodell *KONSTSZ.SIM* muss damit je Wiederholungslauf aufgerufen und in der Anzahl bestehender Dispositionsstufen zur rekursiven Berechnung der Wiederbeschaffungszeiten mehrmals durchlaufen werden.

5. *HPT.SIM*

HPT.SIM ist der Hauptteil des Simulationsprogramms, welcher die *Produktionsplanung* sowie die *Produktionsausführung* nachahmt. Dabei werden zufällige Abweichungen verarbeitet und wird eine Rückkopplung mit Ergebnissen vorangegangener Simulationszeiteinheiten abgebildet. Somit ist es dasjenige Simulationsteilmodell, das dem Gesamtmodell den Charakter einer kontinuierlichen Simulation nach dem SD-Ansatz verleiht.

Die Modellgleichungen lassen sich nach den Bereichen *Bedarfsermittlung* (*Bereich A*), *Verfügbarkeitsprüfung* (*Bereich B*), *Reihenfolgefestlegung und Produktion* (*Bereich C*), *Zwischenlager* (*Bereich D*), *Kundenauftragsabwicklung/Lieferung* (*Bereich E*) und *verschiedenen Schnittstellenbereichen* (*Bereiche F*) gliedern. Aufgrund des Regelkreisansatzes stehen die hauptsächlichen *Bereiche* des Hauptmodells in vielfältigen Interdependenzbeziehungen zueinander, die in der vereinfachenden, für die weiteren Darstellungen grundlegenden Abbildung 2 aufgezeigt werden.

Bereich A, Bedarfsermittlung

Die Bedarfsermittlung ist der produktionsplanerische Ausgangspunkt der Berechnungen des Hauptmodells. Hier werden „tatsächliche“ und „dispositive“ Bedarfe ermittelt.

Tatsächliche Bedarfe, im Sinne von lagerabgeglichenen Netto-Bedarfen ergeben sich durch die spätest möglich terminierten Endproduktbedarfe aus dem Teilmodell *VEDWH.SIM* sowie aus der Lagerentwicklung. Je nach Dispositionenart ist ein Vor- oder Nachlauf der Bestandsentwicklung gegenüber den auftragsausgelösten Bedarfen zu erwarten, der zur Berechnung der Fertigstellungszeit und der Lagerdauer herangezogen wird.

Die Abbildung 3 zur Ermittlung des *dispositiven Bedarfs* stellt einen beispielhaften Auszug aus dem Programm in grafischer sowie Code-Ansicht in

der Notation nach Powersim in der Version 2.5 dar. Konstanten nach SD werden dabei durch Rauten, Levels durch Rechtecke, Raten durch Drosseln und Hilfsgleichungen für Raten durch Kreise angezeigt. Die doppelte Umrandung zeigt an, dass eine Indizierung für Vektoren, Matrizen oder höherdimensionale Objekte vorliegt. Ecken zeigen Objekte aus anderen Programmgebieten an. Im Code wird mit dem Ausdruck „dim“ die Indizierung eines Objekts festgelegt. „Aux“ zeigt die Definition einer Hilfsvariablen, „init“ den Anfangsbestand eines Levels und „flow“ die Integration des Levels an.

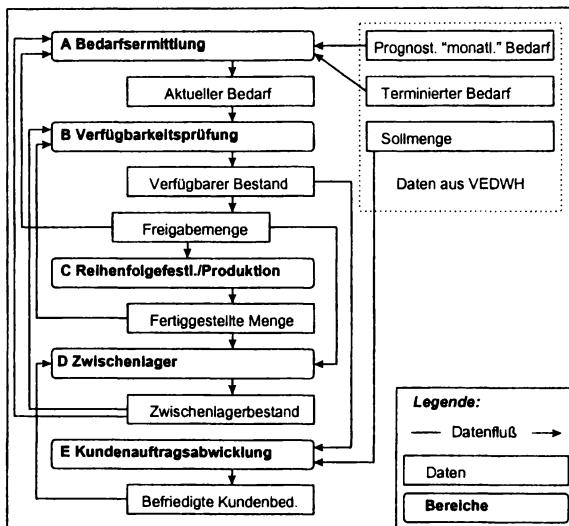


Abbildung 2: Hauptsächliche Interdependenzbeziehungen zwischen den Bereichen des Hauptmodells

Die dargestellten *dispositiven Bedarfe* sind produktionsplanerisch relevante und durch kontinuierliche Plananpassung revidierte Bedarfe. Zur ihrer Berechnung werden aus den in drei voneinander unabhängigen Bereichen bereits kundenauftrags- (VEDWH_BedTerm_p in Form einer Zeitreihe je Produkt p), erwartungs- („monatlich“ neu berechnete Hilfsfunktion A2_EO_Bed) sowie verbrauchsorientiert (A3_VO_Bedarf) ermittelten Netto-Bedarfen diejenige Zeitreihe gewählt, die der aktuellen Dispositionsart (ExtB_DA_akt) entspricht. Diese Bedarfe lösen ihrerseits Bedarfe aus, die mit Hilfe der „korrigierten“ Gesamtbedarfsmatrix (KONSTWH_GBM_Korr) mehrstufig aufgelöst werden. Der endgültig dispositiv relevante Bedarf an einem Material (A4_AktBed) setzt sich neben dem Bedarf der aktuellen Zeiteinheit (A4_Aggr_Abh_Bed) auch aus dem Rückstand vergangener Zeiteinheiten (A4_BackOrderbestand), den Ausschussmengen (F3_Intbed_Mehraussch) sowie den Obsoleszenzmengen zusam-

men (D2_ObsM). Der aktuelle Bedarf muss dabei um die in der Produktion freigegebene Menge (B_Freigabemenge) bereinigt werden.

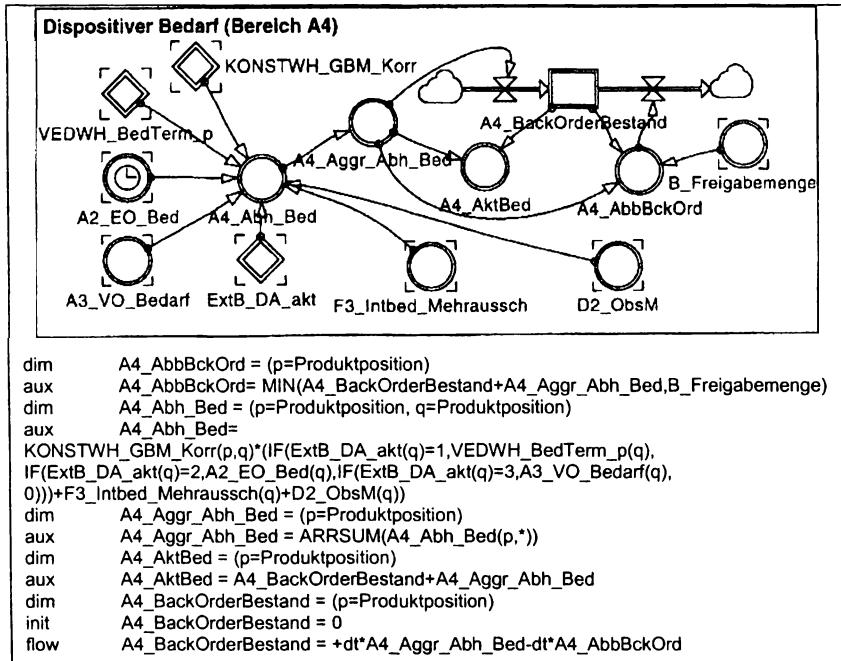


Abbildung 3: Auszug aus dem Programm in graphischer und computersprachlicher Darstellung

Bereich B, (Material-)Verfügbarkeitsprüfung

Das Modell nimmt eine simultane Mengen- und Kapazitätsplanung vor. Ein Material kann im Modell nur in dem Umfang freigegeben werden, in dem der benötigte Direktbedarf fertiggestellt wurde. Da jeder Auftrag angenommen wird, werden auf Endproduktebene unbegrenzt hohe Auftragsbestände fehlmengenkostenwirksam zugelassen. Mangelnde Kapazitätsverfügbarkeit macht sich durch eine verzögerte Produktion der Bedarfspositionen (Vorwärtssterminierung) indirekt über die rekursiv berechnete Materialverfügbarkeit bemerkbar. Direktbedarfsmengen für konkurrierende Verwendungspositionen werden nach Maßgabe des jeweiligen dispositiven Bedarfs berechnet.

Bereich C, Reihenfolgefestlegung und Produktion

In diesem Bereich werden zunächst *Rüstfolgen* bestimmt. Die Maschinenbelegung erfolgt nach dem Zufallsprinzip. Durch eine *zufällige* Belegungsplanung

wird die Einflussgröße „Produktionsprozessplanung“ neutralisiert.⁴⁴ Des Weiteren wird zum Zeitpunkt eines Materialwechsels an einer Produktionsstelle die reihenfolgeabhängige *Umrüstdauer* bestimmt, um die Produktion des aktuellen Materials um die Rüstdauer zu verzögern. Daneben werden weitere Regelkreise für die zufälligen *Produktionsbedingungen* Intensitätserhöhung bei Rückstand, Ausschussquote, instandhaltungsbedingter Stillstand sowie intensitätsbedingte Mehrinstandhaltung durchlaufen. Liegt die Direktbedarfsmenge eines Materials bestandsmäßig vor, so wird die freigegebene Menge des Materials vor der betreffenden Produktionsstelle in eine Warteschlange eingereiht, deren Länge nicht begrenzt wird. Kapazitive Restriktionen spiegeln sich somit allein in der Ist-Fertigstellungszeit wider.

Die Berechnung der Zeitreihe *fertiggestellter Mengen* erfolgt unter der jeweils berechneten Rüstfolge und den Produktionsbedingungen. Der *Prozesszugang* erfolgt auftragsweise⁴⁵, solange es einen *Freigabebestand* gibt. Solange Störungen vorliegen oder der vorangegangene Auftrag nicht abgearbeitet ist, erfolgt ebenfalls kein Prozesszugang. Der *Prozessabgang* erfolgt mit der Produktionsgeschwindigkeit. Diese ist durch die *Intensität* und die *Bearbeitungszeit* je Mengeneinheit gegeben. Der Prozessabgang hat die Höhe null, solange kein *Prozessbestand* existiert, eine *Störung* vorliegt oder ein *Rüstvorgang* stattfindet. Die Rüstzeit wird durch eine Verzögerung des Prozessabgangs gegenüber dem Prozesszugang um die Umrüstzeit vom vorherigen auf das aktuelle Material berücksichtigt.

Die fertiggestellte Menge je Material ergibt sich aus der Korrektur des *Prozessabgangs* um die *Ist-Ausschussquote*. Die *fertiggestellte Menge* ist eine zentrale Regelgröße, die in den *Bereichen B Verfügbarkeitsprüfung, D3 Zwischenlager* und *E Kundenauftragsabwicklung* Verwendung findet.

Bereich D, Zwischenlager

Der Zwischenlagerbestand⁴⁶ ist eine zentrale Regelgröße für die *Bereiche A3 Verbrauchsorientierter Bedarf* und *B Verfügbarkeitsprüfung*. Der *Bereich D* ist

⁴⁴ Drei Gründe sprechen dafür: 1) Die Begrenzung des Modellumfangs. 2) Die Vielzahl der möglichen Verfahren lässt eine Berücksichtigung nur betriebsindividuell, nicht jedoch in einem allgemeinen Ansatz als geeignet erscheinen. 3) Viele, insbesondere optimierende Verfahren wie beispielsweise Branch & Bound lassen sich mit dem SD-Ansatz nicht vereinbaren, da während einer Zeiteinheit der Simulation eine im Voraus nicht bekannte Anzahl von Berechnungsschritten durchgeführt werden müsste.

⁴⁵ Die Auftragsgröße hängt von der Dispositionssart ab. Im Vergleich zur verbrauchsorientierten Disposition nach einer s,x-Politik werden bei erwartungsorientierter und auftragsorientierter Disposition suboptimale Lose gebildet.

⁴⁶ Die Bezeichnung *Zwischenlager* bezieht sich auf die Lagerung zwischen Fertigstellung und Verwendung, nicht auf Zwischenprodukte.

in vier *Unterbereiche* gegliedert. Im *Unterbereich D1* wird der Anfangsbestand des Zwischenlagers in Abhängigkeit von der Dispositionsart berechnet. Im *Unterbereich D2* wird an Hand der Obsoleszenzfristen je Material eine Teilabgangsgröße des Zwischenlagers, die *Obsoleszenzmenge* an Zwischenlagerbeständen, berechnet. Der *Unterbereich D3* beinhaltet den Kern der Bestimmung des laufenden Zwischenlagerbestands. Im *Unterbereich D4* wird schließlich zu Auswertungszwecken der Lagerdurchsatz berechnet und zum gesamten Lagerdurchsatz kumuliert.

Beim Zwischenlagerabbau in D3 werden im Falle der *Endproduktbedarfe* die befriedigten Kundenbedarfe abgezogen. Zwischenbestände an *Vor- und Zwischenprodukten* werden gemäß der Höhe der Freigabemengen an Verwendungspositionen reduziert. In beiden Fällen werden zusätzlich Obsoleszenzmengen abgezogen.

Somit bilden die *Bereiche D Zwischenlager* und *B Verfügbarkeitsprüfung* gemeinsam den zentralen Regelkreis des Hauptmodells. Hier wird die Mehrstufigkeit der Produktion bzw. der Weiterverwendung abgebildet. *Beschaffungsseitig* wird die Freigabe durch die Bestände an Direktbedarfspositionen im Zwischenlager reguliert (Verfügbarkeitsprüfung). *Verwendungsseitig* werden wiederum die Abgänge des Zwischenlagers durch die Bedarfsauflösung der freigegebenen Verwendungspositionen gesteuert. Dabei erfolgt die Modellierung für Vor-, Zwischen- und Endprodukte in weitestgehend einheitlicher Weise.

Bereich E, Kundenauftragsabwicklung/Lieferung

Der *Bereich E* stellt die Schnittstelle zwischen den rein materialienbezogenen Berechnungen in den bisherigen Bereichen und den material- und kundenweise gegebenen „Sollmengen“ zum Kundenbedarfstermin dar.

Eine Reihenfolgebildung bei der Befriedigung der Kundenaufträge konnte nicht abgebildet werden.⁴⁷ Stattdessen wird der materialweise verfügbare Bestand auf die Kundenbedarfe einschließlich der Rückstände quotiert.

Bereiche F, Schnittstellenbereiche

Dieser Bereich generiert ausschließlich Größen, die in anderen Teilmodellen verwendet werden. Hierunter fallen die mittlere *Ist-Fertigstellungszeit*, die als Quotient des kumulierten laufenden Auftragsbestands und der kumulierten fertiggestellten Mengen berechnet wird, die dispositionsartbedingte, *kumulierte*

⁴⁷ Dies würde zu einer Überschreitung softwareseitiger Begrenzungen führen, da eine zusätzliche Dimension Kundenauftragsnummer eingeführt werden müsste. In Powersim Version 2.5 ist die maximale Anzahl der Matrixelemente je Variable beschränkt.

Anzahl der Rüstübergänge, die intensitätsbedingte Ist-Ausschussquote und der kumulierte Prozessabgang.

6. AUSWERT.SIM

Im Modell *AUSWERT.SIM* werden an Hand der Zeit- und Mengengrößen, die bei den Wiederholungsläufen des Hauptmodells ermittelt wurden, dispositionsartbedingte Erfolgsgrößen berechnet. Die *Bereiche* dieses Teilmodells sind entsprechend einer themenbezogenen Gliederung relevanter Kosten⁴⁸ aufgebaut, wobei allerdings nur Teile der dort unterschiedenen Kostenarten berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich um die auftragsgrößenbedingten Kosten, die Lagerführungskosten, die Fehlmengenanpassungsvollzugskosten aufgrund intensitätsmässiger Anpassung sowie die absatzbezogenen unmittelbaren Fehlmengenfolgekosten bei Lieferuntreue. Die Kostensumme im Simulationshorizont dient als einzige Zielgröße.

III. Beispielhafte Analyse eines Bevorratungsfaktors

Im Folgenden wird eine Beispielrechnung zur Bestimmung der dispositionsartenrelevanten Erfolgsteilgrößen vorgestellt. Damit soll *erstens* an Hand eines funktionsfähigen Prototyps gezeigt werden, dass mit entsprechendem Mitteneinsatz in die Weiterentwicklung auch eine sehr umfangreiche Fragestellung wie die Wahl der Bevorratungsebene einer quantitativ-monetären Bewertung zugänglich gemacht werden kann. *Zweitens* dienen Beispielrechnungen der *Illustration* von Auswirkungen ausgewählter Bevorratungsfaktoren. Die letztgenannte Zielsetzung ist bestimmd für das Experimentdesign.

Bei dem Experiment werden bis auf den jeweils zu untersuchenden Bevorratungsfaktor alle weiteren Parametereinstellungen konstant gehalten. Der jeweils zu untersuchende Bevorratungsfaktor wird, ausgehend vom Standardwert des Versuchs verändert, um Auswirkungen auf die dispositionsartbedingten Gesamtkosten zu untersuchen. Hierzu werden diese Erfolgsteilgrößen je Bevorratungsfaktor für alle möglichen Zustände der Bevorratungsebene und auf der Abszisse „Bevorratungsebene“ aufgetragen.

Bei der schrittweisen Erhöhung der Bevorratungsebene wird, ausgehend von einer durchgehend auftragsorientierten Dispositionsartenstruktur (keine Bevorratung), das Material auf der jeweils nächsten Produktstufe mit dem Dispositionskennzeichen *erwartungsorientiert* versehen.

⁴⁸ Vgl. hierzu Akın 1999, S. 99–179.

Untersucht wird eine einfache durchlaufende Produktion eines einzigen Produkts in sechs Produktstufen einschließlich der Vorproduktstufe, wobei der Bedarfskoeffizient jeder Stufe eine Einheit beträgt und jeder Stufe genau eine Produktions- bzw. Beschaffungsstelle zugeordnet wird (s. Abbildung 4).⁴⁹

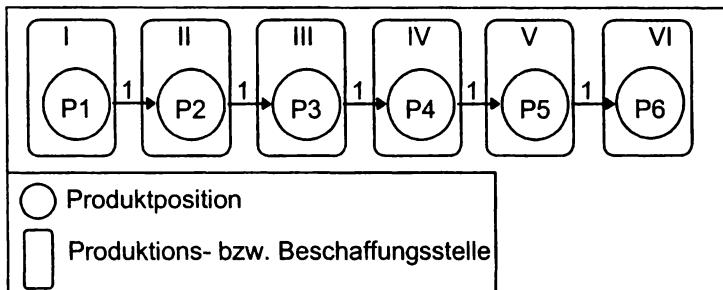


Abbildung 4: Produkt- und Produktionsstellenstruktur des Standardbeispiels

In der beispielhaft gewählten Versuchsreihe wird die Modellvariable Standardbestellmenge gegenüber der Standardkonstellation variiert. Damit wird in dem Versuchslauf der Einfluss der Bevorratungsfaktors Bedarfshöhe exemplarisch analysiert. Mit den gewählten Parametereinstellungen⁵⁰ konzentriert sich die Analyse auf die Entwicklung der *Lagerführungskosten* gegenüber den *Fehlmengenfolgekosten*. Abbildung 5 verdeutlicht beispielhaft den Einfluss einer Erhöhung des durchschnittlichen Bedarfs mit Hilfe der Konstanten *Standardbestellmenge* von 150 gem. Standardlauf (s. Datenreihen *STD*) auf 200 Stück je Bestellung (s. Datenreihen *Bed200*).

Die *Lagerführungskosten* (LK) verlaufen bei erhöhtem Bedarf im Vergleich zum Standardbeispiel für jede Bevorratungsebene nahezu identisch. Die *Fehlmengenfolgekosten* (FMFK) steigen gegenüber dem Standardbeispiel insbesondere auf niedrigen Bevorratungsebenen stark an. Damit steigen die *Gesamtkosten* insbesondere auf niedrigen Bevorratungsebenen vergleichsweise stark an und erhöht sich die optimale Bevorratungsebene von Stufe 4 auf Stufe 5.

⁴⁹ Hierbei ist anzumerken, dass bei einstufiger Bevorratung zum Durchspielen aller möglichen Bevorratungsebenen je Versuchsreihe ein Vorlauf sowie sechs Wiederholungsläufe durchgeführt werden müssen, was auf der benutzten Hardware insgesamt ca. 20 Minuten in Anspruch nimmt.

⁵⁰ Im Modell können 70 Parameter und Bevorratungsfaktoren variiert werden. Vgl. Akın 1999, S. 475 ff.

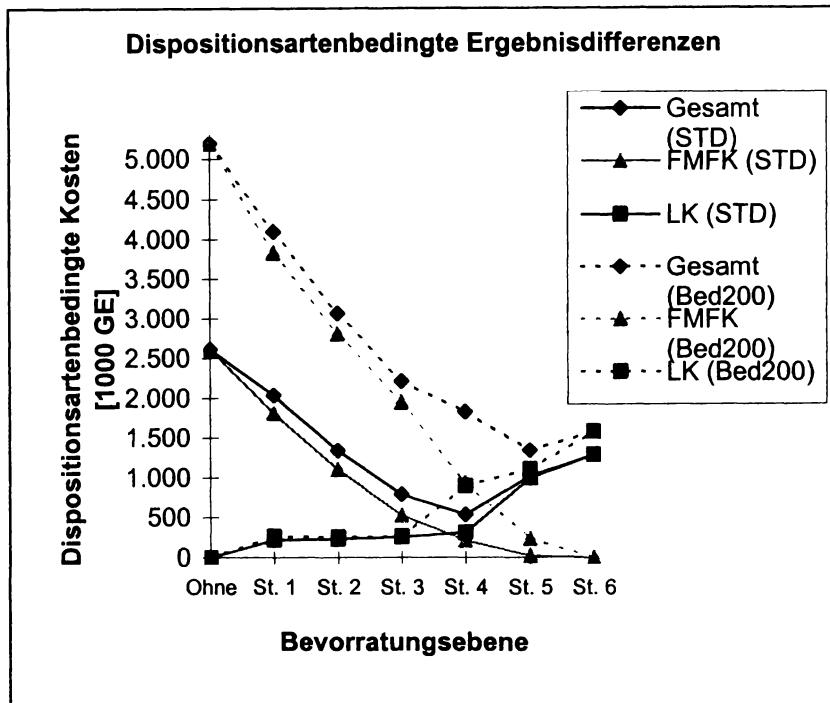


Abbildung 5: Variation der Bedarfshöhe

E. Kritische Würdigung

Der realisierte Prototyp und die vorgestellte Beispielrechnung demonstrierten die Möglichkeit einer monetär fundierten Festlegung der Bevorratungsebene durch eine Berücksichtigung der wichtigsten themenrelevanten Zusammenhänge der Produktionsplanung und -ausführung in einem Simulationsmodell. Offensichtlich wird der wesentliche Vorteil der Computersimulation, eine große Anzahl von Parametern analysieren zu können. Allerdings wird auch der Aufwand deutlich, der für die Realisierung eines in der Praxis einsetzbaren Simulationsmodells notwendig ist. Die Einfachheit der Beispielrechnungen resultiert dabei nicht nur aus der angestrebten Anschaulichkeit, sondern auch aus Hard- und Softwarerestriktionen.

Mit Blick auf die funktionsübergreifende Festlegung der Bevorratungsebene unter Beteiligung verschiedener Abteilungen eignet sich der SD-Ansatz auf Grund der Einfachheit und der geringen Anzahl der Elementarten als ein do-

mänenunabhängiges Modellierungskonzept.⁵¹ Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang insbesondere das Nebeneinander von grafischer Veranschaulichung und formaler Definition der Variablenbeziehungen.

Trotz der genannten Vorteile bestehen jedoch bei der Anwendung im Rahmen der Bevorratungsebenenwahl zahlreiche Hinderungsgründe auf Grund der Abbildung von Produktionssystemen für komplex zusammengesetzte Stückgüter. Bei diesen domänen spezifischen Anwendungsproblemen handelt es sich weniger darum, dass fertigungstechnische Produktionen aufgrund ihres diskreten Charakters in ihrem kurzfristigen Verhalten nicht analysiert werden können.⁵² Bedeutsamer ist der Umstand, dass eine Parallelisierung und Programm-Modularisierung im eigentlichen Sinne nicht möglich ist, da ein SD-Modell als ein System von zu jedem Simulationszeitpunkt interdependenten Gleichungen definiert ist.⁵³ Bei der Abbildung von fertigungstechnischen Systemen, die durch Objektvielfalt, beispielsweise Materialvielfalt gekennzeichnet sind, wirft dies rechentechnische Schwierigkeiten auf. Des Weiteren besteht, zumindest bei der vorliegenden Fragestellung, ein Dilemma zwischen der Allgemeinheit der Modellierung und der Rechenbarkeit. SD-Werkzeuge erlauben es, Zustandsvariablen, Hilfsvariablen und Konstanten gleicher Dimension durch Einführung eines Index zu einem Objekt zusammenzufassen.⁵⁴ So können aus der Sicht der grafischen Modellierung sowie der strukturierten Programmierung redundanzfreie Strukturen geschaffen werden. Die Modellgleichungen müssen dann beispielsweise nicht für jedes Material wiederholt werden. Bei Indizierung können jedoch *Zuordnungen* – wie beispielsweise Zuordnungen von Materialien zu Kunden oder zu Aufträgen – nur durch Matrizen abgebildet werden, die zahlreiche Nullelemente enthalten. Hierdurch wird die Objektanzahl stark erhöht. Bei höherdimensionalen Zuordnungen wie beispielsweise von Kunden *und* Endprodukten zu Deckungsbeiträgen wird dadurch auch die modellweit mögliche Anzahl der Extensionen jeder einzelnen Variable zunehmend stärker begrenzt. Die Alternative bestünde im Beispiel der Stückliste darin, Gleichungen nur für solche Materialien zu formulieren, die eine Bedarfs- und Verwendungsbeziehung zueinander aufweisen. Dann wäre das Modell jedoch erstens nicht allgemein und führt zweitens jede explorative Produktstrukturvariation zur Modelländerung.

Insgesamt ist festzuhalten, dass der SD-Ansatz im Anwendungsfall Bevorratungsebenenwahl ein vorzügliches Instrument zur Referenzmodellierung ist, je-

⁵¹ Vgl. Forrester 1961, S. 13.

⁵² Vgl. hierzu Abele 1985, S. 199.

⁵³ Vgl. Abele 1985, S. 112.

⁵⁴ Vgl. hierzu o.V. 1996, S. 63 ff.

doch bei realen Modellgrößen andere Simulationsansätze gewählt werden müssen.

Literaturverzeichnis

- Abele, R.: Bestandsstrategien für Zwischen- und Endprodukte bei mehrstufiger Serienfertigung am Beispiel der Wälzlagerproduktion – Eine Simulationsstudie, Diss., Würzburg 1985.*
- Adam, D. / Witte, Th.: Merkmale der Planung in gut- und schlechtstrukturierten Planungssituationen, in: WISU 1979, H. 8, S. 380–386.*
- Akin, B.: Festlegung der Bevorratungsebene in fertigungstechnischen Unternehmen, Wiesbaden 1999.*
- Büdenbender, W.: Ganzheitliche Produktionsplanung und -steuerung – Konzepte für Produktionsunternehmen mit kombinierter kundenanonymer und kundenbezogener Auftragsabwicklung, Berlin u.a. 1991.*
- Chen, B.: Experimentelle Optimum-Suchstrategien auf der Basis der Computersimulation zur Unterstützung betriebswirtschaftlicher Entscheidungsfindung, Frankfurt a.M. / New York / Paris 1990.*
- Corsten, H.: Produktionswirtschaft – Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, 7. Aufl., München / Wien 1998.*
- Forrester, J. W.: Industrial Dynamics, Cambridge (Mass.) / Norwalk (Conn.) 1961.*
- *Grundsätze einer Systemtheorie (Principles of Systems), Wiesbaden 1972.*
- Geitner, U. W.: Fertigungsplanung und -steuerung in Praxis und Forschung – Teil 1, in: ZwF, 75 (1980), H. 8, S. 379–383.*
- Glaser, H. / Geiger, W. / Rohde, V.: PPS Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Konzepte, Anwendungen, 2. Aufl., Wiesbaden 1992.*
- Große-Oetringhaus, W. F.: Fertigungstypologie unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsablaufplanung, Berlin 1974.*
- Hagen, K.: Die Berücksichtigung unsicherer Daten in Planungsmodellen zur Produktions- und Absatz-Programmplanung, Diss., Saarbrücken 1977.*
- Helberg, P.: PPS als CIM-Baustein, Berlin 1987.*

- Heuser, Th.:* Synchronisation auftragsneutraler und auftragsspezifischer Auftragsabwicklung, Aachen 1996.
- Jacob, W.:* Grundfragen der erfolgswirtschaftlichen Dimensionierung von Zwischenlagern, Diss., Dortmund 1987.
- Köhler, R.:* Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen variantenreichen Kleinserienprodukten, Berlin u.a. 1997
- Kortzfleisch, G. v. / Krallmann, H. H.:* Industrial Dynamics, in: Kern, W. (Hrsg.), Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, Stuttgart 1979, Sp. 724–733.
- Krallmann, H. H.:* Systemanalyse im Unternehmen – Geschäftsprozeßoptimierung, Partizipative Vorgehensmodelle, Objektorientierte Analyse, 2. Aufl., München / Wien 1996.
- Kurbel, K.:* Produktionsplanung und -steuerung – Methodische Grundlagen von PPS-Systemen und Erweiterungen, 2. Aufl., München / Wien 1995.
- Mertens, P.:* Simulation, 2. Aufl., Stuttgart 1982.
- Mertins, K. / Rabe, M. / Friedland, R.:* Simulations-Referenzmodelle erschließen neue Potentiale, in: ZWF, 91(1996), H. 10, S. 479–481.
- Milling, P.:* Leitmotive des System-Dynamics-Ansatzes, in: WiSt, 13 (1984), H. 10, S. 507–520.
- Simulationen in der Produktion, in: Kern, W. / Schröder, H.-H. / Weber, J. (Hrsg.), Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, 2. Aufl., Stuttgart 1996, Sp. 1840–1852.
- o.V.:* Powersim 2.5 – User's Guide, Powersim AS, Isdalstø/Norwegen 1996.
- Oertli-Cajacob, P.:* Ein strategisches, auf „System Dynamics“ beruhendes Simulationsmodell zur globalen Optimierung der mehrstufigen Lagerbewirtschaftung und Distribution, in: Baetge, J. (Hrsg.), Systemtheorie und sozio-ökonomische Anwendungen, Berlin 1976, S. 237–266.
- Pidd, M.:* Computer Simulation in Management Science, 3. Aufl., Chichester u.a. 1992.
- Schiemann, E.:* Beitrag zur Gestaltung der Bedarfsermittlung bei Mehrproduktfertigung mit Varianten, Diss., Dortmund 1981.
- Schneeweiß, Ch.:* Einführung in die Produktionswirtschaft, 6. Aufl., Berlin u.a. 1997.
- Schomburg, E.:* Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau, Diss., Aachen 1980.
- Schuff, G.:* Bewältigung von Planabweichungen bei nachfrage- und lagergebundener Kleinserienfertigung durch eine dynamische Fertigungsplanung und -steuerung, Fortschrittsberichte der VDI-Z Reihe 2, Nr. 68, Düsseldorf 1984.

Schwalge, U.: Kostenreduzierung in der Lagerhaltung durch Optimierung der Entscheidung zwischen bedarfsgesteuerter oder verbrauchsgesteuerter Disposition von Zukaufteilen, Diss., Aachen 1983.

Utzel, Ch.: Materialdisposition bei auftragsgebundener Einzelfertigung, Münster 1992.

Wildemann, H.: Das Just-in-Time Konzept - Produktion und Zulieferung auf Abruf, 4. Aufl., München 1995.

Zäpfel, G.: Produktionswirtschaft – Operatives Produktionsmanagement, Berlin / New York 1982.

Zimmermann, G.: Produktionsplanung variantenreicher Erzeugnisse mit EDV, Berlin u.a. 1988.

Zinn, W. / Bowersox, D. J.: Planning Physical Distribution with the Principle of Postponement, in: *Journal of Business Logistics*, 9 (1988), H. 2, S. 117–136.

Integration des ressourcen- und des marktorientierten Ansatzes in einem System-Dynamics-Modell

Von Achim Korten

A. Notwendigkeit eines neuen Bewertungsmaßstabes für industrielle Unternehmen

In der wertorientierten Unternehmensführung wird das Ziel der Sicherung des Unternehmenspotenzials ergänzt um das Ziel der Steigerung des Unternehmenswertes.¹ Eine Voraussetzung zur Zielerreichung ist das Agieren in attraktiven Märkten: „At the broadest level, firm success is a function of two areas: the attractiveness of the industry in which the firm competes and its relative position in that industry.“² Märkte, die nachhaltige Renditen versprechen, ziehen automatisch weitere Wettbewerber an. Daher sind langfristig überdurchschnittliche Erträge nicht zu erwarten.³ Aus Sicht des ressourcenbasierten Führungsansatzes bestimmt die Frage der Ressourcenallokation die Möglichkeit zur Erzielung nachhaltiger Renditen. „Because of (1) resource-market imperfections and (2) discretionary managerial decisions about resource development and deployment, we expect firms to differ in the resources they control. This asymmetry in turn can be a source of sustainable economic rent.“⁴

¹ Vgl. Günther, Thomas: Unternehmenswertorientiertes Controlling, München 1997, Seite 70 f. Zum klassischen Zielsystem vergleiche Heinen, Edmund: Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen – Das Zielsystem der Unternehmung, 3., durchgesehene Auflage, Wiesbaden 1976, S. 59 ff.

² Porter, Michael E.: Towards a Dynamic Theory of Strategy, in: Strategic Management Journal, 12. Jg., Special Issue Winter 1991, S. 95–117, hier S. 99.

³ Aus Sicht des Market-based View sind Branchen mit geringer Wettbewerbsintensität besonders attraktiv, da sich dort eher überdurchschnittliche Gewinne erwirtschaften lassen. Siehe hierzu beispielhaft Rühli, Edwin: Die Resource-based View of Strategy, in: Gomez, Peter (Hrsg.): Unternehmerischer Wandel: Konzepte zur organisatorischen Erneuerung, Wiesbaden 1994, S. 31–57, hier S. 35 f.

⁴ Amit, Raphael und Paul J. H. Shoemaker: Strategic Assets and Organizational Rent, in: Strategic Management Journal, 14. Jg., Nr. 1/93, S. 33.

Demzufolge liegt die Ursache für überdurchschnittliche Erträge in den unternehmensspezifischen Ressourcen sowie deren effizienten und effektiven Nutzung und imperfekten Marktmechanismen.⁵ Umfang und Qualität von Ressourcenausstattung und -management sind nicht ausreichend, ein Unternehmen hinsichtlich seiner Attraktivität zu beurteilen. Eine kombinierte Betrachtung von Markt- und Ressourcenorientierung erscheint vorteilhaft gegenüber einer jeweils isolierten Perspektive: die Bearbeitung eines attraktiven Marktes mit effizient und effektiv genutzten, einzigartigen Ressourcen führt langfristig zu überdurchschnittlichen Erträgen.⁶

Die Unternehmensführung hat zur Aufgabe, hierzu Strategien zu formulieren und zu implementieren, die zur Erreichung einer angestrebten Rendite führen. Zur erfolgreichen Strategiumsetzung müssen Ressourcen akkumuliert und Kompetenzen entwickelt werden. Hier findet sich jedoch ein Dilemma: einerseits sind für die Ressourcenakkumulation Investitionen notwendig. Andererseits stehen nicht alle aus betrieblicher Tätigkeit erwirtschafteten Mittel für Investitionen zur Verfügung, da die Kapitalgeber eine Verzinsung ihres eingesetzten Kapitals in Form von Ausschüttungen / Dividenden fordern. Diese Kapitalkosten reduzieren entsprechend die investierbaren Mittel. Andererseits führen hohe Dividenden dazu, daß existierende und potenzielle Anteilseigner eine erhöhte Bereitschaft haben, durch weitere bzw. neue Beteiligungen dem Unternehmen zusätzliche finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen. Entsprechend läßt sich die Frage stellen, welche Kombination von Dividenden- und Investitionspolitik letztendlich zu höheren investierbaren Mitteln führt. Je mehr finanzielle Mittel für Investitionen in die einzelnen Ressourcenarten bereit stehen, um so mehr Möglichkeiten bieten sich dem Unternehmen, deren Bestand auszubauen. Damit wird die Grundlage geschaffen, bereits bearbeitete oder neue Märkte mit schon vorhandenen oder neuen Produkten intensiver zu bearbeiten. Als Folge dessen lassen sich langfristig nachhaltige Renditen erzielen, die zur Steigerung des Unternehmenswertes beitragen.

Um beurteilen zu können, wie Dividenden- und Investitionspolitik bestmöglich aufeinander abgestimmt werden, bedarf es eines Beurteilungskriteriums. In der Literatur zur Unternehmensbewertung und zum ressourcenbasierten Führungsansatz findet sich bislang kein Maßstab, der alle strategisch wichtigen Ressourcen bei der Unternehmensbewertung berücksichtigt. Notwendig zum Schließen dieser Lücke ist eine ressourcenbasierte Unternehmensbewertung.

⁵ Vgl. Barney, Jay: Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, in: *Journal of Management*, 17. Jg., Nr. 1/91, S. 99–120, hier S. 101.

⁶ Rühli schlägt eine integrative Sichtweise von marktorientiertem und ressourcenbasierten Führungsansatz vor. Siehe hierzu Rühli, Edwin: *The Resource-based View of Strategy*, S. 51 f. Ebenso Knyphausen, Dodo zu: *Why are firms different?*, in: *Die Betriebswirtschaft*, 53. Jg., Nr. 6/93, S. 771–792, hier S. 785 f.

B. Konzeption des ressourcenbasierten Unternehmenswertes

Elemente des ressourcenbasierten Unternehmenswertes sind die Bewertungen der verschiedenen Ressourcenarten. Es werden finanzielle, materielle und immaterielle Ressourcen unterschieden.⁷ Finanzielle Ressourcen enthalten die Mittel, die einem Unternehmen für Investitionen in materielle und immaterielle Ressourcen zur Verfügung stehen. Materielle Ressourcen sind beispielsweise die Technischen Anlagen und Maschinen, Immobilien und der Fuhrpark. Es handelt sich dabei um diejenigen Vermögenspositionen, die im Sachanlagevermögen der Bilanz enthalten sind. Immaterielle Ressourcen umfassen das Intellektuelle Kapital des Unternehmens, organisationale Fähigkeiten sowie Kompetenzen. Das Intellektuelle Kapital wird unterschieden in Humankapital und in Strukturkapital.⁸ Humankapital umfaßt das Wissen, die Erfahrung, Kreativität und Motivation, die von den Mitarbeitern in ihre Tätigkeit eingebracht werden. Strukturkapital beinhaltet beispielsweise die Kontakte zu Dritten (Lieferanten, Kunden, Kapitalgeber, sonstige), die Infrastruktur des Unternehmens (z. B. für Logistik und Kommunikation), Patente, Lizenzen, die Unternehmenskultur, die Innovationsfähigkeit, Fähigkeit zum organisationalen Lernen usw. Organisationale Fähigkeiten stellen die Fähigkeit dar, den Einsatz finanzieller, materieller und immaterieller Ressourcen derart zu koordinieren, daß Produkte und Dienstleistungen angeboten werden können.⁹ Kompetenzen repräsentieren die Fähigkeit des Unternehmens, Produkte und Dienstleistungen so zu gestalten, daß sie Kundenbedürfnisse wecken bzw. ihnen entsprechen und einen Nutzen für potenzielle und vorhandene Kunden stiften.¹⁰ Im Fall überlegener Kompetenzen gegenüber dem Wettbewerb entstehen Wettbewerbsvorteile, die, je nachhaltiger sie sind, der langfristigen Existenzsicherung des Unternehmens dienen.¹¹

⁷ Vgl. Chatterjee, Sayan und Birger Wernerfelt: The Link between Resources and Type of Diversification: Theory and Evidence, in: *Strategic Management Journal*, 12. Jg., Nr. 1/91, S. 33–48, hier S. 35–36. Sie verwenden anstelle des Begriffes materielle Ressourcen den Begriff der physischen Ressourcen.

⁸ Siehe Skandia: Visualizing Intellectual Capital in Skandia, Supplement to Skandia's 1994 Annual Report, S. 5.

⁹ Vgl. Grant, Robert M.: The Resource-based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation, in: *California Management Review*, 33. Jg., Nr. 3/91, S. 114–135, hier S. 119 und Prahalad, C. K. und Gary Hamel: The Core Competence of the Corporation, in: *Harvard Business Review*, 68. Jg., Nr. 3/90, S. 79–91, hier S. 81.

¹⁰ Siehe Hamel, Gary und C. K. Prahalad: Competing for the Future, Boston 1994, S. 199.

¹¹ Vgl. beispielhaft Wernerfelt, Birger: A Resource-based View of the Firm, in: *Strategic Management Journal*, 5. Jg., Nr. 2/84, S. 171–180, hier S. 173 und Barney, Jay

Bislang existierende Verfahren der Unternehmensbewertung berücksichtigen nur finanzielle und materielle Ressourcen.¹² Wenngleich Verfahren zur monetären Bewertung immaterieller Ressourcen existieren, ist deren Nachvollziehbarkeit bzw. Praktikabilität begrenzt. In diesen Bewertungsverfahren wird der Unternehmenswert aus der Marktkapitalisierung des Unternehmens abgeleitet.¹³ Da diese täglich Schwankungen unterliegt, müßte entsprechend der Wert immaterieller Ressourcen täglich schwanken. Aus Sicht des ressourcenbasierten Führungsansatzes ist dies nicht nachvollziehbar. Denn zur Schaffung nachhaltiger Wettbewerbsvorteile sind gerade die immateriellen Ressourcen von übergeordneter Bedeutung. Ein tägliches Schwanken in deren Bewertung würde implizieren, daß der Wert des in einem Unternehmen vorhandenen Wissens täglich schwankt. Das Besitzen beispielsweise von Schrittmacher-technologien führt zu Wettbewerbsvorteilen, deren Wert nicht als täglich schwankend betrachtet werden kann.¹⁴ Erst mit zunehmender Verbreitung der immateriellen Ressourcen bzw. deren Imitation durch den Wettbewerb nimmt ihr Wert als strategisch wichtige Ressource ab.

Daher ist die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens sinnvoll, welches die Volatilität an den Finanzmärkten vernachlässigt. Zu berücksichtigen ist, daß nicht alle Ressourcenarten in monetär bewerteter Form in die Unternehmensbewertung einfließen können. Ein Lösungsansatz besteht in der Entwicklung eines Multiplikatorenmodells. Dazu werden die verschiedenen Formen immaterieller Ressourcen anhand qualitativer Kriterien beurteilt. Durch Aufsummierung und Indexierung der Bewertungen wird ein Multiplikator entwickelt,

B.: Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, in: *Journal of Management*, 17. Jg., Nr. 1/91, S. 99–120, hier S. 101.

¹² Eine Übersicht der Bewertungskonzeptionen findet sich u. a. bei Ballwieser, Wolfgang: Methoden der Unternehmensbewertung, in: Gebhardt, Günther, Gerke, Wolfgang und Manfred Steiner (Hrsg.): *Handbuch des Finanzmanagements*, München 1993, S. 152–176.

¹³ Ein Überblick über die verschiedenen Verfahren geben zum Beispiel Hahn, Dietger und Martin Hintze: Konzepte wertorientierter Unternehmungsführung, in: Handlbauer, Gernot (Hrsg.): *Perspektiven im strategischen Management: Festschrift anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Hans H. Hinterhuber*, Berlin/New York 1998, S. 59–92. Ebenso Dirrigl, Hans: Konzepte, Anwendungsbereiche und Grenzen einer strategischen Unternehmensbewertung, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis*, 46. Jg., Nr. 5/94, S. 409–432 und Schneider, Jörg: Die Ermittlung strategischer Unternehmenswerte, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis*, 40. Jg., Nr. 6/88, S. 522–531.

¹⁴ Zu Schrittmachertechnologien als erstes Entwicklungsstadium im Technologielebens-zyklus siehe Klein, Martin: Erfolgsfaktoren technologieorientierter Wettbewerbsstrategien: eine modellbasierte Analyse der Wettbewerbswirkungen forschungsintensiver Produktinnovationen, Berlin 1998, S. 31–32 und die dort angegebene Literatur.

der Eingang in den ressourcenbasierten Unternehmenswert findet. An dessen Definition schließt sich die Frage an, was die Werttreiber sind. Zentral ist dabei, wie die für Investitionen verfügbaren Mittel auf die unterschiedlichen Ressourcenarten zu verteilen sind, um den ressourcenbasierten Unternehmenswert langfristig zu steigern.

Als Grundlage für die Allokationsentscheidung der finanziellen Mittel sei die Form des vorherrschenden Kompetenzwettbewerbes angenommen. Ausgehend von den strategischen Alternativen Kompetenzführerschaft und Kompetenzfolger, lassen sich im Rahmen einer duopolistischen Betrachtung nachfolgend dargestellte Formen des Kompetenzwettbewerbes unterscheiden.

		Unternehmen A	
		Kompetenz- führerschaft	Kompetenz- folger
Unternehmen B	Kompetenz- führerschaft	Aktiver Kompetenz- wettbewerb	"Me too"
	Kompetenz- folger	"Me too"	Reaktiver Kompetenz- wettbewerb

Abbildung 1: Formen des Kompetenzwettbewerbes

Im Fall des aktiven Kompetenzwettbewerbes verfolgen beide betrachtete Unternehmen die Strategie der Kompetenzführerschaft. Der Anteil der Investitionen in immaterielle Ressourcen ist im Verhältnis zu den anderen Wettbewerbsformen hoch. Sofern nur eines der betrachteten Unternehmen die Kompetenzführerschaft anstrebt, wird das Unternehmen mit der Strategie Kompetenzfolger im Verhältnis zum Wettbewerber weniger Mittel in die Erhöhung der immateriellen Ressourcen investieren als im Fall des aktiven Kompetenzwettbewerbes. Der Kompetenzfolger wird seine Investitionen darauf ausrichten, das Kompetenzniveau des Kompetenzführers zu erreichen. Bei reaktivem Kompetenzwettbewerb warten beide Unternehmen Kompetenzentwicklungen des Wettbewerbers ab. Der Fokus der Mittelverwendung liegt in diesem Fall auf Ausschüttungen und Investitionen in die materiellen Ressourcen. Da höhere Kompetenzen zu einem höheren Umsatzpotenzial führen, ist zu erwarten, daß zumindest eines der Unternehmen als Kompetenzführer agieren wird. Zur Erreichung des Ziels der Maximierung des ressourcenbasierten Unternehmenswertes ist zu ermitteln, welche Strategie das betrachtete Unter-

nehmen wählen sollte. Hierzu wird ein System Dynamics-Modell entwickelt, welches die Darstellung und dynamische Analyse der Auswirkungen unterschiedlicher ressourcenorientierter Strategien auf den ressourcenbasierten Untermenswert ermöglicht.

C. Erfassung des Prozesses der Ressourcenakkumulation in einem System Dynamics-Modell

Zunächst wird aufgezeigt, welche Einflußbereiche in dem Modell berücksichtigt werden. Nachfolgendes Schaubild zeigt die für das Modell gewählte Systemgrenze.

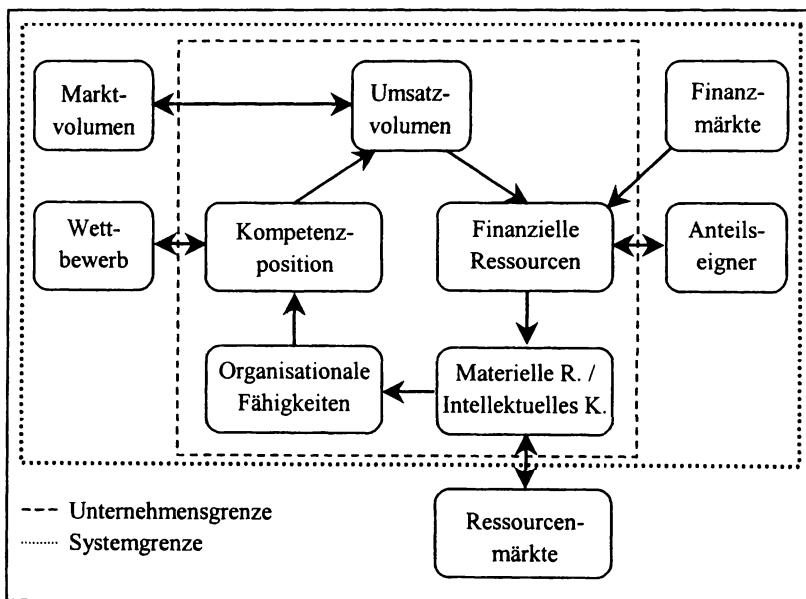


Abbildung 2: Systemgrenze des Grundmodells

Innerhalb der Unternehmensgrenzen werden die im Unternehmen vorhandenen finanziellen, materiellen und immateriellen Ressourcen sowie der Umsatz berücksichtigt. Finanzmärkte nehmen auf die verfügbaren finanziellen Ressourcen Einfluß, da sie die Höhe der Kapitalkosten beeinflussen. Durch Veränderung der Beteiligungshöhe von Seiten der Anteilseigner werden die finanziellen Ressourcen ebenfalls verändert. Hinsichtlich der Ressourcen wird im Grundmodell unterstellt, daß sie auf den entsprechenden Ressourcenmärkten unbegrenzt verfügbar sind. Zur Ermittlung der Kompetenzposition wird ein

Wettbewerber in die Analyse miteinbezogen. Die grundlegende Kausalstruktur stellt sich wie folgt dar:

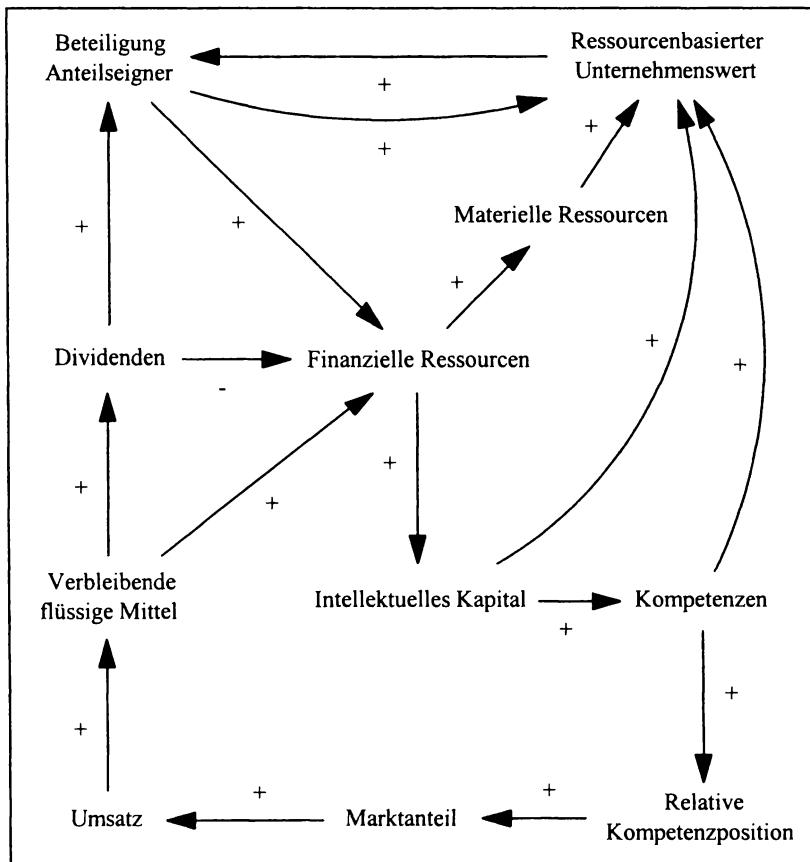


Abbildung 3: Grundlegende Kausalstruktur

Startpunkt sind die finanziellen Ressourcen. Die verfolgte Kompetenzstrategie bestimmt den Investitionsumfang in das Intellektuelle Kapital. Aus diesem ergeben sich die Kompetenzen. Durch den Vergleich mit dem Wettbewerb ergibt sich die relative Kompetenzposition. Je nach dessen Entwicklung verändert sich der erreichbare Marktanteil. Hieraus wird der Umsatz ermittelt. Hiervon verbleiben nach Abzug der Aufwendungen die für Ausschüttungen und Investitionen verfügbaren Mittel. Von der Dividendenpolitik hängt es ab, wie hoch die für Investitionen verbleibenden Mittel sind. Der Teil der finan-

ziellen Ressourcen, der nicht in immaterielle Ressourcen investiert wird, steht für Investitionen in das Anlagevermögen zur Verfügung. Das Anlagevermögen sowie die immateriellen Ressourcen werden dann im ressourcenbasierten Unternehmenswert zusammengeführt. Da auch die Finanzposition Eingang in den ressourcenbasierten Unternehmenswert findet, erhöhen zusätzliche Einlagen bestehender und neuer Anteilseigner, kombiniert mit den anderen Ressourcen, den ressourcenbasierten Unternehmenswert. Die Motivation der Anteilseigner zur Erhöhung ihrer Einlage bzw. ihrer Einbringung wird von der Höhe der Dividendenzahlungen beeinflußt.

D. Gestaltungsmöglichkeiten von Dividenden- und Investitionspolitik

In dem Modell sind drei Entscheidungsbereiche abgebildet: die Dividendenpolitik, die Investitionspolitik und die Kompetenzstrategie. Als Hauptziel ist die Maximierung des ressourcenbasierten Unternehmenswertes unterstellt. Die Entscheidung über die Dividenden- und Investitionspolitik hängt zusammen mit der gewählten Kompetenzstrategie. Für die hier dargestellte Simulation wird unterstellt, daß der Wettbewerber B die Strategie Kompetenzführer verfolgt. Unternehmen A steht vor der Wahl, ebenfalls die Kostenführerschaft anzustreben oder als Kompetenzfolger zu agieren. Entsprechend variiert die Allokationsentscheidung hinsichtlich der Dividendenzahlungen und Investitionsverteilung.

S z e n a r i o	Dividendenpolitik		Investitionspolitik		Kompetenzstrategie						
	Fix	Flexibel	Fix	Flexibel	Führer	Folger					
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1			X	X			X	X	X	X	
2			X	X			X	X		X	X

Abbildung 4: Dargestellte Kombinationen von Dividendenpolitik, Investitionspolitik und Kompetenzstrategie

Generell besteht die Möglichkeit, fixe oder flexible Mittelverteilungen vorzunehmen. Fix bedeutet, daß Dividenden und Investitionen in einer zuvor prozentual festgelegten Höhe erfolgen. Bei flexibler Gestaltung beeinflußt das

Verhältnis von bestehender zu angestrebter relativer Kompetenzposition die Höhe der Dividendenzahlungen und den Investitionsumfang in das Intellektuelle Kapital und materielle Ressourcen. Je näher das Unternehmen der angestrebten relativen Kompetenzposition ist, umso weniger muß in das Intellektuelle Kapital investiert werden. Entsprechend stehen mehr Mittel für Ausschüttungen und Investitionen in materielle Ressourcen zur Verfügung.

Hier werden zwei mögliche Szenarien dargestellt: Im ersten Szenario verfolgen beide betrachtete Unternehmen die Strategie der Kompetenzführerschaft bei flexibler Dividenden- und Investitionspolitik. Diese Konstellation wird im zweiten Szenario insofern abgewandelt, als Unternehmen A als Kompetenzfolger agiert.

E. Die Überlegenheit der Kompetenzfolgerstrategie bei der Steigerung des ressourcenbasierten Unternehmenswertes

Der Simulation sind folgende Werte unterstellt: In Struktur- und Humankapital werden bei aktivem Kompetenzwettbewerb jeweils maximal 20% der für Ausschüttungen und Investitionen verfügbaren Mittel investiert. Dieser Höchstwert liegt im zweiten Szenario bei 10% für Unternehmen A. Mit diesen Werten ergeben sich die in Abbildung 5 dargestellten Simulationsergebnisse.

Im Fall des ersten Szenarios (aktiver Kompetenzwettbewerb) ergibt sich für beide Unternehmen langfristig der gleiche ressourcenbasierte Unternehmenswert. Sie verhalten sich entsprechend der Modellannahmen identisch hinsichtlich der Gestaltung der Dividenden- und Investitionspolitik. Das zweite Szenario, in dem Unternehmen A mehr Mittel in materielle Ressourcen investiert, zeigt, daß die Strategie Kompetenzfolger langfristig zu einem höheren ressourcenbasierten Unternehmenswert führt. Die Erklärung liegt darin, daß bei der Bewertung der Immateriellen Ressourcen im Simulationsverlauf Maximalwerte erreicht werden. Sind diese erreicht, verfügt ein Unternehmen über das beste Human- und Strukturkapital, die besten organisatorischen Fähigkeiten und die höchstmögliche Kompetenz. Doch hierzu sind in Relation zum Wettbewerber höhere Investitionen in das Intellektuelle Kapital notwendig. Dadurch stehen weniger Mittel für Investitionen in die Erhöhung der materiellen Ressourcen zur Verfügung. Sind die Maximalwerte bei der Bewertung der immateriellen Ressourcen erreicht, leisten weitere Investitionen keinen wertsteigernden Beitrag. Sie dienen lediglich dazu, das erreichte Niveau zu erhalten. Der Kompetenzfolger fokussiert sich auf die Imitation der Kompetenzen des Kompetenzführers. Es wird unterstellt, daß dies im Verhältnis geringere Investitionen in das Intellektuelle Kapital erfordert. Statt dessen stehen mehr Mittel für Dividenden und Investitionen in materielle Ressourcen zur Verfügung. Durch höhere Dividendenzahlungen und mehr

materielle Ressourcen wird in Unternehmen A ein höherer ressourcenbasierter Unternehmenswert erreicht.

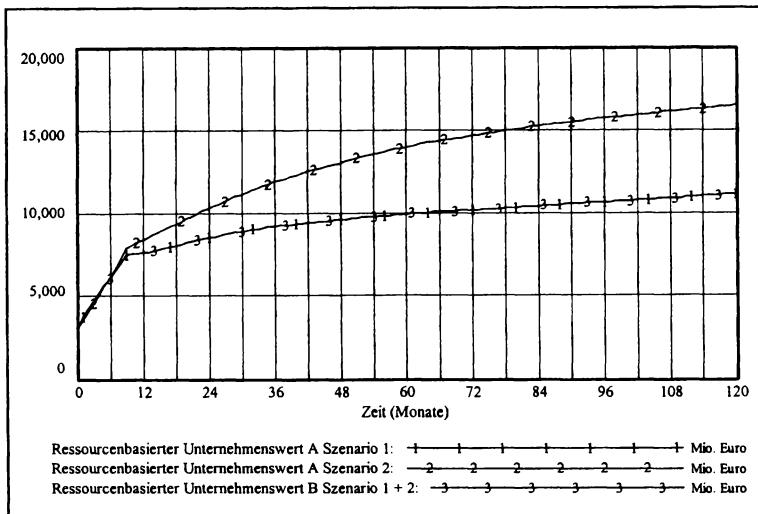


Abbildung 5: Überlegenheit des Kompetenzfolgers bei der Maximierung des ressourcenbasierten Unternehmenswertes

Das dargestellte Grundmodell bietet mehrere Ansatzpunkte für eine Erweiterung. So wird z. B. unterstellt, daß das Angebot auf den Ressourcenmärkten unbegrenzt ist. Durch eine Beschränkung der Verfügbarkeit von Ressourcen auf den entsprechenden Märkten wird der Zufluß an Ressourcen begrenzt. Entsprechend ist zu erwarten, daß sich die Steigerung des ressourcenbasierten Unternehmenswertes zeitlich verzögert. Ein weiterer Ansatz zur Modellerweiterung ist die Berücksichtigung des Ressourcenerwerbes durch eine Akquisition. Dabei kann davon ausgegangen werden, daß sich die materiellen Ressourcen zunächst erhöhen. Durch einen Verkauf der nicht als notwendig erachteten Ressourcen werden diese begrenzt reduziert. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit sich durch eine Akquisition die Bewertung der immateriellen Ressourcen verbessert. Aufgrund des Integrations- und Adaptionsaufwandes bei der Zusammenführung zweier Unternehmen ist es durchaus denkbar, daß sich die Bewertung der immateriellen Ressourcen zunächst zumindest nicht verbessert.

Weitere Untersuchungen werden zeigen, inwieweit die vorgestellte Konzeption geeignet ist als Bewertungsansatz für industrielle Unternehmen bei integrativer Sichtweise des marktorientierten und des ressourcenbasierten Führungsansatzes.

Systemisches Denken braucht systemische Darstellungsmittel

Von *Günther Ossimitz*

A. Denken und Darstellen

In diesem Paper sollen zwei Grundideen näher betrachtet werden:

Systemische Denkformen und *systemische Darstellungsformen* stehen in einem engen Zusammenhang.

Diese Darstellungsmittel sind oft *mathematische Darstellungsmittel*.

Denken und Darstellen stehen in einer sehr engen Wechselbeziehung zu einander. Dieser Zusammenhang wird vielleicht nicht unmittelbar deutlich, wenn man mit „Denken“ das Bild eines einsamen, kontemplativ nachdenkenden Philosophen assoziiert. Doch das Wechselspiel zwischen Denk- und Darstellungsformen wird unmittelbar evident, wenn es darum geht, Denkvorgänge oder deren Ergebnisse zu kommunizieren. Zugegebenermaßen ist es nur ein Teil unseres menschlichen Denkens, den wir sprachlich, bildlich oder durch andere Ausdrucksmittel an Andere mitteilen. Dennoch ist gerade dieser Teil der Entscheidende, wenn es um den Wert und Nutzen von Denkvorgängen geht. Ein Denken, das nicht mehr mitgeteilt werden kann, ist an seinen Grenzen angelangt.

Wie lassen sich nun Denkvorgänge anderen mitteilen? Ich sehe dafür grundsätzlich zwei Möglichkeiten: entweder durch geeignete *Darstellungsformen* oder durch ein entsprechendes *Verhalten*. Zum Darstellen können sprachliche, bildliche oder auch symbolische Darstellungsmittel verwendet werden. Die Möglichkeit, unser Denken durch Verhalten auszudrücken, ist (vor allem im affektiven Bereich) von größter Bedeutung. Man denke nur an die Mimik, die „Körpersprache“, aber auch an das Fahrverhalten eines Autofahrers: stets werden mentale Prozesse durch ein bestimmtes Verhalten repräsentiert.

Ich möchte an dieser Stelle den Unterschied zwischen Darstellungen und Verhalten als Ausdrucksmittel von Denkvorgängen nicht zu sehr strapazieren. Fasst man den Darstellungs begriff sehr weit, dann kann man auch jegliches Verhalten als eine Art „Darstellung“ ansehen und damit den angesprochenen

Unterschied entschärfen. Schwerpunktmaßig soll im Folgenden jedoch der Zusammenhang zwischen Darstellungsformen in einem engerem Sinn und dahinter liegenden Denkformen betrachtet werden.

Besonders augenscheinlich wird die Beziehung zwischen Denken und Darstellen überall dort, wo abstrakte Ideen und Gedanken durch *Symbole* (i. S. von sichtbaren Zeichen für unsichtbare Ideen) dargestellt und damit auch einem (oft rituellen) Umgang zugänglich gemacht werden. Durch Symbole wie Thron, Krone und Zepter wird etwa die Idee von Macht und Autorität eines Königs repräsentiert. Dementsprechend wird die Erlangung königlicher Autorität durch eine Thronbesteigung, Krönung oder das Überreichen eines Zepters zeremoniell vollzogen. Wenn Ehepartner bei der Hochzeitszeremonie Eheringe austauschen, so ist dies ein sichtbares Zeichen für dauernde Zusammengehörigkeit. Die Zugehörigkeit zu einer Nation wird durch die Landesflagge symbolisiert. Wappen dienen zur Identifikation von Adelsgeschlechtern, Städten oder Ländern. Zünfte verwendeten bestimmte Zunftzeichen usw. Dies sind alles historische Vorformen moderner Firmenlogos oder von Produkt-Handelsmarken. Aber auch politische, ideologische oder religiöse Bewegungen haben stets einen enormen Bedarf an symbolischen Repräsentationen, um die entsprechenden abstrakten Ideen auch sichtbar und kommunizierbar zu machen. Für den Kommunismus ist dies Hammer und Sichel, für das Christentum das Kreuz und für Greenpeace der Regenbogen.

Die große Bedeutung von materialisierten Symbolen liegt nicht nur darin, dass sie eine unsichtbare Idee sichtbar machen, sondern vor allem auch in den damit verbundenen Handlungsmöglichkeiten: Fahnen können gehisst werden, Eheringe werden ausgetauscht, Titel werden durch die Übergabe von entsprechenden Dekreten feierlich verliehen usw.

B. Systemisches Denken

Für die folgenden Überlegungen wird die in Ossimitz (1991, 2000) ausführlich entwickelte Definition systemischen Denkens zugrunde gelegt, die vier Dimensionen systemischen Denkens unterscheidet:

- A) Denken in Modellen: Bewusstsein darum, dass wir nicht Systeme „an sich“ betrachten, sondern stets mit externalisierten Modellen von Systemen umgehen, die gewisse Aspekte der systemischen Situation hervorheben und andere Aspekte vernachlässigen.
- B) Vernetztes Denken: Denken in Wirkungsnetzen, Erfassung von Wirkungsketten sowie von eskalierenden und stabilisierenden Rückkoppelungen.
- C) Dynamisches Denken: Berücksichtigung von Verzögerungen, Schwingungen und anderen Zeitgestalten in Systemen.
- D) Systemisches Handeln: Fähigkeit zur praktischen Steuerung von Systemen.

Jede dieser Dimensionen ist eng mit dem Darstellungsaspekt verknüpft. Beim *Denken in Modellen* braucht man Darstellungen (materialisierte Repräsentationen) von den mentalen Modellen, um irgendwie mit ihnen umgehen zu können. Solcherart externalisierte Modelle (z. B. in Form eines Wirkungsdiagrammes, eines Schaltplanes oder einer Landkarte) sind selbst Darstellungsformen des betrachteten Systems.

Der Aspekt des *vernetzten Denkens* ist ebenfalls eng an die gegebenen Darstellungsmöglichkeiten gebunden. Vernetzungen lassen sich nur so weit erfassen, als man dafür Darstellungsformen zur Verfügung hat. Um z.B. die Struktur einer Hierarchie zu verstehen, ist eine angemessene Darstellung (etwa in einem Organigramm oder in einem Baumdiagramm) nötig. Ein weiteres Beispiel ist die hierarchische Systematik der Pflanzen. Diese Systematik wird in einem wissenschaftlichen Pflanzenbestimmungsbuch in eine lineare Textsequenz gebracht. Ein einfaches Durchlesen des Textes erlaubt es jedoch kaum, die zugrundeliegende Systematik (wiewohl sie logisch vollständig vorliegt) auch anschaulich zu erfassen. Dies wird erst möglich durch eine geeignete Darstellung in einem baumartigen Übersichtsdiagramm oder wenigstens in einem ebenfalls hierarchisch gegliederten Inhaltsverzeichnis.

Beim *dynamischen Denken* tritt der Zusammenhang mit entsprechenden Darstellungsformen in besonderer Weise entgegen. Um Zeitgestalten erfassen zu können, müssen diese im Systemmodell entsprechend repräsentiert werden. Dies ist nicht so einfach, weil wir Menschen Raumgestalten eher erfassen als Zeitgestalten (vgl. Dörner 1987, S. 156ff). Häufig behilft man sich dadurch, dass Zeitgestalten in Raumgestalten umgewandelt werden, wie z.B. bei Aktiencharts oder Fieberkurven, die jeweils den zeitlichen Verlauf eines Systemelements in Form eines Funktionsgraphen mit der Zeit als unabhängiger Variablen darstellen.

Lediglich das *systemgerechte Handeln* ist nicht unmittelbar an bestimmte Darstellungsformen gebunden – es sei denn, man fasst das Verhalten selbst als eine Art Darstellung des Systems auf. Dies ist in gewissen Fällen plausibel: so ergibt z.B. das kollektive Verhalten aller Verkehrsteilnehmer eine durchaus angemessene „Darstellung“ eines Verkehrssystems.

C. Systemisches Denken und systemische Darstellungsformen

Der im ersten Abschnitt postulierte Zusammenhang zwischen Denk- und Darstellungsformen besteht nun auch spezifischer für *systemisches Denken* bzw. *systemische Darstellungen*:

- A) Systemisches Denkens lässt sich nur durch adäquate systemische Darstellungsformen (bzw. Verhaltensweisen) sichtbar und damit kommunizierbar machen.
- B) Die Geschichte systemischen Denkens bzw. systemischer Ansätze ist unmittelbar mit den jeweils verfügbaren Möglichkeiten zur Darstellung von Systemen verbunden. Neue Darstellungstechnologien ermöglichen neue Systemsichtweisen.
- C) Verschiedene Systemansätze haben jeweils charakteristische Modi zur Repräsentation und Darstellung ihrer Systemmodelle.
- D) Viele Darstellungsformen von Systemen kommen aus der Mathematik oder haben wenigstens einen gewissen mathematischen Charakter.
- E) Systemisches Denken zu lernen ist auf das Engste mit dem Lernen entsprechender systemischer Darstellungsformen verbunden.
- F) Wenn man die Fähigkeit systemisches Denken empirisch messen möchte, dann muss dieses Denken in geeigneter Weise materialisiert bzw. repräsentiert werden, um in einem Experiment beobachtet werden zu können.
- G) Man kann sogar so weit gehen, dass man systemisches Denken überhaupt als den Umgang mit systemische Darstellungsformen definiert.

Ich möchte nun auf diese Punkte näher eingehen und beginne mit dem letzten genannten. Dieser lässt sich etwa bei Richmond (1991, S. 2) beobachten:

„Systems Thinking, in practice, is a continuum of activities which range from the conceptual to the technical:“

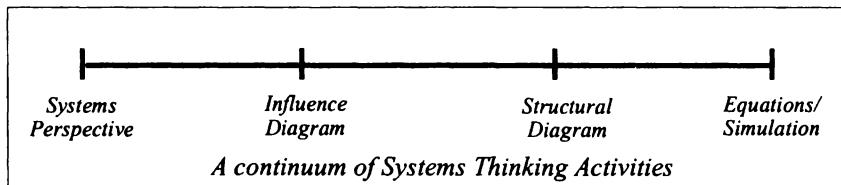


Abbildung 1: nach Richmond 1991, S. 2

In Abbildung 1 gibt Richmond (1991, S. 2) ein „Continuum of Systems Thinking Activities“. Mit Systems Perspective meint Richmond einen Standpunkt, bei dem man quasi wie von einem Berggipfel aus einen Überblick über die Situation hat und nicht von einzelnen Details gefangen genommen wird. Die übrigen drei Markierungen in Abbildung 1 sind eigentlich eher systemische Darstellungsformen als Aktivitäten. Sie entsprechen in verblüffender Weise der

unabhängig von Richmond in Ossimitz (1991) unter dem Titel „Darstellungsformen in der Systemdynamik“ entwickelten Konzeption von verschiedener Stufen qualitativem und quantitativem systemdynamischen Modellierens und Darstellens (Abbildung 2).

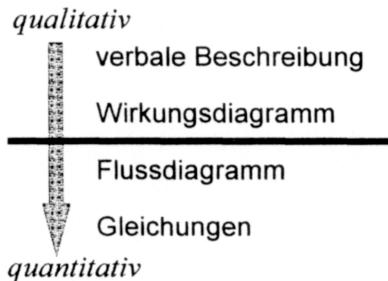


Abbildung 2: Qualitatives und quantitatives Modellieren

Dabei ist die *verbale Beschreibung von Systemen* die offenste und gleichzeitig am wenigsten formalisierte Darstellungsmöglichkeit, die allerdings auch nur wenige Möglichkeiten zum Operieren bietet. *Wirkungsdiagramme*¹ (vgl. Abbildung 4) erlauben es, systemische Vernetzungen qualitativ darzustellen². *Flussdiagramme*³ (vgl. Abbildung 3) sind hingegen bereits quantitative Darstellungen von Systemen: jede in einem Flussdiagramm modellierte Größe ist im wesentlichen eine Zahl. So ist in Abbildung 3 z.B. der Bestand an Büchern oder die Variable Menschen im logistischen Modell [3] jeweils die *Anzahl* der Bücher bzw. Menschen und nicht die Bücher bzw. Menschen selbst. Wegen des quantitativen Charakters der Variablen ist es auch möglich, Zusammenhänge zwischen Systemmodellen in Flussdiagrammen in Form von *Gleichungen* zu beschreiben. Diese Gleichungen legen fest, wie sich die aktuellen Werte jeder Modellgröße aus anderen Modellgrößen nummerisch errechnen lassen. Mit der Darstellung in Gleichungsform sind wir bereits vollständig im Bereich der quantitativen Darstellung von Systemmodellen angelangt.

¹ Oft auch Ursache-Wirkungsdiagramme, manchmal auch Strukturdiagramme genannt. Im Englischen ist die häufigste Bezeichnung causal loop diagram (CLD) oder structural diagram (wie z.B. bei Richmond 1991).

² Die Elemente in Wirkungsdiagrammen können quantitative Größen oder auch qualitative Größen sein (vgl. dazu auch Ossimitz 2000, S.71 ff.).

³ Gemeint sind Flussdiagramme im Sinne von Forrester (1961, 1968), nicht im Sinne der Informatik, vgl. Abbildung 3.

D. Zur Evolution Systemischen Denkens und Darstellens

Auch wenn man systemisches Denken nicht so unmittelbar mit bestimmten Darstellungsformen gleichsetzt, wie Richmond (1991) dies tut, so waren in der Geistesgeschichte die Möglichkeiten zu systemischem Denken immer eng mit den dazu verfügbaren Darstellungsmitteln verbunden. Die Erfindung der algebraischen Notation erlaubte im 17. Jahrhundert Newton und Leibniz, den Differenzialkalkül zu entwickeln und damit Differentialgleichungssysteme zu beschreiben. Genauso ist die Geschichte des System-Dynamics-Ansatzes im 20. Jahrhundert auf das Engste mit zwei spezifischen Darstellungformen von dynamischen Systemen verbunden: der Darstellung durch Flussdiagramme³ und der nummerischen Simulation dynamischer Stock-Flow-Systeme am Computer.

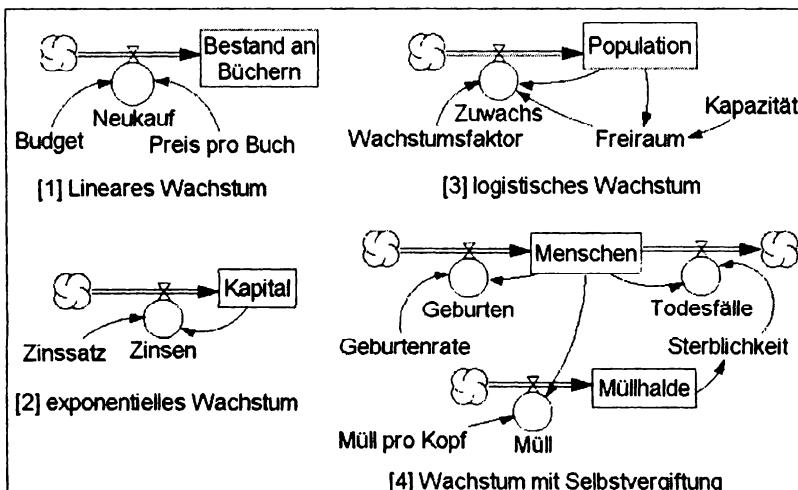


Abbildung 3: Vier Wachstumstypen als Flussdiagramm
(aus Ossimitz 2000, S. 86)

Viele systemische Ansätze kennen die Idee der Rückkoppelung. Im Buch *Feedback Thought* zeigt George P. Richardson (1991), wie Rückkoppelungskreise in verschiedensten Zweigen der Wissenschafts- und Geistesgeschichte vorkommen und auch unterschiedlich dargestellt wurden. Dabei fallen zwei Dinge auf:

Vielfach bleibt der Systemcharakter der von Richardson beschriebenen Systemansätze nur implizit und wird lediglich in einer verbalen Beschreibung oder überhaupt nur durch das Systemverhalten repräsentiert. Dies gilt insbesondere

für historisch ältere Systemansätze, wie z. B. das (rein verbal beschriebene) Konzept der „unsichtbaren Hand“ beim Nationalökonom Adam Smith, die für ein Einpendeln von Angebot und Nachfrage im Gleichgewicht sorgt.

Eine Reihe von Darstellungsformen von Systemen haben einen mehr oder weniger engen Bezug zur Mathematik. Dabei sind es die inhaltlich am wenigsten spezialisierten und damit universellsten Darstellungsformen – wie z. B. Gleichungssysteme oder Systeme von Funktionen, oder auch Wirkungsdiagramme als bewertete Knoten-Kanten-Graphen – die unmittelbar der Mathematik zugerechnet werden können. Dies führt uns zu einer zentralen These dieser Arbeit.

E. Die Rolle der Mathematik

Die These lautet: *Viele systemischen Darstellungsmittel sind im Wesentlichen mathematische Darstellungsmittel*. Ein Grund dafür scheint mir darin zu liegen, dass Systeme oft quantitativ modelliert werden und damit kommt zwangsläufig mehr oder weniger Mathematik ins Spiel. Kausale Wirkungsbeziehungen zwischen quantifizierten Modellgrößen lassen sich durch Funktionen elegant repräsentieren. Und für Funktionen hat die Mathematik ein reiches Repertoire an Darstellungsmöglichkeiten entwickelt. Funktionen lassen sich als *Gleichung* (z.B. $f(x)=3x+5$), als *Funktionsgraph*, als *Tabelle* oder etwa symbolisch in der Form: $f: A \rightarrow B$ darstellen. Im Sachkontext könnte f dann beispielsweise eine Kostenfunktion sein, bei der (vereinfacht gesagt) jeder Produktionsmenge A bestimmte Kosten B zugeordnet werden.⁴

Jede dieser Darstellungen von Funktionen eröffnet bestimmte Operationsmöglichkeiten. In die Funktionsgleichung können bestimmte Werte der unabhängigen Variablen eingesetzt und so Werte der abhängigen Variablen errechnet werden, die sich dann als Zahlenpaare in einer Tabelle zusammenfassen oder als Punkte in einem Funktionsgraphen dargestellt werden können.

Funktionen lassen sich unter gewissen Rahmenbedingungen auch iterieren. Aus den Funktionen $f: A \rightarrow B$ und $g: B \rightarrow C$ lässt sich eine Art Hintereinanderausführung der beiden Wirkungsbeziehungen der Art $h(x) = g(f(x)): A \rightarrow C$ konstruieren. Unter bestimmten Bedingungen können Funktionen auch invertiert werden, was im Sachkontext einer Umkehrung von Ursache und Wirkung entspricht. Insgesamt eignen sich Funktionen damit hervorragend, einzelne Wirkungsbeziehungen oder auch ganze Netzwerke von Wirkungsbeziehungen

⁴ Genauer sind A und B zwei Mengen (i. S. der Mathematik); die Elemente von A sind alle möglichen Produktionszahlen und die Elemente von B alle möglichen Kosten. Man ordnet mittels Vorschrift f jedem Element aus A genau ein Element aus B zu.

zu beschreiben und einer quantitativen Analyse zugänglich zu machen. Ein derartiges Systemmodell kann entweder qualitativ (in Form eines Wirkungsdiagramms) oder quantitativ (als systemdynamisches Flussdiagramm oder in Gleichungsform) vorliegen.

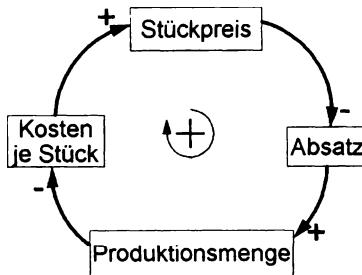


Abbildung 4: Wirkungsdiagramm

Ein Beispiel: Bei der Herstellung und beim Verkauf eines Produktes gibt es unterschiedliche funktionale Beziehungen: *Produktionsmenge* \rightarrow *Kosten* (Kostenfunktion); *Kosten* \rightarrow *Stückpreis*; *Stückpreis* \rightarrow *Absatz* (Preis-Absatzfunktion); *Absatz* \rightarrow *Produktionsmenge*. Üblicherweise werden diese Funktionen unterschiedlichen Teildisziplinen der BWL zugeordnet: Der Zusammenhang zwischen Preis und Absatz ist Sache des Marketing, der Zusammenhang zwischen Produktionsmenge und Kosten ist Angelegenheit der Kostenrechner usw. Dennoch stehen alle diese Aspekte in einem systemischen Zusammenhang mit einander, wie dies das Wirkungsdiagramm Abbildung 4 skizziert. Die Vorzeichen bei den Pfeilen signalisieren das Monotonieverhalten der jeweiligen Funktion. Ein „+“ bedeutet einen monoton wachsenden Zusammenhang (z.B.: „Je höher die Kosten je Stück desto höher der Stückpreis“); ein „-“ einen monoton fallenden Zusammenhang (z.B.: „Je höher der Stückpreis, desto geringer der Absatz“).

F. Das Erlernen systemischen Denkens

Die Wichtigkeit systemischer Darstellungsmittel wird ganz besonders dann deutlich, wenn man systemisches Denken erlernen bzw. lehren möchte. Die betrachteten Systeme bzw. Systemmodelle müssen irgendwie dargestellt werden, um im Ausbildungskontext überhaupt thematisiert werden zu können. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass sich der Lernprozess durchwegs an den dabei verwendeten systemischen Darstellungen orientiert. Ein wesentlicher Aspekt ist daher das Kennenlernen systemischer Darstellungsmittel und zu lernen,

wie man mit diesen Repräsentationen (z.B. Wirkungsdiagrammen) umgehen kann. Pointiert gesagt vollzieht sich das Lernen systemischen Denkens vor allem im Erlernen von systemischen Darstellungsformen.

Wenn man die Darstellungsebene ausblendet, dann bleiben die Möglichkeiten zum Erwerb und zur praktischen Implementierung systemischen Denkens sehr beschränkt. Als Beleg für diese These möge eine kritische Beurteilung der Schlussfolgerungen dienen, die Dietrich Dörner in seinem Buch „Die Logik des Misslingens“ (Dörner 1989) aus mehreren Jahrzehnten kognitionspsychologischer Forschung zum „Komplexen Problemlösen“ zieht.⁵ Dörner schließt sein Schlusskapitel „Was tun?“ mit einem doppelten Fazit:

- Einerseits meint Dörner, dass es systemisches Denken als eine spezifische, isolierbare Fähigkeit gar nicht gäbe, sondern es „ist im wesentlichen die Fähigkeit, sein ganz normales Denken, seinen ‚gesunden Menschenverstand‘ auf die Umstände der jeweiligen Situation einzustellen“. (Dörner 1989, S. 309)
- Andererseits meint Dörner, dass es wichtig sei, systemisch denken zu lernen: „Weiterhin müssen wir es lernen, in *Systemen* zu denken.“ (Dörner 1989, S. 307). Die einzige Möglichkeit, dies zu lernen, sieht Dörner darin, sich in Simulationsspielen mit Szenarien a la *Tanaland* zu beschäftigen.

Warum bleiben die Schlussfolgerungen der sehr umfangreichen kognitionspsychologischen Problemlöseforschung derart bescheiden? Einen wesentlichen Grund sehe ich in den systemischen Darstellungsformen, die im Ansatz „Komplexes Problemlösen“ verwendet werden oder besser gesagt *nicht* verwendet werden. Die Problemlöseforschung kennt nur eine einzige Form von Darstellung komplexer Systeme: nämlich die Darstellung als Black-Box-Computersimulationsszenario. Da dies (in der Problemlöseforschung!) die *einzige* relevante Darstellungsform ist, ist dies dem entsprechend auch die einzige Lernmöglichkeit. Und bei einem derart bescheidenen Angebot an systemischen Darstellungsformen verwundert es auch nicht mehr, wenn Dörner systemisches Denken insgesamt auf einen situationsgerecht eingesetzten „gesunden Menschenverstand“ reduziert: ohne entsprechende Darstellungsmittel ist es kaum möglich, systemisches Denken in seinem Wesen adäquat zu erfassen.

⁵ In einer Vielzahl von Studien des Forschungszweiges „Komplexes Problemlösen“ mussten Probanden am Computer simulierte komplexe Szenarien so steuern, dass sich das simulierte System gewissermaßen gedeihlich entwickelte. Bekannte Beispiele für solche Szenarien sind *Tanaland* oder *Moro* (beides afrikanische Steppenstämme mit Ackerbau und Viehzucht), *Tailorshop* (eine simulierte Schneiderwerkstatt) oder *Lohhausen* (eine simulierte Kleinstadt, in der die Probanden als „allmächtige Bürgermeister“ werken durften). Die innere Struktur der Simulationsmodelle blieb für die Probanden eine Black Box, die nicht direkt einsehbar war.

G. Empirische Untersuchungen zum systemischen Denken

Grundsätzlich kann man zwei Ansätze zur empirischen Exploration systemischen Denkens unterscheiden:

- Untersuchung von systemischem Verhalten (Dörner 1989) oder
- Analyse von Systemdarstellungen (Klieme/Maichle 1994, Ossimitz 2000).

Der erstgenannte Ansatz wurde im Forschungszweig „Komplexes Problemlösen“ (siehe Dörner 1989) intensiv praktiziert. Er kommt mit einem sehr bescheidenen Niveau an Darstellungen aus. Vielfach bestanden aus Sicht der Probanden die am Computer simulierten Systeme nur in einem einführenden Text und einigen dürfing erklären Zahlen am Computerbildschirm.

Bei den von Klieme/Maichle (1994) sowie von Ossimitz (2000, Kap. 5) durchgeführten empirischen Untersuchungen zum systemischen Denken spielte der Aspekt der Darstellung von Systemen hingegen eine zentrale Rolle. In beiden Untersuchungen erhielten die Schüler Texte wie in Abbildung 5, die in eine grafische Darstellung umzuwandeln waren. Aus den daraus sich ergebenden Darstellungen wurde versucht, Rückschlüsse auf die systemischen Denkfähigkeiten der untersuchten Schüler zu ziehen.

Vom Leben der Hilus

Der afrikanische Stamm der Hilus lebt von der Rinderzucht. Sein Einkommen hängt davon ab, wie viele Rinder er pro Jahr verkauft; je größer die Herde ist, desto mehr Tiere werden verkauft. Da es in ihrem Weidegebiet selten regnet, legen die Hilus einen Tiefwasserbrunnen an und errichten eine Bewässerungsanlage. Zufrieden stellen sie fest, dass ihre Weidegebiete mit zunehmender Bewässerung immer fruchtbaren werden, und je fruchtaber das Weideland ist, desto größer wird die Herde. So ist die Bewässerungsanlage kräftig in Betrieb, denn die Hilus wissen: Nimmt das Futterangebot ab, dann verkleinert sich ihre Herde wieder.

Die häufige Bewässerung hat jedoch einen unvorhergesehenen Nebeneffekt: Die in dieser Region beheimatete Tse-Tse-Fliege fängt an, sich stark zu vermehren, und je feuchter die Weidegebiete sind, desto stärker vermehrt sie sich. Die Hilus sind über diese Entwicklung ziemlich erschrocken; die Tse-Tse-Fliege ist nämlich die Überträgerin der gefürchteten, zumeist tödlich verlaufenden Rinderschlafkrankheit.

Abbildung 5: Hilu-Text (aus Ossimitz 2000, S. 122)

Bei den Vortests verwendeten die Schüler meist szenische Darstellungen oder cartoonartige Bildsequenzen, um eine Situation wie in Abbildung 5 durch

eine Skizze darzustellen. Sofern die Schüler im Unterricht Wirkungsdiagramme kennen gelernt hatten, verwendeten sie diese beim entsprechenden Nachtest signifikant öfter als beim Vortest.

Insgesamt haben die Untersuchungen von Klieme/Maichle (1994) bzw. von Ossimitz (2000) gezeigt, dass eine Förderung im Umgang mit systemischen Darstellungsformen durch schulischen Unterricht möglich ist und dass dadurch die Schüler deutlich mehr Sicherheit im Umgang mit systemischen Situationen gewinnen: Insbesondere die Fähigkeit zu einer adäquaten Darstellung von Systemen (z.B. in Form von Wirkungsdiagrammen) lässt sich bereits durch einen einschlägigen Unterricht von wenigen Stunden Dauer entscheidend verbessern. Das in Abbildung 6 wiedergegebene Wirkungsdiagramm von Andrea ist ein schlagendes Beispiel für diese These. Andrea hatte einige Tage vor diesem Test (den ihr Lehrer nicht kannte!) exakt eine Unterrichtsstunde lang systemorientierten Unterricht erhalten (Näheres siehe Ossimitz 2000, S. 157ff). In dieser Stunde erläuterte der Lehrer (neben anderen Dingen) zum Thema Wirkungsdiagramme lediglich zwei ganz einfache Wirkungsdiagramme mit jeweils drei Elementen und drei (mit Vorzeichen versehenen) Pfeilen. Dies reichte bei Andrea (und auch bei beiden anderen, gemeinsam mit ihr untersuchten Mitschülern) bereits aus, um Hilu-Aufgabe durch ein sauberes Wirkungsdiagramm darzustellen⁶!

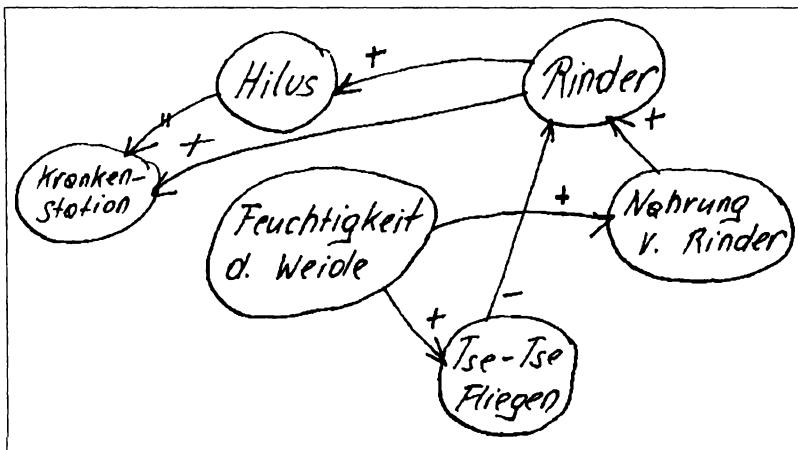


Abbildung 6: Lösung von Andrea (14 Jahre) zum Hilu-Test

⁶ Für mich als Untersuchungsleiter, der zunächst nicht wusste, dass der Lehrer vor diesem „Vortest“ bereits eine Stunde mit Wirkungsdiagrammen gehalten hatte, erschienen die drei ohne Zögern angefertigten Zeichnungen zunächst wie eine Zauberei.

Ein weiteres zentrales Ergebnis der Untersuchungen von Ossimitz (2000) war, dass den *Lehrpersonen* eine Schlüsselrolle bei der Vermittlung systemischer Denk- und Darstellungskompetenzen zukommt. Der Leistungszuwachs bei den ca. 130 in der Hauptstudie von Ossimitz (2000, Kap. 5) untersuchten Schülern hängt weder vom Alter der Schüler (das zwischen 14 und 18 Jahren lag), noch vom Geschlecht; auch nicht von der Mathematiknote, Computervor Erfahrung oder vom regionalen Umfeld (Stadt oder Land) ab. Die einzige erklärende Variable, die sich massiv und hochsignifikant auf die Ergebnisse niederschlug, war der unterrichtende Lehrer!

H. Zusammenfassung und Ausblick

Systemisches Denken und systemische Darstellungsformen sollten bewusst als ein zusammengehöriges Paar gesehen werden. Viele leistungsfähige Darstellungsformen von Systemen haben ihren Ursprung in der Mathematik oder zumindest einen mehr oder weniger stark mathematischen Charakter. Dabei ist allerdings darauf Bedacht zu nehmen, dass bei Systemmodellen nicht nur eine rein mathematische Struktur vorliegt, sondern in erster Linie ein bestimmter Sachkontext im Vordergrund steht. Die Mathematik hat mehr den Charakter eines Darstellungs- und Kommunikationsmittels im Sinne von R. Fischer (1984).

Besondere Bedeutung haben systemische Darstellungsformen, wenn es um die Erforschung oder auch um das Lehren und Lernen von systemischem Denken geht. Hier ist man ganz entscheidend auf entsprechende Darstellungs mittel angewiesen, wenn man nicht auf eine Beschäftigung mit computersimulierten Szenarien (wie sie etwa im der kognitionspsychologischen For schung zum „Komplexen Problemlösen“ verwendet wurden, siehe Dörner (1989) beschränkt bleiben will.

Literaturverzeichnis

- Dörner, Dietrich:* Die Logik des Misslingens. Reinbek: Rowohlt, 1989.
- Fischer, Roland:* Offene Mathematik und Visualisierung. *mathematica didactica* 7, 1984, S. 14-20.
- Forrester, Jay:* Industrial Dynamics. Cambridge, MA: The MIT Press, 1961.
- Principles of Systems. Cambridge, MA: The MIT Press, 1968.

Klieme, Eckhard / Maichle, Ulla: Modellbildung und Simulation im Unterricht der Sekundarstufe I. Auswertungen von Unterrichtsversuchen mit dem Modellbildungssystem MODUS. Bonn: Institut für Bildungsforschung, 1994.

Ossimitz, Günther: Darstellungsformen in der Systemdynamik. In: H. Kautschitsch et. al. (Hg.): Anschauliche und Experimentelle Mathematik. (S. 175–184). Wien: Hölder-Pichler-Tempsky, 1991.

– Entwicklung systemischen Denkens. München: Profil Verlag, 2000.

Richardson, George P.: Feedback Thought in Social Science and Systems Theory. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1991.

Richmond, Barry: Systems Thinking: Four Key Questions. Lyme, NH: High Performance Systems Inc., 1991.

Rekursive Strukturen und Problemlösungen

Von *Bernd Schiemenz*

A. Einführung in die Problemstellung

Durch Globalisierung, steigende Ansprüche der Kunden und anderer Stakeholder, sowie Wissensexpllosion, um nur einige zu nennen, wächst die Komplexität betrieblicher Managementaufgaben. Die Bewältigung dieser Komplexität kann man als zentrale Funktion des Managements sehen.¹

Erfreulicherweise verfügen wir zunehmend über Erkenntnisse zur Handhabung von Komplexität. Genannt seien die Rückkopplung², das Mehrebenen- bzw. Hierarchiekonzept³ sowie das Konzept der Selbstorganisation⁴. Aufbauend auf dem Konzept des lebensfähigen Systems von Stafford Beer⁵ gewinnt darüber hinaus „das Rekursionsprinzip ... für das St. Galler Management-Konzept tragende Bedeutung.“⁶. Außerhalb dieses Kreises taucht der Begriff dagegen in der betriebswirtschaftlichen Literatur meist nur im Zusammenhang mit der dynamischen Optimierung auf. Und auch die St. Galler Schule verwendet das Konzept nur eingeschränkt im Sinne bestimmter Strukturierungsüberlegungen.

¹ Malik, Fredmund (1996), Strategie des Managements komplexer Systeme, 5. Aufl., S. 184.

² Siehe z.B. Schiemenz, Bernd (1972a), Regelungstheorie und Entscheidungsprozesse – Ein Beitrag zur Betriebskybernetik.

³ Siehe z.B. Pattee, Howard H. (ed) (1973), Hierarchy Theory – The challenge of complex systems; Schiemenz, Bernd (1982), Betriebskybernetik; Schneeweiß, Christoph (1999), Hierarchies in Distributed Decision Making; Scholz, Christian (1983), Betriebskybernetische Hierarchiemethodik.

⁴ Siehe z.B. Paslack, Rainer (1991), Urgeschichte der Selbstorganisation; Probst, Gilbert J.B. (1987), Selbst-Organisation – Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht.

⁵ Beer, Stafford (1973), Kybernetische Führungslehre, Übers. von The Brain of the Firm – The Managerial Cybernetics of Organization, 1972.

⁶ Bleicher, Knut (1992), Das Konzept integriertes Management, 2. Aufl., S. 37.

In Logik, Mathematik und Informatik spielt die Rekursion demgegenüber eine bedeutsame Rolle. So schreibt beispielsweise Oberschelp: „Ein gewisses Quantum an Rekursionstheorie gehört zweifellos zur logischen Allgemeinbildung eines jeden, der sich über das Einführungsniveau hinaus mit Logik befaßt.“⁷. Der folgende Beitrag wirbt für eine stärkere Berücksichtigung dieses nach Auffassung des Autors sehr leistungsfähigen Konzepts für Gestaltungsmaßnahmen und Problemlösungen, bspw. in der Betriebswirtschaftslehre.

Es handelt sich um einen Spezialfall des Hierarchie- bzw. Mehr-Ebenen-Konzepts, das sich für die Konstruktion komplexer Systeme anbietet und das den späteren Nobelpreisträger H.A. Simon zu der Aussage veranlaßte: „Hierarchy ... is one of the central structural schemes that the architect of complexity uses.“⁸. Doch ist es mit diesem nicht identisch, auch wenn sogar Simon selbst diesen Eindruck erweckt, wenn er schreibt: „... nature is organized in levels because hierarchic structures – systems of Chinese boxes – provide the most viable form for any system of even moderate complexity.“⁹

Und auch Grobstein¹⁰ bringt unter Bezugnahme auf ein früheres Werk von 1965 zwei entsprechende Darstellungen in einer Abbildung mit der Unterschrift „Hierarchical order in Chinese boxes and subdivided triangles.“ Sie besitzen zwar eine hierarchische Struktur, aber eine ganz bestimmte, die wir als Modellrekursion bzw. rekursives Objekt kennenzulernen werden.

Rekursion weist auch enge Beziehungen zur Kybernetik auf. So stellt Paslack fest, „... daß nicht zuletzt die Entstehung der Kybernetik und der Theorie informationsverarbeitender Maschinen (z.B. der Turing-Maschine) seit den 1940er Jahren dieses Jahrhunderts (sic!), von denen die Computerentwicklung ja ausgeht, auf das Interesse an der Ausarbeitung der Theorie rekursiver Funktionen zurückgewirkt hat. Das Denken in kybernetischen Rückkopplungsschleifen und die Entwicklung einer Mathematik der Rekursionen traten sozusagen in „ko-evolutive“ Wechselwirkung zueinander.“¹¹

⁷ Oberschelp, Arnold (1993), Rekursionstheorie, S. 5.

⁸ Simon, Herbert A. (1962), The Architecture of Complexity, in: Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 106, S. 468; siehe auch: Scholz, Christian (1983), Betriebskybernetische Hierarchiemethodik; Schwarze, Jochen (1995), Komplexitätsreduktion durch hierarchische Dekomposition, in: WISU, Heft 8–9, S. 679–685 und Schneeweiß, Christoph (1999), Hierarchies in Distributed Decision Making.

⁹ Simon, Herbert A. (1973), The Organization of Complex Systems, in: Pattee, Howard H. (ed.), Hierarchy Theory – The Challenge of Complex Systems, S. 27.

¹⁰ Grobstein, Clifford (1973), Hierarchical Order and Neogenesis, in: Pattee, Howard H. (ed.), Hierarchy Theory – The Challenge of Complex Systems, S. 32.

¹¹ Paslack, Rainer (1991), Urgeschichte der Selbstorganisation, S. 42 f.

B. Rekursive Objekte

I. Begriffsbestimmung und allgemeine Beispiele

„Ein Objekt heißt rekursiv, wenn es sich selbst als Teil enthält oder mit Hilfe von sich selbst definiert ist.“¹² Chinesische Kästchen genügen dieser Definition, ebenso wie unterteilte Dreiecke oder ein aufgenommenes und live wiedergegebenes Fernsehbild (siehe Abbildung 1).

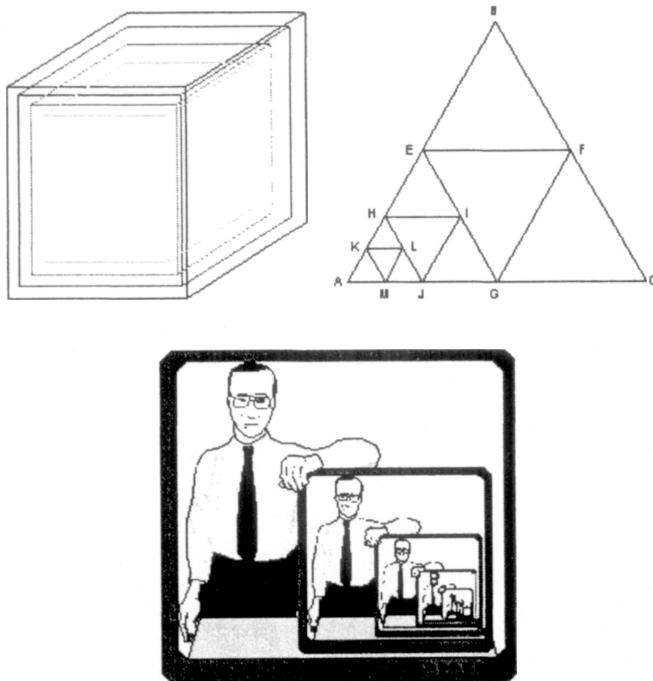


Abbildung 1: Chinesische Kästchen, unterteilte Dreiecke und ein aufgenommenes und live wiedergegebenes Fernsehbild als Beispiele rekursiver Objekte

Auch die Baumstruktur lässt sich als rekursives Objekt sehen, wie aus der folgenden Definition hervorgeht:

¹² Wirth, Niklaus (1983), Algorithmen und Datenstrukturen, 3. Aufl., S. 149.

„Eine Baumstruktur vom Grundtyp T ist entweder

1. die leere Struktur oder
2. ein Knoten vom Typ T mit einer endlichen Zahl verknüpfter, voneinander verschiedener Baumstrukturen vom Grundtyp T, sogenannter Teilbäume (subtrees).“¹³

Die Darstellungsform kann dabei sehr unterschiedlich sein (vgl. Abbildung 2).

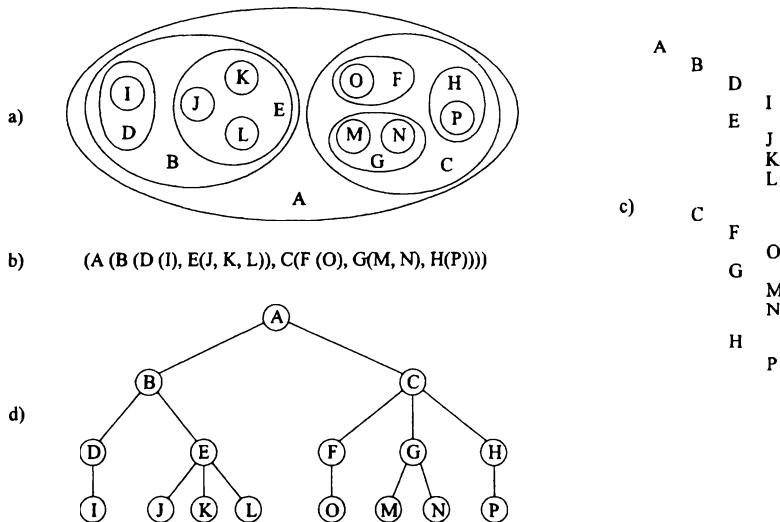


Abbildung 2: Darstellung von Baumstrukturen durch (a) geschachtelte Mengen, (b) geschachtelte Klammern, (c) Einrücken, (d) Graphen¹⁴

Bei der Arbeit mit dem Dateimanager von Windows stellt man fest, daß Verzeichnisse aus Verzeichnissen bestehen können, diese wiederum aus Verzeichnissen etc. Das Verzeichnissymbol auf den verschiedenen Ebenen ist immer wieder das gleiche. Klickt man es an, erhält man eine Übersicht der jeweiligen (Unter)Verzeichnisse, bis man schließlich bei den gewünschten einzelnen Dateien endet.

¹³ Wirth, Niklaus (1983), Algorithmen und Datenstrukturen, 3. Aufl., S. 219.

¹⁴ Ebenda, S. 220.

Und es bestehen gute Gründe, selbst den Systembegriff wie folgt rekursiv zu definieren: „Ein System ... besteht aus einer Menge von Elementen (Objekten, Systemen niedrigerer Ordnung, Subsystemen) mit Attributen und den zwischen diesen gegebenen Beziehungen ... Zugleich ist das System Bestandteil eines umfassenderen Systems (System höherer Ordnung, Supersystem ...), mit dem es interagiert. Sowohl die Elemente als auch das umfassendere System können dabei wiederum als Systeme im definierten Sinne aufgefaßt werden.“¹⁵.

II. Betriebswirtschaftliche Beispiele

Der in der kybernetischen Wissenschaft sehr renommierte Stafford Beer war meines Wissens der erste, der das Management auf die Bedeutung rekursiver Strukturen aufmerksam machte, und zwar mit seinem Konzept lebensfähiger Systeme.

Nach Beer¹⁶ benötigt jedes lebensfähige System fünf Lenkungsmechanismen:

1. die lokale Lenkung der Operationen,
2. eine Abstimmung zwischen den lokalen Lenkungen der einzelnen Operationen,
3. eine interne Optimierung, die sich auf diese Abstimmungen zwischen den lokalen Lenkungen bezieht,
4. eine Anpassung an die externe Umwelt und
5. eine Gesamtleitung, die für einen Ausgleich zwischen interner Optimierung und externer Anpassung sorgt.

Schaut man in das sogenannte „System 1“, in dem die Operationen lokal gelenkt werden, hinein, kann man wiederum diese fünf Funktionen erkennen usw. Denn es gilt das Theorem der rekursiven Systeme: Wenn ein lebensfähiges System ein ebensolches System enthält, so muß seine organisatorische Struktur rekursiv sein.¹⁷

Dieser Grundgedanke des Beer'schen Modells spielt eine besondere Rolle im St. Galler Management-Konzept,¹⁸ wie folgende Zitate zeigen:

¹⁵ Schiemenz, Bernd (1993), Systemtheorie, betriebswirtschaftliche, in: Wittmann, Waldemar et al. (Hrsg.), Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Sp. 4128.

¹⁶ Beer, Stafford (1973), S. 173 ff.

¹⁷ Vgl. Beer, Stafford (1973), S. 239, sowie die englische Originalquelle.

¹⁸ Bleicher, Knut (1992), S. 37, siehe auch Fußnote 7.

„Das ... Verhältnis von Subkulturen zur Unternehmungskultur entspricht dem Prinzip der *Rekursion*: ohne Wiederkehr tragender Werte und Normen auf allen Rekursions-ebenen einer Betrachtung unterliegt ein System der Desintegration.“¹⁹

„Eine Anwendung des Rekursionsprinzips auf die strategische Gestaltung von Managementsystemen eröffnet ... die Möglichkeit, die dargestellten Gestaltungselemente in einzelnen Subsystemen wiederzufinden.“²⁰

Es lassen sich zahlreiche weitere Beispiele aufzeigen, die das Konzept verwenden, auch wenn man sich des zugrundeliegenden Aspektes der Rekursion nicht bewußt ist, oder sich zumindest nicht darauf bezieht:

- Das klassische, aus dem Grundgedanken der Einheit der Auftragserteilung Fayols abgeleitete Einliniensystem hat die Struktur eines Entscheidungsbaums. Es weist damit ebenfalls die für den Entscheidungsbaum bereits dargelegte Rekursivität auf.
- Ähnlich ist die Situation, wenn man die Organisation als System überlappender Gruppen konzipiert²¹. Subsysteme werden dann wiederum durch überlappende Gruppen repräsentiert.
- Rekursiv ist auch ein Modell der Unternehmungsorganisation als System vermaschter kaskadierender Regelkreise. Die Regelstrecke eines übergeordneten Reglers entfaltet sich dabei wiederum in untergeordnete Regler und deren Regelstrecken.²²

Mehr im Ingenieurbereich bekannt ist die von Warnecke konzipierte „fraktale Fabrik“. Sie besteht aus Fraktalen. „Ein Fraktal ist eine selbständig agierende Unternehmenseinheit, deren Ziele und Leistung eindeutig beschreibbar sind. Fraktale sind selbstähnlich, jedes leistet Dienste ...“²³. Erkennbar wird die Rekursivität des Objekts auch, wenn er an anderer Stelle²⁴ von „Fabrik in der Fabrik“ spricht.

Besonders deutlich wird die Bedeutung einer rekursiven Sicht von Objekten schließlich aus der folgenden Prozeßdefinition: „Ein Prozeß ist definiert als miteinander verbundene Aktivitäten oder Teilprozesse zur Bearbeitung einer Aufgabe oder aus einer einzelnen Aktivität.“ Und ganz explizit: „Somit ist der

¹⁹ Ebenda, S. 177.

²⁰ Ebenda, S. 264.

²¹ Vgl. Likert, Rensis (1961), *New Patterns of Management*, S. 104 ff.

²² Siehe z.B. Schiemenz, Bernd (1982), S. 217.

²³ Warnecke, Hans-Jürgen (1992), *Die fraktale Fabrik*, S. 142 f.

²⁴ Warnecke, Hans-Jürgen (1993), *Das fraktale Unternehmen*, S. 157.

Prozeßbegriff rekursiv definiert.“²⁵ Und durch die Prozeßsicht lässt sich bekanntlich umfangreiches betriebliches und außerbetriebliches Geschehen abbilden.

Offensichtlich genutzt wird Rekursion aber auch in der Modellierung von Entscheidungsprozessen durch Edmund Heinen. Er gliedert diese zunächst in Anregung, Suche, Optimierung und Durchsetzung und schreibt dann: „In allen Phasen sind Teilentscheidungen zu fällen... Diese Teilentscheidungen im Rahmen einer Gesamtentscheidung können selbst wieder als Entscheidungsprozesse „im kleinen“ betrachtet werden.“²⁶

Betriebliche Produktion wird gerne als „Produktionssystem“ charakterisiert. Dabei finden sich zwei unterschiedliche Sichten: eine einstufige und eine (mehrstufige) rekursive. Die einstufige Sicht entspricht dem system-theoretischen Konzept einer Black Box. Sie transformiert aufgrund eines Kombinationsprozesses Produktionsfaktoren als Input in erstellte Leistungen als Output.²⁷ An diese Sicht schließt sich zwangslässig die Produktionsfunktion vom Typ A an, die unmittelbar die Output-Input-Beziehungen funktional beschreibt. Die zweite Sicht schaut in die Black Box „Produktionssystem“ hinein und findet darin wiederum Produktionssysteme. „Durch sukzessive Fortführung des Strukturierungsprozesses kann die Betrachtungsgenauigkeit verfeinert werden, ohne den Bezug zum Ganzen zu verlieren. Auf diese Weise lässt sich jeder „produktive“, d.h. Werte schaffende, Teil eines Betriebes selber wieder als ein Produktions(sub)system ansehen ...“²⁸ Die rekursive systemorientierte Sicht bringt es andererseits auch mit sich, daß man sich bewußt ist, daß das Produktionssystem einer Unternehmung seinerseits Subsystem eines Produktionssystems höherer Ebene ist, etwa eines Industriesektors, der gleichartige Produktionssysteme zusammenfaßt, oder eines Produktionsnetzwerkes, das sich auf Güterflüsse konzentriert.²⁹

Und ein letztes Beispiel: Sowohl für Kostenstellen als auch für Kostenträger gilt allgemein die Aussage von G. Mensch: „Man baut für diese Bezugsobjekte Bezugsobjekthierarchien auf, ... bei denen jeweils das obere Bezugsobjekt alle

²⁵ DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1996), DIN-Fachbericht 50 – Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management, S. 15 f.

²⁶ Heinen, Edmund (1982), Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 8. Aufl., S. 23.

²⁷ Siehe z.B. Corsten, Hans (1998), Produktionswirtschaft, 7. Aufl., S. 8 f. sowie Zäpfel, Günther (1982), Produktionswirtschaft, S. 2.

²⁸ Dyckhoff, Harald (1995), Grundzüge der Produktionswirtschaft, S. 5.

²⁹ Siehe Schiemenz, Bernd (1996), Komplexität von Produktionssystemen, in: Kern, Werner u.a. (Hrsg.), Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, 2. Aufl., Sp. 895 f. mit weiteren Verweisen.

auf der Ebene darunter auftretenden Bezugsobjekte beinhaltet.“³⁰ Wir finden also Kostenstellen, die Kostenstellen beinhalten und Kostenträger, die aus Kostenträgern bestehen.

C. Rekursive Problemlösung

I. Begriffsbestimmung und allgemeine Beispiele

In rekursiven Objekten bzw. Modellen finden wir, wenn wir in sie hineinschauen, ähnliche rekursive Objekte bzw. Modelle. Vergleichbar ist die Situation bei rekursiver Problemlösung. Wir lösen das Problem, indem wir ein darin enthaltenes kleineres Problem lösen. Rekursive Problemlösung liegt in der „... Zurückführung der allgemeinen Aufgabe auf eine „einfachere“ Aufgabe derselben Klasse“³¹, die dann wiederum auf eine „einfachere“ Aufgabe derselben Klasse zurückgeführt wird etc. Irgendwann muß dieser Prozeß allerdings stoppen. Er benötigt eine „Verankerung“.

„Elementarfall und Reduktion der Problemgröße in Richtung auf den Elementarfall sind (somit) die wesentlichen strukturellen Eigenschaften rekursiver Funktionen und Prozeduren.“³²

Bspw. läßt sich der Wert $n! = n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1$ rekursiv formulieren und errechnen gemäß

$$1! = 1 \quad (\text{Elementarfall bzw. Verankerung})$$

$$n! = n \cdot (n-1)! \quad (\text{Reduktion der Problemgröße in Richtung auf den Elementarfall})$$

Wagenknecht charakterisiert den Ansatz als Little-Man-Modell. Dieser erhält das Problem, beispielsweise die Errechnung von $x!$, merkt sich seine eigene Teilaufgabe, im Beispiel „multipliziere x mit $(x-1)!$ “ und gibt die Aufgabe $(x-1)!$ an den nächsten Little-Man weiter. Schließlich gibt der letzte den Wert $1! = 1$ nach vorne in die Kette. Obwohl der Little-Man nur in seiner kleinen Welt lebt und nichts von dem weiß, was um ihn herum geschieht, wird durch die Little-Men insgesamt aufgrund ihrer Verkettung das Gesamtproblem gelöst.

³⁰ Mensch, Gerhard (1996), Stufenweise Fixkostendeckungsrechnung, in: WISU, Heft 1/1996, S. 32.

³¹ Bauer, Friedrich L./Goos, Gerhard/Dosch, Walter (1991), Informatik – Eine einführende Übersicht, S. 59.

³² Wagenknecht, Christian (1994), Rekursion – Ein didaktischer Zugang mit Funktionen, S. 42.

Ein Beispiel für rekursive Problemlösung, die wohl jeder schon einmal verwendete, ist das Einsortieren von Karten in einen Kartenstapel. Man trennt diesen (großen) Kartenstapel in zwei Teile, entscheidet, in welchen dieser zwei Teile die Karte gehört und hat nun das einfachere der gleichen Klasse zugehörige Problem zu lösen, die Karte in diesen kleineren Kartenstapel einzusortieren. Der Elementarfall liegt vor, wenn die Einsortierung weder in den hinteren noch in den vorderen Kartenstapel zu erfolgen hat.

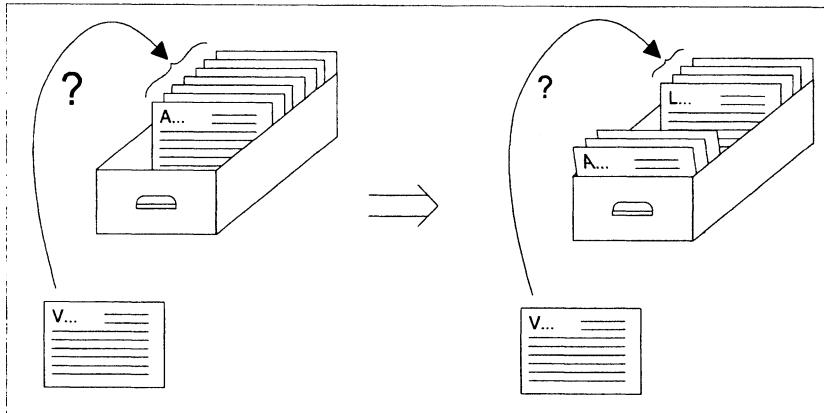


Abbildung 3: Rekursive Lösung des Einsortierens von Karten

Der Mathematiker Lucas präsentierte auf der Pariser Weltausstellung ein rekursives Objekt und eine Problemstellung, die sich rekursiv lösen lässt. Das Objekt sind die „Türme von Hanoi“.³³ Sie entstehen, indem man Ringe mit abnehmendem Ringdurchmesser übereinander schichtet. Die $(n-1)$ oberen Ringe eines n -stufigen Turms bilden wiederum einen „Turm von Hanoi“ (siehe Abbildung 4).

Die Aufgabe war, unter Verwendung zweier weiterer Stifte den Turm so zu verlagern, daß stets nur kleinere Ringe auf größeren Ringen zu liegen kommen. Und die konkrete Frage war nach der Minimalzahl der Verlagerungsschritte.

Die rekursive Problemlösung ist aus Abbildung 4 erkennbar. Um den n -stufigen Turm zu verlegen, muß man zunächst einen $(n-1)$ -stufigen Turm verlegen, dann den untersten Ring (einen „1-stufigen Turm“) und dann nochmals den $(n-1)$ -stufigen Turm. Die rekursive Lösung der gestellten Aufgabe liegt also in³⁴

³³ Ebenda, S. 44 f.

³⁴ Vgl. ebenda, S. 11.

$$M(1) = 1$$

(Elementarfall bzw. Verankerung)

$$M(n) = 2 \cdot M(n-1) + 1 \text{ für } n \geq 2$$

(Reduktion der Problemgröße in Richtung auf den Elementarfall)

Ein besonders eng mit der Kybernetik verbundenes Beispiel rekursiver Problemlösung ist die Regelung. Das deutet bereits deren Definition nach DIN 19226 an als „... Vorgang, bei dem eine Größe*, die zu regelnde Größe (Regelgröße*), fortlaufend erfaßt, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße*, verglichen und abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflußt wird.“³⁵

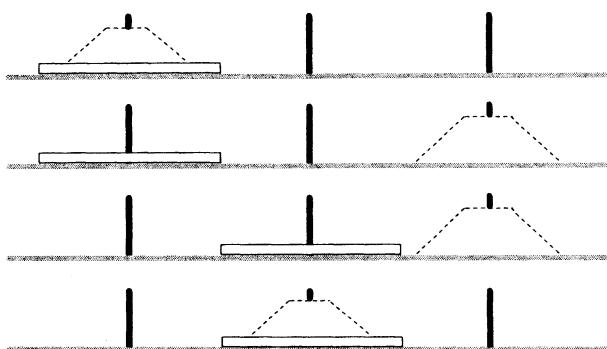


Abbildung 4: Der rekursive Lösungsansatz zu LUCAS' Turmproblem³⁶

Die Regelgröße wird also „im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße“ beeinflußt. Das größere Problem einer größeren Abweichung zwischen Führungsgröße und Regelgröße wird in ein kleineres Problem einer kleineren Abweichung zwischen Führungsgröße und Regelgröße transformiert, das aber von der gleichen Klasse wie das größere Problem ist. Die Rekursionsbeziehung lässt sich auch mathematisch formulieren (vgl. Abbildung 5).

Eine in der Entscheidungslehre wohlbekannte Anwendung des Rekursionsprinzips ist das Optimalitätsprinzip von Bellman. Es besagt: „An optimal policy has the property that whatever the initial state and initial decision are, the remaining decisions must constitute an optimal policy with regard to the state

³⁵ DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1968), DIN 19226 Regelungstechnik und Steuerungstechnik, Begriffe und Benennungen, S. 3.

³⁶ Entnommen aus Stowasser, Roland/Mohry, Benno (1978), Rekursive Verfahren – Ein problemorientierter Eingangskurs, S. 11.

resulting from the first decision.³⁷ Es führt damit die Bedingungen für die Optimalität eines n -stufigen Entscheidungsprozesses auf die Bedingungen der Optimalität eines $n-1$ stufigen Entscheidungsprozesses zurück.

Auch dem Gradientenverfahren liegt rekursive Problemlösung zugrunde. Zur Maximierung des von zwei Instrumentalvariablen u_1 und u_2 abhängigen Nutzens geht man von einem Punkt $u_{1,n}, u_{2,n}$ ein Stück in Richtung des durch den Gradienten bestimmten steilsten Anstiegs zum nächsten Punkt $u_{1,(n+1)}, u_{2,(n+1)}$, bis sich keine merkbare Nutzenerhöhung mehr erreichen lässt. Man reduziert das Problem der Verminderung einer großen Nutzendifferenz auf das der Verringerung einer kleineren Nutzendifferenz, bis sich der Elementarfall einer nicht mehr merkbaren Nutzenerhöhung ergibt (vgl. Abbildung 6).

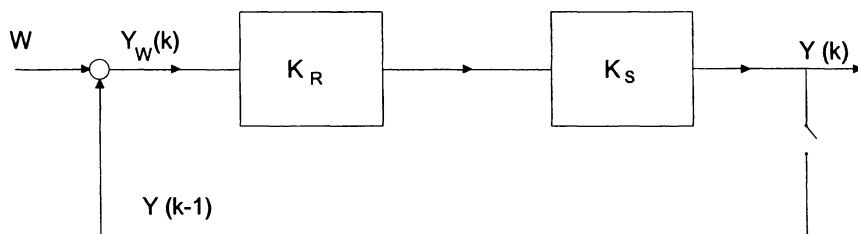


Abbildung 5: Rekursionsbeziehungen im Regelkreis

Es bedeuten:

W : (von der Periode unabhängiger) Sollwert der Regelgröße bzw. die Führunggröße

$Y(k-1)$: Istwert der Regelgröße in der Periode $k-1$

K_R : Reglerverhalten (hier als linear, sofortwirkend und deterministisch angenommen)

K_S : Verhalten der Regelstrecke (hier ebenfalls als linear, sofortwirkend und deterministisch angenommen)

Dann gilt³⁸:

1. $Y_W(k) = W - Y(k-1)$
2. $Y(k-1) = K_R \cdot K_S \cdot Y_W(k-1)$

³⁷ Bellman, Richard (1957), Dynamic Programming, S. 83.

³⁸ Für kompliziertere Verhalten von Regler und Regelstrecke muß auf Transformationsverfahren zurückgegriffen werden, vgl. z.B. Schiemenz (1972a), S. 113 ff.

$$3. \quad YW(k) = W - KR \cdot KS \cdot YW(k-1)$$

$$4. \quad YW(1) = W$$

Gleichung 3 gibt die Rekursionsbeziehung für Y_w an, Gleichung 4 deren Verankerung.

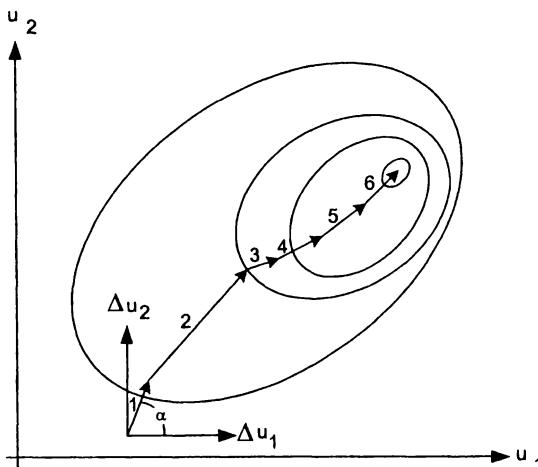


Abbildung 6: Auf Gradientenverfahren basierende Suchverfahren als Beispiel rekursiver Problemlösung

Ähnlich ist die Situation bei gestufter Suche. Man überzieht den Lösungsbereich mit einer bestimmten Zahl von Gitterpunkten (Abbildung 8, linkes Bild) oder Zufallspunkten (Abbildung 8, rechtes Bild), ermittelt davon den günstigsten und sucht nun in dem engeren Handlungsfeld um diesen herum mit dem gleichen Ansatz den wiederum für dieses günstigsten Punkt. Das Problem der Ermittlung des optimalen Wertes wird zunehmend auf kleinere Handlungsbereiche reduziert, bis es ausreichend eingeschränkt ist (Verankerung).

Von großer Bedeutung ist rekursive Problemlösung auch im Zusammenhang mit der vollständigen Induktion.³⁹ Wenn die Aussagen $A(n_0)$, $A(n_0+1)$, $A(n_0+2)$, ... vorliegen, so reicht es zu zeigen, daß

1. die Aussage $A(n_0)$ richtig ist und
2. für jede natürliche Zahl $n \geq n_0$ gilt: wenn $A(n)$, dann $A(n+1)$.

Dann ist $A(n)$ für alle $n \geq n_0$ bewiesen.

³⁹ Siehe Stowasser, Roland/Mohry, Benno (1978), S. 19 ff.

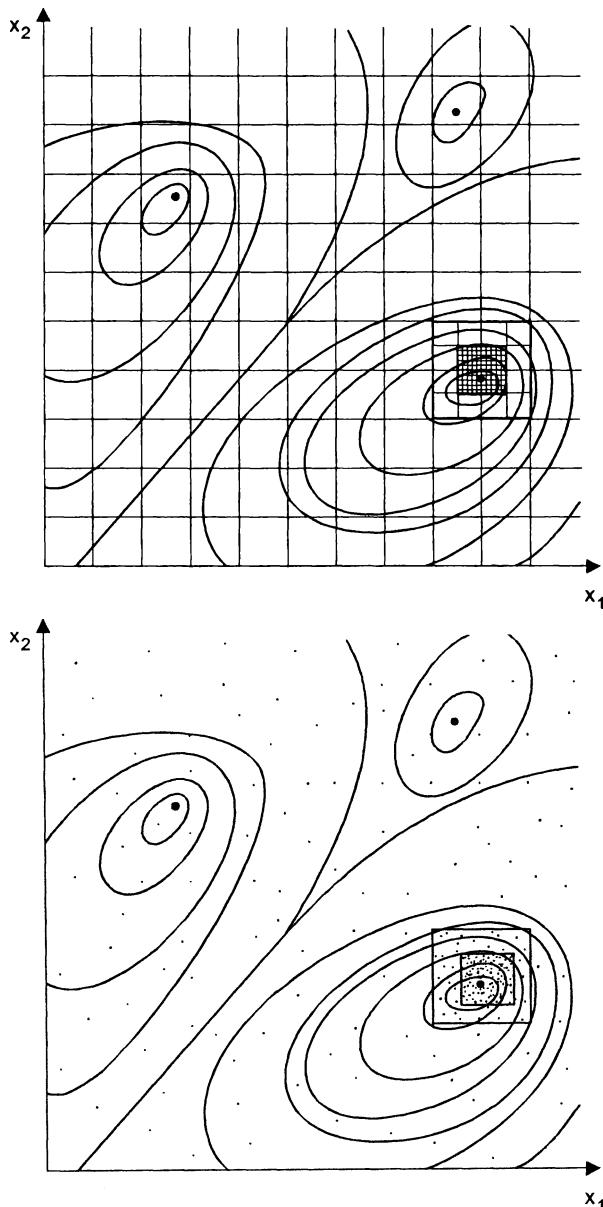


Abbildung 7: Auf Stufung basierende Suchverfahren
als Beispiel rekursiver Problemlösung

II. Betriebswirtschaftliche Beispiele

Viele der angeführten allgemeinen Beispiele rekursiver Problemlösung werden standardmäßig in der Betriebswirtschaft genutzt. Das gilt in besonderem Maße für die Rückkopplung, die den meisten Management-Techniken, insbesondere dem Management by Results, zugrunde liegt.

Entscheidungsbaumverfahren spielen in der Investitionstheorie eine große Rolle und generell dann, wenn es um Wahlhandlungen in komplexen Problemstellungen geht. Sequentielle Entscheidungsprobleme, bei denen sich die Sequenz aus zeitlichen Gründen (z.B. bei Lagerhaltungsproblemen) oder aus logischen Gründen (z.B. bei Zuordnungsproblemen) ergeben kann, lassen sich zwar auch als Entscheidungsbaumprobleme abbilden. Oft ist aber die eher parallele Anordnung in einem Netz geeigneter, wie sie der Dynamischen Optimierung zugrunde liegt.⁴⁰

Auch die Verfahren der Stufung finden, zumindest im Sinne einer Problemlösungsphilosophie, breite Verwendung. So schränkt man bspw. bei Standortproblemen die Menge der Alternativen mehrstufig ein, unter zunehmend exakterer Ermittlung der Konsequenzen.

Rekursiv geht man auch vor, wenn man (unter Verwendung von „Zustandsgleichungen“) den Zustand eines Systems am Ende der Periode $n + 1$ aus dem Zustand am Ende der Periode n errechnet. Dieses Konzept des Zustandsraums verwendet beispielsweise die moderne Regelungs- bzw. Kontrolltheorie.⁴¹ Es ist auch Grundlage der mit der Systemtheorie eng verbundenen Simulationstechnik, bei der es im wesentlichen darum geht, „Zustandsgeschichten“ zu schreiben.⁴² Daß man dabei aus dem Zustand am Ende der Periode n auf den Zustand am Ende der Periode $n + 1$ schließen kann, liegt an dem spezifischen Zustandsbegriff als „zukunftsrelevante Vergangenheit“.

Verwandt mit dem Zustandskonzept sind Vorhersageverfahren. Die Zeitreihenprognose schließt aus den Werten vergangener Perioden bis zur Periode n auf den Wert der Periode $n + 1$. Eine besonders elegante und die Berechnung vereinfachende Rekursion entsteht dabei, wenn man die Vergangenheitswerte mit exponentiell abnehmenden Gewichten versieht. Man erhält dann den

⁴⁰ Vgl. z.B. Schiemenz, Bernd/Schönert, Olaf (2001), Entscheidung und Produktion, S. 66 ff. und Schneider, Gerhard/Mikolcic, Hrvatin (1972), Einführung in die Methode der dynamischen Programmierung.

⁴¹ Siehe Schiemenz, Bernd (1972b), Regelungstheoretische Grundkonzepte und ihre Anwendung zur Gestaltung von Produktions- Lagerhaltungs-Systemen in: ZfbF, 24. Jg., S. 434–452.

⁴² Siehe Witte, Thomas (1993), Simulation und Simulationsverfahren, in: Wittmann, Waldemar et al. (Hrsg.), Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 5. Aufl., Sp. 3837 f.

Vorhersagewert gemäß der exponentiellen Glättung als $v(n+1) = (1 - \alpha) * v(n) + \alpha \cdot m(n)$. Darin symbolisiert v den Vorhersagewert, n die Periode, m den tatsächlich eingetretenen Wert und α die (geeignet wählbare) Glättungskonstante.⁴³

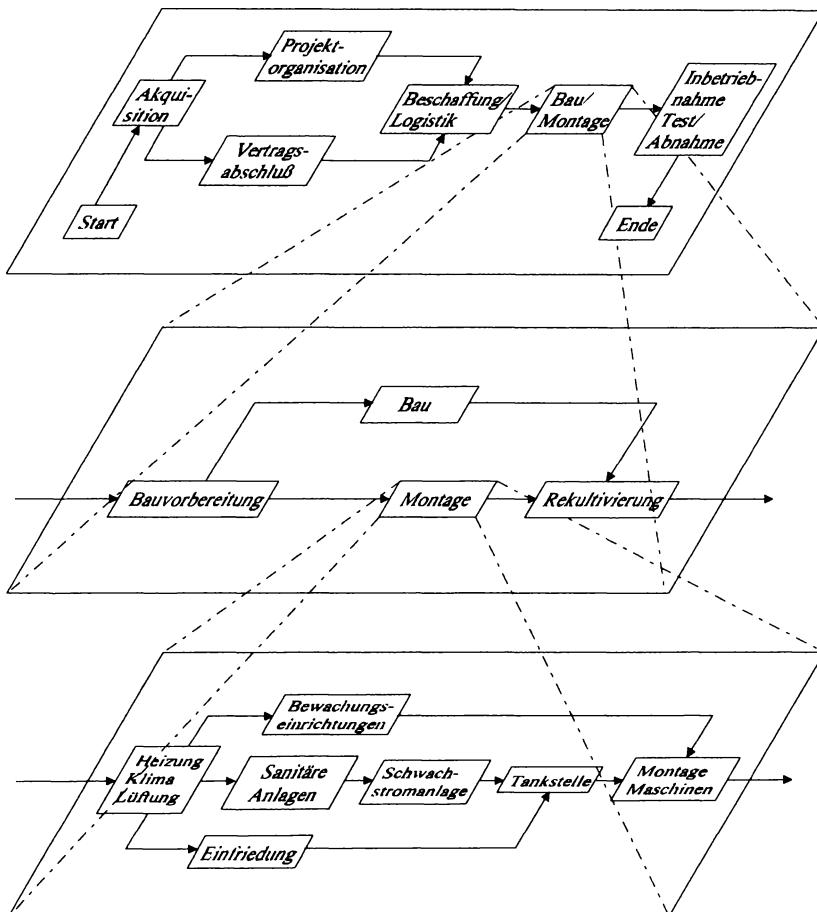


Abbildung 8: Zeitplanung in komplexen Projekten durch rekursive Modellbildung und Problemlösung

⁴³ Siehe z.B. Ohse, Dietrich (1998), Quantitative Methoden in der Betriebswirtschaftslehre, S. 63 ff.

Komplexe Projekte lassen sich rekursiv über mehrere Ebenen als jeweils recht einfache Projekte modellieren (siehe Abbildung 8). Die für die höhere Aggregationsebene (bspw. Bau/Montage der obersten Ebene) benötigte Projektdauer errechnet man – rekursiv – aus dem detaillierteren Projekt (hier Bauvorbereitung – Bau/Montage – Rekultivierung) der nächsten Auflösungsstufe, deren Werte wiederum aus den Unterprojekten weiterer Auflösungsstufen ermittelt werden.

Um den Bedarf an Teilen (Einzelteilen und Baugruppen der verschiedenen Stufen) komplexer synthetischer Produkte (z.B. eines Großraumflugzeuges) zu ermitteln, kann man wie folgt vorgehen⁴⁴: Man ermittelt für jedes Teil T_j , für das der Gesamtbedarf b_j (als End- und Zwischenprodukt) bereits bekannt ist (das sind zunächst nur die Endprodukte), welche anderen Teile T_i in welcher Zahl a_{ij} pro Stück des übergeordneten Teils T_j benötigt werden. $a_{ij} \cdot b_j$ ist dann der Bedarf an Teil T_i zur Produktion der b_j Einheiten von T_j (in Stück). Ist $a_{ij} \cdot b_j$ für alle Teile T_j , $j = 1, 2, \dots, n$, die Teil T_i benötigen, errechnet und ist p_i der Primärbedarf an Teil T_i (etwa als Ersatzteile oder auch zur Lagerauffüllung), lässt sich der Gesamtbedarf b_i an Teilen T_i errechnen gemäß

$$b_i := p_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot b_j$$

Die Gesamtbedarfsermittlung für Teil T_i wird also auch hier zurückgeführt auf die vorhergehende Gesamtbedarfsermittlung „übergeordneter“ Teile T_j . Ordnet man den Teilen als Stufenzahl k die maximale Kantensumme des Gozinto-Graphen bis zum Endprodukt zu, so kann man auch sagen, daß man die Errechnung des Bedarfs an Teilen auf der Stufe $k+1$ zurückführt auf die vorherige Errechnung des Bedarfs an Teilen auf der Stufe k .

D. Vorteile rekursiver Modellbildung und Problemlösung

Die aufgezeigten allgemeinen sowie betriebswirtschaftlichen Beispiele stellen nur eine kleine Auswahl möglicher dar. Speziell aus der Betriebswirtschaft ließen sich zahlreiche weitere anführen: aus Führung und Organisation, aus Produktion und Logistik, aus dem Rechnungswesen und Controlling etc. Schon die gemachten Ausführungen und gebrachten Beispiele dürften aber gezeigt haben, welche Möglichkeiten rekursive Modellbildung und Problemlösung zur Vereinfachung komplexer Probleme bietet.

⁴⁴ Vgl. z.B. Schiemenz, Bernd/Schönert, Olaf (2001), S. 164 ff.

Bereits Malik schreibt: „Aufgrund der Rekursivität der Systemstrukturen ist es möglich, auf allen Systemebenen die selbe Denkweise, Detail-strukturierungsprinzipien, Methoden, Techniken, Programme usw. anzu-wenden. Dies bedeutet eine bemerkenswerte Verbesserung ... und führt zu erheblichen Rationalisierungseffekten.“⁴⁵.

Wir können uns dieser Aussage, auch wenn sie mehr vor dem Hintergrund organisatorischer Gestaltung unter Verwendung des Viable System-Modells von Beer erfolgte, anschließen und wollen zu weiterer Durchdringung und weiteren Tests dieses leistungsfähigen Ansatzes anregen.

Literaturverzeichnis

- Bauer, Friedrich L. / Goos, Gerhard / Dosch, Walter (1991): Informatik – Eine einführende Übersicht.*
- Beer, Stafford (1972): Kybernetische Führungslehre, Übers. von The Brain of the Firm – The Managerial Cybernetics of Organization.*
- Bellman, Richard (1957): Dynamic Programming.*
- Bleicher, Knut (1992): Das Konzept integriertes Management, 2. Aufl..*
- Corsten, Hans (1998): Produktionswirtschaft, 7. Aufl..*
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1968): DIN 19226 Regelungstechnik und Steuerungstechnik, Begriffe und Benennungen.
- (1996): DIN-Fachbericht 50 – Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management, 1996.
- Dyckhoff, Harald (1995): Grundzüge der Produktionswirtschaft.*
- Grobstein, Clifford (1973): Hierarchical Order and Neogenesis, in: Pattee, Howard H. (ed.), Hierarchy Theory – The Challenge of Complex Systems.*
- Heinen, Edmund (1982): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 8. Aufl.*
- Likert, Rensis (1961): New Patterns of Management.*
- Malik, Fredmund (1996): Strategie des Managements komplexer Systeme, 5. Aufl.*

⁴⁵ Malik, Fredmund (1996), Strategie des Managements komplexer Systeme, 5. Aufl., S. 102.

Mensch, Gerhard (1996): Stufenweise Fixkostendeckungsrechnung, in: WISU, Heft 1/1996, S. 31–34.

Oberschelp, Arnold (1993): Rekursionstheorie.

Ohse, Dietrich (1998): Quantitative Methoden in der Betriebswirtschaftslehre.

Paslack, Rainer (1991): Urgeschichte der Selbstorganisation.

Pattee, Howard H. (ed) (1973): Hierarchy Theory – The challenge of complex systems.

Probst, Gilbert J.B. (1987): Selbst-Organisation – Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht.

Schiemenz, Bernd (1972a): Regelungstheorie und Entscheidungsprozesse – Ein Beitrag zur Betriebskybernetik.

- (1972b): Regelungstheoretische Grundkonzepte und ihre Anwendung zur Gestaltung von Produktions- Lagerhaltungs-Systemen in: ZfbF, 24. Jg., S. 434–452.
- (1982): Betriebskybernetik.
- (1993): Systemtheorie, betriebswirtschaftliche, in: Wittmann, Waldemar et al. (Hrsg.), Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Sp. 4127–4140.
- (1994): Hierarchie und Rekursion im nationalen und internationalen Management von Produktion und Information, in: Schiemenz, Bernd/Wurl, Hans-Jürgen (Hrsg.), Internationales Management – Beiträge zur Zusammenarbeit, S. 285–305.
- (1996): Komplexität von Produktionssystemen, in: Kern, Werner u.a. (Hrsg.), Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, 2. Aufl., Sp. 895–904.
- (1997): Die Komplexität von Geschäftsprozessen und Möglichkeiten zu deren Handhabung, in: Wildemann, Horst (Hrsg.), Geschäftsprozeßorganisation, 1997, S. 103–126.

Schiemenz, Bernd / *Schönert*, Olaf (2001): Entscheidung und Produktion.

Schneeweiß, Christoph (1999): Hierarchies in Distributed Decision Making.

Schneider, Gerhard / *Mikolcic*, Hrvatin (1972): Einführung in die Methode der dynamischen Programmierung.

Scholz, Christian (1983): Betriebskybernetische Hierarchiemethodik.

Schwarze, Jochen (1995): Komplexitätsreduktion durch hierarchische Dekomposition, in: WISU, Heft 8–9, S. 679–685.

Simon, Herbert A. (1962): The Architecture of Complexity, in: Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 106, pp. 467–482.

– (1973): *The Organization of Complex Systems*, in: Pattee, Howard H. (ed.), *Hierarchy Theory – The Challenge of Complex Systems*, S. 1–27.

Stowasser, Roland / Mohry, Benno (1978): *Rekursive Verfahren – Ein problemorientierter Eingangskurs*.

Wagenknecht, Christian (1994): *Rekursion – Ein didaktischer Zugang mit Funktionen*.

Warnecke, Hans-Jürgen (1992): *Die fraktale Fabrik*.

– (1993): *Das fraktale Unternehmen*.

Wirth, Niklaus (1983): *Algorithmen und Datenstrukturen*, 3. Aufl..

Witte, Thomas (1993): *Simulation und Simulationsverfahren*, in: Wittmann, Waldemar et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*, 5. Aufl., Sp. 3837–3849.

Zäpfel, Günther (1982): *Produktionswirtschaft*.

Frühwarnung und Gegensteuerung in Wirtschaftssystemen

Von *Bernhard Kroll*

Die mit dieser Thematik einher gehende evolutorische Sicht auf konkrete Wirtschaftssysteme jedweder Art und Größe zieht ihren besonderen Reiz aus der Frage nach jenen Zusammenhängen, durch die Phasen des Aufstieges bzw. Wachstums, der temporären Beständigkeit oder aber des Nieder- bzw. Untergangs bewirkt werden. Neben der Freude an der Erkenntnis spielt dabei stets auch die praktische Nutzanwendung eine Rolle, insbesondere wenn der Betrachter als Teil der jeweiligen Wirtschaft an deren Fortbestand interessiert ist. Mit zunehmender Komplexität der betrachteten Wirtschaftssysteme wird es jedoch immer schwieriger, sie umfassend zu beschreiben und auf dieser Grundlage praxisbrauchbare Werkzeuge zu finden, die sie in gewünschte Bahnen zu lenken vermögen.

Mit der Systemtheorie hat die Wissenschaft erst spät eine Methode gefunden, die es ihr erlaubt, ein möglichst realistisches Bild über die Vielfalt der uns umgebenden Dinge und Zusammenhänge zu gewinnen und darin auch die diesen Dingen und Zusammenhängen eigenen Quantitäten einzubeziehen. Ihren durchgreifenden Erfolg hat die systemtheoretische (und die darin eingeschlossene kybernetische) Methode bisher vor allem in den Natur- und Technikwissenschaften, speziell auf den Gebieten der Informationsverarbeitung und Automatisierung erzielt. Sie ist aber nicht allein ein Kind der modernen Naturwissenschaften und Technik und nur diesen adäquat. In ihrem Bemühen, gleichzeitig-allgemeines in verschiedensten Untersuchungsobjekten aufzufinden, hat sie sich zunehmend auch an komplexere Lebensformen herangewagt, als deren höchste Ausprägung die menschliche Gesellschaft in ihren verschiedensten sozialen Gruppierungen und in ihrem Zusammenwirken mit der Natur aufgefaßt werden kann. Nun wäre es sicherlich vermessen, allein der Systemtheorie den Anspruch auf eine komplexe Sicht der Dinge zuzubilligen. In besonderem Maße öffnet sie jedoch den Blick dafür, daß soziale und speziell auch die hier interessierenden wirtschaftlichen Systeme, wie übrigens alle anderen Lebensformen – von der lebenden Zelle aufwärts – auch, neben einer qualitativ verbal beschreibbaren Struktur-Äußerung auch eine in Quantitäten darstellbare kraftemäßige Äußerung haben, die man als deren Potential bzw. Leistungsfähigkeit,

inklusive Effizienz bezeichnen kann (vgl. *Rudolph* 1981). Die Erfassung der quantitativen, also meßbaren Seite komplexer Systeme ist wiederum nur mit den Mitteln der mathematischen Formalisierung möglich.

Bei systemtheoretischem Herangehen kommt es nun darauf an, für ein in der ökonomischen Begriffswelt formuliertes Problem eine solche Stufe der Formalisierung zu erreichen, die sein Durchdenken auf systemtheoretisch-allgemeiner Ebene ermöglicht und zugleich die auf dieser Ebene gewonnenen Erkenntnisse so in die Wirtschaftssprache zurück transformiert, daß ein erneutes ökonomisch-konkretes Durchdenken des Problems möglich wird. Die Systemtheorie soll der Wirtschaftstheorie als nicht übergestülpt werden und sie soll auch nicht an deren Stelle treten; sie soll vielmehr die Wirtschaftstheorie zu einem komplexeren Durchdenken ihres spezielleren Untersuchungsgegenstandes anregen. Unter den Wirtschaftswissenschaftlern ist ein solches Herangehen nicht unumstritten. Nach Ansicht des Autors ist ein aktuell beobachtbares Defizit in der wirtschaftswissenschaftlichen Nutzung der Systemtheorie auch dem Umstand geschuldet, daß es bisher viel zu wenige aus den Wirtschaftswissenschaften selbst kommende Impulse für ihre Weiterentwicklung gibt. Positiv formuliert läßt sich daraus die Erwartung ableiten, daß jene Untersuchungsgebiete, die den Hauptnutzen der Systemtheorie für den wirtschaftswissenschaftlichen Erkenntnisprozeß versprechen, noch zu erschließen sind, und es sei hier die Vermutung geäußert, daß sie vor allem in der Erklärung längerfristiger Entwicklungen und in der Charakterisierung der quantitativen Seite komplexer Systeme liegen.

Der Autor ist vor dem Hintergrund gesamtwirtschaftlicher Problemstellungen dieser Methode gefolgt und hat in Form des „Potential-Zusammenhangs“ eine in Abbildung 1 stark vereinfacht dargestellte Architektur gefunden, die es erlaubt, die materiellen (stofflich-energetischen) Grundlagen von Wirtschaftssystemen mit ihrer strukturellen Beschaffenheit, zu der auch ihre relativ ver-selbständigteten institutionell-rechtlichen Regelungen gehören, zu verbinden.

Auf Handlungsebene stehen sich in einem Wirtschaftssystem drei Handlungseinheiten (Unternehmen), die jeweils über ein eigenes Potential P_1 , P_2 und P_3 verfügen, gegenüber. Diese elementaren Potentiale stoßen sich ab oder ziehen sich an, üben Wirkungen aus oder empfangen Wirkungen, konkurrieren oder kooperieren. Das Wechselspiel ihrer Kräfte macht ihren Zusammenhalt aus und formiert unmittelbar die Leistungsfähigkeit der Gesamtwirtschaft, die wiederum um so größer ist, je besser es gelingt, die Potentiale auszubalancieren bzw. zu koordinieren.

Von der faktischen Kräftekonstellation auf Handlungsebene sind nun die Kommunikationsbeziehungen zwischen den jeweiligen Informationssystemen I_1 , I_2 und I_3 zu unterscheiden, die – markiert durch das Oval – einen gemeinsa-

men Regler bzw. einen „Ordner“ formen. Dieser Regler verselbständigt sich als Hierarchie aus den Kräften der darunter liegenden Handlungsebene und wirkt auf diese zurück. Mit regelnden Institutionen kann man insofern stellvertretend für die nur schwer (als Momentaufnahme) faßbaren faktischen Strukturen arbeiten, wobei man ihrer Eigendynamik Rechnung tragen muß. Gesetzgeberische Regulierungswut oder die politische Zuteilung unechter, also güterwirtschaftlich nicht gedeckter Rechte sind wirtschaftliche Ausdrucksformen eines solchen von der Handlungsebene losgelösten und diese schwächenden Eigenlebens.

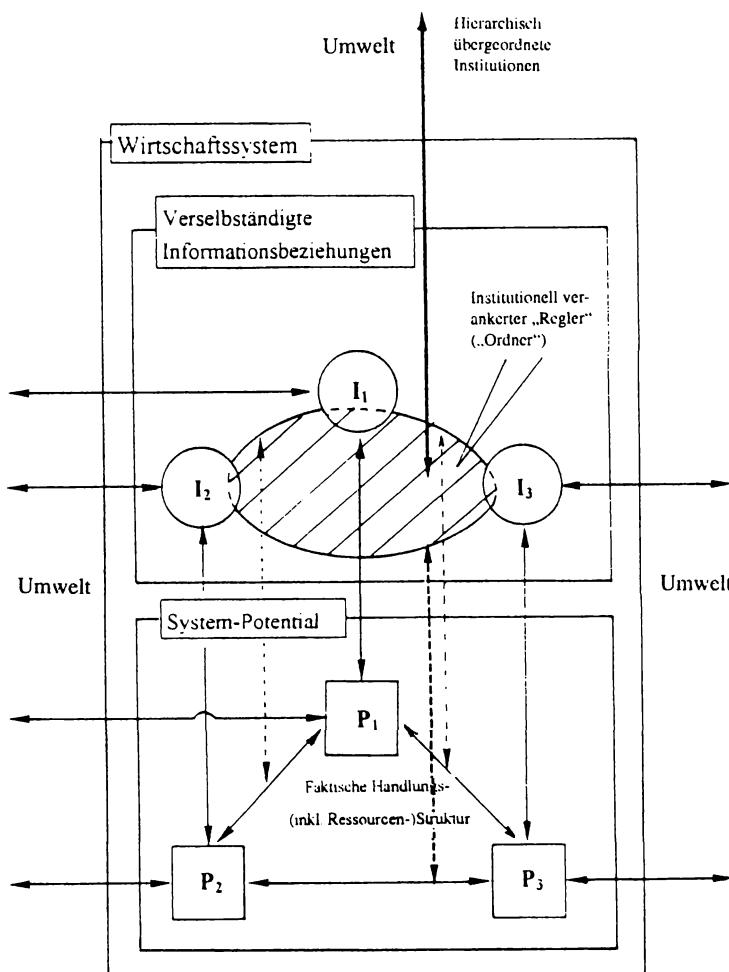


Abbildung 1: Der Potential-Zusammenhang

Die wissenschaftlich interessante Frage in Bezug auf das Potential eines lebenden und speziell eines Wirtschaftssystems lautete nun: Inwieweit kann sein Potential ihm dazu verhelfen, sich die für das Überleben notwendige (Lebens-) Nahrung aktiv anzueignen und gegebenenfalls einen Überschuß bzw. Surplus für Entwicklung zu erzielen. Für dieses sehr verwickelte Geschehen existieren allgemeingültige Zusammenhänge, von denen hier nur einige grundlegende und mathematisch sehr einfache Relationen angeführt seien, wobei der Autor hierbei an Grundgedanken von *Bertalanffy* über das Leben (vgl. insbes. 1942 und 1949) und an den Potentialbegriff *Rudolphs* (vgl. insbes. 1981 und 1984) anknüpft.

Die „Nahrung“, die ein lebendes System jedweder Art – sei es ein biologischer Organismus, eine Tierpopulation, eine wirtschaftliche Unternehmung oder eine Volkswirtschaft – seiner Umwelt (nicht nur der natürlichen!) als Einfuhr/Input x entzieht, um auf gegebenem Niveau weiter existieren zu können, muß über den normalen Betriebsstoffverbrauch v hinaus den Ersatz verbrauchter Bestände z und die Regeneration störungsbedingt in Anspruch genommener Reserven r gewährleisten; darüber hinaus kann es einen Überschuß für Wachstum w erwirtschaften. Da es sich dabei exakterweise um Stoff- und Energiekombinationen handelt, steht h für die jeweiligen spezifischen Energiegehalte der Stoffe; die Vektor-Schreibweise dokumentiert die Differenzierung nach verschiedenartigen Bestandteilen:

$$(F\ 1) \quad (x^T\ h = v^T\ h + z^T\ h + r^T\ h + w^T\ h)_t$$

Kennzeichnet man die jeweiligen Größenpaare, die für die (materielle) Dualität von Stoff und Energie stehen und die gemeinsame Dimension Energie-Einheiten haben, mit einem Großbuchstaben, der für die stofflichen Besonderheiten steht (also im Sinne $X = x^T\ h$ als Einfuhr-Energiegehalt), kann vereinfachend auch geschrieben werden:

$$(F\ 1*) \quad (X = V + Z + R + W)_t$$

Ob im konkreten Fall eine solche Bilanz – mit Überschuß für Reserven und für Wachstum – überhaupt realisiert werden kann oder vielleicht sogar von der Substanz z gezehrt werden muß, ist nun abhängig von der Leistungsfähigkeit, d.h. vom Potential des jeweiligen Systems. Als Merkmal seiner Leistungsfähigkeit hat jedes System eine bestimmt Kapazität k (Fähigkeit zur Outputerstellung je Zeiteinheit), die mit dem im Intervall t erzeugbaren Output über ihr extensives und intensives Nutzungsregime (b und c) verbunden ist; es gilt

$$(F\ 2) \quad (y = k\ b\ c)_t$$

Gemäß der Dualität von Stoff und Energie läßt sich für den gesamten Energieumsatz der Periode t auch schreiben

$$(Y = [y^T \ h_y])_t$$

und für eine ausgeglichene, fließgleichgewichtige Energiebilanzgleichung muß gelten

$$(F\ 3) \quad (Y = [y^T \ h_y] = X = [x^T \ h_x])_t$$

Die heraus fließende Energiemenge entspricht der herein fließenden Energiemenge. Der gesamte Energiegehalt H des Systems, der in der Gesamtheit seiner Bestandskomponenten q_i gemäß

$$(F\ 4) \quad (H = q^T h)_t$$

gebunden ist, bleibt in diesem Fall auf konstantem Niveau, so daß

$$(F\ 5a) \quad \Delta H_t = 0$$

gilt. Das ist, ebenso wie F 3, der Idealfall eines Fließ-* bei stationärer Bewegung. Davon zu unterscheiden sind Energiegewinne, die sich gemäß

$$(F\ 5b) \quad \Delta H_t > 0$$

darin ausdrücken, daß das System innerhalb seines Fonds an Beständen mehr Energie neu bindet, als es über deren Aussonderung, Entwertung bzw. Verbrauch verliert. Für Energieverluste, in denen sich ein Schrumpfen des Systems manifestiert, gilt entsprechend

$$(F\ 5c) \quad \Delta H_t < 0$$

Während Energiegewinne tendenziell zur Weiterentwicklung führen, gehen Energieverluste tendenziell mit Degeneration einher.

Nun ist die Einfuhr von Energie wiederum mit oder ohne „Gegenleistung“ denkbar. Für passiv angeeignete Sonnenenergie müssen Pflanzen z.B. nicht „bezahlen“; in der Ökonomie wiederum sind sog. Subventionsgeschenke bekannt. Innerhalb des Gesamtoutputs Y

$$(F\ 6) \quad (Y = \hat{Y} + \dot{Y})_t$$

kann diese Funktion des „Verschaffens“ von Einfuhren nur das Nutz-Produkt \hat{Y} leisten, Abprodukte (mit ' gekennzeichnet) und darin gebundene Verlust-Energien gelangen hingegen ohne Gegenleistung in die Umwelt.

Sind Inputs also direkt, z.B. durch eigene Erzeugung bzw. Leistung, oder über Tausch in Form von Leistung gegen Leistung – u.U. auch vermittelt durch einen „Tauschstoff“, in der Pflanze etwa Adenosintriphosphat (ATP) als „Energiewährung“ der Zelle, und in der Wirtschaft Geld – an den eigenen Nutz-

Output gebunden, d.h. von diesem abhängig, muß also im Sinne eines aktiven Erwerbs etwas herausgegeben werden, damit etwas hereingenommen werden kann, so stellt sich stets die Frage nach dem energetischen Austauschverhältnis τ (= Verhältnis der jeweiligen Energiehalte) in der Form

$$(F\ 7) \quad \tau = X_{t+1} / \hat{Y}_t,$$

wobei vereinfachend unterstellt wird, daß der Output der Periode t den Input der Periode $t+1$ „speist“. Verfeinert man diese Aussagen in Verbindung mit der gesamten Stoff- und Energiebilanz gemäß Formel F 6, so kommt man zu folgender Formulierung eines energetischen Output-Überschusses \ddot{Y} :

$$(F\ 8) \quad \ddot{Y} = \hat{Y} - \hat{Y}_n^{(v+z+r)} = \hat{Y}_{\ddot{u}}^{(w)}$$

Es ist \ddot{Y} jener überschüssige Anteil der Produktion, der – über den für die Regeneration notwendigen Anteil n hinaus – in Wachstum w investiert werden kann und damit zu einem positiven Input-Saldo ex

$$(F\ 9) \quad e_x = x_{t+1} - x_t$$

führt, der aber auch für andere Aktivitäten, die zusätzliche Energie erfordern, eingesetzt werden kann. Die Fähigkeit, einen Energievorteil gegenüber der relevanten Umwelt erzielen und vorteilhaft einsetzen zu können, kann als konzentrierter Ausdruck von Effizienz angesehen werden.

Nun haben es Wirtschaftssysteme mit Werten und nicht vordergründig mit Stoff und Energie zu tun. Wirtschaftliche Betrachtungen erfordern daher die gedankliche Transformation des Miteinanders von Stoff und Energie (und natürlich auch der daran gebundenen Information) aus seiner natürlichen Erklärung in die wirtschaftliche Welt, also in wirtschaftliche Strukturen, wozu es vor allem gehört, in den wirtschaftlichen Handlungen der Menschen und den an sie gebundenen Ressourcen die adäquate wirtschaftliche Energieform aufzudecken. Sie mißt sich in geschaffenen Werten, die die preislich unverzerrte und vollständig erfaßte Wirksamkeit wirtschaftlicher Handlungen angesichts ihrer Nützlichkeit und ihrer diesbezüglichen Knaptheit widerspiegeln (vgl. hierzu *Kroll 1999, S. 80 ff.*). Diese Transformation von einer naturwissenschaftlichen in eine wirtschaftliche Sicht unterscheidet sich grundlegend von einer sog. „Stoffstromökonomik“ oder „Energiewertlehre“, die beide den Sprung zur wirtschaftlich relevanten Betrachtung nicht schaffen.

Die Leistungsfähigkeit eines Wirtschaftssystems – und nun erst beginnt das eigentliche Thema – findet ihren ex post Niederschlag mithin in einer so verstandenen (und unverzerrten) Bilanz wirtschaftlicher Handlungen, einer „Überlebensbilanz“ im Wertausdruck, die in die Saldenform

$$(F\ 10) \quad [(X^I - Y^O) + (X^G - Y^V) + (X^R - Y^N)]_t = 0$$

gebracht werden kann, wobei die Hereinnahmen X und Herausgaben Y nach jeweils drei saldierbaren Bestandteilen unterschieden werden können:

- einem Einfuhr(I)-Ausfuhr(O)-Saldo ($X^I - Y^O$), der für die Selbsterwirtschaftung des wirtschaftlichen Verbrauches steht,
- einem Zufluß(G)-Abfluß(V)-Saldo ($X^G - Y^V$), der die unentgeltlichen Zu- und Abflüsse einer Wirtschaft – von Subventionen bis zu Müll – berücksichtigt und
- einem Rücknahme(R)-Entnahme(N)-Saldo ($X^R - Y^N$), der für temporäre Auslagerungen aus dem Wirtschaftskreislauf, z.B. in politische, inklusive militärische, oder kulturelle Bereiche, und für ihre Wiedereingliederung steht.

Aus der konkreter Realisierung einer solchen „Überlebensbilanz“ lässt sich also ablesen, inwieweit eine bestimmte Wirtschaft die Aufrechterhaltung ihres Fließgleichgewichts (bei Saldensumme = 0) aus eigener Kraft bzw. durch „Geschenke“ oder durch Rücknahmen aus dem nichtwirtschaftlichen Bereich bewerkstelligt, inwieweit sie sich dabei Verluste und Entnahmen in den nichtwirtschaftlichen Bereich leisten kann, und inwieweit sie sich – dank welcher Positionen – generativ (Saldensumme > 0) oder degenerativ (Saldensumme < 0) von einem solchen Fließgleichgewicht weg zu einem anderen auf höherem oder niederen Niveau bewegt.

Um ein Beispiel mit hypothetischem Charakter zu geben: Es wies die Wirtschaft des vom 1. Jhd. bis Ende des 5. Jhd. u.Z. existent gewesenen Römischen Kaiserreiches in ihrer Niedergangsphase ab Anfang des 3. Jhd. (Saldensumme < 0) noch immer einen positiven Eigenerwirtschaftungs-(IO-)Saldo – dank einiger leistungsfähiger Provinzen und vorteilhafter Sklavenarbeit – auf, der den hohen negativen Rücknahme-Entnahme-(RN-)Saldo – infolge hoher Entnahmen in den militärischen Bereich, in soziale „Verteilungen an das Volk“ und in die Bürokratie – und eine negativen Zufluß-Abfluß-(GV-)Saldo – infolge von „erkauftem“ Frieden, Beamtenkorruption und Ressourcenvergeudung – nicht mehr abdecken konnte; die Wirtschaft mußte zwangsläufig schrumpfen:

$$[(X^I - Y^O) + (X^G - Y^V) + (X^R - Y^N)]_{\text{Niedergangsphase Roms}} < 0$$

mit: Einfuhr-Ausfuhr-Saldo > 0 Zufluß-Abfluß-Saldo < 0 Rücknahme-Entnahme-Saldo << 0

Solche Überlebensbilanzen haben eine informationell-institutionelle Entsprechung, die ebenfalls einer Formalisierung zugänglich ist; verwiesen sei auf die Berechnung eines Wertsaldos aus externen Effekten, der alle in das Auftre-

ten externer Effekte involvierten Handlungsrechte nach ihrem Wertverzehr und ihrer Wertschöpfung saldiert [vgl. insbes. *Wegehenkel* 1991]. Diese institutionelle Entsprechung besteht – kurz gesagt – in der Konsistenz der verschiedenen Regelungen auf den unterschiedlichen Ebenen, nach unten bis in die (marktliche) Handlungsebene und nach oben bis in die (Ordnungsrahmen-) Ebene hinein. Inkonsistente Regelungen, die ein bestimmtes Maß an „Auflösung“ verkörpern, gehen zwangsläufig mit wertmäßig erfaßbaren Reibungsverlusten bzw. Konfliktkosten zwischen den wirtschaftlichen Handlungsträgern einher. So bekamen beispielsweise die institutionellen Gegensteuerungen Roms in der Niedergangspanne die faktischen Handlungsstrukturen nicht mehr in den Griff; die Überlegenheit der zersetzenden über die erhaltenden Kräfte wurde irreversibel. Wachsende Steuer- und Abgabenlast, verbunden mit Zahlungsunwilligkeit und Unwilligkeit zum Verzicht auf Zuteilungen wirkten selbstzerstörerisch. Wirtschaftlich-materielle Überlebensbilanzierung und informationell-institutionelle Konsistenzprüfung sind zwei Seiten einer gleichen, aber mit unterschiedlichen Modellen abbildbaren und meßbaren Sache (siehe hierzu auch *Kroll* 1999, S. 136–142). Beide können gewissermaßen als Frühwarnsystem fungieren und einer Gesellschaft signalisieren, wo sie augenblicklich steht, ob sie ihre Ressourcen sparsam verwertet und günstige Tauschrelationen eingeht, ob sie noch aus eigener Kraft oder durch den „Griff“ in andere Kassen (auch in die der Natur) lebt, ob sie Leistungen verschenkt oder geschenkt bekommt, ob sie Vorteile erwirtschaftet oder Verluste einsteckt, ob sie wächst oder schrumpft, ob sie also – kurz gesagt – einen positiven oder negativen Wertsaldo aufweist.

Die Möglichkeit einer Frühwarnung lenkt zwangsläufig auf eine Besonderheit sozioökonomischer Systeme im Spektrum der für die Systemtheorie interessanten Lebensformen. Auch wenn sie allgemeingültige Zusammenhängen aller lebenden Systeme unterliegen, ist ihre Evolution keinesfalls „naturgesetzlich“ vorbestimmt; der in ihnen denkend handelnde Mensch kann seine Zustände in bestimmten Grenzen reflektieren und bewußt beeinflussen. Seine Möglichkeiten überlebenssichernder und entwicklungsfördernder Einflußnahme reichen von der Akzeptanz „praktischer“, d.h. zu wirtschaftlich realisierbaren Bedürfnissen führender Wertvorstellungen bis zur Regelung eines sparsamen, Raubbau verhindernden Umgang mit knappen Ressourcen. Will man diese Möglichkeiten wiederum einem Gedankenexperiment am Modell zugänglich machen, muß man den in Abbildung 1 als Momentaufnahme dargestellten Potential-Zusammenhang um seine dynamische Komponente erweitern, d.h. in den einzelwirtschaftlichen Potentialen und in der materiellen wie auch in der regelnden informationell-institutionellen Strukturen nach jenen Voraussetzungen suchen, die – in ihrer Kombination! – das Potential der Gesamtwirtschaft beweglich machen. Das gilt für den stationären Grenzfall ebenso wie für evolutionäre Beweglichkeit in Form der Fähigkeit, generative und degenerative

Prozesse vollziehen zu können. Bezogen auf generative, d.h. zu einem höheren Ordnungszustand führende Prozesse der Evolution bestehen die Voraussetzungen beispielsweise in Form der strategisch ordnenden Kraft allgemeiner Regeln, die den normativ gewollten Handlungsspielraum für die Evolution vorgeben, in Vorräten an Wissen, die den möglichen Informationssprung abstecken und in Form ersparter Wertüberschüsse, die den materiell-finanzierbaren Sprung bestimmen. Strategisch fixierende Handlungsspielräume, Wissen und Ersparnisse sind – wie Abbildung 2 zeigen will – wechselwirkende Komponenten eines generativ einheitlich wirksamen und sich dabei verbrauchenden bzw. entwertenden innovativen Anpassungspotentials. Je nachdem, welche Komponenten dabei in den Vordergrund gerückt wird, nimmt die Erklärung wirtschaftlicher Evolution unterschiedliche Formen an:

- Evolution als Neubildung von institutionell-rechtlichen Regelungen auf Basis der strategisch ordnenden Kraft allgemein(verbündlich vorgegeben)er Regeln
- Evolution als Neubindung (Investition) von Werten auf Basis eines erwirtschafteten Wertüberschusses und
- Evolution als (kreativer) Informationssprung durch Aktualisierung von Vorräten an Wissen.

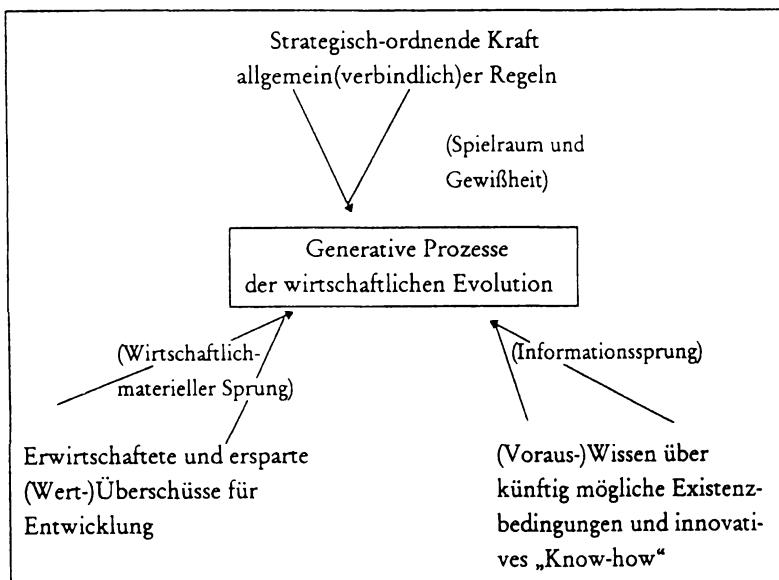


Abbildung 2: Die Entladung des Anpassungspotentials für generative Prozesse

In den Sozial- und speziell Wirtschaftswissenschaften wird jede dieser Erklärungsformen praktiziert, aber eben häufig für sich genommen und damit einseitig. Systemtheoretisches Herangehen, für das der erläuterte Potential-Zusammenhang steht, kann helfen, das Miteinander zu erklären; – man denke nur daran: Wissen und „gute Gesetze“ sind nicht kostenlos zu haben, und Kapital wiederum wird nur gebildet, wenn geeignete Institutionen Rechtssicherheit gewähren.

Damit aber ist die Problematik des Potential-Zusammenhangs in sozioökonomischen Systemen bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Der Mensch kann aus seinen Fehlern und Irrtümern lernen und er kann gegensteuernd Kurskorrekturen vornehmen. Für einige niedergegangene Gesellschaften lässt die historische Analyse jedoch das Phänomen erkennen, daß sie überleben wollten, durchaus auch das Wissen hatten, was dafür zu tun ist und was passiert, wenn sie nichts tun; – und trotzdem taten sie nichts. Das mutet heute nahezu wie „Selbstmord“ an. Der Historiker *Alföldy* formuliert zum Fall Roms: „Das ist die Lehre aus dem Fall Roms: Daß niemand unterliegen will, genügt nicht; wenn niemand etwas dafür tun will, nicht unterliegen zu müssen, dann steht das Ende bevor“ (1989, S. 486). Was hat diese Gesellschaften dazu bewegt, ihr Potential, d.h. ihre „Lebenskraft“ nahezu absichtsvoll schrumpfen zu lassen? Auch hierfür finden sich die Antworten – nahezu als Gegenstück zu dem Anpassungspotential für generative Prozesse – in der Beschaffenheit ihres Ordnungszustandes. In ihnen sind Eigenschaften herangewachsen, auf die sie sich evolutiv festgelegt und die sich durch Gebrauch verfestigt haben, die unter veränderten Umweltbedingungen aber an Funktionalität einbüßen bzw. funktionslos und mithin redundant werden. Indem sie aber weiter fungieren und Aufwand „schlucken“ lenken sie die Gesellschaft eigendynamisch und mit hoher Irreversibilität in eine Richtung, die ihren wirtschaftlichen Kapitalstock schrittweise aufzehrt. Die Gesellschaft nutzt in einem solchen Fall ihren wirtschaftlichen Surplus, um in Dinge zu „investieren“, die innerhalb der Wirtschaft generative Prozesse verhindern. Zu diesen „lebensgefährlichen“ irreversiblen Eigendynamiken gehören vor allem solche kulturell-normativen „Leitbilder“, die die Wahrung von Identität vor wirtschaftliche Zwänge stellen und gerade deshalb letzten Endes trotzdem zum Identitätsverlust beitragen, aber auch politisch fixierte Ausgabenzwänge, die nicht mit einem gleichermaßen mitwachsenden Sozialprodukt einher gehen, oder das (subventionierte) Festhalten an bestimmten Industrien, Produktionen oder Qualifikationen. Eine Gesellschaft, die in hohem Maße irreversible Eigendynamiken dieser Art zuläßt, ist in ihrer wirtschaftlichen Entwicklung zwangsläufig weniger offen, als sie es andernfalls sein könnte. Das schrittweise Aufzehren ihres materiellen und informationellen Kapitalstocks ist nahezu vorprogrammiert und als potentieller Niedergang mithin geistig vorweg nehmbar. Selbst für eine beabsichtigte Gegensteuerung, die um so aufwendiger wird, je später sie einsetzt, besteht ab einem bestimmten Zeitpunkt

die Gefahr, sie wirtschaftlich nicht mehr verkraften zu können. Gewissermaßen als „Schlussurteil“ über den Niedergang des Stadtstaates Athen formulierte der Historiker *Böckh*: „ohne seine Kräfte zu kennen, gab man auf einmal viel aus, und gerieth hernach in Verlegenheit“ (1886, S. 708).

Eine Gesellschaft, die ihre Kräfte zu messen vermag, kann sich vor solchem Leichtsinn schützen. Die erläuterten Überlebensbilanzen und eine Konsistenzprüfung der institutionellen Regelungen sind theoretische Vorschläge für geeignete „Frühwarnsysteme“, mit denen eine Gesellschaft erkennen kann, inwieweit irreversiblen Eigendynamiken wirtschaftlicher und nichtwirtschaftlicher Art von ihrem Potential, also ihrer Lebens- bzw. Leistungskraft zehren. Darauf aufbauende Gegensteuerung wiederum muß bedeuten, daß die Gesellschaft das Akkumulieren von Werten durch Sparen, das Anhäufen von Wissen durch Forschung und – darin eingeschlossen – das Finden von Rechtsregeln mit hohem gesellschaftlichen Überlebenswert „erzwingt“; – nicht per Anordnung, sondern nahezu homöostatisch regelnd – auch hier haben Kybernetiker, wie *Ashby* (vgl. 1962) und *Cannon* (vgl. 1932) theoretisch vorgearbeitet – durch den Anreiz und die Gewährung bester „Überlebens“- und Entwicklungschancen für jene Wirtschaftsakteure, Unternehmer, Politiker, Wissenschaftler usw., die damit den größten Beitrag für das Gemeinwohl leisten.

Literaturverzeichnis

- Alföldy*, G. (1989): Die Krise des Römischen Reiches, Wiesbaden, Stuttgart: Steiner.
- Ashby*, W. R. (1962): Design for a Brain, New York: Wiley & Sons.
- von Bertalanffy*, L. (1942): Theoretische Biologie, 2. Band, Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin.
– (1949): Das biologische Weltbild, A. Francke AG. Verlag, Bern.
- Böckh*, A. (1886): Die Staatshaushaltung der Athener, Berlin: Reimer.
- Cannon*, W.B. (1932): The Wisdom of the Body, London.
- Kroll*, B. (1999): Leistungsfähigkeit und Evolution von Wirtschaftssystemen – Grundzüge einer Evolutorischen Ökonomik aus systemtheoretisch-integrierender Sicht, Marburg: Metropolis.

Rudolph, J. (1981): Über die systemtheoretische Kategorie des Potentials und ihre Bedeutung für das Stabilitätstheorem der Kybernetik, in: Forschungsinformationen, Heft 1, Hochschule für Ökonomie, Berlin.

– (1984): Über den Formwandelprozeß der Materie, Unveröffentlichtes Manuskript, Berlin.

Wegehenkel, L. (1991): Evolution von Wirtschaftssystemen und Internalisierungshierarchie, in: Wagner, H.-J. (Hrsg.): Anpassung durch Wandel, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Berlin.

**Das Modell
wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme
als Analyse- und Gestaltungsrahmen
in Veränderungsprozessen**

Von *Patrick Balve*

Zusammenfassung

Angesichts der sich ständig wandelnden Marktbedingungen und Kundenanforderungen müssen heutige Produktionsunternehmen immer häufiger Veränderungsprozesse durchlaufen bzw. diese aktiv in Angriff nehmen. In der Regel ist dabei auch das Auftragsmanagementsystem mit seinem ERP-System, den Planungs- und Steuerungsmethoden sowie dem Planungsprozess tangiert und muss sich ebenfalls wandeln. Somit haben wir es mit einem komplexen, unter Zeit- und Kostendruck ablaufenden Veränderungsprozess zu tun, der in der Regel von einem multidisziplinär besetzten Team zu bewältigen ist. Als Zielkategorie der Gestaltung ist dabei nicht nur die Wiederherstellung oder Steigerung der kurzfristigen Effizienz des operativen Auftragsmanagements relevant, sondern auch dessen langfristige Wandlungs- und Lebensfähigkeit.

Der Beitrag schlägt vor, den Wandlungsprozess selbst als Problemlösungsprozess zu interpretieren. Als gemeinsamer Bezugsrahmen der interdisziplinären Diskussion im Rahmen dieses Prozesses dient das Modell wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme, eine Konkretisierung des Beer'schen VSM für das Auftragsmanagement. Mit Hilfe dieses Rahmenmodells können die zunächst beziehungslos nebeneinander stehenden, typischerweise disziplin gebundenen Analyseergebnisse und Gestaltungsvorschläge sowie deren Bewertung zusammengeführt und ganzheitlich diskutiert werden.

A. Ausgangssituation

Zahlreiche Einflussfaktoren in der Umwelt produzierender Unternehmen sind zunehmend kurzzyklischen und zum Teil nur schwer vorhersehbaren,

häufig als turbulent¹ bezeichneten Veränderungen unterworfen. Dynamische Markt- und Kundenanforderungen, die gesteigerten Erwartungen an Produkte und Dienstleistungen sowie technologische Innovationen verlangen das permanente Hinterfragen, Verbessern und Neugestalten der eigenen Strukturen und Prozesse. Moderne Medien wie das Internet ermöglichen es auch mittelständischen Unternehmen, sich temporär zu globalen Produktionsnetzen zusammenzuschließen. Damit wird die Ressource Zeit immer häufiger zum Schlüsselkator im Wettbewerb. Langfristig werden nur die Unternehmen überleben können, denen es durch bedarfsgerechten Wandel gelingt, die durch ihre Strukturmerkmale determinierte Leistungsfähigkeit im Fließgleichgewicht mit ihren Umweltanforderungen zu halten.

Produktionsunternehmen, welche über die geforderte Variabilität ihrer Prozesse, Strukturen sowie ihres Verhaltens verfügen, werden als wandlungsfähig bezeichnet² (Abbildung 1). Sie sind in der Lage, neben reaktiven Anpassungen auf Umweltveränderungen auch proaktive Gestaltungseingriffe vorzunehmen. In Erweiterung zum Konzept des flexiblen Unternehmens impliziert Wandlungsfähigkeit damit das Agieren auch jenseits einmal vorgedachter Dimensionen und Flexibilitätskorridore³. Als grundlegende Strukturmerkmale wandlungsfähiger Produktionsunternehmen gelten Selbstorganisation, Selbstoptimierung und Selbstähnlichkeit.

Fließende betriebliche Strukturen induzieren einen hohen Veränderungs- und Anpassungsdruck auf alle organisationalen Teilsysteme des Unternehmens. Besonders betroffen davon ist das Auftragsmanagementsystem. Dieses ist eng mit dem Hauptgeschäftsprozess der Auftragsabwicklung verbunden und beeinflusst darüber einen Großteil des betrieblichen Leistungsvermögens. Die Forderung nach Wandlungsfähigkeit des Unternehmens muss sich daher in besonderem Maße auf das Auftragsmanagementsystem beziehen.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich die folgenden Fragen: Was genau bedeutet Wandlungsfähigkeit für das Auftragsmanagementsystem? Warum wird heute immer wieder dessen mangelnde Dynamik kritisiert?⁴ Welche Aspekte müssen bei der (Neu-)Gestaltung von Auftragsmanagementsystemen beachtet werden, um einen Beitrag zu deren Wandlungsfähigkeit zu leisten?

¹ Zur Relevanz des Turbulenzbegriffs siehe Westkämper et al. (2000a) und Mintzberg (1994).

² In Anlehnung an Westkämper et al. (2000b) und Hartmann (1995).

³ Reinhart et al. (1999).

⁴ Zur Forderung nach dynamischen Auftragsmanagementsystemen siehe Mussbach-Winter (1998), Gronau (1998), Westkämper et al. (1998) und Westkämper et al. (1997).

Ein System wird als wandlungsfähig bezeichnet, wenn es aus sich heraus über gezielt einsetzbare Prozess- und Strukturvariabilität sowie Verhältnsvariabilität verfügt. Wandlungsfähige Systeme sind in der Lage, neben aktiven Anpassungen auch antizipative Eingriffe vorzunehmen. Diese Aktivitäten können auf Systemveränderungen wie auch auf Umweltveränderungen hinwirken. (SFB 467)

- Wandlungsfähigkeit ist ein Potenzial
- Fließgleichgewicht mit dynamischer Umwelt
- Interne Optimierung bei stabiler Umwelt

Abbildung 1: Definition Wandlungsfähigkeit

B. Die Wandlungsfähigkeit von Auftragsmanagementsystemen

Das Auftragsmanagementsystem (AMS) verfolgt das Ziel, alle dem Unternehmen zur Verfügung stehenden Produktionsfaktoren unter Berücksichtigung terminlicher, qualitativer und kostenmäßiger Restriktionen optimal aufeinander abzustimmen. Westkämper definiert ein Auftragsmanagementsystem als „ein ideelles und/oder reelles Instrument zur wirtschaftlichen, flexiblen Abwicklung von Kundenaufträgen“⁵ Diese Definition verdeutlicht, dass das Auftragsmanagementsystem nicht nur auf das ERP- oder PPS-System⁶ reduziert werden darf, sondern die Menge aller technischen, organisatorischen aber auch humanen Bestimmungsgrößen darstellt, die im Sinne der Kundenaufträge wirksam sind.

Die Aufgabe des Auftragsmanagementsystems ist es, „das laufende Produktionsprogramm in regelmäßigen Abständen nach Art und Menge für mehrere Planungsperioden im voraus zu planen und unter Beachtung gegebener oder bereitzustellender Kapazitäten zu realisieren. Im Vordergrund der Betrachtung stehen dabei die Vertriebs- und Kundenaufträge von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand unter Mengen-, Termin- und Kapazitätsaspekten. Die wesentlichen Aufgaben ... sind das Planen, Veranlassen, Überwachen sowie Einleiten von Maßnahmen bei unerwünschten Abweichungen.“⁷ Dabei sind Entscheidungen hinsichtlich des Ablaufs unternehmensübergreifender Materialflüsse genauso relevant wie die traditionell im Vordergrund stehenden internen Materialflüsse und Wertschöpfungsprozesse.

⁵ Westkämper et al. (1997), zum Begriff des Auftragsmanagementsystem vgl. Wilksch (1994).

⁶ ERP: Enterprise Resource Planning; PPS: Produktionsplanung und -steuerung.

⁷ Wiendahl et al. (1999).

Die Leistungsfähigkeit des Auftragsmanagementsystems hängt entscheidend davon ab, in welchem Maße seine Konfiguration und Arbeitsweise auf die jeweiligen Einsatzbedingungen angepasst ist. Eine zentrale Rolle spielen hier jene Bestimmungsgrößen, die unter dem Begriff des Betriebstyps zusammengefasst werden⁸. So determinieren Merkmale aus den Bereichen Auftragsabwicklung, Produktstruktur, Disposition, Produktionsprozess sowie Unternehmensorganisation das grundlegende Auftragsmanagementkonzept, den Ablauf der Planungsprozesse und den sinnvollen Einsatz von Planungsmethoden. Da diese Einsatzbedingungen in wandlungsfähigen Unternehmen einer ständigen Dynamik unterliegen, muss auch das Auftragsmanagementsystem, wenn es wirtschaftlich für den Produktionsbetrieb arbeiten will, sich kontinuierlich anpassen und weiterentwickeln.

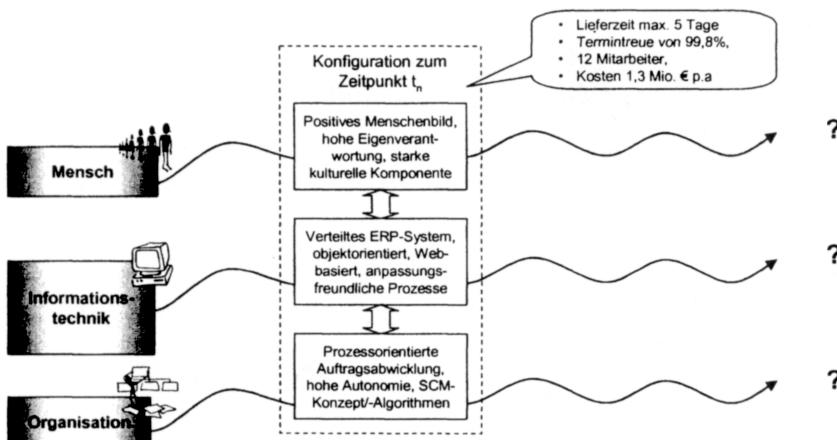


Abbildung 2: Wandel im Auftragsmanagementsystem

Abbildung 2 zeigt schematisch das Verhalten eines dynamischen Auftragsmanagementsystems über der Zeit anhand seiner Systemkonfiguration. Jeder potentiellen Konfiguration liegt ein bestimmtes, auf die jeweiligen Umweltanforderungen abgestimmtes Leistungsprofil zugrunde. Ein wandlungsfähiges Auftragsmanagementsystem liegt dann vor, wenn dieses in der Lage ist, seine Systemkonfiguration über mehrere Zeitperioden hinweg selbstständig derart zu verändern, dass das entstehende Leistungsprofil stets den aktuellen Leistungsanforderungen entspricht.

Die kontinuierliche Suche eines wandlungsfähigen Auftragsmanagementsystems nach seiner situativ günstigsten Konfiguration hat teils evolutionäre, teils

⁸ Wiendahl et al. (1999), Luczak/Eversheim (1999).

umbruchartig verlaufende und in der Regel mehrdimensionale Veränderungsprozesse zur Folge⁹. Es ist zu beobachten, dass Wandel nicht nur immer häufiger und umfassender stattfindet, sondern auch an Komplexität und Tiefe zunimmt. Dabei wird erwartet, dass das System die Notwendigkeit zum Wandel selbst erkennt und eigenverantwortlich die notwendigen Veränderungsmaßnahmen durchführt und diese mit allen angrenzenden betrieblichen Teilsystemen abstimmt. Damit kommt eine grundlegend neue Denkweise zum Ausdruck (Abbildung 3): Traditionellerweise umfasst der Betrachtungsrahmen bei Auftragsmanagementsystemen nur die operativen Auftragsmanagementprozesse bzw. deren Aufgabengliederung¹⁰. Der Wandel des Systems kommt, dieser Denkweise zufolge, nur durch einen von außen vorgenommenen Gestaltungseingriff zustande. In Wahrheit ist Wandlungsfähigkeit jedoch eine systemische Eigenschaft, die nur durch die Sichtweise der Kybernetik 2. Ordnung befriedigend erklärt werden kann¹¹.

Aus der somit umrissenen Forderung nach Dynamik und Wandlungsfähigkeit von Auftragsmanagementsystemen ergibt sich die Frage nach deren Strukturierung und Gestaltung. Als Grundlage dafür wird ein adäquates Modell des Gestaltungsobjekts benötigt.

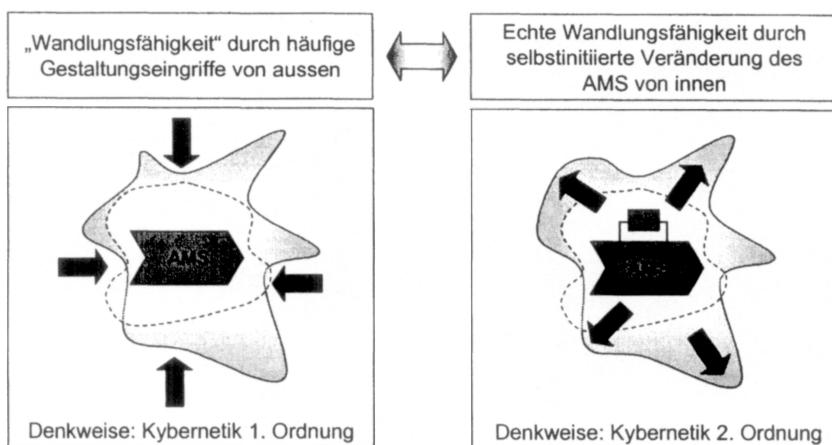


Abbildung 3: Zwei Sichtweisen auf Wandlungsfähigkeit

⁹ Reiß et al. (1997).

¹⁰ Siehe bspw. das weit verbreitete Aachener PPS-Modell (Luzcak/Eversheim 1999) oder das prozessorientierte PPS-Referenzmodell nach Schönsleben (1998).

¹¹ Probst (1987), Lehmann (1980).

C. Die Gestaltung wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme

I. Merkmale des Gestaltungsproblems

Der operative Kern jedes Auftragsmanagementsystems sind die Planungs- und Steuerungsprozesse, im Folgenden auch kurz als Planungsprozesse bezeichnet. Die Planungsprozesse sind organisatorisch eingebettet in die Auftragsabwicklungskette, die sich „von der Angebots- oder Auftragsbearbeitung im Verkauf bis zur Auslieferung des Produkts durch den Versand bzw. bis zur Inbetriebnahme durch den Kunden“¹² erstreckt. Damit durchzieht das Auftragsmanagementsystem das gesamte Produktionsunternehmen und verbindet Mitarbeiter aus den unterschiedlichsten Abteilungen.

Die Aufgabenerfüllung eines Auftragsmanagementsystems ist auf die Interaktion zwischen

- Menschen (humanorientierter Aspekt),
- technischen Hilfsmitteln (informationstechnischer Aspekt) und
- der Organisation (betriebswirtschaftlicher Aspekt)

zurückzuführen¹³ (Abbildung 4). Aus ganzheitlicher Sicht ist ein Auftragsmanagementsystem somit als soziotechnisches System aufzufassen. Gleichzeitig zeigt es alle Merkmale von Komplexität, die sich aus der Kombination der Faktoren Kompliziertheit und Dynamik ergibt¹⁴. „Soziotechnische Systeme müssen alleine aufgrund der Tatsache, dass sie Menschen als Elemente enthalten, als komplexe Systeme betrachtet werden.“¹⁵ Weil gerade wandlungsfähige Auftragsmanagementsysteme sich durch die ständige Veränderung ihrer Zustandskonfiguration auszeichnen, gewinnt der Faktor Dynamik ein besonderes Gewicht.

Da Auftragsmanagement eine betriebliche Querschnittsaufgabe darstellt, werden zu deren Gestaltung Kompetenzträger aus mehreren Abteilungen benötigt. Der soziotechnische Charakter des Auftragsmanagementsystems erfordert darüber hinaus die Integration unternehmensinterner und -externer Fachexperten aus mehreren Wissenschaftsdisziplinen.

¹² Eversheim (1995).

¹³ Luczak/Eversheim (1999).

¹⁴ Ulrich/Probst (1995).

¹⁵ Marks (1991).

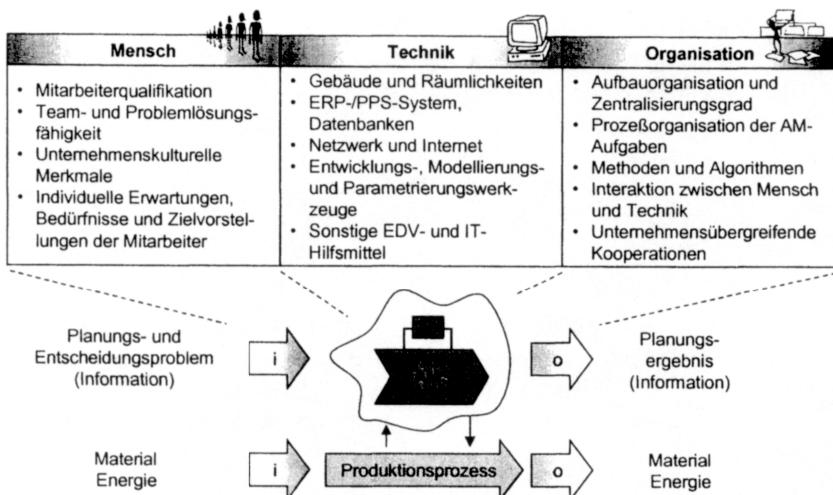


Abbildung 4: Das AMS als soziotechnisches System

II. Ein Meta-Strukturmodell wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme

Wandlungsfähigkeit definiert ein Potential zum Handeln. Zum Zeitpunkt der Gestaltung eines wandlungsfähigen Auftragsmanagementsystems ist weder die Richtung, der Zeitpunkt noch das Ausmaß der nächsten Veränderung bekannt. Die Wandlungsfähigkeit eines Auftragsmanagementsystems bezeichnet damit eine „höhere“ Eigenschaft, welche dem System in seiner Gesamtheit aufgrund spezifischer Strukturmerkmale und Interaktionsmuster inhärent ist¹⁶. Sie entzieht sich grundsätzlich einer Optimierung in dem Sinne, wie es bei klassischen Effizienzkriterien der Fall ist¹⁷.

Modelltheoretisch entspricht der dargelegte Sachverhalt der Unterscheidung von Objektsprache und Metasprache. Unter einer Metasprache versteht man „a language of higher order than that of the system itself“¹⁸. Erst ein Wechsel auf die Metaebene erlaubt es, sinnvoll Aussagen über ein synergetisch entstandenes Systemverhalten zu machen. Verbleibt die Systembeschreibung hingegen rein auf der Objektebene, so ist die Gestaltung von Eigenschaften wie Anpassungsfähigkeit, Entwicklungsfähigkeit, Lernfähigkeit und dergleichen, die gerade für

¹⁶ Die so umschriebenen Systemeigenschaften werden auch als „systemische Eigenschaften“ bezeichnet.

¹⁷ Malik (1996).

¹⁸ Beer (1995a).

das Überleben in einer turbulenten Umwelt erforderlich sind, nicht sinnvoll möglich¹⁹. Beispiele für die Beschreibung eines Auftragsmanagementsystems auf Objektebene sind die hard- und softwaretechnischen Eigenschaften eines ERP-Systems, dessen Flexibilität bei der Abbildung neuer Auftragsabwicklungsprozesse und das Qualifikationsprofil der Mitarbeiter. Welcher Stellenwert den genannten Eigenschaften in Bezug auf die Wandlungsfähigkeit des Auftragsmanagementsystems zukommt, lässt sich jedoch auf dieser Ebene nicht mehr beantworten.

Für die hier zu behandelnde Gestaltungsproblematik wird folglich ein Metamodell benötigt. Die darin enthaltenen, der Objektebene logisch übergeordneten Regeln abstrahieren dabei von der konkreten Ausprägung des betrachteten Auftragsmanagementsystems und definieren die grundsätzlichen Bildungsge setze, nach denen eine effektive Strukturierung wandlungsfähiger Systeme zu erfolgen hat.

Eine leistungsfähige und mittlerweile als validiert zu betrachtende Basis theorie für diesen Zweck stellt das Modell lebensfähiger Systeme von Stafford Beer dar²⁰. Demnach werden insgesamt 5 Lenkungssysteme für ein wandlungsfähiges Auftragsmanagementsystem (AMS) benötigt (Abbildung 5):

- System 1: (Teil-)autonome Lenkung der Planungs- und Steuerungsprozesse,
- System 2: Nicht-hierarchische Prozesskoordination,
- System 3: Operative Leitung,
- System 4: Strategische Entwicklung,
- System 5: Oberste Entscheidungsinstanz.

Auf der Ebene der normativen Lenkung (System 5) wird der Zweck des jeweiligen AMS festgeschrieben, also ob es sich um das gesamte betriebliche AMS, oder etwa nur um eine Grobplanung oder Feinplanung handelt. Weiterhin beinhaltet diese Ebene grundlegende anzustrebende Ziele wie bspw. die oben angeführte Fokussierung auf kurze Durchlaufzeiten und hohe Termintreue, ohne diese jedoch detailliert zu quantifizieren, und ist Träger der AMS Kultur.

Die nächste Ebene, die strategische Lenkung (System 4), stellt den Kontakt zur Systemumwelt her und ist maßgeblich an der Neuausrichtung des AMS beteiligt. Sie beinhaltet ein Modell des Gesamtsystems (Selbstreferenz) sowie der AMS-Umwelt und ist damit in der Lage, Zukunftsszenarien hinsichtlich der AMS-Struktur und -Funktionsweise (Strategie, Methode usw.) zu generieren.

¹⁹ Malik (1996).

²⁰ Beer (1989), Beer (1995b), Beer (1996).

Um hier nicht den Kontakt zur betrieblichen Realität zu verlieren, besteht eine enge Verbindung zur operativen Lenkung (System 3). Diese trägt die volle Verantwortung für die effiziente Erfüllung der Planungs- und Entscheidungsprozesse und versorgt die beiden logisch übergelagerten Ebenen mit Informationen über die aktuelle Leistungsfähigkeit des AMS. Diese Ebene verfügt daher über ein operationalisiertes Auftragsmanagement-Zielsystem (Durchlaufzeit = 5 Tage, Auslastungsgrad = 85%, Ressourcenverbrauch für Planungsprozesse = 7.500,- € pro Standard-Auftrag usw.) und ist angehalten, dieses mit dem geringst möglichen Aufwand an Kosten durchzusetzen.

Die eigentlichen Träger des operativen Auftragsmanagements sind die Planungsprozesse. Deren Aufgabe ist es, spezifische Entscheidungen zu fällen und dabei Pläne zu erzeugen (Mengen-, Termin- und Kapazitätspläne für die Grob- und Feinplanung usw.). Dazu werden jeweils prozessspezifische Ressourcen wie Information, Zeit, Personal, EDV, Betriebsmittel, Gebäude, Kapital und Material benötigt. Jeder Planungsprozess lässt sich rekursiv in eine Menge von Teilprozessen zerlegen. Damit stellt jeder Planungsprozess in Verbindung mit seinem Lenkungssystem selbst wieder ein lebensfähiges System im Sinne Beers dar, welches einem spezifischen Zweck dient und sich dafür mit einer zweckdienlichen Struktur und einer Menge möglicher Abläufe und Ressourcen ausstatten muss.

Da jedes System 1 des Auftragsmanagementsystems seine Aufgaben zunächst selbstständig zu bewältigen versucht, dies aber aufgrund der unvermeidbaren Interdependenzen in der Regel nicht automatisch zu wohlabgestimmten, sondern eher zu – im Sinne des Gesamtoptimums – konträren Entscheidungen führt, ist noch eine Koordinationsfunktion notwendig: System 2. Dieses stellt eine Art Hilfssystem der operativen Lenkung dar und beinhaltet Mechanismen der nicht-hierarchischen Koordination, welche die potentiellen Schwingungen im System kompensieren sollen ohne dabei die notwendige Autonomie der Einzelprozesse zu stark zu beschneiden. Schließlich ist über einen Monitoring-Channel (System 3*) von Zeit zu Zeit zu überprüfen, ob das Bild, welches die einzelnen Systeme 1 von ihrer Aufgabenerfüllung nach außen hin vermitteln, auch mit der Realität übereinstimmt (man denke bspw. an die regelmäßig stattfindenden Audits zur Aufrechterhaltung einer ISO 9000-Zertifizierung). Ohne dieses zweite Hilfssystem liefe die operative Leitung Gefahr, den Kontakt zur tatsächlichen Aufgabenerfüllung zu verlieren und damit Synergieeffekte nicht effizient genug ausnutzen zu können.

Mit der hier vorgestellten Architektur der strukturellen Dimension des AMS in wandlungsfähigen Produktionsunternehmen lässt sich zum einen jede operative AMS-Struktur abbilden und das Gesamtsystem auf mögliche Schwachstellen hin untersuchen. Darüber hinaus gewinnt die geforderte Wandlungsfähigkeit erst durch die Ausformulierung der fünf Lenkungsfunktionen eine reale

Bedeutung für den Unternehmenskontext: Ein gut funktionierendes AMS zeichnet sich demnach dadurch aus, dass der aktiven, zukunftsgerichteten Anpassung der AMS-Strukturen (Methodeneinsatz, ERP-System, Planungsalblauf, Aufbauorganisation, Qualifikation der Mitarbeiter usw.) genauso viel Beachtung geschenkt wird, wie der effizienten Aufgabenerfüllung durch die operativen Planungs- und Steuerungsprozesse. Dabei hat die normative Lenkungsebene für die angemessene Moderation zwischen diesen beiden Extremen zu sorgen; sie ist letztendlich verantwortlich für das nachhaltige Überleben des gesamten AMS in einer als turbulent und komplex erlebten Umwelt.

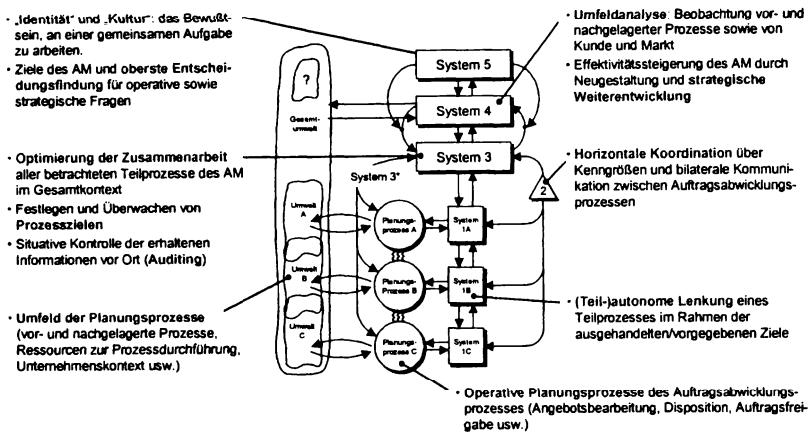


Abbildung 5: Das Modell wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme

III. Verwendung des Meta-Modells im Gestaltungsprozess

Das beschriebene Verhältnis zwischen Objekt- und Metaebene ist in Abbildung 6 dargestellt und mit dem allgemeinen Problemlösungszyklus verknüpft²¹. Die Interpretation des Problemfeldes benötigt einen logisch übergeordneten, metasystemischen Interpretationsrahmen. Die bekannten Objektmodelle im Bereich des Auftragsmanagements²² werden dadurch nicht obsolet, sondern sie werden weiterhin benötigt, um Informationen aus dem Problemkontext zu extrahieren. Trotzdem muss anerkannt werden, dass der gesamte Problemlösungs-

²¹ Haberfellner et al. (1997).

²² Auf der hier betrachteten Ebene sind all diejenigen Modelle als Modelle der Objektebene zu bezeichnen, die Aussagen über Teilsysteme wie das ERP-System, die Ablauforganisation der Planungsprozesse, die Auswahl der geeigneten PPS-Methode usw. machen. Die Interaktion zwischen diesen Teilsystemen und deren effektive Strukturierung im Sinne der Wandlungsfähigkeit tritt dabei in der Regel in den Hintergrund.

zyklus von einem solchen Metamodell durchdrungen sein muss. Diese Notwendigkeit ist nach Kim ursächlich auf ein Spezifikum des menschlichen Lern- und Wahrnehmungsverhaltens zurückzuführen: „... what we already have in our memory affects what we learn and what we learn affects our memory.“²³ Nur die „richtige“ Vorstellung von der Strukturierung eines wandlungsfähigen Auftragsmanagementsystems lässt damit die „richtigen“ Informationen aufnehmen, verarbeiten und zur Grundlage des Handelns werden²⁴.

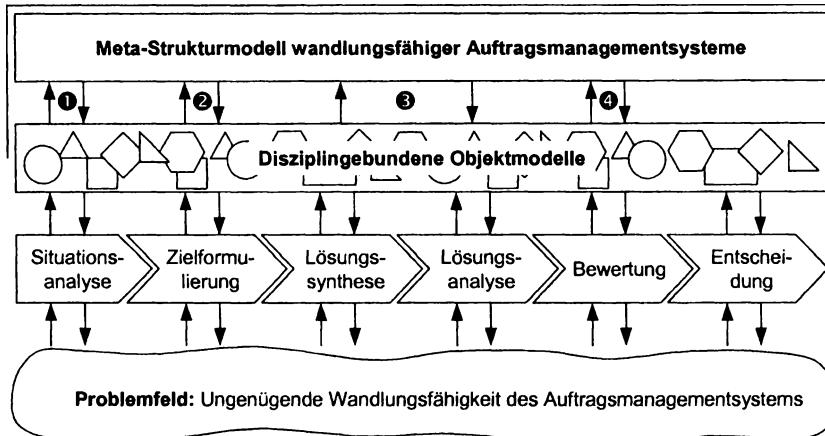


Abbildung 6: Verhältnis von Objekt- und Metaebene im Problemlösungsprozess

Einem Meta-Strukturmodell wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme fallen somit in den einzelnen Schritten des Problemlösungszyklus verschiedene Rollen zu. Während der Situationsanalyse (①) müssen die Probleme des wahrgenommenen Realitätsausschnitts aus Sicht des Metamodells interpretiert werden. Gleichzeitig findet im Laufe dieses Mapping-Prozesses iterativ eine vertiefte Informationsaufnahme statt, da erst das neugewonnene Verständnis der übergeordneten Zusammenhänge die Suche nach weiteren Informationen in der entsprechenden Weise anzuleiten vermag. Ergebnis ist eine metasprachliche Analyse des Ist-Zustands, belegt durch Fakten der Objektebene. Vor diesem Hintergrund findet die Festlegung der zu erreichenenden Ziele statt (②). Hier geht es an erster Stelle um das Anstreben systemischer Strukturmerkmale des Auf-

²³ Kim (1993).

²⁴ Zahn/Dillerup (1996) weisen darauf hin, dass gerade durch das Bereitstellen von Modellen mit Meta- und Strukturwissenscharakter organisationales Lernen in einem besonderen Maße gefördert wird. Eine große Bedeutung kommt dabei dem Explizieren individueller mentaler Modelle in einem kollektiven Lern- und Problemlösungsprozess zu.

tragsmanagementsystems, die geeignet sind, die Wandlungsfähigkeit positiv zu beeinflussen. Bei der Synthese und Analyse neuer Lösungen (③) wirken die gleichen kognitiven Gegebenheiten, wie schon bei der Situationsanalyse. Die Kenntnis des Metamodells wird das Auffinden neuen Lösungen stimulieren oder auch den Einsatz bekannter Lösungskonzepte in einem neuen Kontext anregen. Die Beurteilung gefundener Lösungen und Maßnahmen im Hinblick auf ihre grundsätzliche Praxistauglichkeit muss jedoch auf Objektebene erfolgen. Bei der Bewertung (④) erfolgt wiederum ein intensiver Abgleich zwischen realem Lösungsmuster und dessen metasprachlich einzuschätzender Wirkung auf die Wandlungsfähigkeit.

D. Zusammenfassung und Ausblick

Die mangelnde Wandlungsfähigkeit der Auftragsmanagementsysteme ist ursächlich auf eine verkürzte Sichtweise bei deren Gestaltung zurückzuführen. Erst der erweiterte Betrachtungsfokus der Managementkybernetik zeigt in Form eines Metamodells auf, welche Lenkungsfunktionen für die Systemanpassung und -entwicklung unabdingbar erforderlich sind. Aus diesen Grundlagen konnte ein (Meta-)Modell wandlungsfähiger Auftragsmanagementsysteme abgeleitet werden.

Die Gestaltung selbst stellt eine komplexe Aufgabenstellung dar, die interdisziplinär und ganzheitlich angegangen werden muss. Das entwickelte Metamodell kann dabei in jedem Schritt des Problemlösungszyklussees erfolgreich als übergeordneter Bezugs- und Interpretationsrahmen eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- Beer, S. (1989): The Viable System Model: its provenance, development, methodology and pathology. In: Espejo, R.; Harnden, R. (Hrsg.): The viable system model : interpretations and applications of Stafford Beer's VSM. Chichester u.a.: Wiley. S. 11-37.*
- (1995a): *Decision and Control: the meaning of Operational Research and Management Cybernetics* (Repr.). Chichester: Wiley.
 - (1995b): *The Heart of Enterprise* (Repr.). Chichester: Wiley.
 - (1996): *Diagnosing the System for Organizations* (Repr.). Chichester: Wiley.
- Eversheim, W. (1995): Prozeßorientierte Unternehmensorganisation: Konzepte und Methoden zur Gestaltung „schlanker“ Organisationen. Berlin u.a.: Springer.*

- Gronau, N. (1998): Anpassungsfähigkeit von PPS-Systemen an sich ändernde Organisationsstrukturen. In: PPS-Management 3 (1998) Nr. 1, S. 27–30.*
- Haberfellner, R. / Daenzer, W.F. / Becker, M. (1997): Systems engineering: Methodik und Praxis. 9. Aufl. – Zürich: Verl. Industrielle Organisation.*
- Hartmann, M. (1995): Merkmale zur Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen. Magdeburg.*
- Kim, D.H. (1993): The Link Between Individual and Organizational Learning. In: Sloan Management Review 35 (1993) Nr. 1, S. 37–50.*
- Lehmann, H. (1980): Organisationskybernetik. In: Grochla, E. (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation. 2. Aufl. – Stuttgart: Poeschel. Sp. 1569–1582.*
- Luczak, H. / Eversheim, W. (1999): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. 2., korr. Aufl. – Berlin, Heidelberg: Springer.*
- Malik, F. (1996): Strategie des Managements komplexer Systeme: Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 5. Aufl. – Bern et al.: Haupt.*
- Marks, S. (1991): Gemeinsame Gestaltung von Technik und Organisation in soziotechnischen, kybernetischen Systemen. Düsseldorf: VDI Verlag.*
- Mintzberg, H. (1994): That's not „Turbulence“, Chicken Little, It's Really Opportunity. In: Planning Review, 11/12 1994, S. 7–9.*
- Mussbach-Winter, U. (1998): Der Markt erfordert dynamische Auftragsmanagementsysteme. In: PPS Management 3 (1998), Nr.2, S. 9–13.*
- Probst, G.J.B. (1987): Selbst-Organisation: Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht. Berlin, Hamburg: Parey.*
- Reinhart, G. / Dürrschmidt, S. / Hirschberg, A. / Selke, C. (1999): Reaktionsfähigkeit für Unternehmen: eine Antwort auf turbulente Märkte. In: ZWF 94 (1999) Nr. 1–2, S. 21–24.*
- Reiß, M. / Rosenstiel, L.v. / Lanz, A. (Hrsg.) (1997): Change Management: Programme, Projekte und Prozesse. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.*
- Schönsleben, P. (1998): Integrales Logistikmanagement: Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen. Berlin; Heidelberg: Springer.*
- Ulrich, H. / Probst, G.J.B. (1995): Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln: ein Brevier für Führungskräfte. 4. Aufl. – Bern: Haupt.*
- Westkämper, E. / Balve, P. / Wiendahl, H.-H. (1998): Auftragsmanagement in wandlungsfähigen Unternehmensstrukturen : Anforderungen und Ansätze. In: PPS Management 3 (1998) 1, S. 22–26.*

- Westkämper, E. / Bierschenk, S. / Wiedenmann, H. (1997): Die Zeit ist reif für dynamische Auftragsmanagementsysteme: Das turbulente Umfeld überfordert inflexible PPS-Systeme. In: io management 66 (1997) Nr. 10, S. 20–23.*
- Westkämper, E. / Wiendahl, H.-H. / Pritschow, G. / Rempp, B. / Schanz, M. (2000a): Turbulenz in der PPS – eine Analogie. In: wt Werkstattstechnik 90 (2000) H. 5, S. 203–207.*
- Westkämper, E. / Zahn, E. / Balve, P. / Tilebein, M. (2000b): Ansätze zur Wandlungsfähigkeit von Produktionsunternehmen. In: wt Werkstattstechnik 90 (2000) H.1/2, S. 22–26.*
- Wiendahl, H.-P. / Mertens, P. / Eversheim, W. (1999): Produktionsplanung und -steuerung. In: Eversheim, W. / Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management : 4. Betrieb von Produktionssystemen; Kap. 14. Berlin et al.: Springer.*
- Wilksch, S. (1994): Wissensbasierte Spezifikation von Systemen zum fertigungsnahen Auftragsmanagement. München; Wien : Hanser.*
- Zahn, E. / Dillerup, R. (1994): Beherrschung des Wandels durch Erneuerung, Arbeitspapier Nr. 7/1994, Universität Stuttgart.*

Standardisierung der Entscheidungsprozesse in komplexen und komplizierten Geschäftssystemen: Zwischen der echten und der scheinbaren Ganzheitlichkeit

Von *Vojko Potocan, Matjaz Mulej und Stefan Kajzer*

A. Problem und Forschungsaspekte

Heute wird sehr viel über Komplexität und Kompliziertheit und auch über komplexe und komplizierte „Systeme“ diskutiert. Einerseits werden diese Begriffe nicht immer genau definiert, andererseits stellt sich aber auch die Frage, wie solche komplexen und komplizierten Erscheinungen möglichst effektiv und effizient zu bewältigen sind, um im nötigen Vereinfachungsprozess nicht die tatsächliche Komplexität und Kompliziertheit aus den Augen zu verlieren. Wegen eines solchen Übersehens würde man die Komplexität und Kompliziertheit der verursachten Folgen vergrößern und dadurch wahrscheinlich vom Regen in die Traufe kommen. In diesem Beitrag werden wir uns mit diesen sowohl theoretischen als auch praktischen Fragen auf der Ebene der Geschäftssysteme befassen. Dabei interessiert uns mehr der Prozess als die Struktur, die Ganzheitlichkeit der Betrachtung mehr als die Einseitigkeit.

B. Geschäftssystem aus prozessualer Sicht

Jede Organisation (und nicht nur das Unternehmen), die aus dem Geschäftsaspekt betrachtet wird, wird als Geschäftssystem (GS) behandelt. Die Praxis zeigt, dass es gerecht als komplex und kompliziert angesehen wird. Die Probleme bei der Beherrschung der GS bezeugen, dass eine möglichst grosse Ganzheitlichkeit nötig ist, um nicht Schwierigkeiten statt gewünschte Folgen zu erzielen. Eine der Möglichkeiten, die Ganzheitlichkeit der komplexen und komplizierten GS nicht aus den Augen zu verlieren, und sie doch genug zu vereinfachen, stellt die Standardisierung¹ dar. Hier steht besonders die Standar-

¹ Der Zweck der Standardisierung liegt in der Erleichterung der Beherrschung. Damit werden die Prinzipien der Hierarchie, der Rekursion, der „Black-Box“, der Selbstre-

disierung der Entscheidungsprozesse in den GS im Vordergrund. Dabei geht man – aus oben genannter Gründen – aus der prozessualer Auffassung des GS heraus. Darum wird zuerst diese unsere Auffassung kurz vorgestellt.

Die Menschen sind gesellige und gesellschaftliche Wesen. Das heisst auch, dass wir schon vor vielen Jahrtausenden erfuhren, dass das Leben in Gruppen (neben Nachteilen) im Vergleich zum Einzelgängertum viele Vorteile aufweist, denn dadurch kann man mehr Bedürfnisse befriedigen und die Möglichkeiten besser ausnutzen. Dabei entstehen Wechselbeziehungen – je mehr desto grösser die Gruppe. Darum versucht man sich auf das „richtige“ zu begrenzen, d. h. auf die „notwendige und hinreichende“ (= geeignete)² Grösse der Gruppe, von der Familie bis zur Menschheit als Ganzes. So werden „Organisationen“ geschaffen. Wenn wir uns mit einer Organisation solcherweise befassen, dass wir die „Ganzheit“ ihrer Eigenschaften zu erfassen versuchen, darf der Begriff „System“³ benutzt werden. Sind in einer solchen Organisation die Geschäftprozessaspekte von Bedeutung, dann spricht man über GS.

Im Einklang mit gesagtem steht hier die Organisation als GS mit der Betonung auf dem Prozessaspekt im Vordergrund. Diesartige Behandlung zeigte im Verlauf vieler Jahre bedeutende Vorteile im Vergleich zur Betonung auf dem Strukturaspekt (vgl. Kajzer 1997). Sie unterstrich die wesentliche Rolle, die der Steuerungsvorbereitung⁴, der Steuerung und der Information (die die Einflüsse zwischen den parallelen und aufeinanderfolgenden Prozessphasen überträgt) zukommt. Die Modelldarstellung des Geschäftsprozesses zeigten wir in Kajzer (1997). Aus diesem Blickwinkel kann man aufgrund der hier gewählten Aspekte insbesondere folgendes feststellen:

gelung, der Selbstorganisation usw. ergänzt (siehe Potocan 1998, Schiemenz, in Mulej et al. 2000).

² Im Beitrag wird ein Versuch gemacht, sowohl Ashby's Gesetz der notwendigen und hinreichenden Varietät als auch Mulej's und Kajzer's Gesetz der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit zu berücksichtigen (siehe z. Bsp. Ashby 1956, Mulej, Kajzer 1998). Mehr darüber im Kapitel 3.

³ Der Begriff System besitzt mehrere Inhalte. Aus der Mathematik stammt die Definition, das System sei jede Ganzheit, die die Komponenten und die Beziehungen zwischen diesen beinhaltet. (Kajzer, Mulej 1999). Inhaltlich ist das System dann einseitig, vom Aspect abhängig. Nie kann es dem behandelten Objekt gleich sein.

⁴ Im Einklang mit der Sprache der Kybernetik und der Systemtheorie wird der Begriff „Steuerung“ als Synonym für jede Behandlung (1) komplexer und komplizierter, (2) veränderlicher, (3) wahrscheinlicher Ereignisse mit der (4) Übertragung von Informationen und (5) Rückkopplungen, die die Informationen vom beeinflussten zum beeinflussenden Teil der Erscheinung übertragen (vgl. Mulej et al. 2000). Dabei wird der Unterschied zwischen Verwaltung und Management in der Unternehmenspolitik (z. Bsp. Kajzer 1997) hier nicht behandelt.

1. Die hierarchische Struktur des GS folgt aus besonderen und allgemeinen Eigenschaften seines Gefüges. Die tatsächlich einflussreichste ist die Phase der Steuerungsvorbereitung, die grösste Verantwortung darin wird von der Festlegung der Politik getragen.
2. Die Phasen des Prozesses sind verschiedenartiger Natur und sind auch verschiedenartig mit der Umgebung verbunden. Darum gilt für jede Phase sowohl der „Gesetz der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit“ als auch der „Gesetz der notwendigen und hinreichenden Varietät“. Auch die Umgebungen sind verschieden und sie verandern sich.
3. Der Gesamtprozess und seine Phasen benötigen das Entscheiden, um zweckmässige und wirtschaftliche Verhaltens- und Funktionsweisen zu wählen, die den beiden genannten Gesetzen zugleich entsprechen. Bei der Vorbereitung und Durchsetzung der Entscheidungen trifft man immer auf verschiedene und verschiedenartige Komplexitäten und Kompliziertheiten. Um alle wichtigen Ereignisse berücksichtigen zu können, muss man die gesamten Geschäfts- und Entscheidungsprozesse entsprechend (nicht aber zu sehr) vereinfachen. Dies kann auch durch Standardisierung erreicht werden.

Aufgrund dieser Zusammenfassung bekannter Tatsachen werden wir uns in der Fortsetzung zuerst mit der Komplexitäts- und Kompliziertheitsfrage und dann mit der Standardisierung der Entscheidungsprozesse befassen⁵.

C. Verschiedenartige Komplexitäten und Kompliziertheiten in der prozessorientierten Betrachtung der Geschäftssysteme

Seit der Entstehung des Lebens auf dem Planet Erde wächst die Komplexität und Kompliziertheit ständig (Prigogine 1999). Die genannte Ausrichtung der Wissenschaft und Praxis in die immer engere Spezialisierungen zeigte, dass die Komplexität und Kompliziertheit nicht als Synonyme, sondern als differenziertere Begriffe zu verstehen sind. Andernfalls gehen wir ins Risiko ein, die Betrachtung so zu vereinfachen, dass damit viele wichtige und oft nur indirekt sichtbare und wirkende Tatsachen übersehen werden⁶. In solchen Fällen führt

⁵ Alle drei (und andere, hier unberücksichtigte) Eigenschaften werden im Beitrag nicht nur als Tatsachen, sondern als Komplexitäts- und Kompliziertheits-Quellen behandelt. Dies nicht zu berücksichtigen, würde zur Quelle der Übersehungen und damit zu neuen Schwierigkeiten führen.

⁶ Die Praxis der Marktwirtschaft zeigte, dass die indirekten Konkurrenten wenigstens so bedeutend sind als die direkten, sie sind aber schlecht sichtbar. Der Gesetz der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit verlangt daher weit mehr Breite als nur die Berücksichtigung der direkten Konkurrenz (vgl. Mulej et al. 2000).

die übermässige Vereinfachung zu äusserst komplexen und komplizierten Folgen.

Zuerst ist zwischen *Komplexität und Kompliziertheit der Betrachtung/des Verhaltens/des Funktionierens* oder *Komplexität und Kompliziertheit der Folgen dieser* zu wählen. Wahrscheinlich ist es sinnvoll, sich vorwiegend der Komplexität und Kompliziertheit der Betrachtung/des Verhaltens/des Funktionierens zu widmen, denn dadurch weicht man den komplexen und komplizierten Folgen aus⁷.

Wenn wir uns (im Rahmen des gewählten Aspekts) den Einzelheiten einzelner Komponente einer Ganzheit widmen, dann haben wir mit der *Kompliziertheit* zu tun. Die Kompliziertheit geht also aus den Eigenschaften der Komponenten heraus (vgl. Schiemenz, in Mulej et al 2000). Sie spiegelt die Verschiedenartigkeit der Komponenten (Systemen) wider: je grösser die Verschiedenartigkeit der Komponenten desto grösser der Kompliziertheitsgrad und umgekehrt⁸.

Im Falle der Aufmerksamkeit auf die Eigenschaften, die aus den Wechselbeziehungen zwischen den Komponenten einer Entität hervorgehen, handelt es sich um die *Komplexität* (vgl. Schiemenz, in Mulej et al. 2000). Die Komplexität geht also aus den Wechselbeziehungen hervor. Es handelt sich also um die Eigenschaft jener Erscheinungen (Systeme), die verschiedenartige Struktur aufweisen, d. h. deren Aufbau aus mehreren Wechselbeziehungs-Arten, -Typen und -Formen zwischen den Systemkomponenten und mit der Umgebung besteht: je grösser die Vielfalt der Wechselbeziehungen desto grösser der Komplexitätsgrad und umgekehrt.

Die beiden existieren in der Realität natürlich gleichzeitig, doch wir konzentrieren uns auf beide nur schwer und selten zugleich. Die Kompliziertheit steht bei den „traditionellen“ Wissenschaften, die Komplexität beim Systemdenken im Vordergrund. Die erstgenannten trugen wertvolle Erkenntnisse über die Details, das Systemdenken und die Systemtheorie über die Wechselbeziehungen, Synergien und Emergenz, die die neuen Ganzheiten, nicht aber ihre Teile aufweisen, bei.

Sowohl die Komplexität als auch die Kompliziertheit (in der Realität und in der Forschung) können die Eigenschaft *der betrachteten Erscheinung, ihrer*

⁷ Ludwig von Bertalanffy, Gründungsautor der Systemtheorie, verlangte, dass wir die Welt nicht mehr nur partiell, sondern als Organisation betrachten sollten, d. h. mit Betonung auf die Wechselbeziehungen und auf die emergenten / neuen Systemeigenschaften, die aus diesen hervorgehen und anderenfalls übersehen werden (Bertalanffy 1968).

⁸ Es scheint angebracht, die Kompliziertheit auch nach der Vielfalt (Typologie) und die Anzahl (Menge) der Komponenten abzugrenzen.

Teile, ihrer Wechselbeziehungen, ihrer Umwelt, der Wechselbeziehungen zwischen ihr und ihrer Umwelt, der Entscheidungen über beide, der Erfassung, Bearbeitung und Kommunikation der Daten, Nachrichten und Informationen über beide, des Handelns mit beiden (von der Routine bis zur hochkreativen Steuerung), des Verhaltens und Funktionierens von beiden usw. sein. Es gibt daher sehr viele Inhaltsvarianten. Ähnlich gilt es auch für die Komplexitäts- und Kompliziertheitsgrade, die in der Realität oft viel grösser sind, als im der üblichen, auch wissenschaftlichen, Forschung sind.⁹

Bei der Betrachtung dieser Eigenschaften kann man folgendes erreichen:

- in einem Extrem: die Vollkommenheit oder
- zwischen beiden Extremen: die Notwendigkeit und Hinreichenheit oder
- in andrem Extrem: die Nichtigkeit

der Ganzheitlichkeit, der Varietät, der Effektivität, der Effizienz, der Komplexität, der Kompliziertheit, der Einfachheit, der Standardisierung, der Originalität... Das alles hängt von unserer Wahl des einzelnen Aspekts/des dialektischen Systems/des Aspektensystems/des totalen Aspektensystems ab¹⁰.

Bei der Erörterung der Komplexität und Kompliziertheit und deren Einflussfaktoren wird man auch mit dem Problem des Komplexitäts- und Kompliziertheitsgrades der Erforschung¹¹ konfrontiert. Die *notwendige* Komplexität und Kompliziertheit besitzt jene Forschung, die uns die Gestaltung eines solchen ganzheitlichen Bildes der betrachteten Erscheinung ermöglicht, das eine qualitätsvolle Entscheidungsunterstützung bietet. Andererseits kann man jene Forschung für *hinreichend* komplex und kompliziert halten, wenn das Bild der betrachteten Erscheinung die Handlung im Einklang mit den Ausgangspunkten ermöglicht.

⁹ Diese Differenz zwischen tatsächlichen Eigenschaften und den von menschlichen Fähigkeiten bedingten Erkenntnissen darüber stellt – von der weiten Vergangenheit bis heute – die Grundquelle der Spezialisierung dar.

¹⁰ Die Beschränkung auf einen einzelnen Aspekt scheint dem einzelnen Spezialisten am næhesten: dadurch kann er vieles zeigen, noch mehr übersehen. Näher zur Ganzheitlichkeit führt ein Aspektensystem (vorher Gefüge genannt). Definitionsgemäss kann man unter diesen jenes ein dialektisches Aspektensystem nennen, das alle wesentlichen und nur wesentlichen Aspekte und ihre Wechselbeziehungen beinhaltet. Das totale Aspektensystem würde das unerreichbare Extrem darstellen, denn es sollte definitionsgemäss alle Aspekte und alle Wechselbeziehungen zwischen diesen erfassen. In diesem Fall würden wir kein Risiko eigehen müssen (vgl. Mulej et al. 2000).

¹¹ Die Realität ist immer komplex und kompliziert zugleich. Spricht man über den Komplexitäts- und Kompliziertheitsgrad, dann hat man den Berücksichtigungsgrad dieser in der Erforschungsarbeit im Sinn. Siehe auch Abbildung 1.

Ähnlich kann man auch die Ganzheitlichkeit¹² abgrenzen. Die hinreichende Ganzheitlichkeit ist oft kleiner als die notwendige. Die Erörterung und Definition der Wechselbeziehungen zwischen der tatsächlichen Komplexität und Kompliziertheit der betrachteten Erscheinung, der tatsächlichen/möglichen Aspektensysteme und damit des Ganzheitlichkeitsgrades der Erforschung sowie der vom Entscheidungsträger ausgewählten Eigenschaften zeigt Abbildung 1.

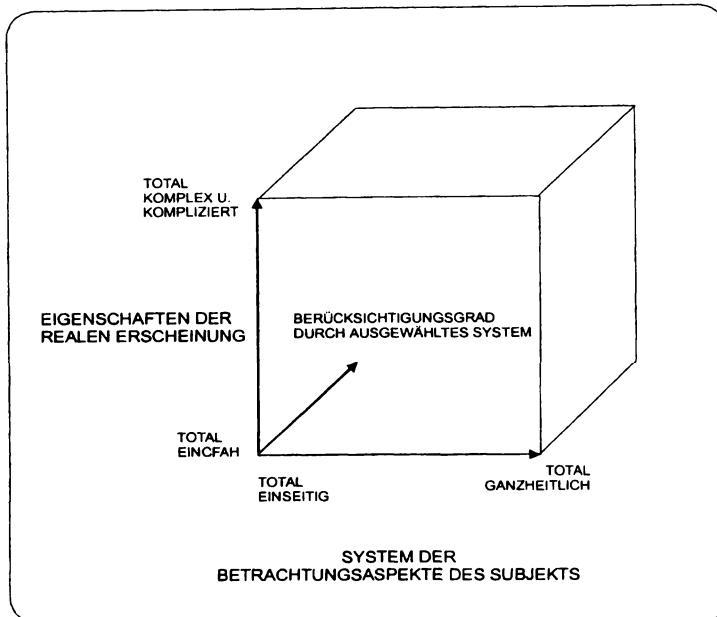


Abbildung 1: Wechselbeziehungen zwischen den Eigenschaften der beobachteten Erscheinung, den Betrachtungsaspekten und der Berücksichtigung beider im Prozess der Bildung des Systems

Aus der Abbildung 1 kann man erkennen, dass zwischen der tatsächlichen und berücksichtigten Ganzheitlichkeit, zwischen möglichen und berücksichtigten (dialektischen) Aspektensystemen viele, fast unzählige Varianten liegen. Ähnlich gilt es für die tatsächliche und berücksichtigte Komplexität und Kompliziertheit.

¹² Aus verständlichen Gründen kann man hier den Begriff »Ganzheitlichkeit« nicht ausführlich erörtern (siehe z. Bsp. Mulej et al. 2000). Stellen wir zusammenfassend nur fest, dass in Mulej's „dialektischen Systemtheorie“ die Ganzheitlichkeit als jenes Gefüge definiert ist, das (1) systemisch, (2) systematisch, (3) dialektisch, (4) materialistisch zugleich ist.

Die genannten Gründe können dazu führen, dass die Behandlung unausführlich wird. Das Entscheiden ist aber (vielleicht auch gerade deswegen) unausweichlich. Um diesen Prozess ausführlicher, d. h. wirtschaftlich und ganzheitlich genug zu gestalten, versuchen wir ihn zu vereinfachen.¹³

Aus dem Aspekt der behandelten Thematik, des Themas (innerhalb dieser), der Problematik und des Problems, das innerhalb dieser erörtert wird, halten wir das Genannte – wenigstens aus folgenden zwei Gründen – als äußerst wichtig:

- Alle wesentlichen Eigenschaften der Komplexität und Kompliziertheit sowie der Realität sollte man auf jener Ebene der Ganzheitlichkeit berücksichtigen, für die wir uns (bewusst oder unbewusst) aus der Sicht des Gesetzes der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit (allgemein) sowie des Gesetzes der notwendigen und hinreichenden Varietät (hinsichtlich der Umgebung und der Identität, die erhalten und/oder entwickelt werden sollte) entschieden haben.
- Welche Eigenschaften dabei berücksichtigt werden, die dann die Grundlage für unsere Entscheidungen und ihre Folgen darstellen, hängt auch von unseren menschlichen Eigenschaften, die als „subjektive Ausgangspunkte“ bei der Behandlung der betroffenen Arbeitsprozesse dienen.

Das alles sollte berücksichtigt werden, wenn wir entscheiden müssen oder dürfen. Das Entscheiden sucht nämlich eine dem Gesetz der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit und dem Gesetz der notwendigen und hinreichenden Varietät geeignete Stufe der Komplexität und Kompliziertheit, um möglichst effektiv und effizient jene Situationen zu bewältigen, die wir als problematisch auffassen.

D. Die Gesetze der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit und Varietät

Das Gesetz der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit, das Mulej und Kajzer erstmals im Jahre 1998 formulierten, fasst im wesentlichen die Praxis zusammen, die wenigstens folgende Eigenschaften kennzeichnen:

¹³ Bekannt sind die Vereinfachungen des Entscheidens und anderer Prozesse in den Organisationen aufgrund der hierarchischen Arbeitsteilung, der rekursiven Wiederholung eines Teiles der Eigenschaften, der autonomen Behandlung eines Teiles der Eigenschaften mit dem Black-Box-Verfahren, der Berücksichtigung der Anpassungsfähigkeit der Metamodelle usw. (Schiemenz, in Mulej et al. 2000). Hier fügen wir weitere Möglichkeiten, wie die Standardisierung der Entscheidungsprozesse (siehe Potocan 1998) hinzu.

1. Die moderne Spezialisierung führt neben vielem Nutzen auch auf den Irrweg, wo die Menschen jene Lebenseigenschaften beiseitelassen, die sie bei der Beschränkung auf die Kompliziertheit weder zur Kenntnis nehmen noch berücksichtigen können. Dies verursachte viele Katastrophen. Darum entstand nach dem 2. Weltkrieg die Systemtheorie als die Wissenschaft von der alten, selten verübten Praxis, die man das Systemdenken nennen kann.
2. Bei der Entwicklung und Anwendung der Systemtheorie handelt es sich um die Bemühungen, neben der Spezialisierung auch die Ganzheitlichkeit der Bewältigung der Realität, des Lebens und seiner Teile (vgl. Bertalanffy 1968, Davidson 1983, Elohim 1998...) zu erfassen.
3. Dabei erscheint die wichtige Frage, welche ist die geeignete, d. h. die notwendige und hinreichende Ganzheitlichkeitsebene? Beobachtet man die Situation etwas genauer, dann ermöglicht
 - a) die notwendige Ganzheitlichkeit, dass alle und nicht zu wenige wesentliche Erscheinungen, Prozesse und Eigenschaften (Komponenten, Wechselbeziehungen, Synergien) berücksichtigt werden und
 - b) die hinreichende Ganzheitlichkeit, dass es dabei nicht zu Übertreibungen kommt.
4. Bei der Bestimmung seiner Ausgangspunkte entscheidet jeder Autor allein (oder gemeinsam mit den Mitautoren) darüber, welche die notwendige und hinreichende Ganzheitlichkeitsebene in der gegebenen Situation sein soll und übernimmt auch die volle Verantwortung für die getroffene Wahl.

Das Gesetz der notwendigen und hinreichenden Varietät ist viel älter und befasst sich mit grundsätzlich vergleichbarer Problematik: mit den Überlebensbedingungen, doch in einem anderen Kontext (Ashby 1956, Espejo, in Mulej et al. 2000). Es handelt sich um die Viabilität (Überlebensfähigkeit) einer Erscheinung (z. Bsp. einer Organisation, die in einer Umgebung, in der sie in den Wechselbeziehungen steht).

Dieses Gesetz wurde schon vor Jahrzehnten von Ashby entwickelt und überlebte alle bisherigen Prüfungen erfolgreich. Im wesentlichen wird darin behauptet, dass jede Einheit, Entität, jedes System (als Bild der behandelten Erscheinung) die Erhaltung und geeignete Entwicklung seiner Identität damit gewährleisten muss, dass es stets in der Lage ist, auf jeden Einfluss aus der Umgebung, mit einer geeigneten Aktion zu reagieren. Je vielfältiger und dynamischer die Umgebung desto grössere Varietät braucht das System um in solchen Verhältnissen überleben zu können. Wenn z. Bsp. ein Unternehmen mit einer engen Spezialisierung auf dem Markt erfolgreich überleben kann, dann

handelt es sich um die geeignete Varietätsebene, die dem Gesetz der notwendigen und hinreichenden Varietät entspricht.

Gesetz der notwendigen und hinreichenden Varietät und Gesetz der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit ergänzen sich also. Beide beschäftigen sich mit dem Erkennen und Beherrschen der Komplexität und Kompliziertheit, doch von zwei Seiten:

- Ashby konzentriert sich auf die Erhaltung und Entwicklung der Identität einer Erscheinung in einer Umgebung, die auf sie verändernd oder sogar vernichtend wirkt.
- Mulej und Kajzer konzentrieren sich auf die Verantwortung der Entscheidungsträger dafür, was sie – auf ihrer Ganzheitlichkeitsebene – bei der Behandlung einer Erscheinung berücksichtigen und was nicht.

Die beiden Gesetze spiegeln die Schwierigkeiten, die aus der komplexen und komplizierten Realität hervorgehen, wider. Bei einem detaillierteren Einblick zeigen sie, dass die Komplexität und Kompliziertheit noch tiefer zu ergründen sind, um etwas entscheidendes nicht ausser Acht zu lassen. Auf diese Weise würde man vielleicht den Arbeitsprozess vereinfachen, aber damit in die unerwartete Schwierigkeiten geraten¹⁴.

E. Entscheidungen in komplexen und komplizierten Geschäftssystemen

Die Erfolgsgrundlage komplexer und komplizierter Geschäftssysteme (KKGS) stellt solcher Geschäftsprozess dar, der zugleich zweckmäßig (effektiv und effizient), angesehen (urteilsfähig im Geschäftsverhalten), ethisch (im Einklang mit den Moralprinzipien) und innovativ ist (Potocan, Kajzer, Mulej 1997). Doch die meisten KKGS erfüllen alle diese Bedingungen nicht vollkommen, darum liegen auch die erzielten Geschäftsresultate in der Regel unter den tatsächlich möglichen.

Die Qualität des Geschäftsprozesses kann man – in den Verhältnissen begrenzter Produktionsfaktoren und gegebener Funktions- und Verhaltensbedingungen – besonders auf Grund der Qualitätserhöhung der Steuerung dieses Prozesses und seiner bedeutenden Phase, der Entscheidungsfindung und – durchsetzung, beträchtlich verbessern (Potocan 1998; Harrison, 1998, Krajewski, Ritzman 1999). Der Qualitätssprung bedeutet, dass die beiden Gesetze

¹⁴ Ein Beispiel: Die Erfindung vieler Chemikalien vereinfacht die Arbeit und das Leben. Doch auf einmal beherrschen wir die neu entstandene Situation nicht mehr und es kommt zu Vergiftungen, Umweltverschmutzungen usw. Offensichtlich haben wir etwas übersehen oder absichtlich nicht berücksichtigt.

beachtet wurden und deshalb die geeigneten Entscheidungen über den berücksichtigten Komplexitäts-, Kompliziertheits- und Ganzheitlichkeitsgrad getroffen wurden (siehe die Abbildung 1).

Der Entscheidungsprozess stellt in den KKGS die zentrale Phase des Managementprozesses, der den ganzen Geschäftsprozess entlang verläuft (Potocan 1998). Die bedeutende Wirkung dieses Prozesses entsteht durch seine Integrationsrolle, seine interdisziplinäre Natur, seine Standardisierungsfähigkeit und seinen bedeutenden Einfluss auf die interne und externe System-Beziehungen¹⁵. Das Entscheiden beeinflusst – direkt oder indirekt – die Bestimmung und Veränderung der Zwecke und Ziele, der Prozesse, Komponenten und Struktur, aber auch die Nutzung humaner, materieller und finanzieller Ressourcen. Mit seinem Einfluss auf die Qualität des Managementprozesses determiniert er die Geschäftsergebnisse des KKGS beträchtlich.

In den letzten 20 Jahren wurden auf dem Gebiet der Geschäftsentscheidungen zahlreiche Forschungen durchgeführt, die in die Richtung „ganzheitlicher“ Entscheidungskonzepte führten (z. Bsp. Schroeder 1997, Donnelly, Gibson 2000). Aufgrund der Vergleichsanalyse kann man feststellen, dass die Autoren bei der Entwicklung verschiedener Konzepte aus ähnlichen Grundausgangspunkten starten (Potocan 1998, Koonz, Weihrich 2000). Diese Ausgangspunkte fussen auf der Interdisziplinärität¹⁶, der Ganzheitlichkeit¹⁷ und der Standardisierung der Entscheidungsprozesse (Potocan 1998).

Es hat sich herausgestellt, dass zu bedeutenden Ausgangspunkten moderner Entscheidungstheorien, die die Erreichung der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit unterstützen, auch die Standardisierung gehört.

Bei der Durchführung der Standardisierung kann man aber die bekannten Methoden bzw. Methodiken der Entwicklung der Geschäftsentscheidungsprozesse nicht direkt einsetzen, da diese auf die einzelne Geschäftsfelder und Managementssegmente gerichtet sind. Darum wurde ein Versuch gemacht, die Methodik zu entwickeln, die die Entwicklung und Durchsetzung standardisierter Entscheidungsprozesse unterstützen soll.

¹⁵ Es handelt sich um die Wechselbeziehungen zwischen dem gesamten Entscheidungs-System und den Teilsystemen, zwischen dem gesamten Entscheidungs-Prozess und den -Teilprozessen sowie zwischen dem System und der Umgebung.

¹⁶ Der Ansatz für die Behandlung der Entscheidungsprozesse wurde deshalb auf der interdisziplinären Verkopplung monodisziplinärer Wissenschaften, da dieser wenigstens eine Rahmenstandardisierung ermöglicht (Kajzer, Mulej 1999, Ashby 1956).

¹⁷ Die geeignete Ganzheitlichkeit kann man mit synergetischer Berücksichtigung jener Wissenschaften gewährleisten, die beim Konzipieren, Funktionieren und Organisieren die Aussagekraft besitzen.

Aufgrund der Voruntersuchungen und praktischer Erfahrungen in den KKGS könnten für die Standardisierung der Entscheidungsprozesse folgende Ausgangspunkte formuliert werden (Potocan 1998, Potocan 2000):

1. Für die Entscheidungsprozesse in den KKGS ist es möglich und notwendig wenigstens ein Rahmensystem der Methodiken des Entscheidungsmanagements zu entwickeln.
2. Die Entscheidungsprozesse in den KKGS sollte man auf der Grundlage des geeignet ganzheitlichen Managements organisieren.
3. Das Entscheidungssystem im einzelnen KKGS soll zwar seine Bedürfnisse und spezifische Forderungen erfüllen, es ist aber notwendig und zweckmässig, es aufgrund standardisierter Unterlagen aufzubauen.
4. Daher kann man auch die Ganzheit der notwendigen Methoden und Techniken bestimmen, die beim treffen inhaltlich gleichartiger Entscheidungen in den Gruppen gleichartiger Entscheidungprozesse eingesetzt werden.

Die genannten Ausgangspunkte werfen natürlich auch neue Fragen über die Rolle, Bedeutung und Eigenschaften der Standardisierung von Entscheidungsprozessen in den KKGS auf (Potocan 1998, Potocan 2000).

Bei der Erörterung der Standardisierung von Entscheidungsprozessen konfrontiert man sich mit dem Grundproblem jeglicher Standardisierung: *Welche ist die mögliche und notwendige Ebene der Vereinheitlichung?* Auf der Grundlage der theoretischen Erkenntnisse und der Erfahrungen in der Wirtschaftspraxis könnte man allgemein feststellen, dass die Entscheidungsprozesse nur auf der Ebene, die mit den Kriterien der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit und der Varietät sowie der Komplexität und Kompliziertheit dieser Prozesse gegeben ist, standardisierbar sind. Im weiteren bauen wir auf der Voraussetzung, dass die notwendige und hinreichende Standardisierungsebene definierbar ist, subjektiv ist aber diese Ebene mit dem Berücksichtigungsgrad des Entscheidungsträgers gegeben.

Die Standardisierung sollte so konzipiert werden, dass sie genug *ganzheitliches Verstehen und Beeinflussen* der betroffenen Erscheinung ermöglicht. Der Ganzheitlichkeits-Intervall wird von einer Seite mit der *totalen Einseitigkeit*, auf der anderen mit der *totalen Ganzheitlichkeit* bestimmt.

Es gilt daher eine Standardisierungsebene zwischen diesen beiden Grenzen zu wählen, die inhaltlich vollkommen genug, technisch ausführbar, wirtschaftlich annehmbar und qualitätsmäßig genug gut sein soll. Die Verantwortung dafür liegt bei den Entscheidungsträgern und beginnt mit der Zielsetzung, die vom (dialektischen) System ausgewählter Aspekte abhängt.

Die annehmbare Standardisierungsebene hängt aber auch von der Komplexität und Kompliziertheit der Entscheidungsprozesse ab. Das Intervall möglicher Komplexität und Kompliziertheit der Entscheidungsprozesse liegt zwischen totaler Komplexität und Kompliziertheit, die alle Standardisierungsbestrebungen zunichte macht, und zwischen totaler Un-Komplexität und Un-Kompliziertheit – totaler Einfachheit, die eine extreme Vereinfachung und damit die totale Standardisierbarkeit verspricht. Natürlich ist auch aus diesem Blickwinkel die Standardisierung in den realen Geschäftsbedingungen auf die geeignete Komplexitäts- und Kompliziertheitsebene zu stützen. Die Bestimmung solcher Ebene ist ein *kreatives Prozess*, der *synergisch* sowohl von den Eigenschaften des *betroffenen Subjekts* als auch von der *Verantwortung der Entscheidungsträger* beeinflusst wird (Potocan 2000).

Aufgrund genannter Erkenntnisse über *die notwendige und hinreichende Ganzheitlichkeits- sowie der Komplexitäts- und Kompliziertheitsebene* kann man auch *die notwendige und hinreichende Standardisierungsebene der Entscheidungsprozesse* bestimmen. Die geeignete Standardisierungsebene bestimmt man auf der Grundlage der Erkennung *der notwendigen und hinreichenden Ganzheitlichkeit, Komplexität und Kompliziertheit*: 1) der ausgewählten Ausgangspunkte für die Standardisierung der Entscheidungsprozesse (der berücksichtigten subjektiven und objektiven Ausgangspunkte), 2) des Objekts (und seiner Interaktion mit dem Subjekt), 3) des Subjekts (und seiner Interaktion mit dem Objekt) und 4) der synergischen Ganzheit des Subjekts und Objekts.

Daraus kann man schliessen, dass die Bestimmung der geeigneten (d. h. notwendigen und hinreichenden) Standardisierungsebene der Entscheidungsprozesse methodologisch und inhaltlich möglich ist.

Die vorgestellten Ausgangspunkte, Prinzipien und Erkenntnisse über Standardisierung der Entscheidungsprozesse kann man für die Gestaltung des geeigneten Systems standardisierter Entscheidungsprozesse in den KKGS einsetzen. Der Zweck dieses Systems ist die geeignete (notwendige und hinreichende) Qualität der geschäftlichen Entscheidens zu gewährleisten und die Grundlage für die methodologische Vereinheitlichung und Vergleichbarkeit in verschiedenen KKGS zu schaffen (Potocan 1998, Potocan 2000).

Will man diesen Zweck verwirklichen, muss man zuerst die Ausgangspunkte der Standardisierung festlegen und dann die eigentliche Standardisierung durchführen¹⁸.

¹⁸ Die ausführlichere Vorstellung der Bestimmung der notwendigen und hinreichenden Standardisierungsebene der Entscheidungsprozesse überschreitet den Rahmen dieses Beitrags (siehe Potocan, Kajzer, Mulej 1997, Potocan 1998, Potocan 2000).

F. Schlussfolgerungen

Die Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass für verschiedene KKGS folgende gemeinsame Schlussfolgerungen gelten:

1. Die Entscheidungsprozesse können auf den höheren Managementebenen besonders gut standardisiert werden. Die Unternehmen können auf der politischen und strategischen Ebene sehr ähnliche Entscheidungsfelder und -verfahren rahmenweise bilden.
2. Die Standardisierung ist auch auf der Ebene des operativen Management teilweise realisierbar. Das gilt besonders für die Unternehmen mit gleicher oder ähnlicher Tätigkeit, z. Bsp. mit dem gleichen Produktionstyp. Ihr Geschäftsprozess basiert nämlich auf dem identischen Fertigungsprozess, den man mit standardisierten Entscheidungsprozessen unterstützen kann.
3. Den Grossteil der Entscheidungsprozesse kann man aber nicht ganzheitlich standardisieren, denn ihre Eigenschaften hängen eng von den spezifischen Bedürfnissen einzelner Unternehmen ab. Diese Prozesse können nur begrenzt und nur auf der methodologischer Ebene standardisiert werden.
4. Die Gesetze der notwendigen und genügenden Ganzheitlichkeit bzw. Varietät gelten für Entscheidungsprozesse als komplexe und komplizierte Prozesse vollkommen.

Literaturverzeichnis

Ashby, R. W. (1956): An Introduction to Cybernetics. Chapman and Hall, London.

Bertalanffy, L. v. (1968): General Systems Theory. Brazillier, New York.

Davidson, M. (1983): Uncommon Sense. The Life and Thought of Ludwig von Bertalanffy (1901–1972), Father of General Systems Theory. J. P. Tarcher, Inc., Los Angeles.

Dilworth, J. (1997): Operations Management: Design, Planning, and Control for Manufacturing and Services. McGraw Hill, New York.

Donnelly, J. / Gibson, J. (2000): Management. McGraw Hill, Boston.

Elohim, J. L. (1998): Introduction to the Workshop on Systems Thinking about Natural Environment. In: STIQE '98, ISRUM et al., Maribor.

- Harrison, F. (1998): The Managerial Decision-Making Process. Haughton Mifflin, Boston.*
- Kajzer, S. (1997): Izvedbeni management (Operatiosn management – in Slovène). Faculty of Economics and Business, Maribor.*
- Kajzer, S. / Mulej, M. (1999): Systemtheoretisch fundierte Ethik als Ueberlebungskonzept, in: Schwaninger, M. (Hrsg.), Ueberlebungskonzepte für turbulente Zeiten auf der Grundlage von Systemtheorie und Kybernetik. Jahrestagung 1997 der GSW e.V.. Berlin: Duncker & Humblot.*
- Koontz, H. / Wehrich, H. (2000): Essentials of Management. McGraw Hill, Boston.*
- Krajewski, L. / Ritzman, L. (1999): Operations Management. Addison – Wesley, Massachusetts.*
- Mulej, M. (2000): Dialektična in druge mehkosistemske teorije – podlaga za uspešen management. Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta, Maribor, in drugi.*
- Mulej, M. / Kajzer, Š. (1998): Ethics of Interdependence and the Law of Requisite Holism. In: Rebernig, M. / Mulej, M., eds.: STIQUE '98. Institute for Systems Research et al., Maribor.*
- Potocan, V. (1998): Holistic Decision-making as An Practical Example of Training for Systemic Thinking. In: IDIMT '98, proceedings, pp. 329–337. Universitätsverlag Rudolf Trauner, Linz.*
- (2000): System of the standard decision-making processes. In: Proceedings of ISSS, July 16–22, 2000, Toronto. ISSS, Toronto, 2000, 17 pages.
- Potocan, V. / Kajzer, S. / Mulej, M. (1997): The Standardization of the Methodological Basis of Business Decision-making as a Contribution to the Revival of the Systems Theory, in: Problems of excavating cybernetics and systems . no. 1–6, pp. 259–268. Amsterdam: Systemica.*
- Prigogine, I. (1999): Evaluation of Complexity (Unpublished lecture). 11th WOSC, Uxbridge.*
- Schroeder, R. (1997): Operations Management: Decision Making in the Operations Function, McGraw Hill Book, New York.*

Die Findung des besten Unternehmens in einem Benchmarking-Wettbewerb

Von *Rolf Pfeiffer*

A. Was bedeutet „Benchmarking“?

Wir orientieren uns am besten an der Definition von Camp, dem Altmeister des Benchmarking:

„...die kontinuierliche Suche nach Lösungen, die auf den besten Methoden und Verfahren der Industrie, den best practises, basieren und ein Unternehmen zu Spitzenleistungen führen“ (R.C. Camp. 1994, S.13).

Daraus ist klar zu entnehmen, dass der oft verwendete Vergleich der eigenen Werte mit denen der Konkurrenz aus den Bereichen der Bilanz, der G+V und der Kostenrechnung oder mit Idealwerten von Beratern, und das noch nur zu einem Zeitpunkt, nicht ausreichend ist. Gerade darin nicht enthaltene Aspekte sind besonders wichtig:

„Beste Methoden und Verfahren der Industrie“. Gerade die Experten der gesamten Industrie haben in speziellen Prozessen die besten Lösungen und diese bringt man nicht in den Vergleich, wenn nur die direkte Konkurrenz betrachtet wird.

„Kontinuierliche Suche nach Lösungen“. Die Entwicklung der Prozesse im Zeitverlauf bringen entscheidende neue Erkenntnisse und zeigen die Position des eigenen Unternehmens im ständigen Vergleich. So kann eine ständige neue Suche nach Lösungen eine Verbesserung bringen.

„Ein Unternehmen zu Spitzenleistungen führen“. Die Anregungen im ständigen Vergleich müssen aufgegriffen und umgesetzt werden. Nur so kann ein Unternehmen Spitzenleistungen im Vergleich erreichen.

Damit ist Benchmarking ein wesentliches Werkzeug, um das Ziel eines Lernenden Unternehmens zu erreichen. Welche konkreten Schritte zur Umsetzung an der Export-Akademie eingeleitet wurden, soll nachfolgend dargestellt werden. (siehe Abb. 1)

Schritte im Benchmarking-Prozeß (Camp)

1. *Was soll dem Benchmarking-Prozeß unterzogen werden*
2. *Vergleichbare Unternehmen identifizieren*
3. *Methode der Datensammlung festlegen, Daten sammeln*
4. *Feststellen, wo eine Leistungslücke besteht*
5. *Feststellung der zukünftigen Leistungsfähigkeit*
6. *Kommunikation der Ergebnisse, Gewinnung Akzeptanz*
7. *Aufstellen von Zielen in den Prozessen*
8. *Entwickeln von Aktionsplänen*
9. *Gezielte Aktionen und Kontrolle des Fortschritts*
10. *Aufgezeigte Anpassungen vornehmen*

Abbildung 1: Die Findung des besten Unternehmens in einem Benchmarking-Wettbewerb¹

Die ersten vier Punkte sind für die Unternehmen schwierig zu entscheiden. Diese Entscheidung wird den Unternehmen aber abgenommen durch das hier beschriebene Verfahren: Definierter Fragebogen, Gewinnung einer großen Zahl von Unternehmen, Erstellung eines Benchmarking-Reports mit Aufzeigen der Leistungslücken. Die anderen Punkte 5. bis 10. werden dann den Unternehmen überlassen, d. h. die Unternehmen müssen sich um Beseitigung der festgestellten Schwächen selbst kümmern mit eigenen Projektteams, Beratern oder Analyseteams für die Punkte 1. bis 4. (siehe unter Abb. 1)

B. Der Fragebogen und der Benchmarking-Report

Seit vier Jahren führt die Export-Akademie Baden-Württemberg unter Leitung von Prof. Dr. Pfeiffer ein umfangreiches Benchmarking-Projekt unter dem Namen „International Best Factory Awards“ und „International Best Service Awards“ durch.

In diesem Projekt werden produzierende und Dienstleistungs-Unternehmen über Direct-Mail und redaktionelle Beiträge zur Teilnahme animiert. Dann fordern dazu z.B. die produzierenden Unternehmen einen Fragebogen mit 234 Fragen an, füllen diesen aus und erhalten einen sog. Benchmarking-Report zurück. Der Fragebogen ist eingeteilt in 8 Hauptkriterien-Bereiche, damit die Unternehmen den Fragebogen „zerlegen“ können und an die jeweiligen Leiter

¹ Siehe Camp, S. 13

der Funktionsbereiche (z. B. Personal, Forschung + Entwicklung, Produktion, Rechnungswesen,...) zur Bearbeitung verteilen können (vgl. Abb. 2). So ist das Ausfüllen des Fragebogens auf 8 Führungskräfte im Unternehmen verteilt.

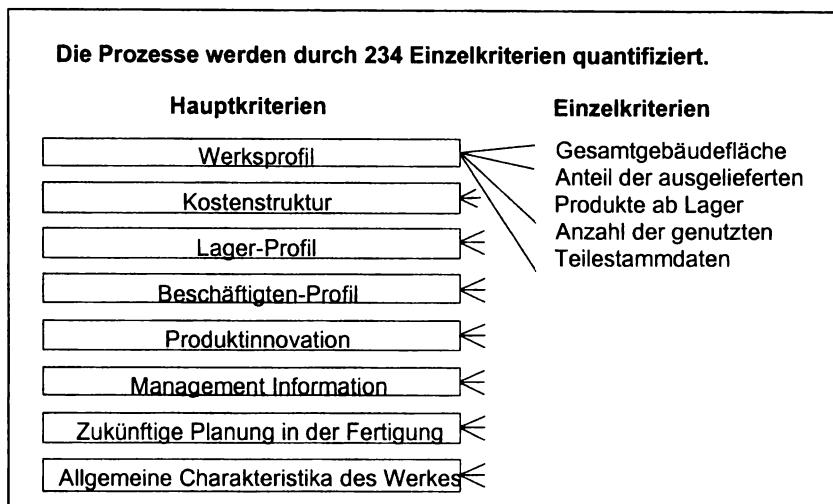


Abbildung 2: Die Aufteilung des Fragebogens in acht Hauptkriterien-Bereiche

Aus dem ausgefüllten und eingesandten Fragebogen werden nun an der Export-Akademie die 84 wichtigsten Prozeß-Variablen ausgewählt und im Vergleich in einfachen Grafiken mit Kurzempfehlungen dargestellt. Ein Beispiel für eine solche Grafik ist Abb. 3.

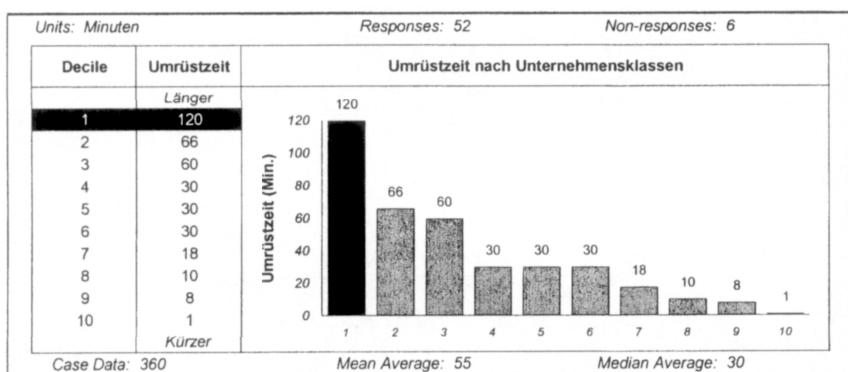


Abbildung 3: Beispiel für eine Prozeß-Variable eines Unternehmens im Vergleich

Die Schwächen eines Unternehmens sind leicht erkennbar, da die größten und kleinsten Werte aller 84 wichtigen Prozesse der teilnehmenden Unternehmen in zehn gleiche Intervalle eingeteilt und in zehn Säulen in den Grafiken dargestellt werden. Im individuellen Report der Unternehmen werden ihre Säulen jeweils besonders gekennzeichnet (siehe Abb. 3). Die Abb. 3 zeigt für das teilnehmende Unternehmen, dass es für die Umrüstzeit in der Klasse der schlechtesten 10% aller 52 teilnehmenden Unternehmen liegt. Die Empfehlung ist sicher (hier nicht extra aufgeführt), eine gesonderte Analyse zur Verbesserung aller Umrüstzeiten durchzuführen.

C. Vorauswahl der besten Unternehmen mit den Daten des Benchmarking-Reports

Die zuvor genannten Werte aus den 84 Grafiken dienen nun in ihrer Rangfolge über alle teilnehmenden Unternehmen der Findung der besten drei Unternehmen. Bei der Rangfolge der Werte wird eine Zuordnung von Punkten verwendet nach 1. Platz gibt 3 Punkte, 2. Platz gibt 2 Punkte und 3. bis 5. Platz gibt je einen Punkt. Die Addition all dieser Punkte pro Unternehmen ergibt eine Rangfolge, die zur Findung der 3 besten Unternehmen verwendet wird. Abb. 4 zeigt dieses Vorgehen nochmals im Detail, wobei von den erwähnten 84 Prozessen bzw. Grafiken nur 53 in die Bewertung eingehen.

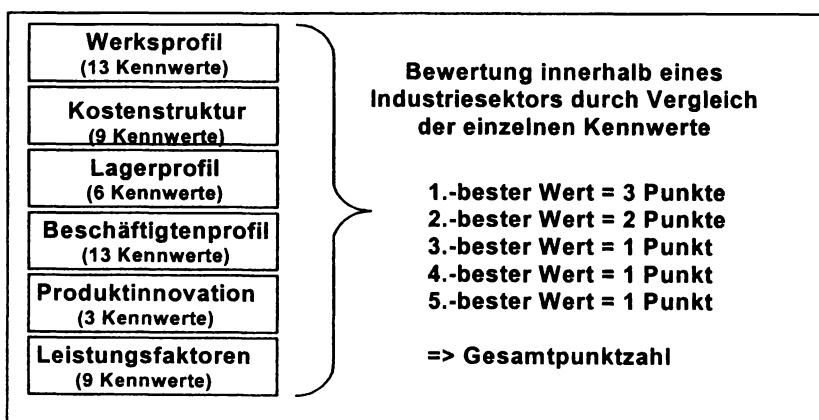


Abbildung 4: Die Findung der besten Unternehmen aus 53 Prozeß-Kennwerten

Zusätzlich zu dieser Analyse wird eine sog. Besten-Matrix verwendet, auch bekannt unter der Wertschöpfungs-/Performance-Matrix (siehe Abb. 5).

Diese Matrix wird mit Hilfe der folgenden Formel errechnet:

International Best Factory Awards

Berechnung der Performance:

Gibt Wert zwischen 0 und 1

Variable 1	Variable 2	Variable 3
<u>Unternehmenswert - Schlechtester Wert</u> +	_____	+
P = <u>Bester Wert</u>		

Gibt Wert zwischen 0 und 1

Formel 1: Berechnung der Performance

Hinter jedem Punkt in der Wertschöpfungs-/Performance-Matrix steckt ein Unternehmen, erfasst mit den Variablen 1 bis 3. Durch die „Normierung“ der Formel und Verwendung z. B. dieser wichtigsten 3 Prozeß-Variablen wird in der Abb. 5 angezeigt, dass je weiter rechts aussen oben der Wert des Unternehmens liegt, desto besser ist seine Wettbewerbsposition.

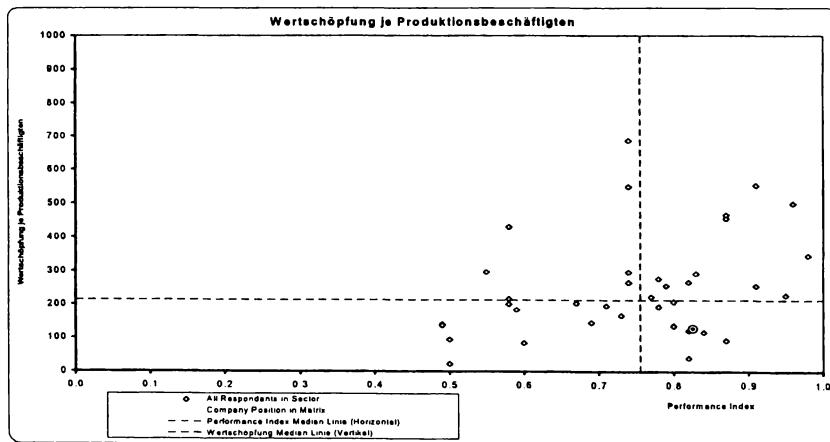


Abbildung 5: Wertschöpfungs-/Performance-Matrix

Nun wird eine Analyse der besten Unternehmen aus den 53 Prozeß-Variablen zusammen mit den besten Unternehmen aus der Wertschöpfungs-Performance-Matrix durchgeführt. Daraus werden die besten 3 Unternehmen festgelegt. Die Ermittlung lediglich der besten drei Unternehmen beruht auf der

Erkenntnis, daß die Unternehmen an der Spitze derart eng beisammen liegen, daß eine Unterscheidung mit Rangfolge nicht seriös wäre.

Abbildung 6 erfasst nochmals die beschriebenen Abläufe und Entscheidungen.

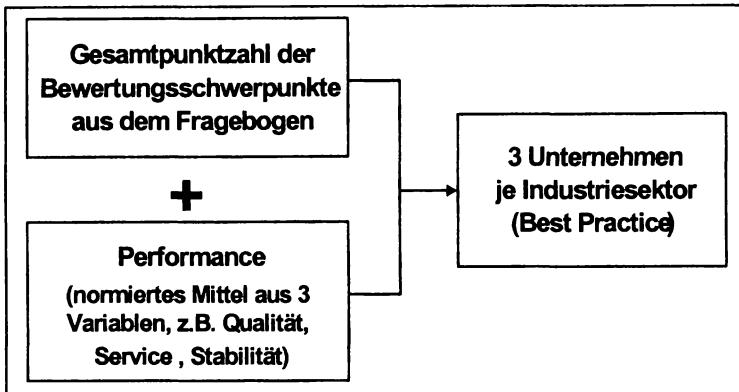


Abbildung 6: Die Findung der besten 3 Unternehmen in einem Benchmarking-Wettbewerb, Auswahlverfahren

D. Das Auditierungsteam und dessen qualitative Kriterien

Die drei besten Unternehmen werden von einem fünfköpfigen Auditierungsteam besucht und über einen Tag Gespräche geführt nach einem Leitfaden mit qualitativen Kriterien. Diese qualitativen Kriterien sind:

1. Produkte,
2. Marktposition / Konkurrenz / Marketing,
3. Vertrieb,
4. Werksprofil,
5. Zulieferer / Beschaffungsdauer / Durchlaufzeit,
6. Arbeitsproduktivität / Kosteneffizienz (Umrüstzeit, Teilstammdaten),
7. Servicegrad / Lieferzuverlässigkeit,
8. Zertifizierung / Qualitätsmanagement,
9. Produktinnovation,
10. Managementprofil / Organisation (Innere Struktur, Organigramm Durchschnittsalter der Mitarbeiter, Entlohnung),

11. Mitarbeiterführung / Motivation der Mitarbeiter,
12. Unternehmensgrundsätze (Vision, Mission,...),
13. Strategische Planung und Prognosen (Delphi, Szenarien),
14. Schwerpunkte in der Zukunft (Globalisierung, Märkte, Kosten, Gruppenarbeit),
15. Nutzen des Benchmarking,
16. Allgemeiner Eindruck.

Die Gespräche werden mit dem Top-Management gemäß dessen vorbereiterter Präsentation, aber auch mit dem Middle-Management und Mitarbeitern nach dem Zufallsprinzip geführt.

Im Gespräch ergibt sich gleichzeitig die Möglichkeit, die Angaben im Fragebogen nach Plausibilität und Wahrheit zu prüfen. Die dabei aufzeigbaren Kennzahlen zur Steuerung des Unternehmens sind für das Management oft sehr überraschend und fruchtbar.

E. Die Entscheidung

Eine abschließende gemeinsame Sitzung des Auditierungsteams mit Diskussion und (Mehrheits-)Abstimmung legt den Gewinner des IBFA-Preises (eine abstrakte Statue) fest. In dem nachfolgenden Kasten sind nochmals die 4 Stufen des Auswahlverfahrens zusammengefasst.

Die Preise werden in einer festlichen Veranstaltung mit Prominenz an die Gewinner übergeben. Das Unternehmen kann drei Jahre damit Werbung in jeder Art betreiben. Die bisherigen Gewinner haben dies auch intensiv genutzt. Dies kommt den späteren Wettbewerben wieder zugute, da im neuen Jahr der neue Wettbewerb in gleicher Weise startet mit gering angepassten Fragebögen, wobei diese Fragebögen noch in Abstimmung mit den britischen Kollegen der Cranfield School of Management und den italienischen Kollegen der SDA Bocconi erstellt werden.

Tabelle 1

Die vier Stufen des Auswahlverfahrens

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Häufigkeit auf den Plätzen 1 bis 5 über 53 wichtige Prozesse hinweg2. Sehr gute Position in der Wertschöpfungs-Performance-Matrix3. Besuche des Auditierungsteams bei den 3 Besten pro Kategorie4. Auswahl der Besten pro Kategorie und des Gesamtsiegers mit subjektiven, qualitativen Kriterien durch das Auditierungsteam |
|--|

Die nachfolgende Abb. 7 zeigt nochmals den gesamten Arbeits- und Entscheidungsablauf mit allen Rückkopplungen auf.

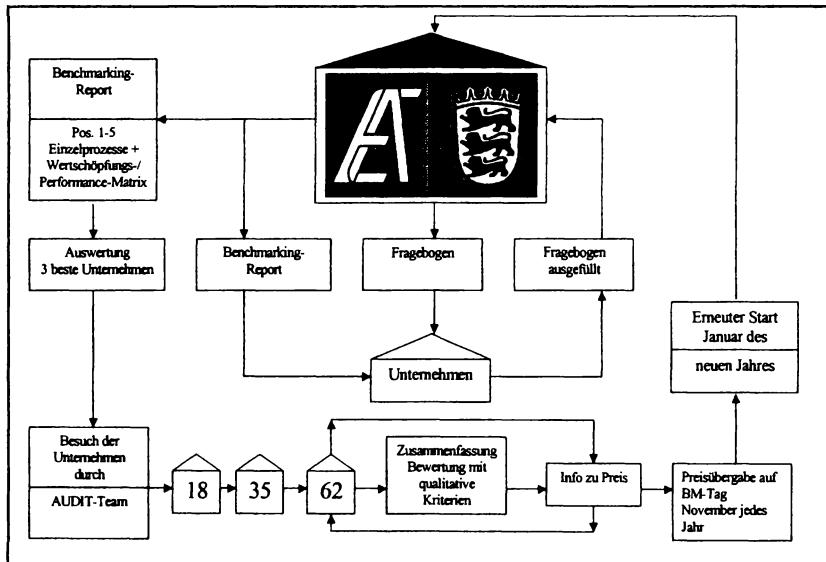


Abbildung 7: Gesamter Arbeits- und Entscheidungsablauf

Literaturverzeichnis

- Camp, Robert C.:* Benchmarking, Carl Hanser Verlag, München, Wien 1994.
- Karlöf, B. / Östblom, S.:* Das Benchmarking Konzept, Wegweiser zur Spitzenleistung in Qualität und Produktivität, Verlag Vahlen 1994.
- Pfeiffer, Rolf:* Vergleich betrieblicher Leistungen für Unternehmen des Sektors Maschinenbau aus Großbritannien und Deutschland, Zeitschrift Führung+Organisation(zfo), Stuttgart, Heft 5/1999, S. 260–264.
- Pfeiffer, Rolf / Duckert, S.:* Von den Besten lernen: Die International Best Factory Awards (IBFA) und die International Best Service Awards (IBSA) im deutschsprachigen Raum, in GIM Observer, März 2000, S. 74–80.
- Pfeiffer, Rolf, / Szwejczewski, M. / Goffin, K. / New, C. / Lohmüller, B. / Beretta, Sergio:* Key trends in European manufacturing, in Management Today, Manufacturing Excellence, Issue 13, Jan. 2000, S. 4–9.

Hohe Produktivität in selbstorganisierten Organisationsstrukturen – Komplexitätsbeherrschung mit Managementkybernetik

Von *Heinz Grote*

A. Zielsicher handeln in komplexen Systemen

Zuerst möchte ich die Begriffe „Komplexität“ und „System“ definieren und erklären, was wir im Bauwesen unter „Managementkybernetik“ verstehen, um dann zum allgemeinen zu kommen: 1950 hatten wir an den Baustellen verhältnismäßig einfache und überschaubare Verhältnisse. Da gab es fünf Gewerke. Einen Heizungsbauer brauchte man nicht. Die Mieter brachten ihre Öfen mit, wenn sie einzogen. Die Zimmerleute legten die Fußböden aus Holzdielen. Auch Sanitär- und Elektrotechnik waren einfach.

Heute planen und bauen 25 Büros und Betriebe ein Haus. Die Komplexität wächst exponentiell mit der Zahl der Beteiligten. Es ist mit der Komplexitätsentwicklung wie mit dem Erhitzen von Wasser: Man bekommt immer heißeres Wasser bis der Siedepunkt erreicht ist. Dann gibt es einen Aggregatwechsel. Aus dem heißen Wasser wird Dampf und die Leitungen fliegen einem um die Ohren, weil sie der Ausdehnung des Dampfes nicht standhalten.

Bei der Dynamik der Komplexitätsentwicklung werden die Planungs- und Bau-prozesse zu „äußerst komplexen Systemen“, wie der englische Kybernetiker Stefford Beer das beschreibt. Auch die sind mit den bekannten „Leitungssystemen“, wie Balken- und Netzplantechniken nicht mehr beherrschbar.

Diese Techniken basieren auf der kausal-mechanistischen Annahme, man könne die Dauer von Produktionsprozessen berechnen. Aber äußerst komplexe Systeme sind prinzipiell nicht berechenbar.

Wir können an dem folgenden einfachen Beispiel erkennen, warum wir eine ganz neue Planungsweise einführen müssen: die Bildung von unbestimmten Prozessmodellen mit hoher Handlungsvarietät:

Das einfache technische System in dem Beispiel besteht aus fünf Glühbirnen, die auf einem Brett untereinander montiert sind. Jede dieser Glühbirnen

hat zwei Verhaltensmöglichkeiten: sie kann entweder ein- oder ausgeschaltet sein. Die Komplexität dieses Systems ist:

$$2^5 = 32.$$

Die Komplexität wächst exponentiell mit der Zahl der Elemente. Wenn wir also 25 Glühbirnen auf einer quadratischen Platte montieren, dann ist die Komplexität

$$2^{25} = 30 \text{ Millionen.}$$

Das Charakteristische an diesem exponentiellen Wachstum ist, dass sich die Komplexität mit jedem zusätzlichen Element verdoppelt. Bei 26 Glühbirnen springt sie auf 60 Millionen.

An einer Baustelle sind bei 25 Gewerken möglicherweise 100 Menschen tätig – und jeder hat mehr als zwei Verhaltensalternativen. Er kann sich nicht nur für „ja“ oder „nein“ entscheiden.

Menschen sind nun einmal unbestimmte Wesen. Meist sagen sie so etwas wie „ja – unter der Voraussetzung, dass der Plan da ist“ – oder – „nein – es sei denn, die Witterung lässt den Estrich schneller trocknen“. Mitunter sagen sie auch „vielleicht“ oder „genau weiß ich das nicht“.

Und damit ist die Komplexität schon an der Baustelle eines Eigenheims nicht 30 Millionen oder 60 Millionen. Nein – sie liegt nahe bei unendlich und macht eben Bauabläufe – und übrigens in ähnlicher Weise jede Art von Produktions- oder Planungsabläufen – unberechenbar.

Ich erinnere in diesem Zusammenhang an den Schmetterlingseffekt aus der Chaosforschung.

Nun zum Systembegriff:

Diese Produktionsprozesse sind dynamische Systeme. Besser: wir müssen sie dazu machen. Sozio-technische Systeme dürfen wir nicht einfach als eine geordnete Anzahl von Mengen definieren. Ein sozio-technisches System ist immer eine Individualität höheren Grades – eine Ganzheit. Der Bauleiter – oder Betriebsleiter –, der ein solches System schaffen will, muss aus den einzelnen beteiligten Büros und Betrieben eine Ganzheit machen. Er wird zum Gesamtproduzenten. Dazu muss er für alle Beteiligten Arbeitsmengen, Arbeitsstunden und Arbeitskräfte so ermitteln, dass ein bestimmter Fertigungstermin durch ganzheitliches Handeln erreicht werden kann. Er muss also die projektbezogenen betriebswirtschaftlichen Informationen für alle Beteiligten ermitteln und sie ihnen rechtzeitig zur Verfügung stellen. Dazu gehört auch, festzustellen, wieviele Arbeitskräfte in den einzelnen Gewerken maximal arbeiten können, um Zeitverluste durch unvermeidbare Störungen auszugleichen.

So kommt die „erforderliche Varietät“ in das Prozessmodell; und so entsteht zum Beispiel das sozio-technische System „Baustelle“ mit der Fähigkeit zur Selbststeuerung.

Die Managementkybernetik ist die Kunst, mit Hilfe unbestimmter Modelle, die latent fast unendlich viele Wege zum Ziel enthalten, und mit Hilfe eines hohen Grades von Selbststeuerung in äußerst komplexen dynamischen Systemen zielsicher zu führen.

Die Managementkybernetik macht Planen und Führen zu einer unauflöslichen Einheit. Der Schwerpunkt liegt beim zielgenauen Beeinflussen äußerst komplexer Prozesse.

Weil sie nicht beherrscht wird, und weil man noch fast überall vergeblich versucht, die Produktionsprozesse mit Hilfe der veralteten mechanistischen Techniken zu berechnen, entstehen für die Unternehmen und für die Volkswirtschaft immense Verluste.

B. Beispiele enormer Zeitverluste in hierarchischen Unternehmensstrukturen

Im Juli 1992 wurde an der Wissenschaftlichen Hochschule für Unternehmensführung in Koblenz eine empirische Studie zum Auftragsdurchlauf in der Bauwirtschaft erarbeitet, die das bestätigt. Dort wird das Fazit gezogen:

„Interessanterweise ist kein Zusammenhang zwischen ‚erfolgreichen Unternehmen‘ und Balkenplan- oder Netzplandarstellungen bzw. dem Einsatz anderer Planungs- und Dokumentationswerkzeuge in der Bauablaufplanung zu erkennen!“

Prof. Dr. Blecken hat am Lehrstuhl für Baubetriebslehre an der Universität Dortmund im Rahmen einer Diplomarbeit eine Multi-Moment-Studie an drei Baustellen in Nordrhein-Westfalen durchführen lassen. Dabei stellte man übereinstimmend fest, dass die verlustverdächtigen Teilzeiten im Ausbauprozess zwischen 65 und 70 Prozent der aufgewandten Gesamtstunden liegen. Abbildung 1 zeigt eins von den drei Messergebnissen.

Die Studie macht Schnittstellenprobleme zwischen der Planung und den Handwerksbetrieben und auch zwischen den Gewerken selbst deutlich.

Die Störungen, die unverhofft immer wieder im äußerst komplexen Geschehen auftreten, bringen unglaublich große Zeitverluste mit sich. Diese Art Baustellenbesetzungen sind keine Systeme, sondern wenig geordnete Teilmengen.

In einem sozio-technischen System arbeiten die Beteiligten nicht gegeneinander und auch nicht nebeneinander her, wie das an Bau- und Produktionsstätten noch fast überall geschieht.

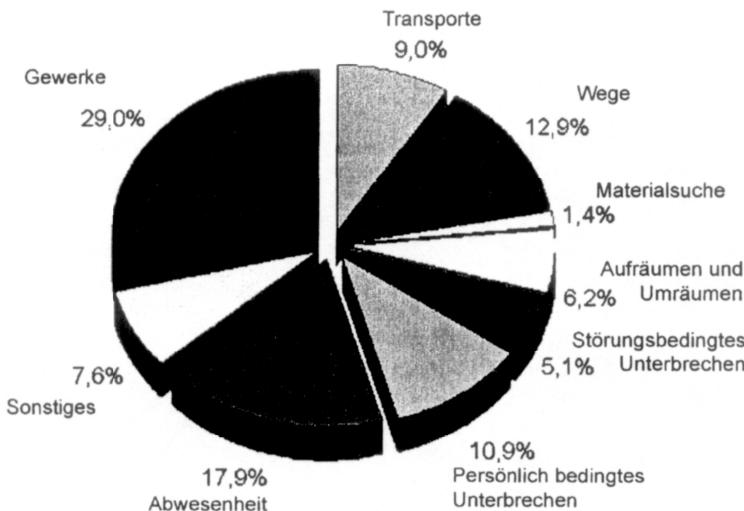


Abbildung 1: Verlustverdächtige Teilzeiten im Ausbauprozess

Aber die Produktivitätspotentiale sind in Wirklichkeit noch größer. Die innerbetriebliche Zeitverschwendungen durch mangelhafte Arbeitsplanung, zentralistische Steuerung, Umständlichkeiten und Demotivation wird von der Studie gar nicht erfasst. Sie wird in einer Langzeitstudie deutlich, die von 1996 bis 2000 von der Internationalen Produktivitätsberatung Czipin und Partner aus Wien durchgeführt wurde. Diese Studie zeigt, dass in den Unternehmen des deutschen Mittelstandes jährlich 78 von den 220 Arbeitstagen verschwendet werden. (vgl. Abbildung 2)

Aber selbst in den 142 Tagen, die in den Firmen „produktiv“ verbracht werden, wird noch viel Zeit verschwendet. Das wird hauptsächlich von den verbreiteten hierarchischen Unternehmensstrukturen verursacht, einer innerbetrieblichen Spielart zentraler Planwirtschaft.

Den Unternehmen gehen damit jährlich 580 Milliarden Mark verloren, die sie mit gleicher Belegschaft zusätzlich umsetzen könnten. Die Bauwirtschaft ist daran mit 120 Milliarden Mark beteiligt.

Oft wird eingewendet, dass solchem Mehrumsatz Wachstumsgrenzen entgegen stünden. Aber in Wirklichkeit gibt es überall in der Welt zunehmende Nachfrage. Die ersten deutschen Architekten arbeiten in China. Natürlich sind auch mittelständische Firmen nach Amerika, Osteuropa und Asien aufgebrochen. Überall in der Welt entwickelt sich mehr Nachfrage nach Gütern und

Dienstleistungen als unsere Wirtschaft durch den Abbau der Zeitverschwendungen zusätzlich leisten könnte.

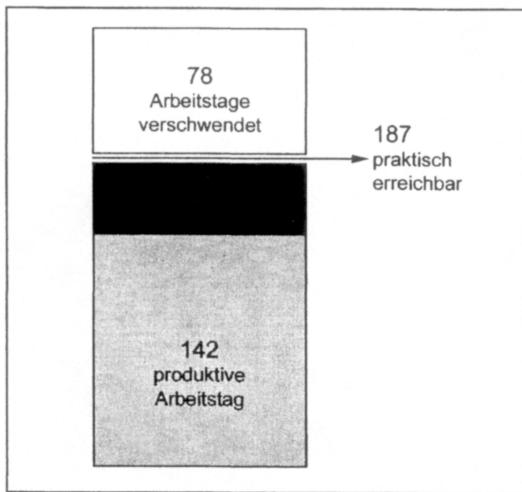


Abbildung 2: Zeitverschwendungen (Quelle: www.czipin.com)

Als Ursachen für die Zeitverschwendungen werden in der Czipin-Studie auf Befragen hauptsächlich drei Gründe angeführt: (vgl. Abbildung 3)

- mangelnde Planung und Steuerung mit 40 %,
- mangelnde Führung und Aufsicht mit 19 %,
- mangelnde Kommunikation mit 18 %.

Ganz ähnlich begründen auch die Befragten in der Blecken-Studie die Zeitverschwendungen mit: mangelhafter Arbeitsplanung, mangelhafter Koordinierung durch Bauherren, Bauträger und Generalunternehmer sowie mangelhafter Lenkung.

Und auch zu der Koblenzer Studie heißt es:

„Jedoch sehen ein Drittel der Unternehmen das Heil in verstärkter Planung und Aufbereitung der Bauablauf-Unterlagen bzw. -Dokumentation.“

Die Befragten, die diese Auffassung vertreten, erwarten das „Heil“ von den klassischen Methoden zentraler Planung und Lenkung und meinen, sie könnten das Problem mit Hilfe moderner IT-Techniken lösen, die aber auch wieder nur die veralteten Strukturen abbilden. Sie kennen nichts anderes. Wir haben ein Mentalitätsproblem.

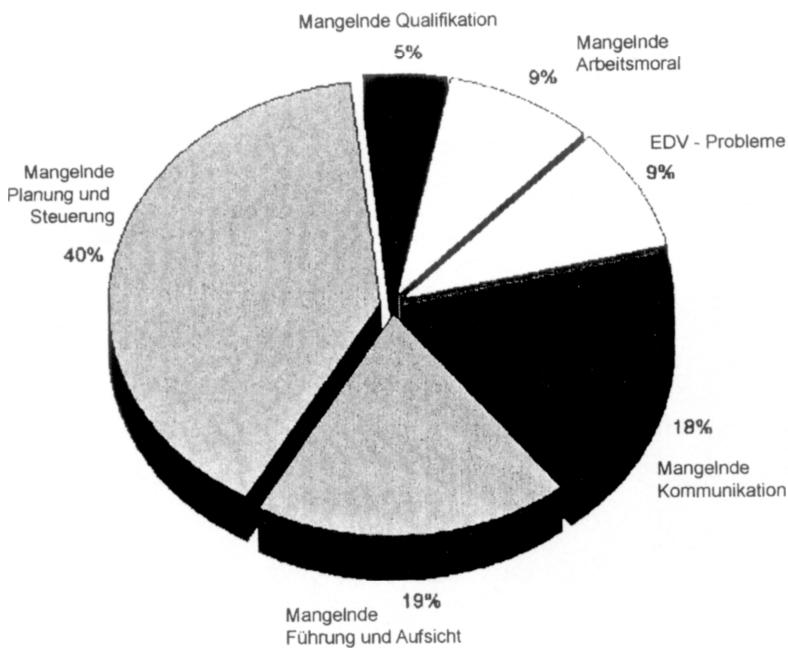


Abbildung 3: Ursachen für die Zeitverschwendungen

In der Bauwirtschaft haben wir mehr nachzuholen als anderswo. Das wird auch in einem Produktivitätsvergleich deutlich, der in der ETH Zürich ange stellt wurde. Dabei liegt der Maschinenbau bei 102 %, das Bauwesen bei 80 % und die Chemie bei 176 %. Aber auch in den anderen Wirtschaftsbereichen stecken noch ganz erhebliche Produktivitätspotentiale. (vgl. Tabelle 1)

Tabelle 1

Produktivitätspotentiale nach Wirtschaftsbereichen

Branchen	Wertschöpfung [%]	Erwerbstätige [%]	Produktivität [%]
Nahrungsmittel	2,4	2,1	112
Chemie	3,7	2,1	176
Maschinen	4,5	4,4	102
Bau	7,4	9,3	80
Handel	14	14,7	96
Banken	7,9	3,7	215
Versicherungen	2	1,8	113

Man kann leicht ausrechnen, wie der Wertschöpfungsanteil des Bauhaupt- und Ausbaugewerbes an der Gesamtwirtschaft steigen würde, wenn man eine Produktivität erreichen könnte, wie sie z.B. in der Bankenbranche zu beobachten ist. Dort wird eine höhere Wertschöpfung, bei weniger als der Hälfte von Erwerbstägigen erreicht.

In den meisten Fabrikhallen geht es nicht besser zu als an den Baustellen.

Ein Beispiel, das ich 1996 erlebte, betrifft einen Autozulieferer mit 300 Beschäftigten. 80.000 Arbeits- oder besser Anwesenheitsstunden pro Jahr gehen dort verloren. Das heißt: sie werden bezahlt, ohne dass damit ein Wert geschaffen wird. Lohngelder werden für Warten, Suchen, Fehler korrigieren, umständliches Arbeiten, Desinteresse aus Demotivation, unnötige Transporte, Geräteausfälle, zentralistische Fehlentscheidungen etc. verschwendet.

Ständig beschweren sich Kunden wegen Terminüberschreitungen.

Deshalb wies die Geschäftsführung alle Abteilungsleiter an, die Betriebsabläufe zu ändern, wenn ein Kundenbetreuer – so nennt man dort die Verkäufer – das verlangt.

Von der Arbeitsvorbereitung bis zum Werkzeugbau beschweren sich die Mitarbeiter: „Wir haben vier Bosse. Jeder will etwas anderes und alle wollen es zur gleichen Zeit. Wenn wir Samstags arbeiten, und sie nicht da sind, schaffen wir in vier Stunden mehr als sonst in acht Stunden.“

Das PPS-System ist für die wechselnden Kundenwünsche nicht flexibel genug. Also braucht man Reserven. Die Lager sind voll. In den Gängen stehen Container. Teile werden nicht rechtzeitig fertig. Es gibt viele zusätzliche Transporte – manchmal nachts mit dem Bulli, damit beim Kunden die Montage nicht ins Stocken gerät. Durchlaufzeiten, die bei einer selbststeuernden Prozessstrukturierung weniger als fünf Tage dauern würden, dauern vier bis fünf Wochen.

Und trotz aller Lagerreserven ist das Hauptproblem des Versandleiters jeden Tag, dass viele Teile, die auf wartende LKW's verladen werden sollen, nicht fertig sind.

Das Unternehmen gibt es immer noch. Viel hat sich bis heute nicht geändert. Der Widerstand des Managements ist zu groß. Aber es ist nach ISO 9000 zertifiziert.

Ein Jahr später rief mich der Geschäftsführer einer ähnlich strukturierten Firma an. Er hatte einen Bericht gelesen, den ich zu diesem Fall verfasst hatte. Seine erste Frage war: „Woher kennen Sie meinen Betrieb so gut?“

Dort haben wir am Beispiel des Produktionsdurchlaufes eines Aschertopfes schon beim ersten Betriebsdurchgang feststellen können, dass Teamarbeit und

abrufgesteuerte Einzelstück- bzw. Kleinmengen-Fließfertigung zu einer erheblichen Verringerung der Lagerzeiten führen könnte. Mit einer entsprechenden Umstellung und der Beschleunigung des Werkzeugwechsels ließe sich die Durchlaufzeit von 20 Tagen auf 2 Tage verkürzen.

Noch sind diese Beispiele für den größten Teil der deutschen Unternehmen – die Handwerks- und Dienstleistungsbetriebe eingeschlossen – repräsentativ.

Dass erklärt die enormen Verluste, die Czipin & Partner und andere ermittelt haben.

Wir können daraus schließen, dass die Arbeitskosten in Deutschland nicht wegen der Löhne zu hoch sind, sondern wegen dieser immensen Zeitverschwendungen.

C. Beispiele von Produktivitätssteigerungen um mehr als ein Drittel durch Komplexitätsbewältigung in selbststeuernden privaten und öffentlichen Unternehmen

Seit 1970 bewirken wir im Bauwesen mit dem KOPF-System regelmäßig Produktivitätssteigerungen um durchschnittlich ein Drittel. Ich habe die Erfolgsursachen in dem Buch „Die schlanke Baustelle“ 1996 an praktischen Beispielen beschrieben.

Das Management-System „Kybernetische Organisation, Planung und Führung“ basiert wesentlich auf den Erkenntnissen, die in der Dissertation „Die Kybernetik als Grundlage einer allgemeinen Theorie der Organisation“ wiedergegeben und erläutert werden.

Diese Arbeit wurde 1968 von Dr. Heinz-Michael Mirow bei Prof. Dr. Dr. Karl Hax in der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe Universität in Frankfurt am Main vorgelegt.

Das „Gesetz der erforderlichen Varietät“ von W. Ross Ashby spielt darin eine wichtige Rolle. Es geht darum, in dem Prozessmodell und bei der Konditionierung der Steuerleute so viel Verhaltensvarietät zu erzielen, dass die Störungsfolgen im äußerst komplexen Geschehen immer wieder zielgenau ausglichen werden können.

Dazu muss die Selbststeuerung entwickelt werden, und auch hier helfen kybernetische Gesetzmäßigkeiten, wenn man die Allgemeine Kybernetik als die Wissenschaft von der integrativen Autonomie begreift. Das heißt: Mitarbeiter müssen Unternehmer werden. Wir müssen Leistungsteams entwickeln, in denen „Spielerpersönlichkeiten mit Mannschaftsgeist“ wirken.

Eine Fußballmannschaft kann eine hohe Komplexität ins Spiel bringen und damit immer wieder den Spielaufbau des Gegners zerstören. Die gegnerische Mannschaft kann nur dann gewinnen, wenn sie über diese „Spielerpersönlichkeiten mit Mannschaftsgeist“ verfügt. Die müssen über eine so hohe Varietät von möglichen Spielzügen verfügen, dass sie damit die zerstörerische Komplexität auf dem Spielfeld beherrschen und überflügeln können.

Wir müssen auch bedenken, dass dynamische Systeme eindeutige Regeln brauchen, die alle Beteiligten kennen. Und wir brauchen auch in den Wirtschaftsprozessen die Schiedsrichterfunktion, die im Falle von Regelverstößen im Interesse des Ganzen konsequent wahrgenommen werden muss.

Hier kommt das „Gesetz der kybernetischen Logik“ ins Spiel. Im Produktionsprozess muss der Schiedsrichter in der Lage sein, eine Abseitssituation schon dann abzupfeifen, wenn sie noch gar nicht eingetreten – also noch virtuell ist. Sonst wird er die vereinbarten Termin-, Kosten- und Produktivitätsziele nicht einhalten können.

Wir haben dazu eine Methode der Voraussicht durch ständigen Produktivitätsvergleich entwickelt, mit der wir z.B. rechtzeitig bevor eine Einzelfrist überschritten werden könnte, die drohende Zielverfehlung erkennen und verhindern.

Jede Entscheidung in einem zielsicheren Prozess wird nicht nur von den Kausalfaktoren der Vergangenheit, sondern wesentlich von den Wahrscheinlichkeitsfaktoren aus der Zukunft des Prozesses bewirkt, die den Beteiligten methodisch vor Augen geführt werden.

Die Prozesse werden zielgenau, weil sie von den Zielen her – also final-kybernetisch und nicht mehr kausal-mechanistisch gesteuert werden.

Wir ermitteln also Mengen und Arbeitsstunden für alle beteiligten Büros und Gewerke und stellen die betriebswirtschaftlichen Daten allen Beteiligten zur Verfügung. Das schafft Übersicht und zündet Selbstorganisation. Suboptimierung wird vermieden. Die erforderlichen Arbeitskräfte werden gemeinsam ermittelt. Aber wir vereinbaren auch, wieviele maximal eingesetzt werden können, um Zeitverluste auszugleichen, die immer wieder durch unverhoffte Störungen entstehen. Wir schaffen auf diese Weise das hochvariable Modell für den Planungs- und Bauablauf, das für zielsicheres Arbeiten erforderlich ist.

Die Mehrarbeit der Bauleitung – der Beitrag zum Ganzen – führt zur Bildung eines sozialen Systems. Sie macht sich mehrfach bezahlt durch den Organisationsgewinn: die Zeiteinsparung, die dadurch entsteht.

Nehmen wir als Beispiel das Montieren von Heizkörpern beim Bau einer Schule:

Im Modell werden die Strukturen der Leistungsverzeichnisse und der Ablaufpläne deckungsgleich gemacht. Auf die Weise passen die Arbeitsstundenzahlen für die Montage in einem Geschoss mit der Zeitdauer exakt überein, die für diese Arbeit zur Verfügung steht. Ist die Dauer eine Woche = 40 Arbeitsstunden, und die Zahl der aufzuwendenden Arbeitsstunden ist 240, dann müssen

$$240 : 40 = 6 \text{ Monteure}$$

eingesetzt werden.

Ein Teil der Varietät ist schon dadurch gegeben, dass die Arbeitskräftezahl bei einer längeren Bauzeit leicht verändert werden kann. Hat die Kommune die Finanzmittel nicht so schnell zur Verfügung und die Arbeitsdauer für diesen

Abschnitt soll zwei Wochen betragen, dann können die Beteiligten den Einsatz von

$$240 : 80 = 3 \text{ Monteuren}$$

vereinbaren.

Der Fertigstellungstermin ist nicht mehr das Ergebnis einer Berechnung, sondern die Umsetzung eines Willensaktes.

Während des Bauprozesses treten Störungen auf. Aber selbst, wenn der Heizungsbauer im Juni in Konkurs gerät, bleibt das Ziel, die Heizung am 30. November in Betrieb zu nehmen, bestehen.

Nehmen wir an, es wären dafür sechs Monteure erforderlich gewesen, und wir verlieren nun vier Wochen, um einen neuen Unternehmer zu finden, der möglichst nicht teurer ist, dann ist der Einsatz von z.B. zehn Monteuren ohne weiteres möglich, ohne dass sich die Handwerker gegenseitig stören. Ein neuer zielgenauer Weg wird so aus dem variablen Prozessmodell abgeleitet.

Das Wissen um die maximal einsetzbare Anzahl von Monteuren gehört zur Methodik und schafft die hohe Varietät, die zur Kompensierung aller Störungsfolgen erforderlich ist.

Die Handlungsweise und die Resultate, die so erzielt werden, sind mit denen vergleichbar, die mit richtig verstandenem Lean-Management entstehen. In beiden Fällen geht es um den Entwicklungssprung vom kartesianischen, mechanistisch-kausalen zum komplexen, kybernetisch-finalen Denken.

Man versucht nicht mehr, durch bessere Planung und Berechnung des prinzipiell unberechenbaren komplexen Geschehens bessere Resultate zu erzielen – sondern durch zielsichere Beeinflussung mit Hilfe variabler Modelle und durch fortwährende wesentlich selbstorganisierte Qualifizierung zu teamgebundenem autonomem Handeln.

Mit dieser Neueinstellung hat sich eine Reihe von Unternehmen, die Anfang der 90er Jahre am Rand des Ruins standen, in wenigen Jahren zu Spitenfirmsen im globalen Wettbewerb entwickelt.

Dazu gehört z.B. die Voith-Turbo-Fabrik in Garching bei München. Dort wurde das CIM-System abgeschaltet, weil diese EDV-Systeme, die stur die veralteten hierarchischen Strukturen nachbilden, hohe Verluste verursachen. So ein System ist für das komplexe Geschehen nicht flexibel genug. In der Firma setzt man mit Erfolg auf die Fähigkeiten der Menschen. Leistungsteams steuern die Abläufe selbst und bestimmen die Inhalte ihrer Arbeit.

Nun braucht man 80 Prozent weniger Lagerfläche und ein dreigeschossiges Bürohaus steht leer – ein Zeichen überwundener zentralistisch-bürokratischer Fehlentwicklung.

Die Fertigungszeit für ein Getriebe wurde von drei bis sechs Wochen auf drei Tage reduziert. Die Durchlaufzeit wurde um 76 Prozent gesenkt. Die Lieferfertreue stieg von 54 auf 93 Prozent. Die Produktivität nahm um 43 Prozent zu und die Qualität verbesserte sich um 40 Prozent und steigt in einem ständigen selbst-organisierten Verbesserungsprozess weiter.

Die Firma Trumpf, Werkzeugmaschinenbau, aus Ditzingen, reduzierte mit der neuen Team-Struktur die Fertigstellung einer Werkzeugmaschine von zwölf Monaten auf zwölf Wochen. Der Umsatz stieg in wenigen Jahren um 50 Prozent. Qualität und Preis sind im globalen Wettbewerb kaum zu schlagen. Weniger als ein Drittel der Produkte sind älter als drei Jahre.

In einem lernenden Unternehmen werden viele Mitarbeiter zu Erfindern.

Die Zahl der Verbesserungsvorschläge steigt immens. Mancher Gebrauchsmusterschutz wird beim Patentamt eingetragen.

Die GETRAG in Rosenberg in Schwaben verkauft ihre Produkte ebenfalls mit überlegener Wettbewerbsstärke auf dem Weltmarkt, obwohl – oder weil – sie die Mitarbeiter leistungsgebunden bis zu 60 Prozent über Tarif bezahlt. (vgl. Tabelle 2)

Aber: „Die Entlohnung ist ein Bestandteil des Umganges miteinander.“

Diese Beispiele sind den Video-Kassetten „So arbeiten die besten Fabriken“ von Günter Ederer entnommen, die 1997 im mi Verlag in Landsberg erschienen sind. Es gibt leider noch zu wenige Unternehmen, die vergleichbare Erfolge erzielen.

Ich habe ein öffentliches Verkehrsunternehmen kennengelernt – die Pinneberger Verkehrsgesellschaft mit über 500 Mitarbeitern – das durch den Wandel zu einer selbststeuernden Betriebsstruktur nicht mehr subventioniert werden muss, sondern Gewinne einfährt. Das Unternehmen ist wettbewerbsfähig, wenn

zum Ende des Jahres 2003 nach der neuen EG-Regel Verkehrsbetriebe aus Partnerländern bei der Ausschreibung von Transportlizenzen gleiche Rechte haben werden wie deutsche Betriebe.

Die allermeisten Verkehrsbetriebe in Deutschland sind nicht wettbewerbsfähig. Sie verschwenden so viel Arbeitszeit, dass sie aus eigener Kraft nur durchschnittlich 60 Prozent ihrer Kosten decken können. 40 Prozent subventionieren wir aus Steuergeldern.

Tabelle 2

**Eine Abrechnung mit leistungsbezogener Zusatzvergütung
bei der GETRAG in Rosenberg (Schwaben)**

Tariflohn für 35 Arbeitsstunden	3.200, – DM
15% individual Vergütung	480, – DM
Verhaltenszulage (für Sauberkeit und Ordnung am Arbeitsplatz, Teilnahme an Gruppensitzungen etc.)	162, – DM
Qualitätszulage	220, – DM
Produktivitätszulage	<u>1.072, – DM</u>
Summe	<u>5.134, – DM</u>

Die positiven Resultate entstehen bei den Pionierunternehmen wesentlich durch folgende Veränderungen:

- Die absolute Konzentration auf den Wert der Leistung aus der Sicht des Kunden.
- Die konsequente Akzeptanz des Marktpreises und die Anwendung des Prinzips der retrograden Gewinnermittlung:
$$\text{Verkaufspreis minus Kosten} = \text{Erfolg}, \text{ statt: Kosten plus Gewinn} = \text{Verkaufspreis.}$$
- Das Aufbrechen der Abteilungsgrenzen und die Bildung von Sozialsystemen, ganzheitlich organisierten Teams, zur vollständigen Produktfertigung.
- Die Entwicklung einer selbststeuernden Organisationskultur. Teams und Einzelne arbeiten nach vereinbarten Normen, Visionen und Zielen. Mitarbeiter werden Mitunternehmer. Jeder Einzelne repräsentiert die neue Unternehmenskultur.

- Die Einführung einer Einzelstück-Fließfertigung bzw. einer Fließfertigung in kleinen Losen mit schnellem Werkzeugwechsel, statt Maschinenauslastung.

Die Massenfertigung mit dem Ziel, die Maschinen auszulasten, führt zu einer umfangreichen Lagerhaltung. Dieser Lagerumfang wird noch dadurch vergrößert, dass man bei dieser Fertigungsweise Reserven aufbaut, um kurzfristigen Veränderungen beim Bestellverhalten der Kunden Rechnung zu tragen.

Nehmen wir als Beispiel einen Jahresvertrag über 200.000 Stoßfänger, den ein Zulieferbetrieb mit einem Automobilhersteller abgeschlossen hat. In dem Vertrag stehen die Prozentsätze der unterschiedlichen Farbenwahl. Weil der Auftraggeber jedoch die Autos erst dann produziert, wenn die Verträge mit den Käufern abgeschlossen sind, hat er sich vorbehalten, die jeweilige Anzahl der rotlackierten, grünen oder silbergrauen Stoßfänger erst bei dem jeweils zehn Tage vor Lieferung erfolgenden Abruf zu bestimmen. Die Durchlaufzeit in zentral gesteuerten Betrieben dauert jedoch für eine Stoßfänger-Marge 3–5 Wochen. Und deshalb muss man von jeder Farbe „ausreichende“ Reserven am Lager haben.

Bei einer selbstgesteuerten Fertigung in kleinen Losen löst jedoch erst der Abruf den Beginn der Produktion aus. Und die Durchlaufzeit wird auf fünf Tage verkürzt. Auf die Weise kann der Lagerumfang um 80 bis 90 Prozent reduziert werden.

- Die Umkehrung der Arbeitsabläufe. Auslöser ist der Abruf durch den Kunden. Der Lauf der Fertigung geht nicht mehr vom Einkauf zum Versand, sondern umgekehrt fordert der Versand von der Montage die Leistung, die termin- und qualitätsgenau direkt an den Kunden geht.

Die Montage erhält aus der Lackiererei genau die Teile, die vom Kunden abgerufen worden sind.

Die Lackiererei bekommt aus der Produktion die Menge der Teile, die direkt verkauft werden kann ...

Das Kundenprinzip wird in den Betrieb hereingezogen. Die Montage ist Kunde der Lackiererei, der Maschinist ist Kunde des Betriebsschlossers u.s.w.

- Die Reform des Führens: Führen heißt zuhören, vereinbaren und ermöglichen, dass das Vereinbarte geschehen kann. Führen ist Dienstleistung für die Werker – rechtzeitige Beschaffung aller Arbeitsfaktoren, Ausschalten von Behinderungen. Führen in Sozialsystemen bedeutet, die Funktion des Lernens für das Gesamtsystem zu übernehmen: Selbst ständig neue Informationen aufzunehmen und weiterzugeben und dazu fortwährend alle Mitarbeiter anzuregen.

Führen bedeutet auch, die vereinbarten Regeln der Zusammenarbeit zu kennen und im Sinn einer Schiedsrichterfunktion konsequent anzuwenden.

- Etwa fünf Prozent der Arbeitszeit werden für Qualifizierungsmaßnahmen aufgewendet. Selbstgesteuertes Lernen, kontinuierliche Arbeitsgespräche zur Verbesserung von Qualität und Produktivität werden organisiert.
- Eine flexible Wahlarbeitszeit und eine leistungsbezogene Zusatzvergütung werden eingeführt.

Alle erfolgreichen Unternehmen haben eines gemeinsam: eine neue Kultur von Vertrauen.

Wir haben in den Industrieländern große technische Fortschritte zu verzeichnen, von der Erschließung des Weltraums bis zur Mikrotechnik. Aber unsere Organisationen sind zum großen Teil noch ähnlich hierarchisch strukturiert wie vor 300 Jahren. In den Pionierunternehmen haben Menschen so etwas wie einen neuen geistigen Kontinent entdeckt. Dort wurde eine mentale Revolution von oben gegen oft starke innerbetriebliche Widerstände gemacht.

Das ist kein leichter Weg. Aber, wenn Mitarbeiter nicht mehr gegängelt sondern als Experten ihrer Arbeitsplätze anerkannt werden, dann entstehen betriebswirtschaftliche Erfolge in einer Größenordnung, die selbst die Initiatoren dieser Entwicklung überrascht.

Wenn man in solche Betriebe geht, kann man von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern immer wieder hören: „Wir sind ganz andere Menschen geworden.“

Diese Symbiose von mehr Produktivität und mehr Humanität ist das beste Resultat der Managementkybernetik.

Wir sollten uns bemühen, die Erfolgsursachen für diese überlegene Wirtschaftsform schnellstmöglich zum Allgemeingut zu machen. Wir können damit die Wirtschaftskraft und das Wachstum erzielen, mit deren Hilfe die Probleme des EURO ebenso wie die der Steuer-, Renten-, Gesundheits- und Bildungsreform – und vor allem das Problem der Massenarbeitslosigkeit gelöst werden können.

Organisationskybernetik in der Produktionslogistik

Von *Jan Westphal*

A. Einführung in die Problemstellung

Als Folge der zunehmenden Dynamik des Wettbewerbs treten an die Stelle linearer Fertigungsabläufe vernetzte, inhomogene Prozeßstrukturen mit einer hohen Anzahl von Schnittstellen.

In traditionellen Organisationsstrukturen wurde mit der Auflösung der Arbeitsgruppen eine wesentliche Voraussetzung für eine zentrale Planung und Steuerung geschaffen. Darauf aufbauend transformierten traditionelle Ansatz zur Produktionsplanung und -steuerung das komplexe Planungsproblem in ein kompliziertes Modell, wobei Linearität und isolierbare Kausalbeziehungen unterstellt wurden. Die Defizite traditioneller PPS-Systeme liegen daher u.a. in der Konzentration auf die Kapazitäten und deren Auslastung und der Vernachlässigung der Materialflußbeziehungen im Produktionssystem. Auftragsbestände vor jeder Fertigungsstufe sind für eine reibungslose Produktion erforderlich. Das Verfahren wird damit den Anforderungen, die durch das kombinierte Logistik-, Lagerhaltungs-, Zuordnungs-, Warteschlangen- und Reihenfolgeproblem gegeben sind, nicht gerecht.

Nach Auffassung von *Adam u.a.* abstrahieren die traditionellen Organisationsstrukturen vom Komplexitätsproblem und die Führungssysteme sind nur für Situationen ohne Komplexität geeignet.¹ Werden die Organisations- und Lenkungsstrukturen nicht an die Anforderungen, die sich aus der angestrebten Kundennähe ergeben, angepaßt, so führt dieses zu einer Zunahme der Koordinationskosten und zu einer geringeren Effizienz des Prozesses oder zu einer Verschlechterung der Kundenorientierung. Diese Zusammenhänge sind in der Abbildung 1 in einem Wirkungsnetzwerk veranschaulicht.

¹ Vgl. Adam, D. / Johannville, U. 1998, S. 9.

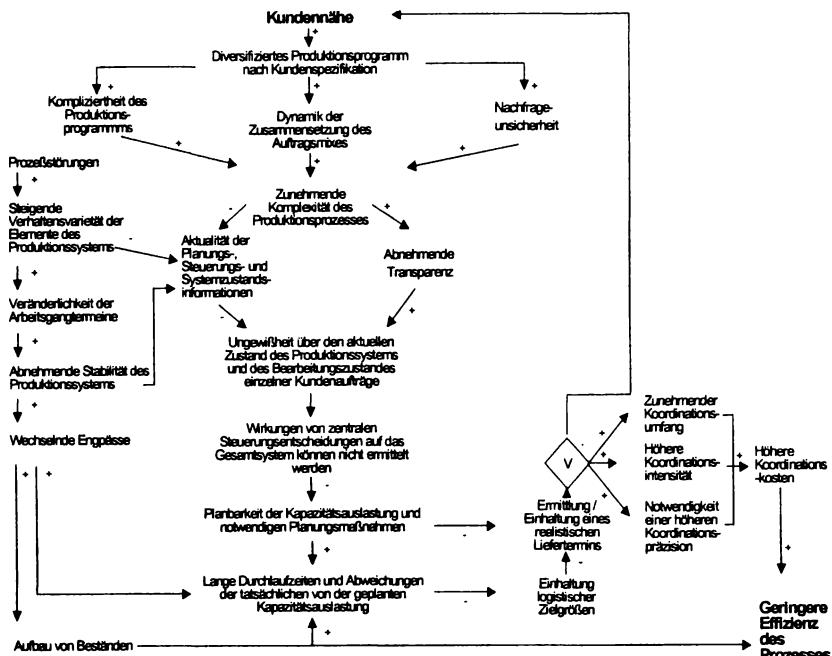


Abbildung 1: Die Komplexitätsfalle

B. Anforderungen an einen neuen Gestaltungsansatz

Da die Erzeugnisse technisch immer ähnlicher werden, konkurrieren auf den Absatzmärkten zukünftig mehr oder weniger effektive und effiziente Organisations- und Lenkungsstrukturen. Die Herausforderung für die Produktionslogistik liegt in der Bewältigung der Varietätsasymmetrie zwischen der dynamischen Umwelt des Unternehmens und dem Produktionssystem.

Anstatt immer komplexere PPS-Systeme zu entwickeln, besteht die Herausforderung darin, die Produktionslogistik aufbauend auf den organisationskybernetischen Gestaltungsprinzipien zu gestalten. Der hierfür notwendigen Integration von Organisationsstruktur, Produktionsprozeß sowie Planungs- und Informationssystemen wurde bisher in der Produktionslogistik zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. (Abbildung 2)

Aus den vielfältigen Interdependenzen, die zwischen den Entscheidungen zur Gestaltung des Leistungssystems bestehen, folgt, daß die Teilprobleme nur

im Gesamtzusammenhang zu lösen sind. Dabei ist die Gestaltung des am Markt angebotenen Erzeugnisspektrums die Grundlage für die Gestaltung der internen Prozesse.

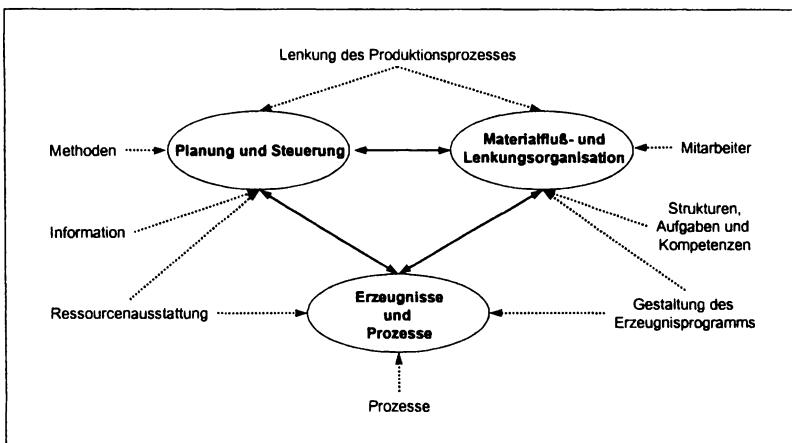


Abbildung 2: Gestaltungsfelder der Produktionslogistik

C. Grundlagen eines systemorientierten Gestaltungsansatzes

Die Effektivität des Produktionsprozesses wird in entscheidendem Maße durch die Handhabung der Komplexität im Materialfluß- und im Lenkungssystem bestimmt.

Für die Umsetzung des Flußprinzips in der Produktionslogistik werden die wichtigsten Gestaltungsprinzipien wie folgt aus

- den Ansätzen zur Handhabung der Komplexität im Rahmen der kybernetischen Systemtheorie, die vor allem von *Ashby* und *Beer* begründet und von den St. Gallener Theoretikern weiterentwickelt wurden,²
- der Theorie hierarchischer Systeme von *Mesarovic u.a.* sowie den Ansätzen zur hierarchischen Produktionsplanung³ und
- der Logistik als flußorientierter Führungsfunktion⁴

abgeleitet. (Abbildung 3)

² Vgl. *Ashby*, W.R. 1957; *Beer*, S. 1985.

³ Vgl. z.B. *Kistner*, K.-P. / *Switalski*, M. 1989; *Steven*, M. 1994; *Stadtler*, H. 1988.

⁴ Vgl. *Weber*, J. / *Kummer*, S. 1998.

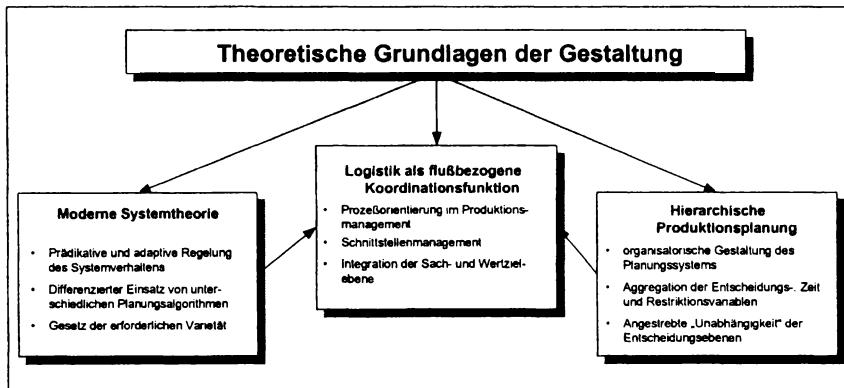


Abbildung 3: Theoretische Grundlagen der Gestaltung

Die Systemtheorie ist ein zweckmäßiger Denkrahmen für ein logistisches Verständnis des Unternehmens. Insbesondere ermöglicht das Systemdenken eine ganzheitliche Betrachtung der Wirkungszusammenhänge innerhalb eines Logistiknetzwerkes.

Traditionelle Denkansätze in der Logistik beruhen auf der Vorstellung, daß das Unternehmen als eine Maschine im Sinne der klassischen Mechanik angesehen werden kann und daß die Produktionsprozesse nach dem Prinzip der Rationalität durch eine zentrale Instanz gelenkt werden können. Demgegenüber bewirkt das Systemdenken einen Paradigmenwechsel. Das Produktionssystem wird nicht mehr als Summe einzelner Teilfunktionen gesehen, sondern als System untereinander vernetzter Prozesse, das sich wie ein Organismus verhält.

Die Verlagerung des Fokus von den einzelnen Systemelementen auf die Struktur und das Verhalten des Gesamtsystems stellt die Unternehmensorganisation in den Mittelpunkt.

Die Betrachtung des Produktionssystems als offenes, sozio-technisches System führt weiter zu der Erkenntnis, daß das Verhalten des Produktionssystems nicht exakt prognostizierbar und planbar, aber durch die Beachtung systemtheoretischer Gesetzmäßigkeiten in Richtung der Systemziele beeinflußbar ist.

Die Flußorientierung in der Logistik ist eine Konsequenz der zunehmenden Prozeßorientierung im Unternehmen. Als flußorientierte Führungsfunktion⁵ verfügt die Logistik über das Potential, einen Beitrag zum bisher ungelösten Problem der Integration der durch Modularisierung entstandenen Teilsysteme

⁵ Vgl. Weber, J. / Kummer, S. 1998, S. 14 ff.

zu leisten. Im Rahmen eines umfassenden Komplexitätsmanagements übernimmt sie die zentrale Funktion der Koordination heterogener Produktionsbereiche durch die planerische Gestaltung der Materialflüsse.

Tabelle 1

Gegenüberstellung des analytischen und systemischen Denkansatzes⁶

Analytic Approach	Systemic Approach
Isolates, then concentrates on the elements	Unifies and concentrates on the interaction between elements
Studies the nature of interaction	studies the effects of interaction
Emphasizes the precision of details	emphasizes global perception
modifies one variable at a time	modifies groups of variables simultaneously
Remains independent of duration of time; the phenomena considered are reversible.	integrates duration of time and irreversibility
Validates facts by means of experimental proof within the body of theory	validates facts through comparison of the behaviour of the model with reality
Uses precise and detailed models that are less useful in actual operation (example: econometric models)	uses models that are insufficiently rigorous to be used as bases of knowledge but are useful in decision and action (example: models of the Club of Rome)
Has an efficient approach when interactions are linear and weak	has an efficient approach when interactions are nonlinear and strong
Leads to discipline-oriented (juxtapositional) education	leads to multidisciplinary education
Leads to action programmed in detail	leads to action through objectives
Processes knowledge of details poorly defined goals	possesses knowledge of goals, fuzzy details

Kummer nennt als wesentliche Leistungsmerkmale für flussorientierte Strukturen eine geringe Komplexität des Produktionsprogramms durch prozeßgerechte Produkte und eine spätestmögliche Variantenbildung, die Abgestimmt-

⁶ Vgl. Rosnay, J. de, 2000.

heit der Wertschöpfungsstruktur in Form einer flußorientierten, flachen Organisation, ein effizientes Führungssystem mit eindeutigen Zuständigkeiten, die Kundenorientierung des Gesamtprozesses, gemessen durch die gegenüber dem Kunden erbrachte Logistikleistung, die Flexibilität als Kriterium für die Beherrschung des Prozesses und die Effizienz im Sinne einer Systemwirtschaftlichkeit bezogen auf das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk.⁷

Aus der zunehmenden Koordinationskomplexität resultieren des weiteren die Notwendigkeit zur hierarchischen Strukturierung des Koordinationsprozesses, zur Dezentralisierung von Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung und zur Bildung vernetzter, hierarchischer und horizontaler Regelkreise.

D. Der organisationskybernetische Gestaltungsansatz

Das Produktionssystem ist ein offenes System mit einer statischen (Systemstruktur) und einer dynamischen Komponente (Systemverhalten). Dabei gewinnt die Eigenschaft des offenen Systems an Bedeutung, da die Produktion nicht mehr durch ein Fertigwarenlager vom Absatzmarkt entkoppelt ist, sondern der Kunde einen unmittelbaren Einfluß auf den Produktionsprozeß hat. In vielen Unternehmen liegt die Ursache für die Überkomplexität in der Zielsetzung einer „totalen Kundenorientierung“ und einer zu hohen Fertigungstiefe.

Ausgehend von der Kernthese, daß die zentrale Aufgabe des Managements in der Bewältigung der Varietätsasymmetrie zwischen der Unternehmensumwelt und dem Produktionssystem besteht, stellt sich die Frage nach der Gestaltung der Organisationsstrukturen des Materialfluß- und des Lenkungssystems, den einzusetzenden Koordinationsprinzipien und den Informationen, die zwischen den Elementen des Leistungssystems auszutauschen sind, damit der Produktionsprozeß im Sinne des logistischen Zielsystems gelenkt werden kann.

Die Komplexität der Produktionslogistik resultiert zum einen aus der Heterogenität der zeitgleich zu koordinierenden Aufträge und Produktionsprozesse, der Vielfalt der Ressourcen und der Materialflußbeziehungen. Zum anderen ist die Dynamik eine Folge der geringen Stabilität der koordinationsrelevanten Größen. Die Schwankungen in der Nachfrage führen zu einer hohen Veränderlichkeit der Zusammensetzung des Variantenmixes und damit der Intensität der Materialflußbeziehungen zwischen den Produktionsbereichen. Neben der Dynamik sind die Unsicherheit und die zur Verfügung stehende Zeit weitere Einflußfaktoren auf die Komplexität der Lenkung des Produktionsprozesses.

⁷ Vgl. Kummer, S. 1999, S. 34 ff.; Weber, J. / Kummer, S. 1998, S. 22.

Die Möglichkeiten einer gezielten Beeinflussung des Systemverhaltens werden durch die verfügbare Varietät, d.h. durch die verfügbaren Freiheitsgrade der jeweiligen Koordinationsinstanz bestimmt. Das Varietätstheorem von *W. R. Ashby* bildet hier die formale Grundbedingung für die Gestaltung und Lenkung stabilitäts- und zielorientierter dynamischer Systeme.⁸

Erreicht wird die Beschränkung der Varietät der Ausgangszustände durch die Schaffung bzw. Erhöhung der Ordnung des Produktionssystems. Ordnung manifestiert sich in statischer Sicht durch die Struktur, in dynamischer Art durch ein bestimmtes Verhaltensmuster vom Ganzen. Sie wird zum einen durch koordinationsbedarfsreduzierende Maßnahmen (Differenzierung) und zum anderen durch koordinationsbedarfsdeckende Maßnahmen (Integration) geschaffen.

Dem Gesetz der erforderlichen Varietät entsprechend kann bestehen die prinzipiellen Möglichkeiten einer Varietätsbeschränkung der Ausgangsgrößen in der Verringerung der Varietät der externen Störung und der Erhöhung der Varietät des internen Regelungssystems.

Zunächst kann das Produktionssystem von der Komplexität des Absatzmarktes durch eine geeignete Umsetzung der Kundennähe im Erzeugnisspektrum abgeschirmt werden. Gestaltungspotentiale liegen hier in der Verringerung der Variantenvielfalt auf allen Fertigungsstufen oder der Fertigungstiefe. Bei gegebener Störungsvielfalt durch die Eingangsgrößen kann die Varietät der Ausgangsgrößen nur durch eine entsprechend erhöhte Varietät der Systemreaktion verringert werden. Das Ziel des Managements besteht dabei in der Gestaltung der erforderlichen Varietäten, was von *Beer* als „variety engineering“ bezeichnet wird,⁹ damit auf der Prozeßebene eine Vielzahl von Reaktionsmöglichkeiten verfügbar sind, um Planabweichungen zu verhindern.

E. Die Black-Box-Methode als Gestaltungsansatz

In einem definierten Zeitraum hängt das Prozeßergebnis eines Systems von der Funktion seiner Elemente, seiner Struktur, die durch die Materialflußbeziehungen im Produktionssystem gegeben ist, und seinen Prozeßvoraussetzungen ab.

Für die Darstellung des Produktionssystems eignet sich insbesondere die Black-Box-Methode.¹⁰ Die Input-Output-Analyse von Schwarzen Kästen er-

⁸ Ashby, W.R. 1957, S. 202 ff.; Krieg, W. 1971, S. 60 ff.

⁹ Vgl. *Beer*, S. 1985, S. 23 ff.. *Beer* spricht von „variety attenuator“ und „variety amplifier“.

¹⁰ Vgl. Schiemenz, B. 1997.

möglichst es, heterogene Produktionssysteme bestehende, Systeme in einem diskreten Modell abzubilden, da keine direkte Abbildung der Fertigungsablaufart im Modell erfolgt. Die Black-Box-Modellierung ermöglicht somit zum einen eine Differenzierung in der Form, daß in den einzelnen Produktionsbereichen auf ihre Charakteristika abgestimmte Planungs- und Steuerungsverfahren eingesetzt werden können¹¹ und zum anderen werden die durch Segmentierung entstandenen Bereiche integriert, indem die Ursache-Wirkungs-Beziehungen des Systems in einem homomorphen Modell abgebildet werden.

Die Black-Box-Betrachtung von Systemen darf jedoch nicht ausschließlich als Instrument zur Verringerung der Komplexität im Zusammenhang mit der Strukturierung von Systemen verstanden werden. Einen Beitrag zur Handhabung der Komplexität liefert die Black-Box nur dann, wenn sie gleichzeitig als Varietätsgenerator aufgefaßt wird. Die Erzeugung von Varietät besteht darin, daß sämtliche Verbindungen zwischen Inputs und Outputs offenstehen.

F. Handhabung der Materialfluß- und Lenkungskomplexität

Das Ziel, eine hohe Kundennähe im Erzeugnisprogramm mit einer hohen Effizienz des Produktionsprozesses und einer niedrigen Komplexität zu verbinden, wird durch die horizontale Differenzierung und Integration mit dem Ziel der Handhabung der Komplexität im Materialflußsystem und die vertikale Differenzierung und Integration, mit der die Handhabung der Planungskomplexität angestrebt wird, erreicht. (Abbildung 4)

I. Die Handhabung der Materialflußkomplexität

Das Ergebnis der Segmentierung des Materialflußsystems in teilautonome Produktionsbereiche ist eine Verringerung der Schnittstellen im Materialfluß, die zentral koordiniert werden muß. Die durch die Segmentierung gegebene Systemstruktur gibt den Rahmen für die Gestaltung der Eigenschaften Autonomie, Autarkie und Varietät sowie die Kopplungen der Produktionsbereiche durch den Materialfluß vor. Es werden somit die Rahmenbedingungen für die Gestaltung des Koordinationssystems und den Koordinationsprozeß in ihren Grundzügen festgelegt.

Ein weiterer Vorteil einer segmentierten Fertigung ist, daß der Produktionsprozeß in einem diskreten Simulationsmodell abgebildet werden kann, mit dem das Verhalten des Gesamtsystems antizipiert wird. Dazu werden die Produktionsbereiche als Black Box aufgefaßt und durch Systemübergangsfunktionen beschrieben. Durch die Beschränkung der zeitlichen Betrachtung des Produkti-

¹¹ Vgl. Drexl, A. u.a. 1994, S. 1028 f.

onssystems auf die Anfangs- bzw. Endzeitpunkte der Systemtakte können die Systemprozesse als Folgen von Zuständen bzw. Zustandsübergängen beschrieben werden. Die Aggregation von Perioden zu Systemtakten führt zu einer Vereinfachung der Abbildung des Zeitverhaltens. Die Produktionsbereiche sind dazu so zu bilden, daß sie ein charakteristisches kapazitives Verhalten aufweisen, aus dem auf die bearbeiteten Aufträge rückgeschlossen werden kann. Die Arbeitsgänge werden zu Arbeitsfolgen aggregiert, deren Bearbeitung von den Bereichen autonom koordiniert wird.

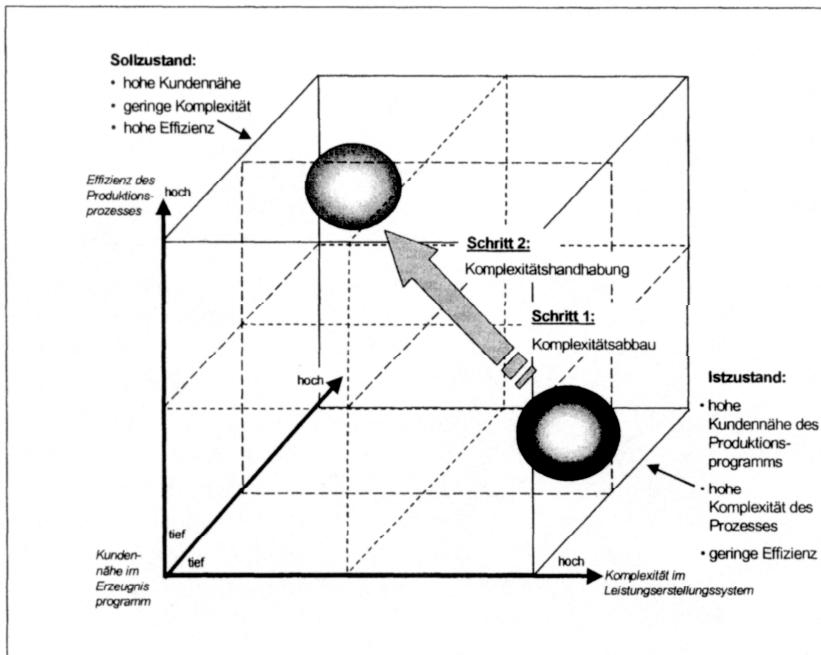


Abbildung 4: Schritte zur Handhabung der Komplexität

Stabilität nach außen erfordert Variabilität nach innen. Die Flexibilisierung der Produktionsbereiche ist eine notwendige Voraussetzung für die Stabilisierung des Gesamtsystems. Nach Auffassung von Schüpbach ist die aus der Flexibilisierung resultierende Stabilität als „Stabilität höherer Ordnung im Sinne eines dynamischen Fließgleichgewichtes zu sehen.“¹² Es geht darum, ein Fließgleichgewicht zwischen Stabilität und Flexibilität aufrecht zu erhalten.

¹² Vgl. Schüpbach, H. 1994, S. 248.

Das Produktionssystem befindet sich in einem Fließgleichgewicht, solange ein Gleichgewicht zwischen der Transformationsrelation und der von außen einwirkenden Strömungsgröße besteht. Dieses ist dann der Fall, wenn sich der Zugangsverlauf und Abgangsverlauf des zu bearbeitenden Auftragsbestandes in einem Gleichgewicht befinden. Das Fließgleichgewicht ist eine Voraussetzung dafür, daß sich in den Bereichen keine Bestände bilden, welche zu Abweichungen bei den Durchlaufzeiten führen.

II. Das Produktionssystem als multistabiles System

Das Kernproblem der Komplexität ist ihre fehlende Meßbarkeit. Dieses zeigt sich besonders deutlich bei der Planung der erforderlichen Varietät der Produktionsbereiche, bei der zusätzliche meßbare Kosten für die Qualifizierung des Personals, flexibel einsetzbare Betriebsmittel und Schlupf geringeren Koordinationskosten, einer höheren Transparenz des Produktionsprozesses, einer geringeren Planungsnervosität und einer besseren Plan- und Erreichbarkeit eines bestimmten Niveaus der logistischen Serviceleistung gegenüberstehen.

Im vorliegenden Fall wird die erforderliche Varietät zum einen durch die Selbstorganisation, die Komplexitätskompetenz, und zum anderen durch die zielgerichtete Planung der Ressourcen, des Komplexitätspotentials, geschaffen, wobei das Produktionssystem die Eigenschaft der Multistabilität erfüllen muß.

Ist das Produktionssystem bei Nichtbeachtung des Gesetzes der erforderlichen Varietät lediglich ultrastabil, so ist es bei Erfüllung des Varietätsatzes multistabil, d.h. die Produktionsbereiche sind nur noch schwach interdependent. Der Vorteil eines multistabilen Produktionssystems ist darin zu sehen, daß nur bestimmte Störungen neue Stellgrößen für das gesamte System erfordern während auf die übrigen in den Bereichen oder durch gezielte Änderung der Parameter für einen Bereich reagiert werden kann.

Wichtige Voraussetzungen für die Selbstorganisation sind die Autonomie und Autarkie der Produktionsbereiche im Sinne ihrer weitgehenden Unabhängigkeit. Ein Gestaltungsziel besteht darin, das dispositive Potential zur Handhabung der Komplexität, die Koordinations-, Integrations- und die Schnittstellenkompetenz, am Ort der erforderlichen Problemlösung zu bündeln. Nach einem Organisationsgrundsatz müssen sich dabei Aufgabe, Kompetenz und Verantwortung entsprechen. Die sich selbst steuernenden Bereiche benötigen nur begrenzt DV-technische Unterstützung. Sinnvoll erscheint der Einsatz von an die spezifischen Anforderungen angepaßten Systemen zur Entscheidungsunterstützung, z.B. von elektronischen Leitständen.

Die Integration von planenden und ausführenden Tätigkeiten in den Bereichen führt zu einem Abbau der organisatorischen Schnittstellen und bildet die

Grundlage für die Übertragung des Kunden-Lieferanten-Prinzips auf die Produktionsbereiche und die Ergänzung der hierarchischen Koordination um die horizontale Koordination zweier benachbarter Produktionsbereiche.

Neben der Komplexität kompetenz, der Fähigkeit zur Selbstorganisation, wird das Gesetz der erforderlichen Varietät durch Flexibilität und Schlupf in Form von flexiblen Betriebsmitteln und Reservekapazitäten erfüllt. Je größer der Schlupf und damit die interne Varietät ist, über desto mehr Freiheitsgrade verfügen die Produktionsbereiche, um die Stabilität ihrer Ausgangsvariablen aufrechtzuerhalten. Der zentrale Koordinationsaufwand wird verringert.

Des weiteren müssen die Produktionsbereiche über die notwendigen Informationen und Instrumente für die Lenkung der Fertigungsprozesse verfügen.

III. Handhabung der Lenkungskomplexität

Die Lenkung des Produktionsprozesses vollzieht sich vor dem Spannungsfeld von Integration und Differenzierung bzw. von hierarchischer Führung und der lokalen Autonomie der Produktionsbereiche.

Die vom mechanistisch-hierarchischen Führungsmodell angestrebte Reduzierung der komplexen Realität innerhalb und außerhalb des Unternehmens auf einfache, lineare, monokausale Zusammenhänge steht im Widerspruch zur angestrebten Selbstorganisation in den Produktionsbereichen, da die Selbstorganisationsprozesse und die Eigenständigkeit der Bereiche durch eine zentralistische Fremdplanung, -steuerung und -kontrolle unterdrückt würden. Die neue Rolle der Führung innerhalb eines selbstorganisierenden Systems besteht darin, die Voraussetzungen für Selbstorganisation zu schaffen.

Die zentrale Aufgabe bei der Gestaltung eines leistungsfähigen Planungssystems besteht daher in einer Zerlegung des Planungsproblems entsprechend den von *Meal* aufgestellten Leitlinien der Einfachheit, der Unabhängigkeit und des Organisationsbezugs der Entscheidungen:

- „Keep decisions simple. Use aggregate data whenever possible and limit the numbers of variables to be considered simultaneously.“;
- „Separate decisions if possible. Look for decisions that have little, if any, effect on each other.“ und
- „Match decision to the organization.“¹³

¹³ Vgl. *Meal*, H.C. 1984, S. 107.

Für Mehrebenen –Regelungsmodelle haben Mesarovic u.a. mit dem Multi-Level-Konzept eine umfassende Theorie entwickelt, welche die Planungs- und Entscheidungsaufgaben in komplexen Systemen explizit betrachtet.¹⁴

Mesarovic u.a. unterscheiden die organisatorische Stellung (organization), den Umfang der Entscheidungsaufgabe (decision complexity) und die Detailliertheit des Wissens über ein Teilsystem (abstraction). Die *levels of organization* bezeichnen sie als *echolons*, die *levels of decision complexity* als *layers* und die *levels of abstraction* als *strata*.

Das Gestaltungspotential liegt somit in der Hierarchisierung des Lenkungssystems, d.h. in der Aufteilung der regulativen Aufgaben auf die Lenkungsebenen und deren Verknüpfung. Zur zielgerichteten Lenkung des Produktionsprozesses ist ein aus drei Hierarchieebenen bestehendes Regelkreissystem mit den Lenkungsebenen *Produktionsprogrammplanung*, *Produktionslenkung* und *Produktionsbereich* geeignet.

Mit der Aufgabenverteilung wird der Grundsatz verfolgt, daß keine Entscheidungen von einer Lenkungsebene gefällt werden soll, wenn diese von einer untergeordneten Lenkungsebene ebenso gut oder besser getroffen werden kann: „*Decisions which must be made at the corporate level are centralized; those which can be made locally are delegated...*“¹⁵ Mit anderen Worten soll jede Entscheidung von der untersten Ebene gefällt werden, die dafür noch über den notwendigen Überblick verfügt.

Die Lenkungsebenen werden durch Zielvorgaben koordiniert, wobei die Führungsinformationen der übergeordneten Ebene den Entscheidungsträgern substanziale Entscheidungsfreiheit in wesentlichen Details ihrer eigenen Planung und Kontrolle belassen, so daß möglichst wenige Rückkopplungen von der untergeordneten zur übergeordneten Lenkungsebene zu berücksichtigen sind.

Eine rekursive Organisationsstruktur beinhaltet ein hohes Potential zur Handhabung der Lenkungskomplexität, wenn jede Entscheidungsebene über eine ausreichende Lenkungsvariätät verfügt, um die relevanten Größen zu kontrollieren. Das Prinzip der Rekursion wird zum einen top-down im Rahmen der Planungsiteration auf den Lenkungsebenen und zum anderen bottom-up im Rahmen des Störungsmanagements eingesetzt.

¹⁴ Zum folgenden vgl. Mesarovic, M.D. u.a. 1970; Fischer, Th. 1993, S. 94 ff.

¹⁵ Meal, H.-C. 1984, S. 105.

IV. Die Planung des Fließgleichgewichtes als zentrale Aufgabe der Logistik

Der permanente Wandel der Anforderungen der Absatzmärkte und die Offenheit des Produktionssystems gegenüber der Umwelt bedingen, daß die Stabilität des Produktionssystems als eine dynamische Größe aufzufassen ist. Die Planung des Produktionsprozesses ist damit ein Planungsproblem, dessen offener Planungshorizont aus informationstechnischen Gründen beschränkt wird.

Die Unabhängigkeit der Planungsebenen ist nur dann gewährleistet, wenn ein Fließgleichgewicht im Produktionssystem vorliegt. Aufbauend auf der flußorientierten Gestaltung des Leistungssystems sind die Planung, Durchsetzung und Überwachung des Fließgleichgewichtes im Materialflußsystem die Aufgaben der Logistik als flußorientierte Führungsfunktion. Die fehlende Flexibilität der Bestände muß zukünftig durch die planerischen und lenkenden Maßnahmen der Produktionslogistik kompensiert werden.

Bei der Lenkung des Produktionssystems steht somit mit der zielgerichteten Beeinflussung des Verhaltens des Produktionssystems die dynamische Perspektive der Systemtheorie im Vordergrund. Der Planungsprozeß zielt nicht auf die Erreichung, sondern auf die Aufrechterhaltung eines Fließgleichgewichtes zwischen Stabilität und Flexibilität des Produktionssystems ab.

Die Planung des Fließgleichgewichtes und die Festlegung der erforderlichen Varietät erfolgen rollierend in Abhängigkeit des aktuellen Zustandes des Produktionssystems und der Zusammensetzung des Auftragsbestandes. Die Produktionslogistik betreibt somit ein kontinuierliches Varietätsengineering, um die Wahrscheinlichkeit der Zustände des Produktionssystems zu erhöhen, die den Zielen des Gesamtsystems entsprechen.

Dabei stehen die Freiheitsgrade, die den Produktionsbereichen bei der autonomen Erfüllung der Zielvorgaben verbleiben, im Mittelpunkt. Die Planungsphilosophie kann angesichts der Komplexität der Produktionslogistik mit: „*Durchgängigkeit und Schnelligkeit der Planung sind wichtiger als Genauigkeit im Detail*“ beschrieben werden.

Die Maßnahmen, die zur Handhabung der Materialfluß- und der Planungskomplexität erforderlich sind, sind in der Abbildung 5 zusammengefaßt.

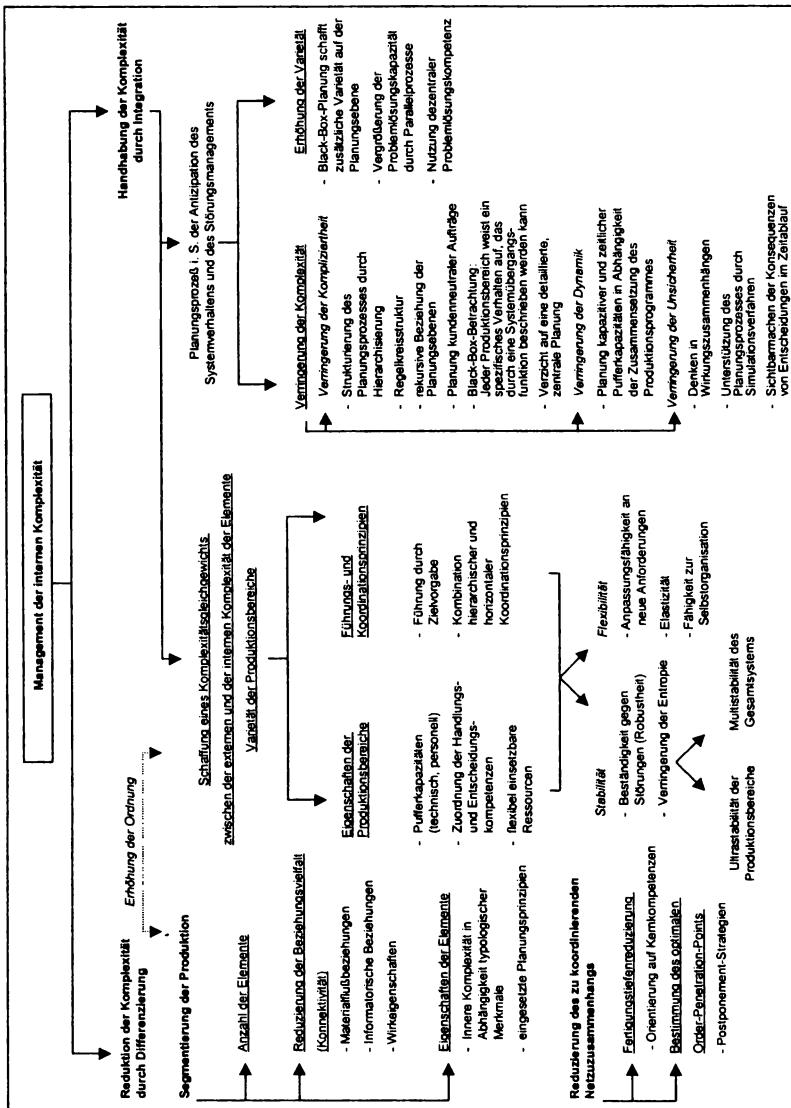


Abbildung 6: Zusammenfassung der Maßnahmen zur Handhabung der Komplexität

Literaturverzeichnis

- Adam, D. / Johannville, U.:* Die Komplexitätsfalle, in: Adam, D. (Hrsg.): Komplexitätsmanagement, Wiesbaden, 1998, S. 5–28.
- Ashby, W. R.:* An Introduction to Cybernetics, 2. Impr., London, 1957.
- Beer, S.:* Diagnosing the System for Organizations, Chichester u.a., 1985.
- Drexel, A. / Fleischmann, B. / Günther, H.-O. / Stadtler, H. / Tempelmeier, H.:* Konzeptionelle Grundlagen kapazitätsorientierter PPS-Systeme, zfbf, 46.Jg., H.12, 1994, S. 1022–1045.
- Fischer, Th.:* Koordination betrieblicher Regelungsaufgaben im Rahmen eines integrierten Informationssystems der Unternehmung, Renningen-Malsheim, 1993.
- Kistner, K. P. / Switalski, M.:* Hierarchische Produktionsplanung, ZfB, 59. Jg., H.5, 1989, S. 477–503.
- Krieg, W.:* Kybernetische Grundlagen der Unternehmensgestaltung, Bern, u.a., 1971.
- Kummer, S.:* Berücksichtigung der Logistik in der Unternehmensführung, in: Weber, J. / Baumgarten, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik, Stuttgart, 1999B, S. 33–51.
- Meal, H.C.:* Putting Production Decisions where they belong, Harvard Business Review, H.3/4, 1984, S. 102–111.
- Mesarovic, M.D. / Tacko, D. / Takahara, Y.:* Theory of Hierarchical, Multilevel Systems, New York u.a., 1970.
- Rosnay, J. DE:* Analytic vs. Systemic Approaches, in: Principia Cybernetica Web, <http://pespmc1.vub.ac.be/ANALSYST.html> am 29. Februar 2000.
- Schiemenz, B.:* Die Komplexität von Geschäftsprozessen und Möglichkeiten zu deren Handhabung, in: Wildemann, H. (Hrsg.): Geschäftsprozeßorganisation, München, 1997, S. 103–126.
- Schüpbach, H.:* Prozeßregulation in rechnerunterstützten Fertigungssystemen, Zürich, 1994.
- Stadtler, H.:* Hierarchische Produktionsplanung bei losweiser Fertigung, Heidelberg, 1988.
- Steven, M.:* Hierarchische Produktionsplanung, 2. Aufl., Heidelberg, 1994.
- Weber, J. / Kummer, S.:* Logistikmanagement, 2. Aufl., Stuttgart, 1998.

Simulation verschiedener Formen organisationaler Lernprozesse

Von *Andreas Größler* und *Frank Mickeler*

A. Formen und Ablauf organisationaler Lernprozesse

Empirische Forschung im Bereich des organisationalen Lernens findet bisher aufgrund vielfältiger methodischer Probleme praktisch nicht statt.¹ Zur Milderung dieses Mankos bzw. seiner Konsequenzen vermag die Simulation beitragen. Durch die Vereinbarung von (vereinfachenden) Annahmen können mit Hilfe eines formalen Simulationsmodells kontrollierte Experimente durchgeführt und durch die Simulation der Prozesse organisationalen Lernens Einsichten vermittelt werden, wie sich unterschiedliche Formen dieser Prozesse in Unternehmen auswirken.² Organisationales Lernen wird in dieser Arbeit verstanden als Aktivität, welche die organisationale Wissensbasis verändert und die durchgeführt wird, um die Effektivität aktuellen oder zukünftigen Handelns zu steigern.³

¹ Siehe *Georg Schreyögg* und *Peter Eberl*: Organisationales Lernen: Viele Fragen, noch zu wenig neue Antworten, in: *Die Betriebswirtschaft*, 58. Jg., Nr. 4 (1998), S. 516–536, hier S. 520. Für eine Ausnahme siehe *Nikolaus Beck* und *Alfred Kieser*: Standard Operating Procedures and Organizational Learning, in: *Arbeitspapiere des Sonderforschungsbereichs 504*, Nr. 97–34, Mannheim 1997.

² Vgl. *Bernard Keys* und *Joseph Wolfe*: The Role of Management Games and Simulations in Education and Research, in: *Journal of Management*, Vol. 16, No. 2 (1990), S. 307–336, hier S. 323. Simulationen als Form des Experimentierens und Gründe, warum Simulationen durchgeführt werden, finden sich bspw. in *Michael Pidd*: *Computer Simulation in Management Science*, 3rd edition, Chichester et al. 1993.

³ Diese Definition baut auf Definitionen von *Duncan/Weiss*, *Fiol/Lyles*, *Pautzke* und *Kim/Senge* auf. Vgl. *Robert B. Duncan* und *Andrew Weiss*: Organizational Learning: Implications for Organization Design, in: *Barry Staw* (Hrsg.): *Research in Organizational Behavior*, Vol. 1, Greenwich 1979, sowie *C. Marlène Fiol* und *Marjorie A. Lyles*: Organizational Learning, in: *Academy of Management Review*, Vol. 10, No. 4 (1985), S. 803–813, und *Gunnar Pautzke*: *Die Evolution der organisatorischen Wissensbasis*, München 1989, als auch *Daniel H. Kim* und *Peter M. Senge*: *Putting Systems*

Im Gegensatz zu behavioristischen Ansätzen bezieht sich Lernen in diesem Kontext nicht ausschließlich auf Verhaltensänderungen, sondern – weiter gefasst – auf die Veränderung der Wissensbestände der Organisation.⁴ Verändertes Wissen kann sich unmittelbar auf die organisationalen Handlungen auswirken, besonders wenn Krisen die Lernprozesse ausgelöst haben. Lernen kann aber auch als Vorsorge gegen die Unsicherheiten der Zukunft wirken. Durch Lernmaßnahmen ist es möglich, ein Portfolio an Handlungsmöglichkeiten aufzubauen, das den Aktionsspielraum erweitert und die Bereitstellung alternativer Lösungsansätze ermöglicht.⁵

Allen wichtigen Ansätzen zum organisationalen Lernen gemeinsam ist die Betonung der Feedback-Struktur des Lernens.⁶ Organisationale Lernprozesse entstehen durch die reflexive Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Handlungen, wodurch die Wissensbasis verändert wird.⁷ Das hier vorgestellte Modell baut daher auf den grundlegenden kybernetischen Gedanken der Rückkopplung und der Regelung auf.

Ausgangspunkt des in Abbildung 1 gezeigten Ablaufschemas organisationalen Lernens bildet die Umweltbeobachtung. Bei der Betrachtung der Abläufe wird hier einzig der Fall behandelt, dass die Umweltbeobachtung akute Probleme aufdeckt. Die im Rahmen der Suche gewonnenen Informationen werden in der Wissensbasis (in der Abbildung grau hinterlegt) interpretiert und dabei in die vorhandenen Wissensbestände eingeordnet, wobei die neu hinzugekommenen Informationen unterschiedliche kognitive Prozesse anstoßen können.

Zunächst soll angenommen werden, dass kognitive Vorgänge gänzlich unterbleiben. Dies ist beispielsweise beim Eintreffen von Informationen über bereits bekannte Sachverhalte zu erwarten, die eine routinemäßige, problemlösende Reaktion in Form von Standardverfahren hervorrufen.⁸ Die Daten entsprechen dabei im behavioristischen Sinn dem Stimulus, der einen konditio-

Thinking into Practice, in: *System Dynamics Review*, Vol. 10, Nos. 2/3 (1994), S. 277–290.

⁴ Siehe *Gunnar Pautzke*: Die Evolution der organisatorischen Wissensbasis, 1989, S. 115.

⁵ Siehe *Ikujiro Nonaka*: The Knowledge-Creating Company, in: *Harvard Business Review*, Nov./Dez. 1991, S. 96–104, hier S. 96 f.

⁶ „All learning depends on feedback.“ John D. Sterman: Learning in and about complex systems, in: *System Dynamics Review*, Vol. 10, Nos. 2/3 (1994), S. 291–330, hier S. 292.

⁷ Siehe *Georg Schreyögg* und *Peter Eberl*: Organisationales Lernen: Viele Fragen, noch zu wenig neue Antworten, 1998, S. 519.

⁸ Als Beispiel ist eine Produktionsanlage vorstellbar, bei der Betriebsstoffe ausgängen sind. Das wahrgenommene „Problem“ wird unmittelbar durch eine Nachbestellung gelöst.

nierten Reflex auslöst, ohne dass interne Prozesse der Reflexion notwendig und beteiligt sind.⁹ Entsprechen die aus der Umwelt gewonnenen Daten diesem Typ, erfolgt nach ihrem bekannt werden die festgelegte Handlung. Dadurch wirkt die Organisation auf ihre Umwelt ein, und die Konsequenzen dieser Handlungen werden wieder beobachtet, wodurch die rechte Feedback-Schleife in Abbildung 1 geschlossen wird. Dieser Teil des Modells ähnelt der Idee der umweltgesteuerten Aktion im „Complete Cycle of Choice“ von March und Olsen, allerdings unter Ausschluss einer Lernmöglichkeit.¹⁰

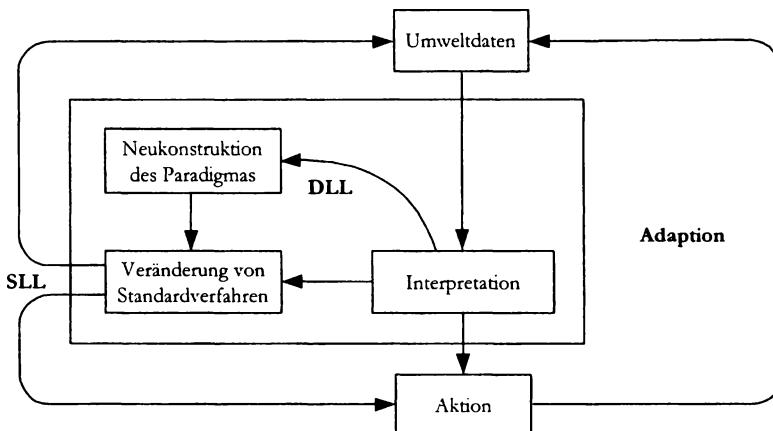


Abbildung 1: Ablauf verschiedener Formen organisationaler Lernprozesse

Es ist allerdings auch möglich, dass in der Organisation bisher keine problemadäquate Verhaltensroutine existiert. In diesem Fall verlagert sich der Schwerpunkt der organisationalen Aktivitäten in den linken Teil von Abbildung 1, der auf Gedanken von Daft und Weick aufbaut.¹¹ Um adäquate Standardverfahren entwickeln zu können, muss es zu kognitiven Veränderungen kommen, es müssen also bestehende Standardverfahren modifiziert oder neue

⁹ Siehe Michael D. Cohen: Individual Learning and Organizational Routine: Emerging Connections, in: Michael D. Cohen und Lee S. Sproull (Hrsg.): *Organizational Learning*, Thousand Oaks/London/New Delhi 1996, S. 189.

¹⁰ Siehe James G. March und Johan P. Olsen: The Uncertainty of the Past: Organizational Learning under Ambiguity, in: *European Journal of Political Research*, Vol. 3 (1975), S. 147–171, hier S. 149 f.

¹¹ Siehe Richard L. Daft und Karl E. Weick: Toward a Model of Organizations as Interpretation Systems, in: *Academy of Management Review*, Vol. 9, No. 2 (1984), S. 284–295.

erzeugt werden. Durch die anschließende Handlung wird der Kreislauf dieses reaktiven Single-Loop-Lernens (SLL; Lernen erster Ordnung) komplettiert.¹² Ist das Problem gelöst, wird dies bei der erneuten Umweltbeobachtung festgestellt und das Lernen eingestellt. Besteht dagegen noch Diskrepanzen zwischen Zielwerten und beobachteten Ist-Werten, kommt es zu einem weiteren Durchlauf der Schleife.

Wenn das Potenzial des Single-Loop Learning erschöpft ist, ohne dass eine Problemlösung gefunden wird, ist bei schwerwiegenden Problemen die Auslösung des Double-Loop Learning (DLL; Lernen zweiter Ordnung) möglich, mit dessen Abschluss sich sowohl der Umfang als auch die Weiterentwicklungs möglichkeiten der aktuellen Wissensbasis verändern.¹³ Im Anschluss an das Lernen zweiter Ordnung werden die Standardverfahren angepasst, im Hinblick auf die Problemstellung ausgewählt und in ihrer Anwendung erprobt.

Nachfolgend wird ein Simulationsmodell vorgestellt, das den eben beschriebenen organisationalen Lernprozess abbildet.¹⁴ Die Simulationsergebnisse veranschaulichen, welche Effekte die unterschiedlichen Lernformen von Organisationen hervorrufen. Das Simulationsmodell dient nicht der Erklärung der Ursachen für das Auftreten organisationalen Lernens oder der Analyse der internen Struktur des Lernens in Organisationen. Es ermöglicht aber die Definition und Abgrenzung der identifizierten Lernformen.¹⁵ In der Simulation kann zwischen reaktiven und proaktiven Lernprozessen unterschieden werden und auch die Auswirkungen unterschiedlicher Lernniveaus lassen sich berücksichtigen; diese Vorgänge werden getrennt von den eigentlichen Anpassungshandlungen von Organisationen an ihre (sich gegebenenfalls verändernde) Umwelt.

¹² Denkbar ist ein neuer Tarifvertrag, durch den die Arbeitszeiten reduziert werden. Nach Abschluss müssen neue Dienstpläne erstellt werden, Mitarbeiter umgeschichtet oder Altersteilzeitvereinbarungen umgesetzt werden.

¹³ Ein solches Problem war beispielsweise die Herstellung qualitativ hochwertiger Fotografien. Die herkömmlichen Filme wurden über Jahrzehnte weiterentwickelt und optimiert, aber erst durch Einsatz der Digitaltechnik lassen sich unter verringertem Aufwand beliebige Qualitäten erzielen.

¹⁴ Die individuelle Ebene wird in dem Modell gänzlich ausgeklammert, die Organisation als Ganzes wird als einziger Akteur angesehen; vgl. *Daniel H. Kim: The Link between Individual and Organizational Learning*, in: *Sloan Management Review*, Fall 1993, S. 37–50.

¹⁵ Zur Sinnigkeit des Erstellens formaler Modelle siehe *Andreas Größler: Von mentalen zu formalen Modellen: Virtualisierung von Erfahrungen*, erscheint in: *Christian Scholz (Hrsg.): Systemdenken und Virtualisierung – Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik 1999 in Saarbrücken*, Berlin: Duncker & Humblot, in Druck.

B. Ein Simulationsprogramm zum Test unterschiedlicher Lernformen

Im Folgenden wird ein formales Modell entwickelt, das organisationale Lernprozesse in einer fiktiven Organisation simuliert. Zweck des Modells ist, die im Zusammenhang mit organisationalem Lernen ablaufenden Prozesse auf abstrakter Ebene nachzuzeichnen, um dadurch zu ihrem tieferen Verständnis beizutragen.¹⁶ Da es sich dabei um in der Zeit ablaufende und komplexe Vorgänge handelt, wird zur Abbildung der beteiligten Prozesse ein Computer-Simulationsmodell mit dem Namen OLSim (Organizational Learning Simulation) eingesetzt.¹⁷ Durch den Einsatz von OLSim können die ablaufenden Prozeduren und die jeweiligen Systemzustände beobachtet und interpretiert werden. Das Modell simuliert vor dem Hintergrund einer dynamischen Umwelt den Aufbau, die Veränderung und Nutzung eines von den Organisationsmitgliedern geteilten Wissensbestandes.

Im Rahmen dieses Beitrags werden die aus der Programmoberfläche ersichtlichen Optionen nicht im Einzelnen besprochen. Es sei nur angemerkt, dass die Eingabemöglichkeiten im oberen und linken Bereich des Bildschirms der Festlegung der organisatorischen Leistungsfähigkeit und der Umweltbedingungen dienen. Auswirkungen der gewählten Parameter lassen sich anhand der Ergebnisgraphen im rechten unteren Bildschirmabschnitt verfolgen.

OLSim betrachtet eine Organisation, die sich zur Erzielung von Gewinn mit Aktivitäten der Input-Output-Transformation beschäftigt. Die genaue Art dieser Aktivitäten wird nicht weiter spezifiziert, entscheidend ist allein eine dahinter stehende Absicht der Gewinnerzielung. Gemäß der Kontingenztheorie wird eine direkte Beziehung zwischen dem Erfolg der Organisation und dem Grad ihrer Anpassung an die Anforderungen ihrer Umwelt unterstellt.¹⁸ Die Adaption der Organisation an ihre Umwelt und dementsprechende Modifikationen ihrer Strategien und Strukturen führen zu einer Entsprechung oder einem „Fit“ zwischen den externen Anforderungen und der organisationalen Realität. OLSim

¹⁶ Es handelt sich bei dem Simulationsprogramm nicht um eine Programmierung künstlicher Intelligenz oder darum, möglichst effiziente Problemlösungen zu finden. Es geht um die Simulation des angenommenen Ablaufs von Lernprozessen in einer Organisation, wie er in Abbildung 1 beschrieben ist.

¹⁷ OLSim wurde programmiert in MS Visual Basic 5.0. Das Programmlisting ist unter <http://iswww.bwl.uni-mannheim.de/lehrstuhl/publikationen/olsim.txt> erhältlich.

¹⁸ Vgl. *Howard E. Aldrich*: *Organizations and Environments*, Englewood Cliffs 1979, S. 56 ff., sowie *Anna Grandori*: *A Prescriptive Contingency View of Organizational Decision Making*, in: *Administrative Science Quarterly*, Vol. 29, No. 2 (1984), S. 192–209, hier S. 192, und *L. J. Bourgeois* und *Graham W. Astley*: *A Strategic Model of Organizational Conduct and Performance*, in: *International Studies of Management and Organization*, Vol. 9, No. 3 (1979), S. 40–66.

liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Güte des Fit durch den erzielten Gewinn ausdrückt und umgekehrt.

Weiterhin wird angenommen, dass der Organisationszustand durch zwei Parameter treffend charakterisiert wird: zum einen durch einen Wert für das herrschende organisationale Paradigma im Sinne eines prinzipiellen gedanklichen Rahmens, innerhalb dessen alle Entscheidungen und Handlungen der Organisation ablaufen, zum anderen durch einen Wert für das verwendete Standardverfahren. Das Standardverfahren ist die „Essenz“ aller zentralen Abläufe und Vorgehensweisen in der operativen Tätigkeit. Die Art und Weise wie Aufgaben erfüllt und Entscheidungen getroffen werden, kann durch diese einzige Routine ausreichend und zutreffend beschrieben werden.

Der Gewinn einer Periode ist eine Funktion des externen Fit der Organisation ($|Umweltzustand - Organisationszustand|$) und wird verstanden als Rein gewinn, also als Ertrag nach Abzug aller Aufwendungen.¹⁹ Veränderungen des Fit können zwei Ursachen haben. Die eine ist eine Veränderung des Umwelt wertes, die andere ist eine Anpassung des Organisationszustandes. Ein verbes serter Fit ist gleichbedeutend mit einem höheren Periodengewinn; verschlech tert er sich, bedeutet dies, dass der Gewinn abnimmt. Der Gewinn jeder Periode wird kumuliert und gespeichert.

Gewinn ist das einzige Ziel, das in diesem Modell verfolgt wird. Das Gewinnziel ist nicht als Maximalziel formuliert, sondern es existieren Anspruchs niveaus für eine zufriedenstellende Zielerreichung.²⁰ Gesucht wird also kein optimaler Gewinn, sondern ein befriedigender Gewinn. Erst wenn er unter be stimmte Schwellenwerte sinkt, kommt es zu korrigierenden Maßnahmen.²¹

Die Auslösung der Lern- und Anpassungsvorgänge wird durch jeweils zugehörige Anspruchsniveaus (Aspiration Levels) der Zielerreichung, das heißt also

¹⁹ Für eine genaue, mathematische Beschreibung von OLSim siehe *Frank Mickeler, Andreas Größler und Peter Milling: Simulation verschiedener Formen organisationaler Lernprozesse, Arbeitspapier der Fakultät für Betriebswirtschaftslehre der Universität Mannheim, Nr. 2000-01, Mannheim 2000.*

²⁰ Siehe *Alan Bryman: Organization Studies and the Concept of Rationality*, in: *Journal of Management Studies*, Vol. 21, No. 4 (1984), S. 391–408, hier S. 395 f.

²¹ Siehe *Vincent E. Cangelosi und William R. Dill: Organizational Learning: Observations Toward a Theory*, in: *Administrative Science Quarterly*, Vol. 10, No. 2 (1965), S. 175–203, hier S. 183 f. Vgl. auch *Barbara Levitt und James G. March: Organizational Learning*, in: *Michael D. Cohen und Lee S. Sproull (Hrsg.): Organizational Learning*, Thousand Oaks/London/New Delhi 1996, S. 517: „[Organizations'] behavior depends on the relation between the outcomes they observe and the aspirations they have for those outcomes.“

durch Abgleich mit bestimmten Gewinnschwellen, gesteuert.²² Nur wenn der Gewinn unterhalb eines Schwellenwerts liegt, werden die dazugehörigen Vorgänge gestartet, wobei das Niveau für die reine Anpassung am höchsten liegt, gefolgt von der Grenze für Single-Loop Learning und danach für Double-Loop Learning. Die Grenzwerte sind wiederum willkürlich festgelegt und lassen sich je nach Untersuchungsziel ändern.

Liegt der Gewinn oberhalb eines Anspruchsniveaus, unterbleibt der entsprechende Prozess bei reaktivem Lernen, auch wenn eine Durchführung zu einer Gewinnsteigerung führen könnte. Erst wenn die Ziele nicht erreicht werden, entsteht ein Druck zur Anpassung und zum Lernen. Bei den beiden Lernniveaus lassen sich die Aspiration Levels als Grenzwerte der organisationalen Frustrationstoleranz interpretieren. Werden die Werte unterschritten, liegt also der Gewinn darunter, kommt es zu Aktionen zum Abstellen der Missstände.

Trotzdem gibt es Organisationen, die weiterlernen, obwohl auch sie mit ausreichenden Gewinnen durchaus zufrieden sind und sich darin nicht von anderen Organisationen unterscheiden. Der Grund ist vielmehr der Wunsch, die Umwelt zu erforschen und besser kennen zu lernen, um die Effekte der externen Unsicherheit zu verringern.²³ Diese Organisationen suchen in der Umwelt nach Gelegenheiten, um die Erfolgsfaktoren der Zukunft vorauszusehen.²⁴ In OLSim können solche proaktiven Lernprozesse erst ablaufen, wenn die Zielerreichung oberhalb des Anspruchsniveaus für das Single-Loop Learning liegt. Erst dann steht annahmegemäß genügend „Organizational Slack“ bereit, der nicht für die gewöhnliche Tätigkeit benötigt wird und für die mit unsicheren Ergebnissen behaftete proaktive Suche aufgewendet werden kann.²⁵

Gewinn, Umwelt- und Unternehmenszustand werden durch ganze Zahlen repräsentiert. Diese Absolutwerte dienen lediglich zur Berechnung von Abstandsmaßen; insbesondere der Gewinn hängt nur vom Abstand zwischen Organisations- und Umweltzustand ab, nicht aber vom numerischen Wert der zwei Parameter. Ebenso ohne Einfluss bleibt, ob die Differenz zwischen Umweltwert und Organisationszustand positiv oder negativ ist. In die Gewinnformel geht sie nur mit ihrem Betrag ein, das Vorzeichen ist irrelevant. Abwei-

²² Zur Formulierung von Anspruchsniveaus der Zielerreichung vgl. *Richard M. Cyert und James G. March: A Behavioral Theory of the Firm*, 1992, S. 39 und 50.

²³ Vgl. *Bo L. T. Hedberg: How Organizations Learn and Unlearn*, in: *Paul C. Nystrom und William H. Starbuck (Hrsg.): Handbook of Organizational Design*, Vol. 1, Oxford 1981, S. 17.

²⁴ Siehe *Michael D. Cohen, James G. March und Johan P. Olsen: A Garbage Can Model of Organizational Choice*, in: *Administrative Science Quarterly*, Vol. 17, No. 1 (1972), S. 1–24, hier S. 3.

²⁵ Siehe *Ralf E. Strauß: Determinanten und Dynamik des Organizational Learning*, Wiesbaden 1996, S. 46.

chungen sind nicht als Über- oder Untererfüllung zu interpretieren, sondern lediglich als Entfernung von einem Zielwert.

Der Umweltwert wird exogen vorgegeben, er kann also nicht durch Handlungen der Organisation beeinflusst werden und ändert sich in im Programm festgelegten Perioden. Die Anpassung der Organisation an diesen Umweltwert benutzt als Auswahlkriterium den möglichen Gewinnwert. Entscheidet sich die Organisation, einen Lernversuch zu unternehmen, dann beginnt im Bereich des erreichbaren Wissens eine begrenzt rationale Suche nach alternativen Routinen oder Paradigmen. Begrenzt rational bedeutet, dass die Suche nach Auffinden der ersten befriedigenden Alternative eingestellt wird.²⁶ Erst wenn die Suche erfolgreich ist, kommt es durch Transfer der gefundenen Lösungen in den Bereich des verfügbaren Wissens zum Lernen.

Die Lernvorgänge sind durch eine gewisse Verzögerung zwischen Auslösung und Abschluss gekennzeichnet, da für die Suche mindestens eine Periode benötigt wird.²⁷ Bis zum Abschluss eines Prozesses ist das Starten eines anderen nicht möglich, denn es wird angenommen, dass für alle organisationalen Adoptions- und Lernaktivitäten knappe Ressourcen verwendet werden, die nur für jeweils einen solchen Prozess ausreichen.²⁸ In einer Periode ist daher entweder nur Anpassung oder Single-Loop oder Double-Loop Learning möglich.

Nur die im Wissensspeicher vorhandenen Routinen (die also verfügbar sind und dem Paradigma entsprechen) können für die operative Tätigkeit verwendet werden. Die Wissensbasis speichert genau ein Paradigma und eine veränderliche Anzahl an Routinen. Es ist immer mindestens eine Routine vorhanden, die als Norm-Routine benutzt wird, um in jedem Fall eine organisationale Aktivität zu ermöglichen. Die in der Wissensbasis vorhandenen Routinen bleiben gespeichert und können immer wieder eingesetzt werden. Solange die aktuelle Größe der Wissensbasis noch nicht der Maximalgröße entspricht, ist das Hinzufügen neuer oder modifizierter Standardverfahren möglich. Ist die Maximalgröße erreicht, kann kein Lernen erster Ordnung mehr durchgeführt werden, sein Potential ist erschöpft.

²⁶ Begrenzt rational insofern, als nicht alle existierenden Optionen erforscht werden, um anschließend eine Entscheidung zu treffen, sondern lediglich eine Lösung, die den Rationalitätskriterien (= Verbesserung des augenblicklichen Fit) genügt, gesucht wird. Vgl. *James G. March und Herbert A. Simon: Organizations*, 2nd edition, Oxford 1993.

²⁷ Die Suchvorgänge können aber auch mehrere Perioden beanspruchen.

²⁸ Ähnlich March: „Both exploration and exploitation are essential for organizations, but they compete for scarce resources.“ *James G. March: Exploration and Exploitation in Organizational Learning*, in: *Organization Science*, Vol. 2, No. 1 (1991), S. 71–87, hier S. 71.

Ein Verlernen (Unlearning) von Standardverfahren ist ausschließlich im Rahmen des Double-Loop Learning möglich. Durch dieses Lernen zweiter Ordnung wird ein neues Paradigma generiert. Es wird angenommen, dass die vorhandenen Routinen mit diesem neuen „Weltbild“ nicht kompatibel sind, sie stellen also kein verfügbares Wissen mehr dar und werden aus der Wissensbasis entfernt. Zusammen mit einem neuen Paradigma wird auch immer eine neue Norm-Routine erzeugt. Sie garantiert, dass auch nach erfolgtem Double-Loop Learning sofort eine Vorgehensweise zur Verfügung steht, um die organisationalen Aktivitäten, wenngleich möglicherweise nicht in idealer Form, fortführen zu können.

Die Simulationsdauer ist auf 30 Perioden festgesetzt. Am Ende eines Simulationslaufes werden die kumulierten Gewinne betrachtet und miteinander verglichen, um Rückschlüsse auf die Auswirkungen verschiedener Einstellungen der Modellparameter zu ziehen. Ist der bei einer bestimmten Einstellung erzielte Gewinn höher als bei einer anderen, ist das gleichbedeutend damit, dass die Organisation im ersten Fall erfolgreicher gelernt hat und effektiver war. Da die Ergebnisse eines Simulationsdurchgangs in gewissem Ausmaß von Zufallseinflüssen (besonders von den Startwerten für Umwelt und Paradigma) abhängen, werden mit jeder Einstellung eine große Zahl von Simulationsläufen (hier: 25.000) durchgeführt.

C. Resultate der Lernformen bei dynamischer Umwelt

Für die Beurteilung der Lernformen und Vergleiche zwischen ihnen wird der Mittelwert aus dem jeweils in allen Läufen erzielten Gewinn herangezogen.²⁹ Die Analyse der zugehörigen Standardabweichungen stützt dabei die Aussagen insofern, dass in den verglichenen Fällen höhere Mittelwerte mit geringeren Standardabweichungen gekoppelt sind.³⁰ Als ein exemplarisches Ergebnis der durchgeführten Experimente lässt sich festhalten, dass die Variation der Umwelteinstellungen in OLSim einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Un-

²⁹ Wiederholte Simulation und eine auf Mittelwerte gestützte Interpretation stellt ein verbreitetes Vorgehen bei Simulationsmodellen organisationaler Adaption dar, vgl. zum Beispiel *Daniel A. Levinthal* und *James G. March*: Ein Modell für adaptives organisatorisches Suchverhalten, in: *James G. March* (Hrsg.): Entscheidung und Organisation, Wiesbaden 1990, S. 220, sowie *Theresa K. Lant* und *Stephen J. Mezias*: An Organizational Learning Model of Convergence and Reorientation, in: *Michael D. Cohen* und *Lee S. Sproull* (Hrsg.): Organizational Learning, Thousand Oaks/London/New Delhi 1996, S. 280.

³⁰ Für die Darstellung von Beispielen des Auftretens verschiedener Lernformen im Experiment siehe *Frank Mickeler*, *Andreas Größler* und *Peter Milling*: Simulation verschiedener Formen organisationaler Lernprozesse, Arbeitspapier der Fakultät für Betriebswirtschaftslehre der Universität Mannheim, Nr. 2000-01, Mannheim 2000.

ternehmung hat, die sich mit zunehmender Umweltdynamik immer weiter verschlechtern. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Simulationseinstellungen nur Adaption, Single-Loop Learning und Double-Loop Learning.

Tabelle 1

Vergleich der Ressourcen bei Adaption, Single-Loop Learning und Double-Loop Learning (reakтив und proaktiv)

Lernform ³¹	Umweltänderungen					
	keine		Periode 16		Periode 11, 21	
	Punkte	absolute Differenz zu Basis	Punkte	absolute Differenz zu Basis	Punkte	absolute Differenz zu Basis
Adaption / 1 SOP fix	632,7	-0,3	633,0	0,0	634,6	1,6
Adaption / 3 SOPs fix	695,8	62,8	693,0	60,0	692,6	59,6
SLL reaktiv	704,7	71,7	695,8	62,8	690,0	57,0
SLL proaktiv	730,0	97,0	707,7	74,7	695,2	62,2
DLL reaktiv	736,4	103,4	714,7	81,7	701,0	68,0
DLL proaktiv	763,8	130,8	734,4	101,4	718,0	85,0

Die bei der reinen Adaption erzielten Ressourcen verändern sich durch Umweltvariationen nicht signifikant, da dabei alle Routinen ebenso wie der Umweltwert gleichverteilte Zufallszahlen sind. Im einfachsten Fall, der Kombination aus einem Paradigma und der Norm-Routine, beträgt der Mittelwert der Ressourcen circa 633 Punkte. Dieser Wert wird für die weiteren Vergleiche als Referenzwert benutzt. Eine Erweiterung der Wissensbasis auf drei von Beginn an verfügbare Routinen lässt den Mittelwert auf über 693 Punkte steigen, wodurch der Referenzwert um 60 Punkte übertroffen wird. Wird diese Differenz auf die 30 Perioden verteilt, ergibt sich eine Erhöhung des Periodengewinns um durchschnittlich zwei Punkte. Mehr Wissen, das für eine Adaption verfügbar

³¹ Soweit nichts anderes vermerkt ist, wurde bei den verschiedenen Lernformen mit folgenden Einstellungen gearbeitet: zu Beginn eine Routine verfügbar, maximale Aufnahmekapazität drei Routinen.

ist, erzeugt in der Simulation automatisch bessere Ergebnisse, selbst wenn es nicht erlernt, sondern zufällig erworben worden ist.

Ein planvoller Wissenserwerb verbessert die Ergebnisse weiter. Im Rahmen der Lernprozesse werden nämlich die Routinen nach Effizienzkriterien ausgewählt und erweisen sich so den ausgelosten Routinen als überlegen, obwohl in etlichen Fällen die Speicherkapazität der Wissensbasis nicht voll ausgeschöpft wird. In einer turbulenten Umwelt mit Veränderungen in Periode 11 und 21 zeigen sich dann die Nachteile dieses Vorgehens. Dadurch, dass die Wissensbestände auf einen speziellen Umweltwert ausgerichtet werden³², kann die Anpassung an die folgenden Umweltwerte nur mit geringerer Effektivität betrieben werden.

Während Single-Loop Learning in einer statischen Umwelt mit einem um über 70 Punkte höheren Mittelwert der reinen Adaption überlegen ist, beginnt es mit zunehmender Umweltdynamik seine Überlegenheit hinsichtlich der erzielten Ergebnisse auf Grund der begrenzten Wissensbasis zu verlieren. Durch Double-Loop Learning lassen sich dagegen immer eindeutig bessere Resultate erzielen. Im Fall der statischen Umwelt lassen sich mehr als 100 Punkte Unterschied beobachten, und selbst in der Turbulenz-Situation wird der Referenzwert noch um 68 Punkte übertroffen.

Beide Formen proaktiven Lernens zeigen sich einer rein reaktiven Lernhaltung eindeutig überlegen. In der Single-Loop-Einstellung sind die Vorteile geringer als im Fall des Double-Loop Learning, besonders bei zunehmender Umweltdynamik. Hierbei erweist sich die Beschränktheit der simulierten Wissensbasis als entscheidender Hinderungsgrund für bessere Resultate. Beim Double-Loop Learning besteht die Beschränkung nicht in dieser absoluten Form, da ein neues Paradigma immer auch die Wissensbasis „formatiert“, so dass wieder Speicherplatz frei wird.

Unabhängig von den zulässigen Lerntypen erweisen sich zwei Aspekte als zentral für den Erfolg der simulierten Organisation. Die Maximalgröße der Wissensbasis hat einen entscheidenden Einfluss auf die erzielten Ressourcen. In diesem Zusammenhang unterstreichen Simulationen des Fragmented und Superficial Learning (hier nicht im Detail diskutiert) die positiven Effekte, die ein bewusstes oder unbewusstes Vergessen von Wissen haben kann und weisen auf die hohe Bedeutung eines effizienten Wissensmanagement hin. Eine bloße Anhäufung von Daten und Informationen ist nicht effizient, auch wenn die Beschränkung der Wissensspeicherung im Simulationsprogramm möglicherweise zu strikt ist. Es kommt nicht nur darauf an, möglichst viel Wissen zu haben,

³² Dies ist zunächst der in der ersten Periode wahrgenommene Wert. Ein zielgerichtetes Lernen im Hinblick auf weitere Umweltwerte wird durch den verbliebenen Speicherplatz der Knowledge Base eingeschränkt.

wichtig ist auch, dass dieses Wissen jederzeit aufzufinden und abrufbar ist. Dies kann besonders bei umfangreichen Wissensbeständen ein kritischer Faktor werden.

Der zweite große und von den Lerneinstellungen unabhängige Einflussfaktor ist die Umweltdynamik. Die Simulation zeigt deutlich, welch starken Einfluss die Umwelt auf die in der Organisation ablaufenden Vorgänge hat, und das trotz aller Lernmöglichkeiten und Versuche, sich gegen die Unsicherheit abzusichern. Natürlich müssen reale Organisationen ihre Umwelt nicht in dem absoluten Maß passiv ertragen wie die simulierte, sie können teilweise auch selbst ihre Umwelt gestalten, so dass die Beeinflussung, wenigstens zu einem gewissen Grad, wechselseitig ist.³³ Die Zwänge der Umwelt schränken aber jede Organisation auf eine erhebliche Weise ein.

D. Erweiterungsmöglichkeiten und Fazit

OLSim ist ein Versuch, ein Prozessmodell organisationaler Lernprozesse simulierbar zu machen. Dabei ist eine Reihe von Gesichtspunkten vernachlässigt worden, deren Einbeziehung das Modell bereichern könnte. So bleibt beispielsweise die Rolle der Individuen gänzlich unspezifiziert. Sie sind zwar implizit am Lernen beteiligt, ein ausgefeilteres Modell müsste aber ihr Verhalten ausdrücklich berücksichtigen. Dadurch könnten weitere Teilespekte organisationaler Lernprozesse untersucht werden. Besonders reizvoll wäre die Modellierung der Schnittstelle zwischen individuellem und organisationalem Lernen, um die Zusammenhänge zwischen den beteiligten Wissensstrukturen und Sinnmodellen näher zu beleuchten.³⁴ Darüber hinaus wäre es dann möglich, Lernstörungen, beispielsweise „Fragmented Learning“, „Role Constrained Learning“, „Audience Learning“ oder „Opportunistic Learning“, einzubeziehen.³⁵

Ein weiterer Verbesserungspunkt wäre eine Einbeziehung von Lernkosten, wodurch zum Beispiel das kritische Kostenniveau nachgebildet werden könnte, ab dem die Kosten für die Herstellung des Fit die Kosten einer mangelhaften

³³ Siehe *L. J. Bourgeois und Graham W. Astley: A Strategic Model of Organizational Conduct and Performance*, in: International Studies of Management and Organization, Vol. 9, No. 3 (1979), S. 40–66, hier S. 46. Milling spricht vom Unternehmen als „Koproduzent der Umwelt“, *Peter Milling: Strategische Planungs- und Kontrollsysteme zur Unterstützung betrieblicher Lernprozesse*, in: *Peter Milling (Hrsg.): Systemmanagement und Managementsysteme*, Berlin 1991, S. 12.

³⁴ Zu einem Ansatz in dieser Richtung vgl *Daniel H. Kim: The Link between Individual and Organizational Learning*, in: *Sloan Management Review*, Fall 1993, S. 37–50.

³⁵ Siehe *James G. March und Johan P. Olsen: Ambiguity and Choice in Organizations*, Bergen 1976, S. 54 ff.

Anpassung zu übertreffen beginnen, bei dem also aus Effizienzgründen Lernen sinnlos wird.³⁶ Lernen verursacht kurzfristig Kosten, wohingegen die Auswirkungen eher langfristiger Natur, unsicher und schwer zu beurteilen sind.³⁷

Simulationsexperimente mit OLSim erlauben, verschiedene Formen organisationalen Lernens zu definieren, zu unterscheiden und insbesondere in ihren Auswirkungen zu untersuchen. Dabei werden die dynamischen Konsequenzen der Lernformen, aber auch der Umweltdynamik nachvollziehbar. Durch die große Zahl an Versuchsdurchführungen werden statistische Auswertungen abstrakter Szenarien ermöglicht. Der Einsatz einer Simulation kann daher – wie in diesem Beitrag angedeutet – auch dann für Erkenntnisgewinn sorgen, wenn die zugrundeliegenden Phänomene nicht eigentlich erklärt, sondern „nur“ definiert und in ihren Effekten analysiert werden.

³⁶ Vgl. *Theresa K. Lant* und *Stephen J. Mezias*: *Managing Discontinuous Change: A Simulation Study of Organizational Learning and Entrepreneurship*, 1990, S. 149, sowie *George P. Huber*: *Organizational Learning: The Contributing Processes and the Literatures*, in: *Organization Science*, Vol. 2, No. 1 (1991), S. 88–115, hier S. 98. Je nach dem „Alter“ der SOPs könnte diesen unterschiedliche Kosten der Aktivierung zugewiesen werden.

³⁷ Vgl. *Jürgen Greschner*: *Lernfähigkeit von Unternehmen*, Frankfurt 1996, S. 125.

Multipersonelle Konstruktion von Wirkungsgefügen

Von *Falko E. P. Wilms*

A. Einleitung

Sachzusammenhänge, in denen Akteure durch Kommunikation miteinander interagieren und sich hierbei wechselseitig aufeinander beziehen, werden als soziale Systeme bezeichnet. Die Theorie sozialer Systeme¹, die heute zu einer Theorie autopoietischer Systeme ausgebaut worden ist², hat zur Analyse komplexer Sachverhalte wichtige Beiträge geliefert, dennoch wird ihr oft eine starke Praxisferne unterstellt. Das genaue Gegenteil ist richtig: Die moderne Theorie sozialer Systeme liefert direkte Ansatzpunkte für die Praxis.

Im Zusammenhang mit der Erfassung komplexer Sachverhalte ist der Ansatz des vernetzten Denkens³ im deutschsprachigen Raum bekannt geworden, der insbesondere von Vertretern der St. Galler Schule⁴ in die Betriebswirtschaft eingeführt worden ist und bis heute verschiedene Erweiterungen⁵ erfahren hat.

¹ Vgl. Luhmann, N.: **Soziale Systeme**, Frankfurt a. M. 1984; ders.: **Die Gesellschaft der Gesellschaft**, Frankfurt 1999.

² Vgl. Luhmann, N.: **Entscheidung und Organisation**, Opladen/Wiesbaden 2000, S. 44–56.

³ Vgl. Vester, F.: **Ballungsgebiete in der Krise: Eine Anleitung zum Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume mit Hilfe der Biokybernetik**, Stuttgart 1976; Vester, F./Hesler, A. v.: **Sensitivitätsmodell**, Frankfurt 1980; Vester, F.: **Die Kunst vernetzt zu denken**, Stuttgart 1999.

⁴ Vgl. Gómez, P./ Probst, G.: **Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens**, Bern u. a. 1994; Hub, H.: **Ganzheitliches Denken im Management**, Wiesbaden 1994; Ulrich, H./ Probst, G.: **Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln**, 4. unv. Aufl. Bern u. a. 1988; Probst, G.J.B./ Gomez, P. **Vernetztes Denken**, 2. Aufl., Wiesbaden 1981.

⁵ Vgl. Wilms, F. E. P.: **Multikausalität verstehen lernen**, FOKUS-Arbeitsbericht 2/99, Lüneburg 1999, Ninck, A. u. a.: **Systemik**, 2. Überarb. Aufl., Zürich 1998; Jüttner, U./ Schlaue, L. E.: **A network approach to strategie**, in: **Intern. J. of. Research in Marketing** 13 (1996), pp. 479–494.

Dieser Beitrag zeigt ein Vorgehensmodell⁶ zur multipersonellen Konstruktion eines mehrdimensionalen Wirkungsgefüges, das an einige Ideen des vernetzten Denkens und an einige Konzepte der modernen Theorie sozialer Systeme anknüpft und bereits in der betrieblichen Praxis erfolgreich eingesetzt werden konnte.

B. Die Unterscheidung

Die moderne Theorie sozialer Systeme geht davon aus, dass man ein Beobachtungsobjekt von seiner Umwelt unterscheiden muss, um es überhaupt beobachten zu können.⁷ Diese Idee greift zurück auf den Ansatz von George Spencer Brown⁸. Er geht davon aus, dass eine Beobachtung aus einer motivgeleiteten Unterscheidung (distinction) und aus einer daraufhin erfolgenden Bezeichnung (indication) besteht. Die dazugehörige Anweisung lautet „Draw a distinction.“⁹

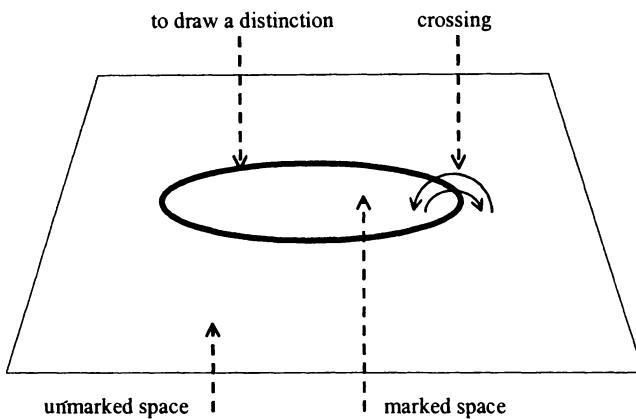


Abbildung 1: Das Setzen einer Unterscheidung¹⁰

Die vom Beobachter gesetzte Unterscheidung markiert eine Grenze, die zwei gegebene Objekte so voneinander abgrenzt, dass diese sich nur berühren kön-

⁶ Vgl. Kahle, E./Wilms, F. E. P.: Der Helidem, Aachen 1998.

⁷ Vgl. Luhmann, N.: Soziale Systeme, Frankfurt a. M. 1984, S. 244.

⁸ Vgl. Spencer Brown, G.: Laws of Form, London 1969, ders.: Laws of form, Gesetze der Form, Lübeck 1997.

⁹ Spencer Brown, G.: Laws of Form, London 1969, S. 3.

¹⁰ In enger Anlehnung an Spencer Brown, G.: Laws of Form, London 1969, S. 59.

nen, nachdem eines der Objekte diese Unterscheidung überquert hat.¹¹ Die sich ergebende *Form der Unterscheidung* verdeutlicht Spencer Brown durch Abbildung 1. Jede Benennung eines Objektes wird als Überschreitung (cross) einer Unterscheidung (distinction) angesehen, wobei die Innenseite von der Außenseite unterschieden wird.¹²

Eine schwebende Seifenblase ist eine nützliche Analogie hierzu: Beobachtbar ist eine Membran, die das Innere vom Äußeren unterscheidbar macht. Systemtheoretisch formuliert: Die Membran bewirkt eine Innen-/Außen-Differenz, die *das Erkennungsmerkmal* eines Systems ist.¹³

Das Unterscheidungsmerkmal (Membran) ist etwas prinzipiell anderes (Seifenlauge) als ihr Inneres und ihr Äußeres (Gasgemisch). Die Existenz des verwendeten Unterscheidungsmerkmals bewirkt die Existenz des Beobachteten: Zerplatzt die Membran, so bleibt nichts übrig, was zu beobachten wäre.

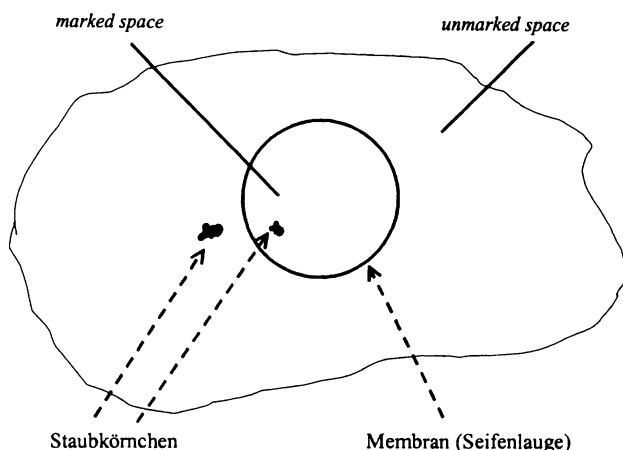


Abbildung 2: Die schwebende Seifenblase

Stellen wir uns mit der Seifenblase zwei Staubkörnchen vor (siehe Abbildung 2), wobei eines als extern und eines als intern zu erkennen ist. Die beiden Staubkörnchen können sich nur berühren, nachdem eines der beiden die Membran (= Grenze und Verbindung von Innerem und Äußerem) durchquert hat.

¹¹ Vgl. Spencer Brown, G.: *Laws of Form*, London 1969, S. 1–3.

¹² Vgl. Baecker, D.: *Im Tunnel*; in: Baecker, D. (Hrsg.): *Kalkül der Form*, Frankfurt a. M. 1993, S. 12–37, insb. S. 22.

¹³ Vgl. Luhmann, N.: *Zweckbegriff und Systemrationalität*, Tübingen 1968, S. 120.

Fassen wir die Idee der frei im Raum schwebenden Seifenblase mit einem inneren und einem äußerem Staubkörnchen zur Annäherung an die Idee von Spencer Brown zusammen, so besteht *die Form der Unterscheidung* aus:

1. Der Unterscheidung (distinction) zwischen dem Inneren und dem Äußeren.
2. Das umschlossene Innere (marked space).
3. Das außerhalb der Umschließung Gelegene (unmarked space) und
4. dem Raum, in dem die Unterscheidung wirksam ist.

Die Beschreibung ist also die Bezeichnung der Unterscheidung zwischen dem Inneren und dem Äußeren durch den Begriff *Seifenblase*. Verwendete Begriffe werden also wirksamen Unterscheidungen zugeordnet. „Dans la langue il n'y a que des différences“ (mit der Sprache werden nur Unterschiede beschrieben) lautet das dazugehörige Postulat in der Linguistik.¹⁴

C. Das Wirkungsgefüge

Seit ca. 20 Jahren werden cognitive maps¹⁵ bei der Analyse betrieblicher Wahrnehmungs- und Verständigungsprozesse eingesetzt. Der Begriff cognitive map unterliegt drei verschiedenen Bedeutungen:

1. Die metaphorische Beschreibung des Weltbildes, die ein Akteur benutzt.
2. Die Erfassung eines Sachverhaltes durch einen Beobachter, in der die von einem Akteur als relevant eingestuften Faktoren mit ihren wichtigen Beziehungen abgebildet sind. (Diese Variante weist weniger Faktoren und weniger Beziehungen auf als Variante 1).
3. Die Abbildung der von verschiedenen Akteuren einer Organisation geteilten oder gemeinsam erzeugten Begriffe und deren relevante Querverweise. Dies kann durch die Akteure selbst oder durch einen Beobachter geschehen.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich insbesondere auf die Variante 3, weil sie die Möglichkeit eröffnet, das gemeinsame Erarbeiten von cognitive maps durch die Entscheidungsträger einer Organisation als eine Spielart des Wissensmanagements zu verstehen.

Das vernetzte Denken¹⁶ sieht die Wirklichkeit als eine Menge von miteinander vernetzten Einflussfaktoren an. Die Abbildung der Wirklichkeit erfolgt über

¹⁴ Saussure, F. de.: *Cours de linguistique générale*, publ. von Bally, Ch./ Sechehaye, A., zitiert nach der krit. hrsg. von Tuillo de Mauro, Paris 1995, (zuerst 1915), S. 166.

¹⁵ Vgl. Taylor, J. R./Lerner, L.: *Making Sense of Sensemaking*, in: *Studies in Cultures, Organizations and Societies*, 1996, Vol. 2.2, S. 257–286.

die konsensorientierte Erfassung der als problemrelevant erachteten Einflussgrößen anhand ihrer begrifflichen Nennungen, deren wirksame Beziehungen anhand von gerichteten oder ungerichteten Linien dokumentiert werden.¹⁷ Die dadurch gegebene Abbildung wird Wirkungsgefüge genannt.¹⁸

Die problemrelevanten Einflussgrößen eines Sachzusammenhangs sind durch ein vielschichtiges Beziehungsgefüge miteinander verbunden, das grundsätzlich für verschiedenste Ordnungsrelationen offen ist.¹⁹ Die verschiedenen, teilweise softwaregestützten Vorgehensweisen²⁰ zur Erstellung solcher Wirkungsgefüge²¹ berücksichtigen diesen Umstand in keinster Weise. Sie benutzen eine Ordnungsrelation aus der Menge an Möglichkeiten (verwerfen also alle anderen) und verschweigen, dass es sich hierbei um eine Entscheidung handelt!

Die Entscheidung zugunsten einer bei der Erstellung eines Wirkungsgefüges benutzten Ordnungsrelation ist letztlich auf die Handhabbarkeit des Problems oder aber auf eine Förderung von Interessen bzw. auf die Durchsetzung von Präferenzen gegründet.²² Beide Möglichkeiten wirken stets miteinander: Bei einer Problemhandhabung wirken immer auch Interessen bzw. Präferenzen mit und eine Förderung von Interessen bzw. eine Durchsetzung von Präferenzen bewirkt letztlich das Problem, dass sehr viele andere Interessen/Präferenzen bewusst vernachlässigt werden.

Unter Berücksichtigung der hier kurz skizzierten Entscheidung bestehen insbesondere bei der multipersonellen Konstruktion eines Wirkungsgefüges – bei der besonders viele Interessen wirksam sind – folgende Vorgehensweisen:

- Man kann eine gemeinsam getragene, begründete Rangreihe der erkannten Ordnungsrelationen erarbeiten.

¹⁶ Vgl. Vester, F.: *Die Kunst vernetzt zu denken*, Stuttgart 1999.

¹⁷ Die als problemwirksam anerkannten Beziehungen der berücksichtigten Faktoren können Ursache-Wirkungs-Ketten, Ziel-Mittel-Relationen oder sematische Querverweise sein.

¹⁸ Der Begriff wurde von Vester eingeführt, vgl. Vester, F.: *Ballungsgebiete in der Krise: Eine Anleitung zum Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume mit Hilfe der Biokybernetik*, Stuttgart 1976.

¹⁹ Vgl. Kahle, E./Wilms, F. E.P.: *Im Tunnel*, Lüneburg 1997, S. 23.

²⁰ Die beiden bekanntesten Softwareprodukte sind GAMMA und das Sensitivitätsmodell, siehe hierzu: Hub, H.: *Ganzheitliches Denken im Management*, Wiesbaden 1994; Vester, F.: *Die Kunst vernetzt zu denken*, Stuttgart 1999.

²¹ Ein solches Wirkungsgefüge hat Ähnlichkeiten mit einem komparativen Kausaldiagramm und ist eine wertvolle Hilfestellung bei der Erstellung von Simulationsmodellen.

²² Vgl. Luhmann, N.: *Entscheidung und Organisation*, Opladen/Wiesbaden 2000, S. 150 f.

- Man kann in einer nichthierarchischen Analyse eine begründete Auswahl von mehreren erkannten Ordnungsrelationen gleichgewichtig verwenden.

Beide Vorgehensweisen legen die Begründung des Vorgehens offen und ziehen durch die bewusst herbeigeführte Transparenz der Handlungsweisen auf eine hohe Akzeptanz des erarbeiteten Wirkungsgefüges ab, das durch die Methodenschritte ebenso bestimmt ist wie durch die anfängliche Grundentscheidung.

D. Der Helidem

Der Helidem-Ansatz ist ein nichthierarchisches Vorgehensmodell²³ zur multipersonellen Konstruktion eines Wirkungsgefüges und folgt damit der zweiten oben angeführten grundsätzlichen Vorgehensweise. Er knüpft an die systemtheoretische Grundidee an, gesetzte Grenzen zu benutzen und daraus Konsequenzen zu ziehen.²⁴ Der Helidem-Ansatz beruht darauf, dass der Aufbau von Wissen über das Befolgen bestimmter Anweisungen und über die Betrachtung der sich ergebenden Ergebnisse führt, um daraus Erkenntnisse zu gewinnen.²⁵ Ferner wird davon ausgegangen, dass die Wirklichkeit wirksame Einflussgrößen umfasst, unabhängig davon, worauf ihre jeweilige Wirksamkeit beruht.²⁶ Unterstellt wird schließlich auch, dass die wirksamen Einflussgrößen durch ein vielschichtiges Beziehungsgefüge verbunden sind, das offen für verschiedene Ordnungsrelationen ist.²⁷

Im Helidem-Ansatz zur Analyse komplexer Sachzusammenhänge sind eigens dafür entwickelte Begriffe eingeführt worden, die sich auf die Interdependenzen zwischen verschiedenen Einflussgrößen einer abzubildenden Problematik in ihrem Kontext und auf die daraus abzuleitenden Konsequenzen beziehen.²⁸

In einem ersten Schritt (Abbildung 3a) werden die als problemrelevant angesehenen Einflussgrößen anhand ihrer begrifflichen Nennung aufgelistet. Die

²³ Vgl. Kahle, E./Wilms, F. E. P.: *Der Helidem*, Aachen 1998, S. 41–46 und S. 129–145, sowie Kahle, E./Wilms, F. E. P.: *Im Tunnel*, Lüneburg 1997, S. 62–77 und S. 83–92.

²⁴ Vgl. Luhmann, N.: *Soziale Systeme*, Frankfurt a. M. 1984, S. 114.

²⁵ Vgl. Spencer Brown, G.: *Laws of form, Gesetze der Form*, Lübeck 1997.

²⁶ Es gibt also auch Faktoren, deren Wirksamkeit allein durch die mentalen Modelle der Prozessbeteiligten gegeben ist.

²⁷ Eine Ist-Analyse bedarf also einer begründeten, zielorientierten Auswahl der zu verwendenden Ordnungsrelation(en), die das abgeleitete Untersuchungsergebnis präjudiziert.

²⁸ Vgl. Kahle, E./Wilms, F. E. P.: *Der Helidem*, Aachen 1998, S. 40.

jeweilige Relevanz kann sich auf das verfügbare Wissen der Prozessbeteiligten, auf den Stand der Fachliteratur oder auf die Auffassung von anerkannten Experten beziehen.

Die relevanten Einflussgrößen weisen vielfältige Beziehungen untereinander auf und lassen sich anhand der verwendeten Ordnungsrelationen (bzw. Analysekategorien) in verschiedene Bezugsfelder²⁹ gruppieren. Die Bezugsfelder werden in Anlehnung an das griechische Wort für Feld *Pedie* genannt, womit keinerlei hierarchische Konnotationen verbunden sind. Die Anzahl der verwendeten Pedien ist zwar nicht vorherbestimmt, sie sollte aber vorteilhafter Weise aus Gründen der Handhabbarkeit zwischen 3 und 7 bestehen.

Jede Pedie enthält mehrere Einflussgrößen aus der erstellten Sammlung der problemrelevanten Einflussgrößen, und bekommt einen Oberbegriff zugeordnet. Die Anzahl der Einflussgrößen, die einer Pedie zugeordnet werden, ist offen.

In einem zweiten Schritt (Abbildung 3b) werden die abgeleiteten Pedien einander gegenübergestellt bzw. so zu einem größerem Ganzen gruppiert, dass die Pedien als seitliche Begrenzungen eines Problemraumes fungieren, siehe Abbildung 3. Eine Seitenfläche dieses Problemraumes wird in Anlehnung an das griechische Wort für Seite *Merie* genannt, wenn sie im Zusammenhang mit dem ganzen Problemraum betrachtet wird; in der Einzelbetrachtung werden die Seitenflächen jeweils Pedie genannt.³⁰ Ein aus Gründen der besseren Handhabbarkeit aus der Vogelperspektive visualisierter Problemraum wird hier in Anlehnung an das griechische Wort für Kasten *Problemchora* (Abbildung 3b) genannt. Die Merien einer Problemchora verdeutlichen unterscheidbare Schwerpunkte in der Betrachtung eines Sachzusammenhangs, die grundsätzlich als gleichgewichtig angesehen werden.

In den folgenden Schritten können nun verschiedene Richtungen eingeschlagen werden. Es ist möglich, einzelne Pedien hinsichtlich der intern wirkenden Relationen zu untersuchen oder es können die zwischen einzelnen Merien wirkenden Relationen erarbeitet werden. Ebenso ist es möglich, ein pedieninternes Element aus der Sicht der anderen Merien zu betrachten.

²⁹ Eine pragmatische Umsetzung dieses Gedankens besteht darin, dass jede relevante Perspektive genau eine Pedie darstellt oder dass jedem Kleingruppenmitglied eine eigene Pedie zugeschrieben wird.

³⁰ Im Sinne des Ansatzes von George Spencer Brown kann die Pedie als eine Form der Unterscheidung angesehen werden, deren Innenseite die wesentlichen Elemente enthält. In einem Problemraum ist es nun möglich, ein Element einer Pedie gemäß der cybernetic second order von der Innenseite und von der Außenseite zu analysieren. Merien sind hierbei das Unterscheidungsmerkmal, durch das die benutzten Pedien wechselseitig von einander isoliert werden können.

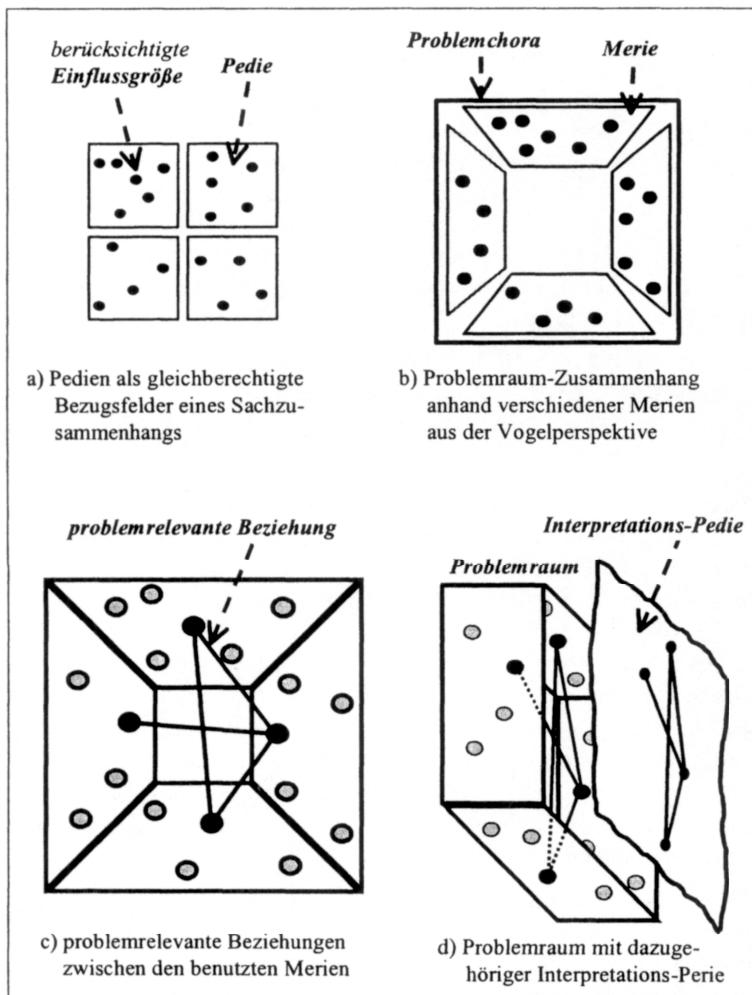


Abbildung 3: Von den Einflussgrößen zum Problemraum

Die zuletzt genannte Variante (Abbildung 3c) sei hier beispielhaft erläutert.³¹ Aus den Nennungen der Einflussgrößen in den verwendeten Merien wird jeweils eine Begrifflichkeit herausgegriffen und mit jeweils einer Nennung aus

³¹ Aus Sicht der Praxis wird hier ein gemeinsames Vokabular generiert, was insbesondere in interdisziplinären Teams ebenso wenig vorausgesetzt werden kann wie in Arbeitsgruppen, in denen Mitglieder unterschiedlicher Hierarchieebenen mitarbeiten.

jeder anderen Merie in Beziehung gesetzt.³² Nachdem auf diese Weise alle in einem Problemraum berücksichtigten Einflussgrößen in Relation zueinander betrachtet worden sind, wird dann ein neuer Problemraum eröffnet, in dem eine andere Kombination von untersuchten Einflussgrößen in gleicher Weise betrachtet wird. Hierbei wird die neue Problemchora bei der Darstellung gegen den Uhrzeigersinn um eine Merie gedreht und um die vorherige Problemchora herum dargestellt. Man kann nun die problemwirksamen Relationen in jeder einzelnen Problemchora betrachten oder nur die Relationen zwischen den Choren oder beides. Es ist aber auch möglich, den Selbstbezug eines Begriffes zu erfassen.

In den folgenden Schritten werden nun, wenn auf diese Weise alle Einflussgrößen einer Problemchora mit ihren problemwirksamen Relationen zueinander betrachtet worden sind, immer neue Problemchoren mit immer wieder neuen Kombinationen von untersuchten Einflussgrößen in gleicher Weise betrachtet und um die vorherigen Choren herum dargestellt.

Damit die anfänglich bei der Generierung von immer neuen Problemchoren benutzte Konnotationen der Relationen und der Einflussgrößen beibehalten werden, bekommt ein methodenerfahrener Moderator dieses Prozesses die Aufgabe, unter Verwendung eines einheitlichen Verfahrens³³ eine Würdigung jeder abgearbeiteten Problemchora bzw. jedes abgearbeiteten Problemraumes zu erstellen, bevor ein neuer Problemraum generiert wird (Abbildung 3d). Diese zweidimensionale Dokumentation wird mit dem Begriff *Interpretations-Pedie* gefasst und allein vom Moderator erstellt, die Problemräume bzw. -choren hingegen werden von den Prozessbeteiligten und eben *nicht* vom Moderator erarbeitet.³⁴

Im Zeitablauf werden immer neue Problemräume generiert, bearbeitet, zueinander gedreht und anhand einer einheitlich erstellten Interpretations-Pedie dokumentiert (Abbildung 4a), die als Kopplungselemente der einzelnen Problemräume verstanden werden und letztlich die cognitive maps der Prozessbeteiligten hinsichtlich des Problemraumes darstellen.

Die generierten Problemräume mit ihren Interpretations-Pedien ergeben durch ihre Drehung zueinander eine Art Spiralband, das in Anlehnung an die

³² Da in jedem einzelnen Analyseschritt so viele Einflussgrößen betrachtet werden, wie es Merien gibt, ist die Anzahl der betrachteten Beziehungen mit $n/2$ ($n-1$) für n Merien gegeben. Sie sind im Regelfall simultan zu erfassen.

³³ In diesem Zusammenhang leistet z. B. der aus dem vernetzten Denken bekannte Umgang mit Wirkungsgefügen gute Dienste, vgl. Vester, F.: *Die Kunst vernetzt zu denken*, Stuttgart 1999.

³⁴ Eine Interpretations-Pedie ist also eine kollektive, multidimensionale cognitive map der Beteiligten über einen Sachzusammenhang.

griechischen Worte für Spirale und Band mit dem Begriff *Helidem* bezeichnet wird. Wenn im Prozess der Problemraum-Generierung alle bekannten und vermuteten problemwirksamen Beziehungen erfasst und dokumentiert worden sind, dann wird die zuletzt erarbeitete Interpretations-Pedie an den zuerst erstellten Problemraum gekoppelt, indem wirksame Beziehungen aufgespürt werden.

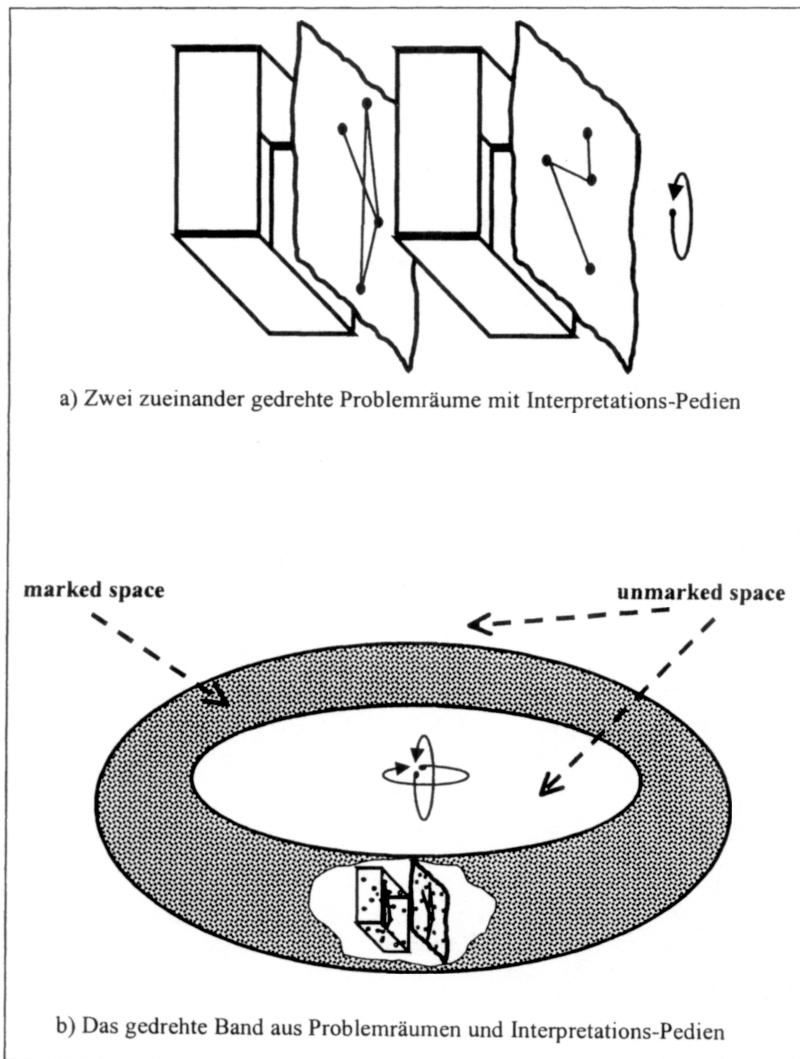


Abbildung 4: Die Komponenten eines Helidems

Es entsteht ein Torus aus spiralförmig zueinander gedrehten, rekursiv gekoppelten Probleträumen. In diesem Torus (Abbildung 4b), sind alle bekannten und vermuteten problemwirksamen Beziehungen der relevanten Einflussgrößen des untersuchten Sachzusammenhangs erfasst. Dieser Torus ist eine Form im Sinne von Spencer Brown, die gegeben ist durch:

1. Die Unterscheidung zwischen den als „problemrelevant“ eingestuften und berücksichtigten Einflussgrößen des Sachzusammenhangs einerseits und den als „nicht problemrelevant“ erachteten und nicht berücksichtigten Größen. Dies ist im Sinne von Spencer Brown die gesetzte *distinction*.
2. Das umschlossene Innere des Toruses, bestehend aus den verwendeten begrifflichen Notationen der problemrelevanten Größen mit ihren Konnotationen. Dies ist im Sinne von Spencer Brown der *marked space*.
3. Das Äußere des Toruses, dies ist im Sinne von Spencer Brown der *unmarked space*.
4. Den Prozess der Analyse des Sachzusammenhangs als Kontext aller Bemühungen, dies ist im Sinne von Spencer Brown der Raum, in dem die getroffene Unterscheidung wirksam ist.

Die Konstruktion eines Helidems, verstanden als spiralförmig zueinander gedrehte Probleträume mit den bekannten/vermuteten Beziehungen der problemrelevanten Einflussgrößen eines Sachzusammenhangs ist eine konsequente Umsetzung des Satzes von Spencer-Brown, der von einer Welt als Torus ausgeht, Abbildung 5.

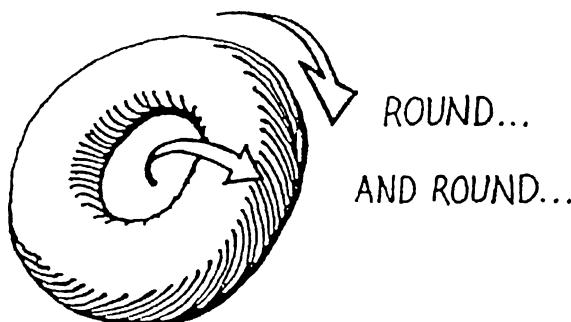


Abbildung 5: Der Torus³⁵

³⁵ Diese Abbildung ist entnommen aus: Spencer Brown- AUM Conference, March 18–25, Esalen Institut 1973; Manuscript, S. 122.

Ein Helidem ist eine Begriffswelt³⁶, in der letztlich der sprachgebundene Wissenstand der Prozessbeteiligten über den betrachteten Sachzusammenhang notiert ist. Die Innenseite eines Helidems kann beispielsweise auf die Organisation bezogen sein, in der die Prozessbeteiligten tätig sind. Die Beteiligten befinden sich in diesem Fall – bildlich gesprochen – in einem Tunnel³⁷ (d. h. im Torus), bestehend aus einem Gefüge generischer Begriffe als vereinfachende Darstellung der wahrgenommenen innerorganisatorisch relevanten Ereignisse.³⁸

E. Das Lernen in Gruppen

Die multipersonelle Konstruktion eines Helidems trägt zum innerorganisatorischen Lernen bezüglich des betrachteten Sachzusammenhangs bei, denn durch die Verständigung auf relevante Einflussgrößen mit ihren problemwirksamen Beziehungen wird es zu gegenseitigen Anpassungen³⁹ der bisherigen Sicht der Elemente oder Beziehungen und deren semantischer Darstellung kommen. Nur in Ausnahmefällen wird man feststellen können, dass bei den Beteiligten eine völlige Übereinstimmung vorherrscht. Durch das konsensorientierte Abklären der gefundenen Unterschiede in den verwendeten Relevanzkriterien für einzelne Größen und Beziehungen werden Lernprozesse initiiert.

Nach Spencer Brown wird lernen stets durch das Befolgen bestimmter Anweisungen und über die anschließende Beobachtung der sich ergebenden Ergebnisse, um daraus Erkenntnisse zu gewinnen.⁴⁰ Der Helidem-Ansatz gibt den Anwendern folgende Befehle an die Hand, um neue Erkenntnisse über einen Sachverhalt zu ermitteln und zu dokumentieren:

1. Erfasse problemrelevante Einflussgrößen anhand definierter Relevanzkriterien.
2. Definiere Ordnungsrelationen (=Perspektiven) für die Analyse.
3. Gruppiere die erfassten Einflussgrößen.
4. Ordne diesen Gruppen (= Pedien/Merien) jeweils einen Oberbegriff zu.

³⁶ Vgl. zum Begriffsraum: Derrida, J.: *Die Schrift und die Differenz*, Frankfurt 1972.

³⁷ Baecker, D.: *Im Tunnel*; in: Baecker, D. (Hrsg.): *Kalkül der Form*, Frankfurt a. M. 1993, S. 12–37.

³⁸ Insofern ist ein Helidem eine Darstellungsform des innerorganisatorischen Wissens.

³⁹ Pask schlägt vor, den Prozess des Lernens allgemein zu ersetzen durch einen homöostatischen Kommunikationsprozess der gegenseitigen Anpassung; vgl. Pask, G.: *Conversation Theory: Application in Education and Epistemology*, Amsterdam 1976.

⁴⁰ Vgl. Spencer Brown, G.: *Laws of form*, Lübeck 1997.

5. Entscheide, ob du Pedien oder Merien konkreter analysieren möchtest.
6. Generiere Problemräume mit Interpretations-Pedien.
7. Dokumentiere die Problemräume mit einem einheitlichen Verfahren.
8. Verbinde die zuletzt erstellte Interpretations-Pedie mit dem zuerst erstellten Problemraum.

Das Befolgen dieser Anweisungen ergibt ein Helidem. In weiteren Arbeitsschritten können einzelne Interpretations-Pedien in quantifizierte, gewichtete Problemstrukturen überführt⁴¹ werden, um ganze Simulationsmodelle zu erstellen. In diesem Zusammenhang werden weitere interne Widersprüche entdeckt und beseitigt sowie stillschweigende Grundannahmen der Beteiligten offengelegt.⁴²

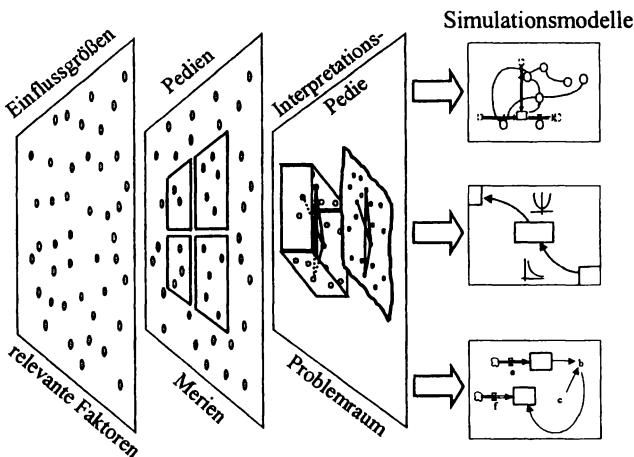


Abbildung 6: Interpretations-Pedien als Basis von Simulationsmodellen

Der Erkenntnisfortschritt eines Beteiligten ist am größten, wenn er im Konstruktionsprozess eines Helidems oder eines simulationsfähigen Modells krasse Unterschiede zwischen den Aussagen des Wirkungsgefüges und dem eigenen

⁴¹ Vgl. Doyle, J. R.: Multiattribute Choice for the Lazy Decision Maker: Let the Alternatives Decide!, in: *Organizational behaviour and Human Decision Progress*, Vol. 62, No. 1, 1995, S. 85–100.

⁴² Zum Beitrag von Simulationsmodellen für das Lernen vgl. Senge, P.: *Die fünfte Disziplin*, 5. Aufl., Stuttgart 1998, S. 379 ff.

Wissens- und Erlebnishintergrund erkennt. Solche konzeptuellen Konflikte⁴³ können ihre konstruktive Kraft entfalten, wenn der Betroffene den Erkenntniswert der gefundenen Unterschiede als solchen anerkennt und daraufhin nach Möglichkeiten der Restrukturierung seiner Wissensbestände sucht, damit eine Assimilation des jetzigen Informationsstandes in die dann neu formierte Wissenskonfiguration möglich ist. Je deutlicher die Notwendigkeit von konzeptionellen Änderungen von „lieb gewordenen“ Erklärungs- und Deutungsmuster anerkannt wird, desto eher werden eigene Wissensbestände geändert und lernen passiert.

Literaturverzeichnis

- Ashby, W.R.: An Introduction into Cybernetics. London, 1964.*
- Baecker, D.: Im Tunnel; in: Baecker, D. (Hrsg.): Kalkül der Form, Frankfurt a. M. 1993, S. 12–37.*
- Derrida, J.: Die Schrift und die Differenz, Frankfurt 1972.*
- Doyle, J. R.: Multiattribute Choice for the Lazy Decision Maker: Let the Alternatives Decide!, in: Organizational behaviour and Human Decision Progress, vol. 62, No. 1, 195, S. 85–100.*
- Gomez, P. / Probst, G.: Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens, Bern u. a. 1994.*
- Hewson, P. W. / A'Becket Hewson, M. G.: The role of conceptual conflict in conceptual chance and design of science instruction; in: Instructional Science 13 (1984), S. 1–13.*
- Hub, H.: Ganzheitliches Denken im Management, Wiesbaden 1994.*
- Jüttner, U. / Schlangen, L. E.: A network approach to strategie, in: Intern. J. of. Research in Marketing 13 (1996), pp. 479–494.*
- Kahle, E. / Wilms, F. E. P.: Der Helidem, Aachen 1998.*
– Im Tunnel, Lüneburg 1997.
- Luhmann, N.: Entscheidung und Organisation, Opladen/Wiesbaden 2000.*

⁴³ Vgl. Hewson, P. W. / A'Becket Hewson, M. G.: The role of conceptual conflict in conceptual chance and design of science instruction; in: Instructional Science 13 (1984), S. 1–13.

- Die Gesellschaft der Gesellschaft, Frankfurt 1999.
- Soziale Systeme, Frankfurt a. M. 1984.
- Zweckbegriff und Systemrationalität, Tübingen 1968.

Ninck, A. u. a.: Systemik, 2. Überarb. Aufl., Zürich 1998.

Pask, G.: Conversation Theory: Application in Education and Epistemology, Amsterdam 1976.

Probst, G.J.B. / Gomez, P.: Vernetztes Denken, 2. Aufl., Wiesbaden 1981.

Saussure, F. de.: Cours de linguistique générale, publ. von Bally, Ch./ Sechehaye, A., zitiert nach der krit. hrsg. von Tuillo de Mauro, Paris 1995, (zuerst 1915), S. 166.

Senge, P.: Die fünfte Disziplin, 5. Aufl., Stuttgart 1998, S. 379 ff.

Spencer Brown, G.: Laws of Form, London 1969.

- Laws of form, Gesetze der Form, Lübeck 1997.

Spencer Brown – AUM Conference, March 18–25, Esalen Institut 1973, Manuskript.

Taylor, J. R. / Lerner, L.: Making Sense of Sensemaking, in: Studies in Cultures, Organizations and Societies, 1996, vol. 2.2, S. 257–286.

Ulrich, H. / Probst, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln, 4. unv. Aufl. Bern u. a. 1988.

Vester, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, Stuttgart 1999.

- Ballungsgebiete in der Krise: Eine Anleitung zum Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume mit Hilfe der Biokybernetik, Stuttgart 1976

Vester, F. / Hesler, A. v.: Sensitivitätsmodell, Frankfurt 1980.

Wilms, F. E. P.: Multikausalität verstehen lernen, FOKUS-Arbeitsbericht 2/ 99, Lüneburg 1999.

Verarbeitung von Wissen in Organisationen

Von *Ubaldo Bilello*

A. Einleitung

Das Thema Knowledge Management ist derzeit aktuell, aber Ansätze und Realisierungen hierzu stecken in den Kinderschuhen. Zumeist ist das Thema durch DV-Spezialisten besetzt worden, die hierin eine Chance sehen, Groupware oder Datenbanken aufzubauen und zu verkaufen. Auch die Theorie tut sich schwer; schon bei der Abgrenzung von Daten versus Informationen gibt es eine Reihe von pragmatisch kaum verwendbaren Definitionen, siehe z.B. Luft¹. Vielleicht liegt es daran, daß die Fragestellungen bisher nicht präzise genug waren. Der Verfasser sucht diese Fragestellungen aus der Sicht prozessorientierter praktischer Anwendung und eigener Erfahrung heraus zu präzisieren. Es ist dem Verfasser bewußt, daß er mehr Fragen als Antworten liefern können wird.

Der organisatorische Prozeß, der unterstützt werden soll, ist die determinierende Größe für die Art/Gestaltung von Knowledge-Managements; er determiniert welche Modelle verwendet werden können, und diese wiederum bestimmen die Anforderungen an die Daten. Ausgangspunkt ist eine Einordnung und Klärung der Begriffe, wie z.B. Daten, Datenkontexte, Informationen, Wissen. Aus den Einzelementen der Regelkreise des organisatorischen Lernens lassen sich die verschiedenen Modellarten ableiten, die für jede Stufe benötigt werden, z.B. Strukturmodelle, Prozessmodelle, Interaktionsmodelle, Lernmodelle

Die Interpretation der Modelle erfordert entsprechende Daten mit Inhalten

- Kontext & Relevanz

und Darstellungen, z.B. Datenpunkte, Datenvektoren, Datenmatrizen (Tabellen)

- Grafiken, Bilder, Texte, Formulare etc.

¹ Luft, Alfred Lothar: Zur begrifflichen Unterscheidung von „Wissen“, „Informationen“ und „Daten“, in: Wille und Zickwolff (Hrsg.), Begriffliche Wissensverarbeitung, Mannheim 1994.

Die verschiedenen Standpunkte und Interessen der Betrachter erfordert die Entwicklung von Kategorien des Wissens, die die Informationsbedürfnisse der Beteiligten möglichst präzise abdecken sollten.

Dieser Prozeß ums effektiv sein – d.h. der Betrachter findet die Information, die benötigt wird, aber auch effizient, d.h. in dem Problem angemessener Zeit ablaufen. Eingehende Daten durchlaufen Kontextfilter und Relevanzfilter, aber welche werden benötigt? Wie sieht der Gestaltungsprozess aus, der zu Definition dieser Filter führt? Kategorien sind zu bilden unter denen die einzelnen Wissenselemente – wie immer diese auch strukturiert sein mögen – abgelegt und gefunden werden können. Auf der Detailebene – Einzeldaten – muß der Endbenutzer freie Hand zu Gestaltung haben – wie paßt dieses in den Gesamtkontext der Kategorisierung? Auch hier: Wie sieht der Prozeß aus, der zu einer Definition dieser Elemente führt?

B. Knowledge-Management

Das erste Problem der meisten Darstellungen ist die Unklarheit, was Knowledge (Wissen) eigentlich ist; die Übersetzung vom Englischen ins

Deutsche kreist um die Begriffe „Wissen“ und „Verstehen“, hat also viel mit „Lernen“ zu tun. Im folgenden wird auf eine Definition verzichtet, um den Kontext der notwendigen Diskussion zu erläutern. Lernen ist ein komplexer Prozeß, der in der einfachsten Darstellung des individuellen Lernen (Bild 1) zumindest die folgenden vier Elemente aufweist:

- Beobachten,
- Bewerten,
- Gestalten,
- Implementieren.

Ein häufig übersehenes fünftes Element ist das eigentlich interessante, nämlich die *Modellbildung*. Das Fehlen dieses Elements ist besonders kritisch im Organisationskontext. Denn während in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Zusammenhängen die verwendeten Modelle noch relativ homogen und quasi lehrbuchmäßig bei einer Vielzahl der Beteiligten Verwendung finden, gibt es solche gemeinsamen Modelle im Organisationskontext nur im Ausnahmefall, z.B. im Qualitätsmanagement. In vielen anderen Bereichen sind die in den Datenbanken gespeicherten Daten nur in spezifischen Kontexten „Richtig“ zu interpretieren, nur ist der Kontext *nicht* in der Datenbank *verfügbar*.

Werden z.B. bei einer Unternehmensberatung die Präsentationen in einer Datenbank vorgehalten, die einzelne Berater für bestimmte Klienten gehalten

haben, so ist der Kontext der Präsentationen nicht ohne weiteres erschliessbar. Eigentlich ergibt sich der Kontext erst durch ein persönliches Gespräch mit dem jeweiligen Berater – die Verfügbarkeit der Präsentation an sich hilft noch nicht weiter.

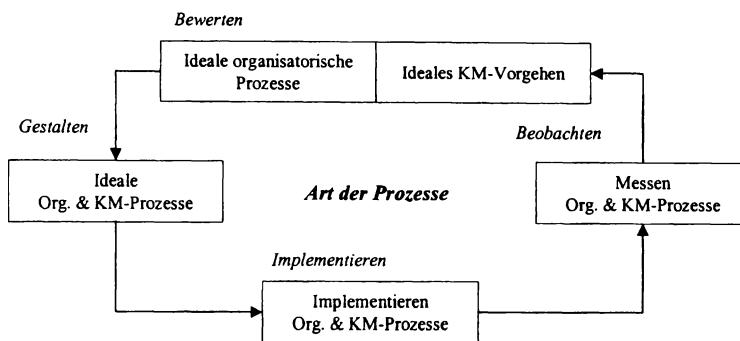


Abbildung 1: Individuelles Lernen

Das Element der Modellbildung macht Lernen eigentlich erst effektiv (Bild 2). Dies gilt für individuelles Lernen, muß aber auch für organisatorisches Lernen erweitert werden – durch gemeinsame organisatorische Modelle.

Die Modellbildung auf individueller Ebene wird ergänzt durch die „shared models“. Um zu diesen zu gelangen, muß das individuelle Wissen zuerst einmal explizit und kommunizierbar gemacht werden. Hinzu kommt die Abstimmung mit den anderen Modellen, die im Unternehmen vorhanden sind. Die Modelle sollen zueinander passen, einander ergänzen.

Zur Vervollständigung sind noch einige Elemente erforderlich, um dieses Modell individuellen Lernens auf organisatorisches Lernen zu übertragen²

Dieses Modell des organisatorischen Lernens (Bild 3) bildet den Ausgangspunkt für die Untersuchung von Knowledge Management, sie beschreiben

Es soll die Fragen beantworten:

- Was kann der einzelne in der Organisation bewirken?
- Was kann die Organisation als Ganzes tun?
- Wie sehen die (erwarteten) Reaktionen des Umfelds aus?

² Kim, The link between individual and organizational learning, Sloan Management Review, 1993, Fall, pp 37-50.

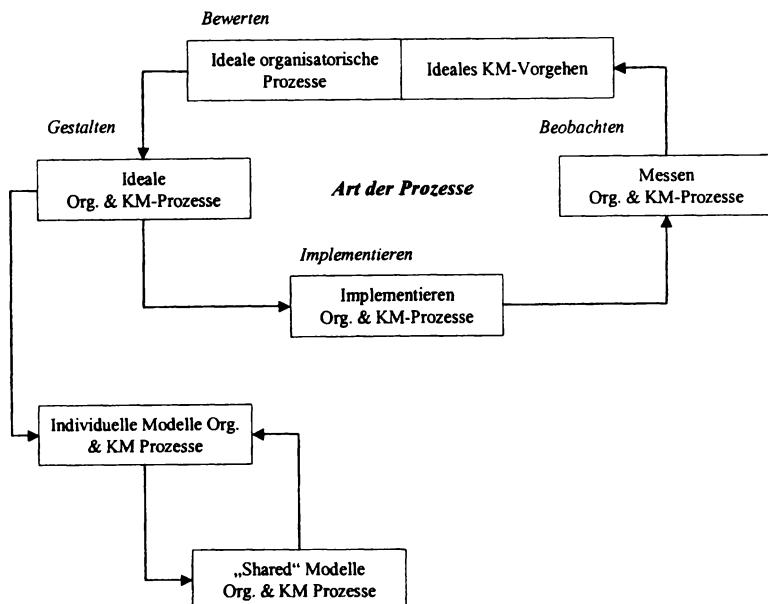


Abbildung 2: Modellbildung

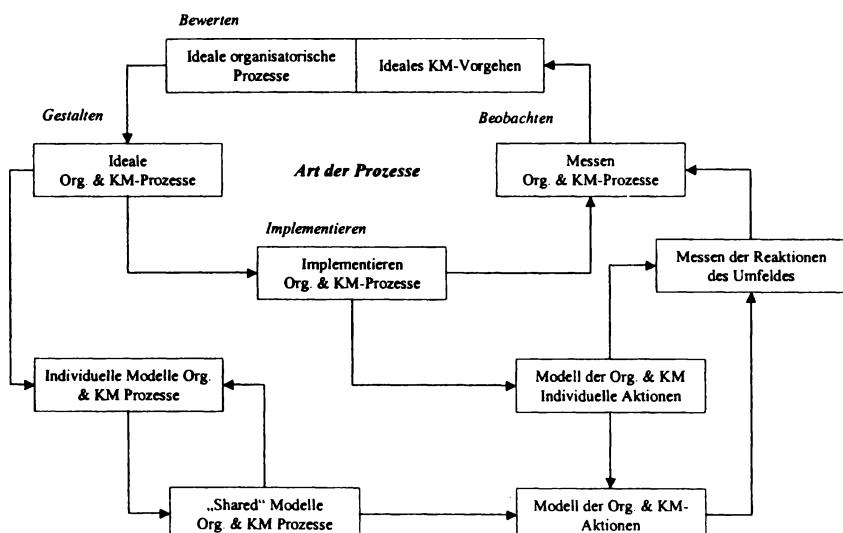


Abbildung 3: Organisatorische Aktionen

C. Versuch einer Klassifizierung der notwendigen Fragestellungen

Unabhängig von der betrachteten speziellen KM-Fragestellung werden Kategorien für die zu bearbeitenden Problemfelder vorgeschlagen. Die Kategorisierung erfolgt auf Basis des von Kim entwickelten Modells für das organisatorische Lernen.

Die verwendeten Elemente organisatorischer Regelkreise umfassen die folgenden Elemente:

1. Individuelle Prozesse

- Beobachten (Observe),
 - Bewerten (Assess),
 - Gestalten (Design),
 - Einführen (Implement).
-
- *Observe: Quellen der Daten*
 - Wie sieht das Datenerfassungsmodell aus?
 - Wer verfügt über Teile der Daten / Informationen innerhalb der Organisation / ausserhalb der Organisation?
 - Woher stammen diese?
 - Wie sieht die Interessenlage bei der Datenerstellung aus?
 - *Assess: Beurteilung der Daten*
 - Wie sieht das Datenbeurteilungsmodell aus?
 - Wer kann die Daten beurteilen nach Relevanz und Qualität?
 - Wer führt diese Beurteilung durch?
 - Wie können Schlussfolgerungen abgeleitet werden?
 - Wer kann dieses durchführen?
 - wie sieht die Interessenlage bei der Datenbeurteilung aus?
 - *Design: Handlungen / Strategien ableiten*
 - Wie sieht das Gestaltungs-/Handlungsmodell aus?
 - Wer kann das Handlungsmodell entwickeln nach Relevanz und Qualität?

- Welche Datensituation kann zu welchen Handlungen führen?
- Wie sieht die Interessenlage bei der Entwicklung der Handlungsempfehlungen aus?
- Wer kann aus den Beurteilungen Handlungen ableiten?
- *Implement: Massnahmen umsetzen*
 - Wie sieht das Umsetzungsmodell aus?
 - Wer kann die Massnahmen umsetzen?
 - Wie sieht die Interessenlage bei der Entwicklung der Handlungsempfehlungen aus / Welches Rollenverständnis wird für KM benötigt?

2. Modellbildung

- Individuelle Modellbildung,
- Organisatorische Modellbildung („Shared Models“).
 - *Individuelle Modellbildung*
 - Siehe oben.
 - *Organisatorische Modellbildung*
 - Welche Schritte sind zu einem organisatorischen „shared model“ notwendig?
 - Wie sieht das Zusammenspiel innerhalb der Organisation aus?
 - Wie sieht das Gestaltungs-/Handlungsmodell aus?
 - Wer kann das „shared model“ entwickeln nach Relevanz und Qualität?
 - Welche Datensituation kann zu welchen Handlungen führen?
 - Wie sieht die Interessenlage bei der Entwicklung der Shared Model?
 - Wer kann aus den Beurteilungen Handlungen ableiten, welche Anreize können das Zusammenspiel unterstützen?

3. Organisatorische Prozesse

- Individuelle organisatorische Aktionen,

- Organisatorische Aktionen,
- Reaktionen des Umfelds.

Gespiegelt werden können die Prozesse an den Fragen

- Wie sieht das Modell aus?
- Wer verfügt über die Kompetenz für das entsprechende Modell?
- Wie sieht die Interessenlage aus?

- *Individuelle organisatorische Aktionen*

- Wie sehen die Handlungsmöglichkeiten des Einzelnen aus?
- Welche Rollenverständnis besitzt er?

- *Organisatorische Aktionen*

- Welche Anwendungen des shared Modell sind möglich?
- Handlungen kann die Organisation unternehmen?
- Wer führt Sie durch?
- Welche Anreize sind zu geben?

- *Reaktion des Umfelds*

- Wie kann der Erfolg des shared Modell gemessen werden?
- Welche Daten / Informationen werden benötigt?
- Aus welchen Quellen?
- Mit welcher Intention werden Sie erfasst / eingegeben?
- Welches Interesse hat derjenige, der die Daten zur Verfügung stellt?

D. Die Grundfragen zur Gestaltung von Knowledge-Management

I. Welche organisatorischen Prozesse sollen durch Knowledge-Management unterstützt werden?

Die Anwendung von wissensunterstützenden Konzepten kann prinzipiell auf eine Vielzahl von Gebieten mit ergebnisrelevantem Einfluss im Unternehmen eingesetzt werden, um nur einige herauszugreifen

- Reaktionsvermögen
 - Preisfindung / -gestaltung (z.B. Kundenklassifizierung, Verhandlungsspielraum,
 - Angebotserstellung gegenüber einem Kunden (z.B. Anlagenauslegung, Beratungsangebote).
- Innovation
 - Produktverbesserung (z.B. über Produkteigenschaften, Wartungsprobleme),
 - Wissenschaftliche Analyse (z.B. über Patentanmeldungen, Gerichtsurteile).
- Kernkompetenz
 - Informationsaustausch über Produktionsprozesse / -verfahren.
- Effizienz
 - Risikoanalyse (z.B. Strategiefindung, Kreditmanagement),
 - Informationsgewinnung (z.B. über Kundenverhalten, Wettbewerber, Absatzplanung).

II. Wie sieht dieser organisatorische Prozess heute aus, der diese Prozesse unterstützt, und was sind seine Stärken und Schwächen

Die Hauptschwierigkeit scheint darin zu bestehen, das Wissen von einzelnen Personen den übrigen Beteiligten verfügbar zu machen.

- Über welches Wissen reden wir überhaupt?
- Ist den Wissensträgern überhaupt bewusst,
 - welches Wissen Sie besitzen,
 - welchen Nutzen ihr Wissen für andere bedeuten könnte?
- Wie sieht das Wissensmodell aus?
- Wie sieht das Kommunikationsmodell des Wissens aus?

Hier ist eine Analyse mit den oben genannten individuell / organisatorischen und organisatorisch / kommunikativen Prozessen erforderlich. Die Methodik für Analyse, Darstellung und Bewertung der Prozesse ist die des Business Process Reengineering. Damit können die Stärken und Schwächen der Prozesse und ihrer Unterstützung durch „Knowledge“ herausgearbeitet werden.

III. Wie sieht der Idealprozess des Knowledge-Managements aus, um die angesprochenen Fragestellungen zu unterstützen

Idealprozesse können in kreativen Teams / Arbeitsgruppen erarbeitet werden. Hierbei gelten die Regeln für die Gestaltung von Geschäftsprozessen, wie sie aus dem Business Process Engineering bekannt sind. Die Ergebnisse fließen in die Auslegung der zukünftigen organisatorischen Prozesse ein, zusammen mit den Ideen zur pragmatischen Beseitigung von Schwachstellen.

IV. Wie müsste der organisatorische Idealprozess zukünftig aussehen, um den Idealprozess des Knowledge-Management zu unterstützen

Auch organisatorische Idealprozesse können in kreativen Teams / Arbeitsgruppen erarbeitet werden; unter Berücksichtigung der Ergebnisse des dritten Grundfrage.

V. Wie können die Ergebnisse aus der Beantwortung der Fragen 3 und 4 zu einem organisatorischen Gesamtprozess zusammengesetzt werden

Auch die Synthesen von 3 und 4 können in kreativen Teams / Arbeitsgruppen erarbeitet werden.

VI. Wie kann dieser Prozess implementiert werden

Dies ist ein „Change Management“ Prozess, der jedoch nicht unterschätzt werden sollte. Stufen umfassen u.a.

- Abschätzung der Bereitschaft zur Veränderung: Welche Notwendigkeit ist für die Veränderung gegeben,
- Change Management Strategie: Art der Veränderungsstrategie aus – evolutionär oder „Big Bang“?
- Risikoabschätzung: Faktoren bei diesen Veränderungen;
- Integraler Übergangsplan: Wie sieht der vollständige Übergangsplan aus bzgl. Prozesse, Technologie, Organisation, Personal;
- Kommunikationsplan: Kommunikation nach innen und nach aussen;
- Stakeholder Partizipationplan: Einbindung der Beteiligten;
- Change Leadership: Wie wird dieser Veränderungsprozess geführt.

VII. Wie kann Erfolg/Misserfolg von Knowledge-Management gemessen werden

Da Knowledge Management mit dem Ziel eingeführt wird, einen Geschäftsprozess zu unterstützen, ist die Verbesserung des Geschäftsprozesses das eigentliche Objekt der Messung.

Andere Messungen, wie Umfang der Nutzung etc. sind Surrogate und sollten nicht die Hauptrolle spielen.

Grundannahme bisheriger Knowledge Management Anwendungen:

Wissen ist personenunabhängig – *Aber*: Dies ist ausserhalb der strengen Natur- und Ingenieurwissenschaften nicht der Fall.

Zukünftige Untersuchungsfelder:

Wie sehen Knowledge Management Modelle aus, die diese Annahme aufgeben? Knowledge Management müsste vor allem die Modellbildung und Weiterentwicklung unterstützen

E. Begriffsklärungen

Daten

Jede Art von Signal (z.B. akustisch, optisch, taktil, elektronisch) in jeder Form (z.B. Buchstaben, Zahlen, Bildern, Worte, Impulse).

Modelle

Der jeweilige Kontext (=Begriffszusammenhang), in den das Signal vom Sender oder vom Empfänger eingeordnet wird.

Informationen

Der pragmatische Inhalt des Signals, der zu einer Handlung oder Verhaltensänderung des Empfängers führt.

Wissen

Sammlung von Modellen und zugehörigen Informationen

Erfahrung (gesichertes Wissen)

Modelle und Konzepte, basierend auf wiederholtem Empfang von der vergleichbaren Informationen (mit vergleichbaren Handlungen bzw. Verhaltensänderungen) durch den Empfänger

Rituale

Anwendung und Übertragung des Erfahrungsschatzes auf (zufällig) eintretende Ereignisse.

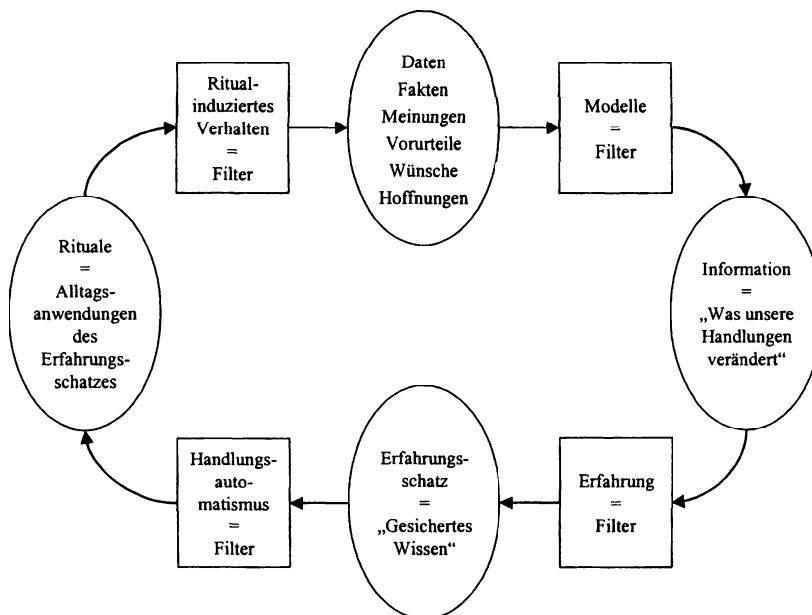


Abbildung 5: Lernen und Rituale

Wissensmanagement bei Kompetenzzentren der Transnationalen Unternehmung

Von *Ricarda B. Bouncken*

A. Einleitung

Die Bedeutung von Wissen als zentraler Wettbewerbsfaktor ist unbestritten; mithin wundert es nicht, dass diverse Konzepte zum Wissensmanagement in Unternehmen entwickelt wurden. Vor dem Hintergrund international operierender Unternehmen ergeben sich allerdings eine Reihe von Spezifika und Implikationen, denen sich dieser Beitrag widmet. Durch ihren zentralen Beitrag zur Wissensgenerierung und -implementation im internationalen Kontext wird der Fokus auf ein Wissensmanagement in und zwischen Kompetenzzentren international tätiger Unternehmungen gelegt.

Zunächst geht der Beitrag kurz auf die Grundlagen eines Wissensmanagements ein und stellt verschiedene Strategieansätze dar. In diesem Rahmen werden die Personifizierungs- und die Kodifizierungsstrategie zum Wissenstransfer und zur -speicherung vorgestellt, die im weiteren als Strategien zum Transfer und zur Entwicklung von Wissen in einem transnationalen Unternehmen dienen.

Es werden verschiedene unternehmensexterne und -interne Einflussfaktoren auf Kompetenzzentren herausarbeitet mit dem Ziel, eine Systematisierung von unterschiedlichen Kompetenzzentren und deren Konfigurationsmuster innerhalb von Transnationalen Unternehmen durchzuführen.

B. Zum Wissen in Transnationalen Unternehmen

I. Abgrenzung der Transnationalen Unternehmung

Die Thematik der globalisierenden Unternehmung wird von verschiedenen Konzepten abgedeckt; so finden sich Organisationsmodelle wie die Multinationale, die Internationale, die Globale und die Transnationale Unternehmung. Bei

der Globalen Organisation sind ein Großteil der strategischen Werte, Ressourcen und Verantwortlichkeiten zentralisiert. Damit einher geht eine Kontrolle der Entscheidungen und Informationen der Tochtergesellschaften durch die Unternehmenszentrale. Folglich sind die Kenntnisse über die nationalen Besonderheiten geringer ausgeprägt. Im internationalen Organisationsmodell fällt die Koordination und Kontrolle durch die Zentrale geringer aus; auch wenn der Wissensfluss vorrangig in einer Richtung von der Zentrale in die Auslandsfilialen verläuft. Die multinationale Unternehmung dagegen charakterisiert eine dezentralisierte Konfiguration von Ressourcen und Verantwortung. Relativ unabhängige Auslandsniederlassungen streben danach, auf dem jeweiligen nationalen Markt die bestmögliche Marktposition zu erreichen. Dies impliziert, auf nationale Marktcharakteristika einzugehen. (Bartlett/Ghoshal 1990, S. 73–78).

Das Idealkonzept der Transnationalen Unternehmung, welche einem integrierten Netzwerk nahe kommt, umfasst zentralisierte und dezentralisierte Elemente, um dem Ziel einer gleichzeitigen Optimierung von Kosten und Einnahmen zu entsprechen. Das bedeutet, dass Innovationen in vielen Bereichen des Unternehmens entstehen können und umfassende Lernprozesse vorliegen. Eine Grundlage dazu bildet die lokale Marktnähe, die es ermöglicht schnell Markt- und Kundenbedürfnisse aufzunehmen und so flexibel reagieren zu können. Bestimmte Ressourcen und Fähigkeiten sind in verschiedenen Unternehmensbereichen konzentriert, so dass sich über diese Spezialisierung besser geschützt und Größenvorteile ausgenutzt werden können. Dezentrale Ressourcen und Fähigkeiten liegen vor, wenn sie besser durch Kooperation zwischen lokalen Einheiten genutzt werden können (Bartlett/Ghoshal 1990, S. 84).

Gerade bei Transnationalen Unternehmen, bei denen die Tochtergesellschaften eine steigende Bedeutung besitzen, nimmt die Vernetzung und die Entwicklung von Wissen einen hohen Stellenwert ein. Damit Insuffizienzen vermindert werden, Kompetenzen aufgebaut werden können und Innovationen verbessert werden, ist ein Fokus auf ein funktionierendes Wissensmanagement zu legen.

II. Konzept Wissensmanagement

1. Wissenstransferstrategien

Eine Reihe von Differenzierungen von Wissen in Unternehmungen lassen sich identifizieren (Von Krogh 1995, S. 418 ff.). Während Informationen mehr beschreibend sind und als „Data with significance“ (Vicari/Troilo 1998) gelten, handelt es sich bei Wissen um Daten und Informationen, die kontextabhängig und interpretiert sind. Wissen umfasst sämtliche Kenntnisse und Fähigkeiten eines Individuums, die zur Lösung von Problemen und Aufgaben dienen. Dies

impliziert, dass sie Handlungen und Interpretation ermöglichen (Von Krogh/Köhne 1998, S. 236).

Prinzipiell können in Unternehmen Formen des internen und externen Wissenstransfers unterschieden werden. Während der externe Wissenstransfer die organisationalen Grenzen überschreitet und zu anderen Unternehmen, Forschungszentren, Berater usw. betrifft, umfasst der interne Wissenstransfer Personen, Gruppen, Abteilungen, Geschäftseinheiten Kompetenzzentren usw. (Von Krogh/Köhne 1998, S. 237 f.). Basierend auf der Unterscheidung in implizites und explizites Wissen lassen sich zwei Strategien zum Wissenstransfer in Unternehmen unterscheiden. Die Personifizierungsstrategie geht von einem interindividuellen Wissensfluss zwischen zwei Personen unter beiderseitiger (Ko)Präsenz aus. Hierdurch kann verbalisierbares explizites Wissen und schlecht artikulierbares implizites Wissen transferiert werden. Innerhalb der Kodifikationsstrategie wird Wissen in Dokumenten gespeichert (Hansen/Nohria et al. 1999). Der Vorteil liegt darin, dass das Wissen einem großen Personenkreis zugänglich gemacht werden kann und auch bei Ausscheiden der Personen aus der Organisation oder dem Kompetenzzentrum dem Unternehmen erhalten bleibt. Nachteilig wirkt, dass sehr viel Wissen nicht artikulier- und kodifizierbar ist sowie sehr schnell innerhalb der Dokumente veraltet. Darüber hinaus kann ein Kontexttransfer zur Wissensbildung und zum Wissenstransfer genutzt werden. Im Wege eines Kontexttransfers werden bspw. bestimmte Arbeitsbedingungen auf andere Kompetenzzentren übertragen, die eine bestimmte Wissensentwicklung begünstigen. Allerdings verfolgen Kompetenzzentren vielfach unterschiedliche Ziele, so dass vielmehr der Abgleich oder die Interpretation von Ergebnissen anderer Kompetenzzentren oder organisatorischen Teileinheiten wichtig ist. Es kommt schließlich mehr auf die kreative Weiterentwicklung als die Nachahmung an. Dies betrifft vor allem Kompetenzzentren, die ihren Schwerpunkt auf Forschung und nicht Entwicklung legen.

2. Einflussfaktoren auf die Wissensbildung

Die Generierung von neuem Wissen ist entweder an individuelle Lernvorgänge oder organisationale Lernprozesse gebunden. Zum organisationalen Wissen zählen Werte, Routinen und Einstellungen sowie Modi der Übertragung von Wissen zwischen Personen und Unternehmenseinheiten. Wesentlich für die Wissensentwicklung im Unternehmen, insbesondere wenn es sich um diversifizierte und dezentrale Organisationen handelt, ist die Verbesserung des Transfers von Wissen. Dabei handelt es sich häufig nicht um einen identischen Bedeutungstransfer, sondern um die jeweilige Interpretation und Einbettung des Wissens anderer Personen und bestimmter Objekte.

Als zentrale Faktoren, die die Unterscheidung transnationaler von nationalen Unternehmen beschreiben, sind die unterschiedlichen kulturellen Kontexte zu nennen. Zwar kennzeichnet auch diversifizierte Unternehmen häufig eine nur bedingt gemeinsame Unternehmenskultur, da verschiedene Subkulturen vorliegen, aber die kulturellen Einflüsse, die bei der international tätigen Unternehmung vorliegen, sind stärker (Dülfer 1999, S. 380 ff.). Dies trifft auf Transnationale Unternehmen noch stärker zu; schließlich agieren sie in unterschiedlichen Kulturreihen und weisen eine eher föderative oder netzwerkartige Struktur auf. Kulturelle Unterschiede behindern den Wissensfluss zwischen Personen. Die Motivation zum Wissenstransfer wird somit noch stärker durch Sprachprobleme, Interpretationsschwierigkeiten, Machtphenomene, „Not-Invented-Here-Syndrome“, Vertrauensdefizite, mangelnde Offenheit, unterschiedliche Anreizmöglichkeiten etc. determiniert.

Kulturelle Probleme lassen sich teilweise an der Sprache festmachen, da deren Unterschiedlichkeit das „Verstehen“ zwischen verschiedenen Sprachregionen betrifft. Gerade aber für die Wissenstransferung zwischen Personen ist die Sprache wichtig. Generell wird die Wissenstransferung durch Sprache mit dem Problem der Mehrdeutigkeit konfrontiert, denn ein Wort kann unterschiedliche Bedeutungen besitzen und für einen Sachverhalt bestehen verschiedene Bezeichnungen (Kahle 1995).

Allerdings kann die Mehrdeutigkeit auch eine Quelle für neue Unterscheidungen und neues Wissen darstellen. Im internationalen Kontext liegen unterschiedliche Muttersprachen der Organisationsmitglieder vor. Dieses führt zu verschärften Verständnisproblemen und der Zunahme von Interpretationsproblemen. Der jeweilige Sprachakt ist dabei nur eine Dimension der Verständnisprobleme. Darüber hinaus wirkt auch die non-verbale Kommunikation wie durch Gesten, Mimik oder Betonung ausgedrückt auf das Verständnis und folglich auch auf den Wissenstransfer ein. Weiterhin existieren Unterschiede in der Existenz und Bedeutung von Institutionen in verschiedenen Kulturen und Sprachbereichen.

Negativ auf das Verstehen wirkt auch, dass Organisationsmitglieder meist nach der „Ähnlichkeitsannahme verfahren und Unterschiede im Denken, Erleben und Verhalten vernachlässigen“ (Lawrence 1994, S. 543 f.; Hentze/Kammel 1994, S. 268). Dieses verringert die für den Wissenstransfer notwendige Offenheit, die außerdem beeinträchtigt wird, indem zwischen den Angehörigen fremder Kulturen oder Länder oft eine psychische Ablehnung mit Vorurteilen sowie eine ethnozentrische Überheblichkeit aufgebaut wird. Dies wird ergänzt durch kulturell bedingte Wahrnehmungsverzerrungen, die bei sprachlichen und non-verbalen Komponenten des Verhaltens vorliegen (Hentze/Kammel 1994, S. 268). Soll unter Zuhilfenahme von Anreizsystemen der Wissenstransfer

der Wissenstransfer verbessert werden, werden Transnationale Unternehmen mit unterschiedlichen Motiven in den jeweiligen Landeskulturen konfrontiert, denn menschliche Motive sind durch die familiäre, ökonomische und gesellschaftliche Situation geprägt. Folglich müssen zwischen unterschiedlicher Tochtergesellschaften bzw. Kompetenzzentren verschiedene Anreizsysteme zu Wissensaustausch etabliert werden. Da ein personenbasierter Wissensaustausch aber immer die Interaktion zwischen Individuen verlangt, sind unterschiedliche Anreizsysteme mit Problemen behaftet, weil Interaktionen die Unterschiedlichkeiten hervorheben und ein Gefühl von Ungerechtigkeit nähren können.

C. Kompetenzmanagement in der Transnationalen Unternehmung

I. Begriff Kompetenz

Der Begriff der Kompetenz bzw. der „Competence“ wird häufig angeführt, dennoch ist er nicht eindeutig belegt. Zunächst kann die Kompetenz auf individueller Ebene definiert werden. Die Kompetenz beschreibt dann die Fähigkeit einer Person eine bestimmte Leistung zu erbringen. Kompetenz impliziert immer einen Vergleich zu anderen und damit ein Qualitätsurteil. Wenn eine individuelle Kompetenz vorliegt, kann davon ausgegangen werden, dass eine Person etwas besser als andere oder zumindest sehr gut kann (Brugmann 1999, S. 33 f.). Ein Grossteil der betriebswirtschaftlichen Literatur versteht allerdings Kompetenzen aus organisationalem Blickwinkel und impliziert damit, dass die betriebliche Gesamtleistung nicht vollständig auf die Beiträge der jeweiligen Organisationsmitglieder zurückführbar ist. Eine Kompetenz ist damit die Fähigkeit einer Organisation eine bestimmte Leistung zu erzielen. Auf individueller Ebene wird dann von Wissen, Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten gesprochen, die in den organisatorischen Leistungsprozess einfließen (Nelson/Winter 1982, S. 73; Stalk/Evans et al. 1993). Bei Kompetenzen handelt es sich dabei immer um aggregierte oder synthetisierte Einzelleistungen, die einen höheren Wert als die Summe der Einzelleistungen erbringen. Hinsichtlich der Zusammensetzung kann eine Kompetenz auch als synergetische Vernetzung von physischen Ressourcen, Fertigkeiten und Wissen interpretiert werden.

Die Entwicklung von Kompetenzen kann der Organisation als auch dem Individuum zugeschrieben werden. Der Referenzpunkt ist allerdings jeweils die Organisation. Diese synergetische Verbindung unterscheidet Kompetenzen vor allem gegenüber Ressourcen, die die kleinste Teileinheit von Kompetenzen darstellen können.

II. Arten und Konfigurationsformen von transnationalen Kompetenzzentren

Die zentrale Aufgabe von Kompetenzzentren liegt in der Schaffung von neuem Wissen. Dabei können je nach Art des Wissensziels bzw. der zu entwickelnden oder auszubauenden Kompetenz unterschiedliche Wissensfacetten im Vordergrund stehen. Insofern ergeben sich für Unternehmen – besonders aber für Transnationale Unternehmen – eine Reihe unterschiedlicher Kompetenzformen und daraus abgeleitet Arten von Kompetenzzentren. Ausgehend von einer Differenzierung von Kompetenzen lassen sich auf relativ abstrakter Ebene Kompetenzen nach ihrer primären Aufgaben in markt-, integrations- und funktionsbezogene Kompetenzzentren unterscheiden. Dies kann kombiniert werden danach, ob sich das Kompetenzzentrum eher mit der Forschung und Entwicklung oder Umsetzung beschäftigt und somit die Höhe der angestrebten Innovation berücksichtigt wird.

Ein großer Teil von Kompetenzzentren verfolgt Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. In Bezug auf die Konfiguration von Kompetenzen im internationalen Kontext lassen sich zwei Modelle identifizieren, die kombiniert werden können. Grundidee des „Centre for Global“, bei dem die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten meist im Heimatland der Unternehmung zentralisiert zusammengefasst sind, ist das Aufspüren von Chancen im Heimatland des Forschungs- und Entwicklungszentrums. Dabei werden zentralisierte Ressourcen verwendet, um neue Produkte und Prozesse zu generieren, die weltweit ausgenutzt werden und Synergien erzeugen sollen. Mittels des „Centre for Local“, bei dem Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten dezentral in den Tochtergesellschaften angesiedelt sind, wird ein anderer Weg beschritten. Nationale Tochtergesellschaften nutzen ihre eigenen Ressourcen, um Innovationen zu schaffen, mit denen sie auf die Bedürfnisse ihres Marktes eingehen (Bartlett/Goshal 1990, S. 218 f.). Die Bedeutung dezentraler Forschung- und Entwicklungszentren und damit dezentraler Kompetenzzentren nimmt immer mehr zu. Als Gründe werden das Wachstum durch Unternehmensakquisitionen, deren Wissensbestände nicht vernachlässigt werden sollten, und die zunehmende Reife von Tochtergesellschaften, die mit verbessertem Management, technischen und Marketingfähigkeiten einher geht, angeführt (Hakanson 1990, S. 259 ff.). Dabei bieten sich für die Forschung- und Entwicklung alternativ Technologien, Verfahren und Prozesse als Aufgabenfelder an. Die Abgrenzung von umsetzungs- und forschungsorientierten Kompetenzzentren ist unscharf. Je nach Art der zu bildenden Kompetenz (markt-, integrations- und funktionsbezogen), variiert der Anwendungsbezug. Fraglich ist jedoch, wie viel Nähe zum Entwicklungs- oder Verbesserungsobjekt erforderlich ist.

Ein integrierendes Konzept liegt bei Ronstadt vor, der vier unterschiedliche Typen von Forschungs- und Entwicklungszentren unterscheidet (Ronstadt

1977). Transfer Technology Units modifizieren von anderen Unternehmenseinheiten entwickelte Technologien für lokale Bedingungen und erstellen für lokale Kunden technologische Services. Als Voraussetzungen dafür gelten Produktionskapazitäten vor Ort und spezifische lokale Kundenbedürfnisse. Intensiver mit der eigenen Entwicklung von Produkten für den lokalen Markt beschäftigen sich Indigenous Technology Units, die somit autonomer als Transfer Technology Units sind. Global Technology Units verfolgen das Ziel, neue Produkte und Prozesse für den lokalen, aber auch den globalen Markt zu entwickeln. Demzufolge erfordern sie ein größeres Ausmaß an verbundenen Funktionen wie Produktion und Marketing. Corporate Technology Units befassen sich mit der Entwicklung von technologischem Grundlagenwissen, das die anderen Unternehmenseinheiten oder auch interessierte Dritte nutzen können. Aus diesem Grund sind sie prinzipiell global ausgerichtet. Die von Ronstadt gebildeten Formen korrespondieren mit der Strukturmusterbildung von Beckmann, der nach den Kriterien Anpassungs- und Neuentwicklung von Forschung differenziert (Beckmann 1997, S. 107). Die Anpassungsentwicklung entspricht im wesentlichen der Transfer Technology Unit und weist eine kleine Größe mit mittlerer Autonomie auf. Vorrangig Prozess- und Produktentwicklungen werden von der Regionalentwicklung, die der Indigenous Technology Unit nahe kommt, übernommen. Eine mittlere Größe, lokale Ausrichtung und der hohe Autonomiegrad kennzeichnen die Regionalentwicklung näher. Entwicklungszentren dagegen sind relativ groß, global orientiert, von einem mittleren Autonomiegrad und streben Produkt- und Prozessentwicklungen an. Sie entsprechen im wesentlichen Global Technology Units. Ein globaler Verantwortungsbereich, eine mittlere Größe und geringe Autonomie charakterisieren Forschungszentren. Sie beschäftigen sich vorrangig mit der Technologieentwicklung und sind mit Corporate Technology Units vergleichbar.

III. Konzept der „Wissensflows“

Die Wissensentwicklung in Organisationen wird maßgeblich vom Wissentransfer innerhalb des Unternehmens beeinflusst. Ein funktionierendes Wissensmanagement stellt sicher, dass die Kompetenzzentren effektiver agieren können und stärkt die Wettbewerbsposition einer Transnationalen Unternehmung. Vorteile liegen darin, dass das erforderliche Wissen nicht immer selbst erarbeitet werden muss und unerwünschte Doppelforschung reduziert wird. Mithin erfährt die Verbesserung des Wissensflusses zwischen den Kompetenzzentren eine zentrale Bedeutung. Der jeweilige Wissensfluss kann äußerst unterschiedliche Partner haben und ungleich ausgestaltet sein. Aus diesem Grund werden zunächst Typen von Wissensflows in der Transnationalen Unternehmung charakterisiert. Wissensflows stellen Typen von Kompetenzzentren dar, die so bezeichnet werden, da in und zwischen ihnen und ihrer jeweiligen Part-

nern (Unternehmenseinheiten, Kompetenzzentren, Umweltfaktoren usw.) ein intensiver Wissensfluss existiert.

Um Wissensflüsse im Transnationalen Unternehmen, die im Rahmen eines Wissensmanagement wichtig sind, zu beschreiben, bedarf es der Analyse von Einflussfaktoren auf die Wissensentwicklung in Kompetenzzentren. Kompetenzzentren sind jeweils in ein System eingebunden, das sich aus Muttergesellschaft, Tochtergesellschaften, Kompetenzzentren und aus Individuen sowie den jeweiligen Kontextfaktoren zusammensetzt. Diese Elemente sind ihrerseits wiederum in die jeweilige Umwelt eingebettet (Goshal/Nohria 1989, S. 323). Hieraus ergeben sich verschiedene Arten von Wissensflows und Determinanten der Kompetenzentwicklung.

Zunächst stellen die Mitarbeiter in den Kompetenzzentren wesentliche Triebkräfte für die Wissens- und Kompetenzzentren dar. Denn auch wenn die Organisation als Referenzpunkt für Kompetenzbildung gilt, hat doch das Individuum eine wesentliche Bedeutung auf die Kompetenzentwicklung. Auf die Mitglieder in Kompetenzzentren wirken verschiedene Faktoren ein. Generell können kontextabhängige Einflüsse, die sich aus dem materiellen Arbeitsfeld ergeben, dann personenabhängige Faktoren, die das soziale Umfeld bestimmt und letztlich der Entwicklungspfad des jeweiligen Individuums in Anlehnung an Brugmann als Einflussfaktoren auf die Kompetenzbildung bestimmt werden (Brugmann 1999, S. 41). Bei den personenabhängigen Faktoren und denen, die im Entwicklungspfad des Individuums begründet sind, besitzen fachlicher Hintergrund aber auch die Einbindung in ein Sozialsystem wesentliche Wirkungen. Zu den Kontextfaktoren kann das Arbeitsumfeld, der Zugang zu kodifiziertem Wissen des Unternehmens und der Umwelt sowie zu personenbasierten Wissensträgern genannt werden.

Auf eher organisationaler Ebene lassen sich Wissensflüsse zwischen dem Umfeld und der Unternehmung beobachten. Dabei sind die dezentralen Einheiten eines Transnationalen Unternehmens in ihr jeweiliges nationales Umfeld eingebunden, welches Wirkungen auf sie entfaltet. Sie betreffen sowohl die individuellen als auch die organisationalen Wissensbestände der Unternehmung. Schließlich sind die Kompetenzzentren der Transnationalen Unternehmung in verschiedene Systeme eingebunden, die deutliche Effekte besitzen können. Häufig angeführt werden Spill-over Effekte des technologischen Umfeldes. Des weiteren wirken innerhalb eines Transnationalen Unternehmens die organisationalen Teileinheiten aufeinander ein. Kompetenzzentren, die Funktionen innerhalb einer Tochtergesellschaft wahrnehmen, werden davon beeinflusst. Auf sie wirken aber auch andere Tochtergesellschaften, Kompetenzzentren und die Zentrale. Da sich Transnationale Unternehmen durch eine abnehmende Dominanz von Muttergesellschaften auszeichnen, können Tochtergesellschaften Wissenssender und -empfänger sein.

Die Dimensionen Stärke des Wissensabflusses an andere Unternehmenseinheiten und Stärke der Wissensintegration ziehen Gupta und Govindarajan heran, um vier Rollen ausländischer Tochtergesellschaften zu bilden (Gupta/Govindarajan 1994, S. 444 ff.). Der Global Innovator gibt sehr viel Wissen an andere Unternehmenseinheiten ab, wohingegen der Lokal Innovator sehr wenig Wissen an andere Einheiten leitet. Beide integrieren wenig Wissen anderer Einheiten. Sehr viel Wissen anderer Unternehmenseinheiten verwenden der Integrated Player und der Implementor. Sie unterscheidet jedoch die Höhe des abfließenden Wissens, das beim Integrated Player hoch und beim Implementor niedrig ist. Da das Konzept von Gupta und Govindarajan keine Wissensströme innerhalb von Kompetenzzentren berücksichtigt, ist es um diese zu erweitern. Zusammenfassend bedeutet dies, dass folgende Wissensströme vorliegen können:

- I. Von anderen Unternehmenseinheiten einfließendes Wissen (Tochter-, Muttergesellschaften oder andere Kompetenzzentren).
- II. An andere Unternehmenseinheiten abfließendes Wissen (Tochter-, Muttergesellschaften oder andere Kompetenzzentren).
- III. An unternehmensexterne abfließendes Wissen (andere Wertschöpfungskette, politisches, technologisches Wissen).
- IV. Von externen Einheiten einfließendes Wissen (andere Wertschöpfungskette, politisches, technologisches Wissen).
- V. Innerhalb der Kompetenzzentren fließendes Wissen.

Soll der Wissenstransfer und die Wissensgenerierung in Kompetenzzentren transnationaler Unternehmen untersucht werden, um ein Wissensmanagement zu verbessern, müssen diese Wissensströme beachtet werden.

Der Bildung von Kompetenzen oder auch Kernkompetenzen liegt Wissen zugrunde, das durch den organisationsinternen Wissenstransfer maßgeblich gestützt wird. Allerdings wirkt auch das Umfeld auf die Kompetenzzentren ein und beeinflusst die Lern-, Innovations- und Wandlungsfähigkeit von Kompetenzzentren. Beachtenswert sind dabei die Einbettung in kulturelle Kontexte, lokale Wertschöpfungsketten, Spezifika der Konsumenten, technologische Infrastruktur und räumlich-sektorale Strukturen, die häufig als Oberbegriff verwendet werden.

Bei Porter finden sich wesentliche Determinanten in Form von Konditionen innerhalb des Diamanten Modells. Der Diamant setzt sich zusammen aus vier multiplikativ zusammenwirkenden „Seiten“. Die Faktorkonditionen umfassen „basis factors“ wie natürliche Ressourcen und Arbeitskräfte sowie „advanced factors“, unter die gut ausgebildete Mitarbeiter sowie eine Forschungs- und Kommunikationsinfrastruktur zählen. Die Nachfragekonditionen umfassen die

Größe und das Wachstum des Heimatmarktes nebst der Präferenzstruktur der Nachfrage. Kritische Kunden und Trendsetter können als Quellen für das kundenorientierte Wissen genutzt werden. Da Unternehmen oft in Zuliefererbeziehungen eingebunden sind, von denen wesentliche Impulse ausgehen können, stellen die verbundenen Branchen die dritte „Seite“ dar. Letztlich stellt die Wettbewerbsstruktur ein wichtige vierte „Seite“ des Diamanten dar (Porter 1990, S. 71; Porter 1991, S. 96 f.). Ergänzt werden sollte dieser Diamant allerdings um die explizite Berücksichtigung von im Umfeld angesiedelten Forschungszentren, Labors, Universitäten usw., die starke Spill-overs an Unternehmen haben können.

Rückkopplungen zwischen den Seiten des Diamanten ermöglichen Verstärkungen und können zu Agglomerationen miteinander verbundener Organisationen führen. Diese „Cluster“ ermöglichen innovative Milieus oder Cluster, die sich durch eine hohe Kontaktintensität, einem evolutionären Bewusstsein und einer branchenübergreifenden Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen auszeichnen. Vor allem die Heterogenität der Akteure in einem innovativen Cluster befähigt dazu, Ideen aus vielen Feldern aufzunehmen und bezogen auf das jeweilige Wissen zu übersetzen (Steinle/Eickhoff et al. 1998, S. 373ff.). Für Kompetenzzentren ergeben sich dadurch Möglichkeiten Wissen aufzunehmen, für die Transnationale Unternehmung zu übersetzen und zu integrieren. Allerdings geht mit der Aufnahme des Wissens mittels eines innovativen Clusters auch die Abgabe von Wissen einher. Will man ein übergreifendes Konzept von Wissensströmen bilden, sind die Einflüsse des Umfeldes mit zu berücksichtigen.

Die Einflüsse und Rückkopplungen zwischen Mutter-, Tochtergesellschaft und Kompetenzzentren sind äußerst vielfältig. Hinzu tritt, dass die jeweiligen Systemmitglieder, beeinflusst durch ihr kulturelles Umfeld, die Eigenschaften und Informationen der anderen Einheiten aus ihrer Sicht oder aus einer ethnozentrischen Perspektive interpretieren. Zu bedenken sind dabei auch die Kulturdimensionen: Machtdistanz, Ungewissheitsvermeidung, Individualität, Maskulinität und Konfuzianismus, die die Art des Wissenstransfers beeinflussen.

Die Abbildung und Verarbeitung der Umfeldseinflüsse in Unternehmen gestaltet sich daher als schwierig und erfolgt häufig aufgrund von Intuition. Je besser das Unternehmen oder Mitglieder diese Komplexität handhaben können und damit umgehen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie eine Kompetenz aufbauen.

Es können verschiedene Typen von Typen von Kompetenzzentren in einem dreidimensionalen Kontinuum gebildet werden. Die erste Dimension betrifft die Stärke des Wissens, das an andere Unternehmenseinheiten oder Kompetenzzentren abgegeben wird. Die Stärke des Wissens, welches von anderen

Unternehmenseinheiten aufgenommen wird, kennzeichnet die zweite Dimension. Um die Stärke des Wissensflusses vom und in das Umfeld zu beschreiben, könnte eine dritte Dimension eingeführt werden, die das Ausmaß der Integration von Wissen aus dem lokalen Umfeld beschreibt. Prinzipiell müsste dann noch eine vierte Dimension eingeführt werden, welche die Stärke des an das Umfeld abgegebenen Wissens bezeichnet. Da aber Vierdimensionalität schwer geistig vorstellbar und graphisch darstellbar ist, wird im folgenden angestrebt, dieses zu reduzieren. Betrachtet man nur die dritte und vierte Dimension, ergeben sich vier unterschiedliche Felder einer Matrix.

1. Stufe Eins

Theoretisch lassen sich hinsichtlich des Wissensflusses mit dem lokalen Umfeld zwei Arten von Kompetenzzentren bilden. Diese Charakterisierung ergänzt die Positionierung von Kompetenzzentren im intraorganisationalen Kontext und beeinflusst Kompetenzzentren und führt zu vier verschiedenen Typen von Kompetenzzentren. Kompetenzzentren, die viel Wissen vom lokalen Umfeld aufnehmen und integrieren, werden als Local Absorber bezeichnet. Local Spill-overs, sind dagegen Kompetenzzentren, die viel Wissen an das lokale Umfeld abgeben. Kompetenzzentren, die wenig im lokalen Umfeld agieren und wenig Wissen an das Umfeld abgeben bzw. aufnehmen, werden als Local Stand Alone gekennzeichnet. Diese Konstellation ist denkbar, wenn bestimmte rechtliche Faktoren Forschung und Entwicklung erlauben, die an anderen Orten restriktiv gehandhabt wird. In einem innovativen Cluster agierende Kompetenzzentren weisen eine hohe Kontaktintensität mit dem lokalen Umfeld auf. Indem sie Wissen abgeben und integrieren, ist zu vermuten, dass sie langfristig eine höhere Wissensentwicklung als Lokal Absorber oder Lokal Spillovers ermöglichen. Aus diesem Grund werden sie als Local Multiplier bezeichnet.

Die wissensbezogene Bedeutung des Umfeldes bei einem Transnationalen Unternehmen, lässt sich außerdem als dritte Dimension in die Betrachtung der organisationsinternen Positionierung von Kompetenzzentren hinsichtlich ihrer Wissensflüsse einführen. Tendenziell gilt, dass mit zunehmender Bedeutung des lokalen Wissensfluss auch mehr Wissen erst integriert und dann intraorganisational weitergegeben werden kann. Folglich haben „Advanced factors“ bei der Wahl des Kompetenzzentrums eine primäre Rolle inne. Insgesamt hebt die dritte Dimension stärker auf die Möglichkeit neues Wissen aus dem Umfeld zu akquirieren ab. Die vier Positionen im Hinterkopf, impliziert eine hohe Bedeutung des lokalen Wissensflusses eine Positionierung als Local Multiplier, da so langfristig mehr Wissens aufgenommen werden kann – entgegen der Stellung als Local Absorber.

2. Stufe Zwei

Kombiniert man das lokale Umfeld und die Gesamtunternehmung, lassen sich acht (bzw. sieben sinnvolle) verschiedene Positionen von „Wissensflows“ bei Kompetenzzentren bilden, welche die folgende Abbildung verdeutlicht. Allerdings ist anzumerken, dass eine größere geographische Entfernung und inhaltliche Unterschiedlichkeit zwischen den Wissensträgern Hemmnisse der Wissensübertragung birgt, die in diesem Modell nicht tiefergehend betrachtet werden. Hierzu zählt insbesondere das Problem der Fakturierung von Wissen zwischen den Kompetenzzentren.

Die Dimensionen sind die Stärke des abfließenden Wissens an andere, nicht direkt angebundene Unternehmenseinheiten, die Stärke des von anderen, nicht direkt angebundenen Unternehmenseinheiten und die Intensität einer wissensorientierten Interaktion mit dem lokalen Umfeld. Allerdings entsprechen nicht alle der Positionen gleichermaßen der Idee des Kompetenzzentrums als Wissensgenerator und Wissenssender.

- I. *Central Innovators* geben vorrangig Wissen an andere Kompetenzzentren und Unternehmenseinheiten ab. Meist sind sie innerhalb der Muttergesellschaft angesiedelt oder eng mit ihr verbunden. Daher bietet die Förderung von Experten und die Intensivierung ihres Wissensaustausch über direkte persönliche Interaktionen durch die Nähe innerhalb des Kompetenzzentrums an. Zum Wissenstransfer können sie ihr Wissen in Form von Datenbänken kodifizieren. Darüber hinaus oder zusätzlich können sie Experten bilden und deren Kompetenz kommunizieren, so dass andere Kompetenzzentren im Wege einer Personifizierungsstrategie auf sie zugreifen können.
- II. *Pipelines* nehmen als Local Multiplier oder Absorber primär personen-, aber auch personenungebundenes Wissen aus dem lokalen Umfeld (Netzwerke, Zulieferer, Kunden usw.) auf und leiten es an andere Unternehmenseinheiten über. Sie agieren wie Horchposten, die auch ohne direkte Anbindung an Tochter- oder Muttergesellschaft agieren. Teilweise sind sie Tochtergesellschaften angeschlossen oder isoliert in bestimmten innovativen Milieus angesiedelt. Häufig wird zunächst lokales Wissen aufgenommen und zur Kompetenzbildung mit dem Wissen anderer Kompetenzzentren verschmolzen. Ziel ist es, Trends aufzuspüren und weiterzutragen; folglich werden die das geschaffene Wissen bzw. entwickelte Kompetenzen zur weiteren Wissensgenerierung und Kompetenzbildung in anderen Unternehmenseinheiten eingesetzt.
- III. *Global Multiplier* stellen Kompetenzzentren dar, die sich insbesondere mit Forschung und Entwicklung beschäftigen. Ein hoher Wissensfluss an andere räumlich getrennte Unternehmenseinheiten bei gleichzeitig hoher

Integration von Wissen anderer dezentraler Kompetenzen und des Umfeldes liegen vor. Um ein Global Innovator zu sein, muss aus der Umwelt Wissen aufgenommen werden, so dass der Standort in einem möglichst in einem innovativen Cluster liegen (vgl. Local Multiplier) sollte und dort personengebundenes Wissen aufgenommen werden kann. Im Zentrum der Wissensbeschaffung mit dem lokalen Umfeld steht die Personifizierungsstrategie, da diese eine hohe Kontaktintensivität mit dem Umfeld gewährleistet. Innerhalb der Integration und der Weitergabe von Wissen organisationsintern können sowohl Personifizierungs- und Kodifizierungsstrategie verwendet werden.

- IV. Der *Integrated Player* nutzt primär im Unternehmen befindliches Wissen und entwickelt daraus Kompetenzen. Interner Wissenab- und -zuflüsse sind hoch ausgeprägt. Dabei greift der Integrated Player je nach Aufgabengebiet und Informationsquellen auf kodifiziertes und personifiziertes Wissen innerhalb der Unternehmung zu, nimmt aber wenig Wissen aus der lokalen Umwelt auf. Über geschaffene Produkte, Leistungen und Technologien können als Integrated Player positionierte Kompetenzzentren wie Local Spill-over oder Stand-Alones fungieren. Des Weiteren ist eine enge Anbindung an die Muttergesellschaft im Stammland denkbar.
- V. Der *Local Innovator* engagiert sich in Innovationen für bestimmte lokale Märkte, die wenig Wirkungen auf andere Länder und dort erforderliche Technologien haben. In sehr enger Zusammenarbeit mit dem lokalen Markt werden Prozesse, Produkte oder Technologien für das Umfeld entwickelt (Local Multiplier) welche die jeweilige Tochtergesellschaft nutzt. Erforderlich ist somit ein ausreichend großer oder spezifischer lokaler Markt. Fraglich ist jedoch, wie sinnvoll diese Position zu beurteilen ist, denn durch die Interaktion und den Wissensfluss mit anderen Kompetenzzentren, Tochter- oder der Muttergesellschaften ließen sich wahrscheinlich verbessert Innovationen ermöglichen. Theoretisch denkbar wäre auch ein Local Stand Alone, der wenig neues Wissen generiert, dies aber an das Umfeld abgibt. Eine solche Positionierung allerdings erscheint für ein Kompetenzzentrum, dessen Ziel die Schaffung von neuem Wissen ist, irrelevant.
- VI. Der *Local Implementor* modifiziert Wissen anderer Unternehmenseinheiten im Wege der Implementierung für den lokalen Markt; nimmt allerdings nur wenig lokales Wissen auf, so dass er vorrangig als Local Spill-over fungiert. Meist sind Kompetenzzentren, die als Local Implementor wirken, an Tochtergesellschaften angegliedert. Bei bestimmten rechtlichen und infrastrukturellen Bedingungen ist eine Position als Local Stand Alone möglich. Sinnvoll ist die Positionierung als Local Implementor vor

allem bei mittelgroßen Märkten, die sehr anwendungsbezogenes Wissen verlangen.

- VII. Der *Local Integrator* nutzt im Gegensatz zum Local Implementor stärker im Umfeld befindliches Wissen (als Local Absorber und insbesondere Local Multiplier). Ausgehend von lokalem Wissen und dem anderer Unternehmenseinheiten wird intensiv personengebundenes aber auch kodifiziertes lokales Wissen integriert und die Leistung für den lokalen Markt spezifiziert. Sehr spezifische Kompetenzen, die schlecht übertragbar sind, resultieren und werden von der angegliederten Tochtergesellschaft genutzt. Oft ist der lokale Innovator in ein relativ spezifisches Umfeld eingebunden. Der Markt ist aber nicht so abgegrenzt, so dass Wissen und Technologien der anderen Kompetenzzentren genutzt werden können.

Für das Wissensmanagement in und zwischen transnationalen Kompetenzzentren bedeutet es generell im Rahmen der Personifizierungsstrategie, persönliche Kontakte zu fördern. Dies kann auch mit Informationstechnologien unterstützt werden; derart dass Wissenslandkarten in Bezug auf Experten gebildet werden. Vorteilhaft daran ist, dass das Wissen der Experten jeweils ihrem aktuellen Stand entspricht. Im Zuge einer Kodifizierungsstrategie sind von den einzelnen Kompetenzzentren Daten in eine Datenbank einzugeben. Diese Daten können entwickelte Verfahren, Technologie oder Projektergebnisse umfassen. Um die Kontrolle und den Zugriff zu erleichtern, bietet es sich an, dass eine zentrale Einheit die Pflege der Datenbank übernimmt. Sowohl die Kodifizierungs- als auch die Personifizierungsstrategie werden mit den bereits geschilderten Schwierigkeiten des Wissenstransfer im internationalen Umfeld konfrontiert. Dies nimmt zu, je intensiver unterschiedliches Wissen im Unternehmen und aus den jeweiligen lokalen Umwelten integriert wird. So behindern Sprachunterschiede die Kommunikation zwischen Personen und die Integration und Interpretation von Dokumenten im EDV-System.

D. Fazit

Der vorliegende Beitrag beschäftigte sich mit Kompetenzzentren von Transnationalen Unternehmen. Da deren Zielsetzung vorrangig in der Schaffung von neuem Wissen liegt, bedarf es in starkem Maße eines funktionierenden Wissensmanagements. Wissensmanagement wird hier als ganzheitliches an Zielen orientiertes Managementkonzept verstanden. Zum Funktionieren ist jedoch der Wissenstransfer elementar. Diesem stellen sich im internationalen Kontext eine Reihe von Hindernissen entgegen, die wesentlich auf den unterschiedlichen kulturellen Hintergründen basieren. Vorrangig wirken Sprach- und Verstehensprobleme. Dies gilt insbesondere für eine Transnationale Unternehmung, die sich durch eine eher föderative, heterarchische bzw. netzwerkartige Struktur

auszeichnet. Betrachtet man den Wissensfluss innerhalb einer Transnationalen Unternehmung und zwischen ihren oft dezentralen Kompetenzzentren, so darf das jeweilige lokale Umfeld nicht vernachlässigt werden. Ausgehend von den verschiedenen Wissensquellen, die sich für die Kompetenzzentren einer Transnationalen Unternehmung bieten, stellt der Beitrag sieben bzw. acht unterschiedliche Positionen von Kompetenzzentren heraus, die an dem Wissensfluss zwischen den Unternehmenseinheiten und zum Umfeld eingeordnet werden. Im einzelnen sind dies Central Innovator, Pipeline, Global Multiplier, Integrated Player, Local Innovator, Local Implementor und Local Integrator.

Hieran anknüpfend stellt sich für anschließende Forschungskonzeptionen die Frage, wie Wissen zusätzlich zur Positionierung „gemanagt“ werden sollte. Zu beachten sind dabei Erwägungen hinsichtlich des Prozessablaufes bei der Auswahl und der Bildung von Kompetenzzentren sowie der Mitarbeiterauswahl. Kulturelle Aspekte wie erhalten vor allem bei hoher Bedeutung und Integration des lokalen Wissens eine steigende Bedeutung. Hierzu zählen Kriterien wie Höhe der Machtdistanz, Individualität vs. Kollektivität, Maskulinität vs. Feminität, Unsicherheitsvermeidung und/oder Langfrist vs. Kurzfrist-Orientierung (Hofstede 1998, S. 11 ff.).

Kompetenzbezogene Pfadabhängigkeiten, die vielfach auch ursächlich für den höheren Erfolg von verbundenen Diversifikationen gegenüber unverbundenen Diversifikationen kommen auch bei der Auswahl der Forschungsfelder und der regionalen Einbettung von Kompetenzzentren in Betracht. Als ausgewählte Gestaltungsempfehlungen neben der Förderung einer generellen Lernkultur im Unternehmen (Offenheit, Vertrauen, Anreizsysteme usw.) können zusätzlich Parallelentwicklungs-Kompetenzzentren angeführt werden, die durch ihre unterschiedliche lokale Entwicklung (Lokaler Multiplier/Absorber) verschiedene innovative Ergebnisse erzielen können, die miteinander verbunden und selektiert werden können.

Für weitere Forschungsaktivitäten bietet sich weiterhin eine empirische Überprüfung der hier konzeptionell entwickelten Positionen von Kompetenzzentren an. Diese sollten die Stärke des transferierten Wissen anhand von Indikatoren messen. Es kommen repräsentativ in Frage die Anzahl und der Ursprung von Patenten, Häufigkeit interpersoneller Kontakte, Häufigkeit der im Intranet nachgefragten Informationen (downloading) sowie Quantität und Qualität der im Intranet abgestellten Informationen (uploading). Problematisch stellt sich allerdings die Erfassung von implizitem Wissen dar, das durch seine verborgene Form Messungen entgegensteht. Dennoch ist aber gerade dies von entscheidender Bedeutung für die Innovationskraft von Unternehmen. Die Ergebnisse von Kompetenzzentren, die vielfach implizites Wissen inkorporieren, können neben der Häufigkeit und Intensität personaler Interaktionen implizit Auskunft über das implizite Wissen geben.

Literaturverzeichnis

- Bartlett, C. A. / Ghoshal, S. (1990): Internationale Unternehmensführung, Frankfurt a. M. usw.*
- (1990): Managing Innovation in the Transnational Cooperation, in: Bartlett, C. A. / Doz, Y. L. / Hedlund, G. (Hrsg.): *Managing the Global Firm*, London, New York, S. 215–255.
- Beckmann, C. (1997): Internationalisierung von Forschung und Entwicklung in multinationalen Unternehmen. Explorative Analyse der Einflußfaktoren auf die Gestaltung internationaler F&E Netzwerke am Beispiel der deutschen chemischen Industrie, Aachen.*
- Brugmann, O. (1999): Organizing for Competence Development in Research and Development, Diss. Universität Nijmegen.*
- Dülfer, E. (1999): Unternehmensethik und die Transformation des Wettbewerbs, in: Kumar, B. N. / Osterloh, M. / Schreyögg, G. (Hrsg.): *Festschrift für Prof. Dr. h.c. Horst Steinmann*, Stuttgart, S. 365–391.*
- Goshal, S. / Nohria, N. (1989): Internal Differentiation within Multinational Corporations, in: *Strategic Management Journal*, 10. Jg., S. 323–337.*
- Gupta, A., K. / Govindarajan, V. (1994): Organizing for Knowledge Flows within MNC, in: *International Business Review*, 3. Jg., Nr. 4, S. 443–457.*
- Hakanson, L. (1990): International Decentralization of R&D – the Organizational Challenges, in: Bartlett, C. A. / Doz, Y. L. / Hedlund, G. (Hrsg.): *Managing the Global Firm*, London, New York, S. 256–299.*
- Hansen, M. T. / Nohria, N. / Tierney, T. (1999): Wie managen Sie das Wissen in Ihrem Unternehmen?, in: *Harvard Business Manager*, 21. Jg., Nr. 5, S. 85–98.*
- Hentze, J. / Kammel, A. (1994): Erfolgsfaktoren im internationalen Management – Zur Bedeutung der interkulturellen Personalführung in der multinationalen Unternehmung, in: *Die Unternehmung*, 48. Jg., Nr. 4, S. 265–274.*
- Hofstede, G. (1998): Think Locally, Act Globally – Cultural Constraints in Personnel Management, in: *Management International Review*, 38. Jg., Special Issue (2), S. 7–26.*
- Kahle, E. (1995): Kognitionswissenschaftliche Grundlagen von Selbstorganisation, Arbeitsbericht 01/95 der Forschungsgruppe kybernetische Unternehmenssteuerung an der Universität Lüneburg, Lüneburg.*
- Lawrence, P. (1994): In Another Country or the Relativization of Management Learning, in: *Management Learning*, 25. Jg., 4, S. 543–561.*

- Nelson, R. / Winter, S. (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge/London.*
- Pawlowsky, P. (1998): Integratives Wissensmanagement, in: Pawlowsky, P. (Hrsg.): Wissensmanagement: Erfahrungen und Perspektiven, Wiesbaden, S. 9*
- Polanyi, M. (1967): The Tacit Dimension, New York.*
- Porter, M. E. (1990) Competitive Advantage of Nations, Houndsmill usw.*
- (1991): Towards Dynamic Advantage of Strategy, in: Harvard Business Review, 12. Jg., Special Winter Issue, S. 95–117.
- Ronstadt, R. C. (1977): Research and Development Abroad by U. S. Multinationals, New York.*
- Sackmann, S. (1991): Cultural Knowledge in Organizations. Exploring the Collective Mind, Newbury Park.*
- Stalk, G. / Evans, P. / Shulman, L. E. (1993): Kundenbezogene Leistungspotentiale sichern den Vorsprung, in: Harvard Business Manager, 15. Jg., 1, S. 59–71.*
- Steinle, C. / Eickhoff, M. / Schiele, H. (1998): Zur Perspektivenerweiterung des Strategischen Managements: Der „innovative Cluster“ als Wertschöpfungssystem und die Entwicklung von Kernkompetenzen, in: Zeitschrift für Planung, 9. Jg., S. 367–390.*
- Vicari, S. / Troilo, G. (1998): Eros and Learning in Organisations, in: von Krogh, G. / Roos, J. / Kleine, D. (Hrsg.): Knowing in Firms: Understanding, Managing, and Measuring Knowledge, London, Thousand Oaks, New York, S. 204–222.*
- Von Krogh, G. (1995): Anhaltende Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagement, in: Die Unternehmung, 49. Jg., 6, S. 417–436.*
- Von Krogh, G. / Köhne, M. (1998): Der Wissenstransfer in Unternehmen, in: Die Unternehmung, 52. Jg., H: 5/6, S. 235–252.*

Komplexe adaptive Systeme – oder was wir von der Komplexitätstheorie für die Organisation von Unternehmen lernen können

Von Manfred Stützgen

Wie kann man ein Unternehmen so organisieren, dass dieses erstens seine eigene (interne) Komplexität und zweitens die Komplexität seiner Umwelt angemessen bewältigen kann? Die Komplexitätstheorie liefert neuere Impulse zur Beantwortung dieser zentralen Frage strategischer Unternehmensführung. Die transdisziplinär orientierte Komplexitätstheorie erforscht die Strukturen und Verhaltensweisen komplexer adaptiver Systeme aus unterschiedlichsten Wissensbereichen (vgl. Abbildung 1) und untersucht jene Organisationsprinzipien, welche komplexen Systemen wünschenswerte Eigenschaften wie beispielsweise Evolutions- und Adoptionsfähigkeit, Innovationskraft oder Robustheit gegenüber Störungen verleihen.

Beispiele	Charakteristika
<ul style="list-style-type: none">• Ameisenkolonien• Ökosysteme• Lebende Zellen• Menschliche Augen• Neuronale Netzwerke• Immunsysteme• Zentralnervensysteme• Embryos• Unternehmen• Volkswirtschaften• ...	 <ul style="list-style-type: none">• viele Teile• vernetzt• dynamisch• selbstorganisierend• vergangenheits-/pfadabhängig• rekursiv• nicht-linear• synthetisch determiniert• analytisch unbestimmbar• anpassungsfähig• ...

Abbildung 1: Komplexe adaptive Systeme

Erkenntnisse der Komplexitätstheorie zeigen, dass der Organisation komplexer anpassungsfähiger Systeme wesentliche Gemeinsamkeiten zugrundeliegen. Diese Gemeinsamkeiten können vereinfacht als *Leitlinien zur Gestaltung und*

Entwicklung komplexer anpassungsfähiger Systeme folgendermassen formuliert werden:¹

Verteile die Intelligenz!
 Lenke „von unten herauf“!
 Wachse über funktionierende Einheiten!
 Fördere Randgruppen (Diversität)!
 Behandle Fehler freundlich!
 Suche stabiles Ungleichgewicht!
 Wandle den Wandel!
 Kultiviere zunehmende Grenzerträge!
 Balanciere multiple Ziele!

Die vorgenannten Prinzipien sind im wesentlichen Resultat der Erforschung komplexer lebender, d.h. natürlicher Systeme. Für die Organisation komplexer künstlicher Systeme – beispielsweise Unternehmen – besitzen sie allerdings ein hohes heuristisches Potential. Wie diese Prinzipien im Unternehmenskontext gedeutet werden können, welchen Beitrag sie für die Bewältigung der Um- und Inweltkomplexität von Unternehmen leisten und wie man diese Prinzipien konkret umsetzen kann, wird im folgenden beispielhaft anhand der ersten fünf der genannten neun Prinzipien vertieft.²

A. Das Prinzip der verteilten Intelligenz

Das Prinzip der verteilten Intelligenz fasst eine Komplexitätstheoretische Einsicht zusammen, die in so unterschiedlichen Disziplinen wie beispielsweise der Kybernetik, der Gehirnforschung, der Erforschung sozialer Insekten, der Wissenschaft künstlichen Lebens (Artificial Life) oder der Politischen Ökonomie ihre Wurzeln hat.

Komplexe adaptive Systeme können als „Systeme verteilter Intelligenz“ verstanden werden, weil sie nicht hierarchisch, sondern vielmehr heterarchisch, mehrgriffig, polyzentrisch organisiert sind. Sie verfügen über eine dezentral aufgebaute, fluktuiierende Lenkungstruktur, in der Systemelemente zirkulär miteinander verknüpft sind. Die dezentral organisierten Subsysteme eines komplexen adaptiven Systems, die ihrerseits wiederum verteilte Systeme sein können, passen sich relativ autonom an ihre jeweiligen lokalen Kontexte an. Trotz der Abwesenheit zentraler Kommandoeinheiten zeigt das Systemganze allerdings ein äußerst kohärentes, hochgradig koordiniertes Systemverhalten. Die strukturelle Lenkungsredundanz, die komplexen adaptiven Systemen inhärent ist, erhöht deren Informationsverarbeitungs- und -speicherkapazität und befähigt

¹ Vgl. Stütgen (1999), Kelly (1995).

² Zu einer ausführlichen Darstellung aller neun Prinzipien vgl. Stütgen (1999).

higt komplexe adaptive Systeme zu intelligenten Verhaltensweisen. Klassisches Beispiel eines intelligenten, verteilten Systems ist das menschliche Gehirn. Aber auch im selbstorganisierenden Optimierungsverhalten ganzer Ameisenkolonien, bei der Informationsverarbeitung von Bienenschwärmern oder im dezentral gelenkten Anpassungsverhalten marktwirtschaftlich organisierter Volkswirtschaften lässt sich das Prinzip der verteilten Intelligenz veranschaulichen.

In Unternehmen kann das Prinzip der verteilten Intelligenz auf Unternehmens- wie auch auf Teamebene angewendet werden. Seine Wirkung äussert sich im wesentlichen im Anpassungs- und Lenkungsvorteil verteilter Strukturen. Eine verteilte, dezentral angelegte Struktur ermöglicht es, Informationen parallel – und damit sowohl sehr schnell als auch möglichst unverfälscht – zu verarbeiten. Ferner wird das organisationsintern vorhandene Wissen in einem verteilten System umfassender ausgeschöpft als in einer monozentrisch angelegten, hierarchisch gesteuerten Organisation. In einer verteilten Organisationsstruktur bestehen ferner eine grössere Anzahl an „Sensoren“, die an der Schnittstelle vom Unternehmen zur Umwelt neuartige Entwicklungen im System aufnehmen und verarbeiten können. Dies sind nur einige der Vorteile eines verteilten Systems, die im Unternehmenskontext ausgeschöpft werden können. Gemeinsam ist diesen Eigenschaften verteilter Unternehmensorganisation, dass sie die unternehmensinterne Komplexität erhöht. Sie trägt dadurch zur besseren Entsprechung von System- und Umweltkomplexität im Sinne von Ashbys Varietätsgesetz („only variety destroys variety“) bei: Umweltkomplexität wird vom Unternehmen leichter absorbiert, weil es basierend auf einer verteilten Struktur eine grössere Varietät besitzt.

Ein Beispiel zur Umsetzung „verteilter Intelligenz“ im Unternehmenskontext ist die transnationale Organisation³ (vgl. Abbildung 2).

Der Idealtyp der transnationalen Organisation zeichnet sich dadurch aus, dass er seine weltweit vorhandenen Fähigkeiten und Ressourcen dezentral verteilt, zugleich aber durch intensive Prozesse der Kommunikation, Koordination und Kooperation vernetzt. Auf diese Weise wird eine Synthese gebildet, welche die Effizienzvorteile einer zentralisierten Organisation mit den auf lokale Besonderheiten ausgerichteten Spezialisierungsvorteilen einer vollständig dezentralisierten Organisation miteinander verbindet.

Ein Beispiel für eine Firma, die sich in ihrer Funktionsweise einer transnationalen Organisation annähert, ist der Konsumgüterproduzent Procter & Gamble. Insbesondere bei der Entwicklung neuer Produkte hat es sich bei Procter & Gamble als erfolgskritisch erwiesen, die lokal verfügbaren Kenntnisse der

³ Vgl. Bartlett/Goshal (1992).

national verteilten Unternehmenseinheiten für die Gesamtorganisation nutzbar zu machen. Um den Know-How-Transfer sicherzustellen, wurden daher sogenannte „Lead Countries“ benannt, die aufgrund ihrer spezifischen Kenntnisse oder Ressourcen für ausgewählte Produkte oder Unternehmensfunktionen eine weltweite Führungsrolle wahrnehmen. Die „Lead countries“ – weltweit verteilte Kompetenzzentren – sind außerdem verantwortlich für die Koordination des Know-How-Transfers innerhalb des Unternehmensnetzwerks.

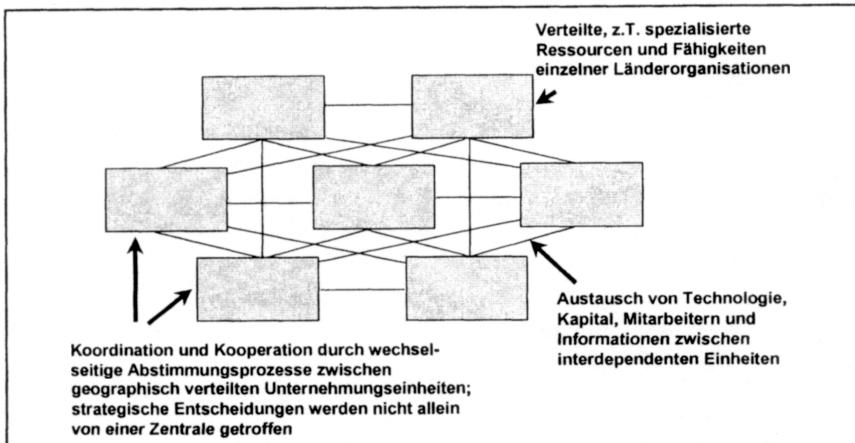


Abbildung 2: Die transnationale Organisation – Beispiel einer verteilten Organisation

B. Das Prinzip der Lenkung „von unten herauf“

Die Regel „Lenke von unten herauf“ (bottom up control) stellt eine weitere Verdichtung von Erkenntnissen über die Steuerungs- und Lenkungsmechanismen komplexer Systeme dar: Komplexe adaptive Systeme sind schichtenartig aufgebaute Systeme, die über eine rekursive, selbstähnliche Lenkungsstruktur verfügen. Die Systemlenkung geht in dieser Struktur kaskadenförmig verschachtelter Regelkreise üblicherweise von der untersten, nicht aber von der obersten Ebene aus. Die untersten Regelungsebenen eines komplexen adaptiven Systems sind weitgehend autonom, ihre Autonomie wird nur dann – ausnahmsweise – durchbrochen, wenn die Lebensfähigkeit des Gesamtsystems dies erfordert sollte. Ein lokal, von der tiefsten Systemebene initierter Prozess der Systemlenkung hat sich in den permanent wandelnden Umfeldern, in denen komplexe adaptive Systeme operieren, einer globalen Top-Down-Steuerung durch hierarchisch höher angesiedelte Führungseinheiten als überlegen erwiesen.

Ebenso wie das Prinzip der verteilten Intelligenz haben Komplexitäts-theoretiker auch das Prinzip der Lenkung „von unten herauf“ aus Erkenntnissen unterschiedlichster wissenschaftlicher Disziplinen hergeleitet. So liegt das Prinzip der Lenkung „von unten herauf“ als Strukturierungsprinzip beispielsweise einem hochkomplexen System wie beispielsweise dem menschlichen Zentral-system zugrunde. Über die Neurophysiologie und die Biokybernetik hat es in die moderne Robotik Eingang gefunden. Hier wird es als Subsumtionsprinzip bezeichnet und als höchst leistungsfähiges Prinzip für das Design mobiler Roboter verwendet. Ein vergleichbares Prinzip hat sich auch in den Sozialwissenschaften bewährt. Als Subsidiaritätsprinzip hat es sich (oft in Kombination mit dem Prinzip des Föderalismus) insbesondere in den Politik-/Staatswissenschaften als wirksames Prinzip des Aufbaus moderner Sozialsysteme erwiesen.

Auch im Unternehmenskontext kann das Prinzip der Lenkung „von unten herauf“ als eine Möglichkeit effektiver Systemlenkung verstanden werden. Wenn die Organisation eines Unternehmens auf Regelungsmechanismen höherer und tieferer Ordnung basiert, fördert sie die systeminterne Eigendynamik, indem sie autonomen Basiseinheiten Raum zur Selbstorganisation lässt. Steuerung (Feedforward) wird zugunsten von Regelung (Reduktion von Abweichungen durch Feedback) reduziert. Dadurch wird nicht nur das Wissen innerhalb einer Organisation besser genutzt, es wird auch berücksichtigt, dass die Führungsspitze sämtliche zur Unternehmensführung notwendigen Informationen weder besitzen kann noch verarbeiten könnte (wenn es sie besäße), um ein Unternehmen vorsteuernd auf Kurs zu halten.

Das Prinzip der Lenkung „von unten herauf“ entspricht letztlich einer schrittweisen Erhöhung von Komplexität innerhalb der Organisation: Die kleinsten Einheiten sind soweit autonom, als sie die zur Bewältigung ihrer Funktionen notwendigen Fähigkeiten und Ressourcen besitzen. Eine übergeordnete Systemebene wird erst dann – und nur dann – aktiv, wenn dies zur Absorption jener Komplexität notwendig ist, welche nicht auf untergeordneter Ebene adäquat bewältigt werden kann.

Das Kreditkartenunternehmen VISA International kann als Beispiel für ein Unternehmen gelten, in dem besonders deutlich wird, das es dem Prinzip der Lenkung „von unten herauf“ Rechnung trägt (vgl. Abbildung 3).

VISA International gehört gemessen an Umsatz und Wachstum zu den erfolgreichsten Unternehmen weltweit. Einen wesentlichen Beitrag zum Unternehmenserfolg hat die „von unten gelenkte“ Organisation von VISA geleistet. Dee Hock, Mitbegründer und langjähriger CEO von VISA, stellt VISA als eine selbstregulierende, von unten gelenkte Einheit dar, die Charakteristika von Chaos („chaos“) und Ordnung („order“) erfolgreich miteinander verbindet („chaord“).

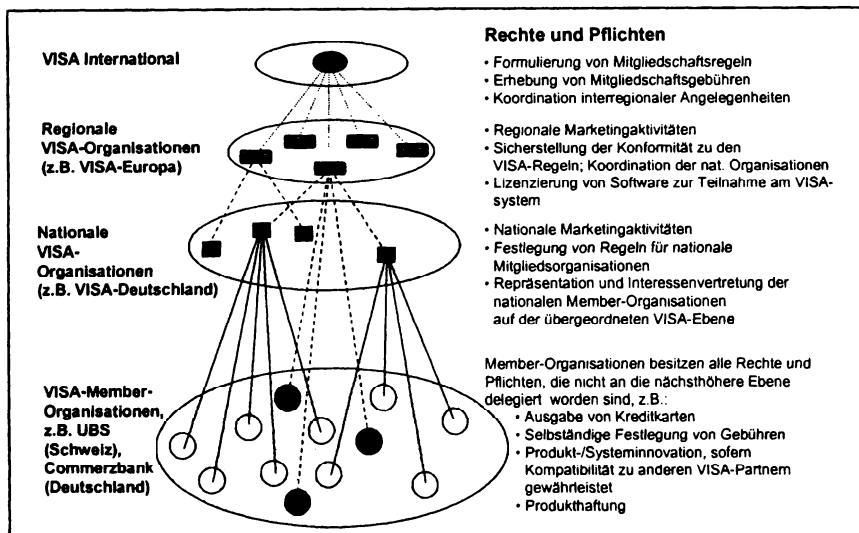


Abbildung 3: Lenke „von unten herauf“ – Beispiel VISA International

Hock schreibt zu VISA: „In the legal sense, VISA is a non-stock, for-profit, membership corporation. In another sense, *it is an inside-out holding company in that it does not hold but is held by its functioning parts*. The 23,000 institutions that create its products are, at one and the same time, its owners, its members, its customers, its subjects, and its superiors. (...) Its products are the most universally used and recognized in the world, yet the organization is so transparent that its ultimate customers, most of its affiliates, and some of its members do not know how it exists or functions. At the same time, *the core of the enterprise has no knowledge of or authority over a vast number of the constituent parts and none has any need to. The entirety, like all chaords – including those you call body, brain, and biosphere – is largely self-regulating.*“⁴

C. Das Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten

Das dritte hier vorgestellte Organisationsprinzip komplexer adaptiver Systeme – formuliert in der Leitlinie „Wachse über funktionierende Einheiten“ – fasst Erkenntnisse zum Entstehungs- und Entwicklungsprozess komplexer adaptiver Systeme zusammen: Komplexe lebende Systeme entwickeln sich

⁴ Hock (1995).

typischerweise in zahlreichen aufeinander aufbauenden Schritten. Es bilden sich zunächst stabile Zwischenformen heraus, die sich im Laufe der Evolution als lebensfähig erweisen. Diese stabilen Zwischenformen (Module) stellen dann die Basis für die Weiterentwicklung des Systems dar. Basierend auf einem derartigen Entwicklungs- und Wachstumsmechanismus verfügen komplexe lebensfähige Systeme über eine Struktur, die aus einer lockeren Verknüpfung in sich stabiler Subsysteme besteht. Die einzelnen Subsysteme sind strukturiert miteinander vernetzt, d.h., dass die Vernetzung innerhalb der Subsysteme sehr dicht ist, die Vernetzung zwischen diesen Subsystemen allerdings gering ist (Prinzip der losen Kopplung).

Derartige lose gekoppelte Systeme, die in sich funktionsfähige Module verknüpfen, besitzen den Vorteil, dass sie ihre Basiseinheiten im Laufe der Evolution rekombinieren und damit wiederverwenden können. Ferner ist das System als Ganzes hochgradig stabil gegenüber systemintern oder -extern verursachten Störungen. Es kann Störungen relativ leicht absorbieren, da sich diese im System aufgrund der losen Kopplung der Module nicht sehr effizient fortpflanzen können.

Die dargestellte Methode von Systemaufbau und -entwicklung haben Komplexitätstheoretiker in so unterschiedlichen Disziplinen wie Systemtheorie und Biokybernetik, Biologie, insbesondere Evolutionsbiologie, sowie in Disziplinen wie Softwareengineering und Informatik, aber auch in der kognitiven Psychologie nachgewiesen. Dass die dargestellte Methode des Wachstums über funktionierende Einheiten (bzw. der „kumulativen Selektion stabiler Zwischenformen“) eine ausgesprochen zielführende Methode der Entwicklung komplexer Systeme ist, ist in den genannten Wissenschaften mehrfach bewiesen worden.

Aus denselben Gründen, aus denen sich das Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten in den erwähnten Disziplinen als Organisationsprinzip bewährt hat, ist es allerdings auch für die Gestaltung komplexer künstlicher Systeme – Unternehmen eingeschlossen – empfehlenswert: Der Versuch, ein komplexes System analytisch vorauszuplanen und in einem einzigen Schritt zu entwickeln, ist in der Regel mit einer ausserordentlich hohen Wahrscheinlichkeit des anschliessenden Systemversagens verbunden. Um ein derartiges Scheitern zu vermeiden, sollte die Entwicklung eines komplexen Systems deshalb zunächst auf Basis kleinerer, in sich funktionsfähiger Einheiten beginnen. Die einzelnen Komponenten eines komplexen Systems können dann in einem nächsten Schritt zu einem System höherer Komplexität zusammengefügt werden, innerhalb dessen sie ihr Zusammenspiel mit den anderen, ihrerseits funktionstüchtigen Systemkomponenten austesten können. Ein komplexes System sollte demgemäß inkremental über das Zusammenfügen relativ einfach strukturierter Module aufgebaut werden. Die einzelnen Module sollen dabei weitgehend voneinander unabhängige, in sich selbst funktionsfähige Einheiten sein.

Im Unternehmenskontext verspricht die Anwendung des Prinzips des Wachstums über funktionierende Einheiten einen mehrfachen Nutzen. Für das Design der Unternehmensorganisation ist es eine ebenso nützliche Leitlinie wie für das Design von Produkten und schliesslich für das Design von Informati-onssystemen.

Zur Bewältigung von Komplexität trägt das Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten im Unternehmenskontext beispielsweise bei, wenn das Unternehmen während eines Wachstumsprozesses wiederholt in Subsy-teme geringerer Komplexität aufgespalten wird. Innerhalb dieser Subsysteme kann die Komplexität dann anschliessend wieder gesteigert werden, beispiels-weise durch eine erhöhte Kommunikationsdichte, wie sie in den kleineren (Sub-)Systemen leichter realisierbar ist. Die Kommunikation in einem klei-neren System wird u.a. deshalb qualitativ verbessert, weil sie den persönlichen (Face to face-)Kontakt fördert. Damit werden verbreiterte Kommunikationska-näle verfügbar, die dazu beitragen die systeminterne Varietät gesamthaft zu steigern. Dies wiederum leistet im Sinne von Ashbys Varietätsgesetz einen weiteren Beitrag zu einer besseren Bewältigung externer Komplexität.

Ein Beispiel für ein Unternehmen, das Komplexität auf die beschriebene Weise bewältigt, ist die Firma Gore, die unter anderem das Kunstfasermaterial Gore Tex[©] produziert: Um ein unstrukturiertes, krebsartiges Unternehmens-wachstum zu vermeiden, spaltet Gore seine Produktionsbetriebe immer wieder in kleinere Einheiten auf, wenn eine dieser Einheiten die kritische Anzahl von 150 Mitarbeitern überschreitet. Das bei Gore angewandte „Prinzip der Zellteilung“ hat sich über Jahrzehnte hinweg bewährt, so dass man dort weiterhin mögliche Effizienzverluste aufgrund von Doppelspurigkeiten gerne in Kauf nimmt, um die interne Systemvarietät, die u.a. in der hohen Innovationsfähig-keit Gores zum Ausdruck kommt, zu steigern.

Wie die vorangehenden Ausführungen gezeigt haben, spielt das Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten für die Unternehmensorganisation eine entscheidende Rolle. Aber nicht nur für das Design der Organisation, son-dern auch für das Design der Produkte eines Unternehmens kann das Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten handlungsleitend sein. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass zwischen dem Design der Produkte eines Unternehmens (und damit indirekt seiner Wertschöpfungskette) und der Orga-nisation eines Unternehmens (dem arbeitsteiligen Wertschöpfungsprozess) ein enger wechselseitiger Zusammenhang besteht (vgl. Abbildung 4), der letztlich sogar zirkulär ist („Structure follows product follows structure ...“).

Ein modulares Produktdesign trägt auf zweierlei Weise zur Bewältigung von Komplexität bei: Erstens ermöglicht ein modulares Produktdesign das Design

entsprechend modularer, lose gekoppelter Unternehmensstrukturen, die – wie bereits erläutert – tendenziell besser befähigt sind, Umweltkomplexität zu absorbieren. Zweitens ermöglicht ein modulares Produktdesign, die Parallelisierung der Produktentwicklung: Basierend auf standardisierten Schnittstellen zwischen Modulen kann ein modular aufgebautes Produkt zeitlich parallel sowie regional verteilt entwickelt und produziert werden. Auf diese Weise kann ein Produkt schneller entwickelt werden. Anders ausgedrückt kann in einer gegebenen Zeitspanne eine höhere Produktvielfalt (=höhere Varietät) erzeugt werden (z.B. durch „mixing and matching“ von Produktkomponenten). Dies entspricht einer Erhöhung der Systemvarietät, die wünschbar ist, weil sie der Umweltkomplexität, ausgedrückt beispielsweise in sich immer rascher wandelnden Kundenbedürfnissen, ein Gegengewicht gegenüberstellt.

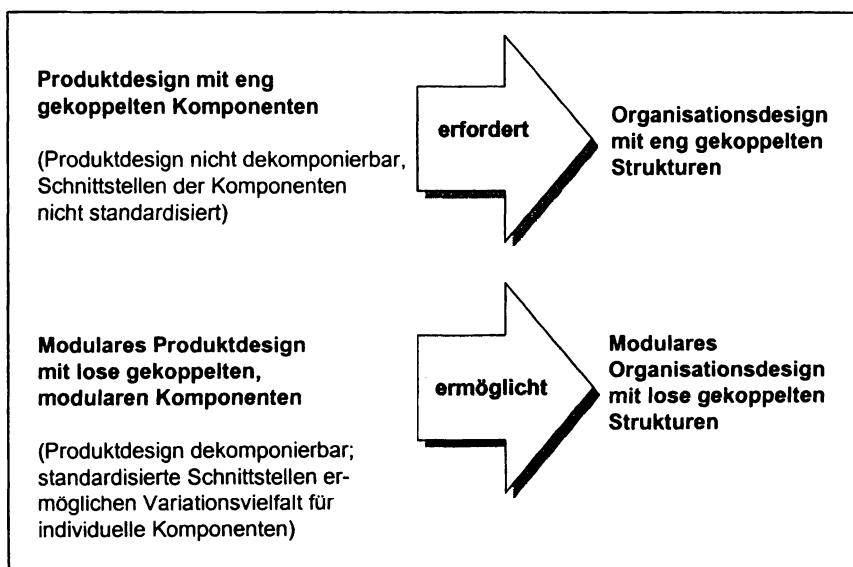


Abbildung 4: Der Zusammenhang zwischen Produkt- und Organisationsdesign

Beispiele für Unternehmen, die das Potential modularer Produktgestaltung nutzen, sind Firmen aus dem Bereich des Flugzeugbaus (z.B. Boeing, McDonnell-Douglas, Airbus Industries), der Automobilproduktion (z.B. Ford, Chrysler, VW), der Personalcomputerindustrie (z.B. IBM, Compaq, Dell) oder der Unterhaltungselektronik. Sony beispielsweise gelingt die Erzeugung einer enormen Variantenvielfalt an Produkten (z.B. mehr als 160 Varianten des Sony Walkman) durch die Rekombination modularer Produktkomponenten.

D. Das Prinzip der Förderung von Randgruppen (Diversität)

Die Gestaltungsregel „Fördere Randgruppen (Diversität)“ verweist auf die Bedeutung, die einem funktional möglichst heterogen gestalteten Aufbau eines komplexen adaptiven Systems zukommt: Diversität von Elementen und Funktionen eines komplexen Systems begünstigt dessen Fähigkeit, sich an wandelnde Kontexte anzupassen. Diversität fördert Innovation und damit die Entwicklungsfähigkeit eines komplexen Systems. Evolutionäre Entwicklungen werden durch die kontinuierliche Einschleusung von Neuem in das System gefördert, revolutionäre Systemsprünge, die die Lebensfähigkeit des Systems potentiell gefährden, werden in divers strukturierten Systemen tendenziell vermieden.

Auch diese Erkenntnis haben Komplexitätstheoretiker aus verschiedenen Wissenschaften hergeleitet. Hierzu gehören u.a. die Ökosystemforschung, die Evolutionsbiologie und die Sozialpsychologie. Insbesondere in der Sozialpsychologie von Gruppen sind die positiven Effekte gesteigerter Diversität seit langem bekannt (z.B. Vermeidung von „Groupthink“, Förderung von Kreativität, effektivere Bewältigung komplexer Probleme).

Abbildung 5 illustriert, wie Randgruppen ein System – hier den Genpool einer Art – für neue Informationen öffnen. Indem sie zur Normenverschiebung beitragen, verursachen die Gruppen am Rande der Gaußschen Verteilungskurve die Anpassung der Population an eine dynamische, sich verändernde Umwelt.

Ähnlich wie in komplexen lebenden Systemen (z.B. Ökosysteme, Populationen von Organismen) kann Diversität auch im Unternehmenskontext einen wichtigen Beitrag zur Lebens- und Entwicklungsfähigkeit des Systems leisten. Diversität spielt hier v.a. hinsichtlich der Zusammensetzung der Mitarbeiterchaft eine wichtige Rolle. Zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit eines Unternehmens trägt Diversität dadurch bei, dass sie ein rasches Erkennen neuerer Umweltentwicklungen ermöglicht. Dies geschieht, weil die Diversität und Vielfalt innerhalb der Unternehmensumwelt leichter eine Entsprechung innerhalb der Unternehmensinwelt findet. Neuartige Entwicklungen werden schneller wahrgenommen und in das System eingeschleust. Außerdem steht ein breiteres, besser auf die Anforderungen der Unternehmensumwelt abgestimmtes (Re-)Aktionspotential innerhalb der Organisation zur Verfügung. Ferner wird die Breite der Entscheidungs- und Verhaltensweisen innerhalb eines diversitätsfördernden Unternehmens ebenso gesteigert wie die Realisierung kreativer, von der Routine abweichender Lösungen. Die Förderung von Randgruppen bzw. Diversität leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Durchbrechung dysadaptiver – weil veralteter – Denkmuster (z.B. überkommene Annahmen über die Umwelt oder die Kundenbedürfnisse).

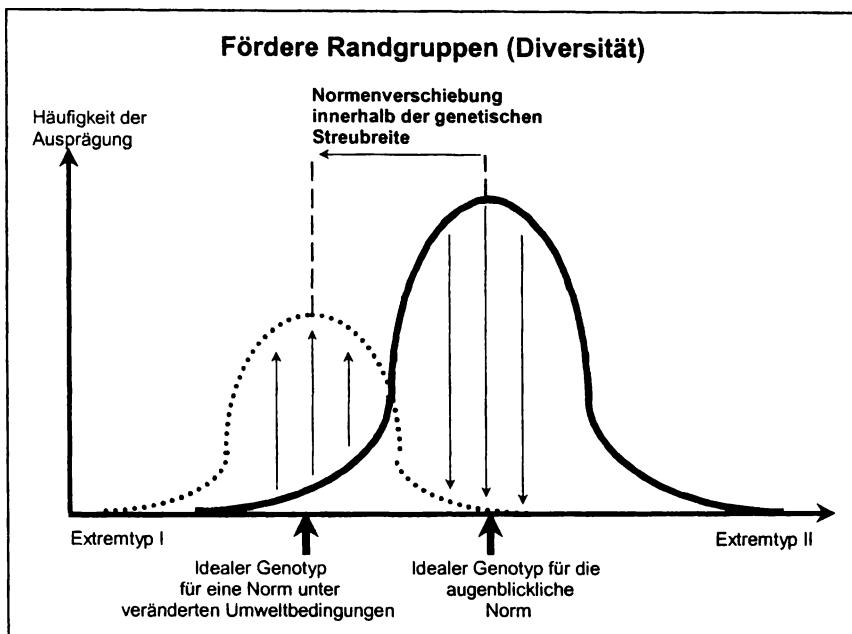


Abbildung 5: Die Streubreite einer Art sichert ihr Überleben (Vester, 1985)

Gesamthaft betrachtet erhöht die Förderung von Randgruppen (Diversität) damit die Vielfalt und letztlich die Varietät (Eigenkomplexität) eines Unternehmens. Dadurch erhöht sie zugleich dessen Potential zur Bewältigung externer Varietät (Umweltkomplexität). Erreichbar ist Diversität im Unternehmenskontext v.a. mit einer entsprechend ausgestalteten Personalpolitik. Hierin eingeschlossen sind sämtliche Instrumente und Methoden der Personalselektion und -entwicklung.

Wie diese Instrumente zur Erhöhung unternehmensinterner Vielfalt eingesetzt werden können veranschaulicht das Beispiele der Firma Xerox. Hier hat man verschiedene Programme zur Förderung der Einstiegs- und Aufstiegschancen von Minderheiten auf allen Ebenen und in allen Funktionalbereichen initiiert. Das bei Xerox initiierte Programm, die sogenannte „Balanced Workforce Strategy“, wird unterstützt sowohl durch die Vorgabe von „Diversitätszielen“ als auch durch eine Nischenstrategie der Rekrutierung hochqualifizierter Mitarbeiter. Bei Xerox schöpft man auf diese Weise bspw. das Humanpotential aus, das berufstätige Mütter sowie Wiedereinsteigerinnen darstellen, die spezifische Erfahrungshintergründe oder langjährige und kostspielige Spezialausbildungen besitzen.

Ähnliche Programme wie Xerox verfolgen auch Unternehmen wie bspw. AVON, Corning, Digital und Procter & Gamble. Gemeinsam ist diesen Firmen, dass sie mittels einer Diversitätsstrategie ähnliche Zielsetzungen verfolgen. Hierzu gehören u.a. die Widerspiegelung der Heterogenität der Kundenbasis in der Mitarbeiterschaft und in Entscheidungsgremien, die Erhöhung der Kreativität von Problemlösungen, die Erhöhung der Arbeitszufriedenheit durch Abbau von Diskriminierungen, die Förderung der Reputation als Arbeitgeber und die Erhöhung der Systemflexibilität. Gemeinsam ist diesen Zielsetzungen damit, dass sie einer erhöhten Umweltkomplexität eine unternehmensinterne Entsprechung gegenüberstellen wollen, die sie mittels Vielfalt und Diversität der Mitarbeiter zu erreichen suchen.

E. Das Prinzip Fehlerfreundlichkeit

Komplexe Systeme zeichnen sich definitionsgemäß dadurch aus, dass sie eine astronomisch hohe Anzahl möglicher Verhaltenszustände einnehmen können. Während ein Teil dieser Zustände durchaus wünschbar ist, handelt es sich beim grösseren Teil dieser möglichen Zustände um solche, die aus Systemsicht Störfälle und unerwünschte Überraschungen, d.h. Fehler, darstellen. Derartige Fehler, die sowohl systeminterne als auch systemexterne Ursachen haben, können nie vollständig antizipiert oder vermieden werden. Aus diesem Grund muss ein komplexes adaptives System über Mechanismen verfügen, die ihm die im Zeitablauf unweigerlich auftretenden Störfälle bewältigen hilft. Einer dieser Mechanismen, der zur Fehlerbewältigung beiträgt, ist das Prinzip der fehlerfreundlichen Systemgestaltung.

Das Prinzip Fehlerfreundlichkeit ist eines jener Prinzipien, das Komplexitätswissenschaftler insbesondere aus Disziplinen wie der Biologie, speziell der Genetik und der Funktionsbiologie, abgeleitet haben. Neben diesen Disziplinen spielt das Prinzip Fehlerfreundlichkeit heute auch in der Informationstheorie, dem Softwareengineering und in jenem Teil der Organisationstheorie eine wichtige Rolle, die sich mit dem Design soziotechnischer Hochrisikosysteme – bspw. Kernkraftwerke oder Flugzeugträger – beschäftigt.

Fehlerfreundlichkeit ist ein Konstrukt, das die beiden Komponenten *Fehlerproduktion* einerseits und *Fehlertoleranz* andererseits funktional miteinander verbindet. Wie das Zusammenspiel von Fehlerproduktion und Fehlertoleranz einen Beitrag zur Robustheit, zur Anpassungsfähigkeit und damit letztlich auch zur Bewältigung von Komplexität leistet, lässt sich sich am deutlichsten am Beispiel lebender Systeme aufzeigen:

Wie alle komplexen Systeme neigen komplexe lebende Systeme zunächst zur Fehlerproduktion. Im Laufe ihrer Entwicklung oder bei der Erkundung neu-

artiger Umweltzustände treffen lebende Systeme immer wieder auf Überraschungen, für die im System bisher noch keine spezifische Routine existiert, um das konkrete Störereignis möglichst effizient zu bewältigen. Gleichwohl verfügen lebende Systeme allerdings über eine ausgesprochen hohe Robustheit gegenüber derartigen nichtantizipierten Störungen.

Christine und Ernst Ulrich von Weizsäcker schreiben hierzu: „Organische System sind zweifellos äusserst *fehleranfällig*. Man vergleiche etwa eine Katze mit einem Stein oder einem Fluss, welche weder von innen noch von aussen in nennenswertem Umfang von Fehlern geplagt sind. Organische Systeme, insbesondere Einzelorganismen, sind aber zugleich ordentlich *fehlertolerant*, etwa im Vergleich zu klassischen Maschinen. Man vergleiche etwa ein Auto, dem etwas Zuckerwasser ins Benzin gemischt wurde, mit unserer Katze, der irgendjemand Hartgummi oder Verfaultes oder Scharfkantiges ins Fressen gemischt hat. Der Automotor geht irreparabel kaputt, während die Katze mit Schnüffeln, Tasten, Beäugen und Probebeissen die meisten Fehler aussortiert; was sie dennoch an Unbekömmlichem herunterschlingt, kann sie meistens auch wieder herauswürgen; Schnittwunden heilen aus; und zu alledem merkt sich die Katze den Gefahrenherd und seine Begleitumstände.“⁵

Wie dieses Beispiel sehr plastisch illustriert, sind komplexe anpassungsfähige Systeme typischerweise so organisiert, dass sie die negativen Konsequenzen von Fehlern ohne grösseren Schaden absorbieren können, zugleich aber deren positive Effekte (z.B. durch Lernen) verwerten. Erst auf Basis dieser Robustheit gegenüber Fehlern kann allerdings der hohe Informationsgehalt, den ein aufgetretener Fehler besitzt, dem System zugänglich gemacht werden: Das System lernt mit anderen Worten aus dem Fehler für die Zukunft – es passt sicher seiner Umwelt besser an –, ohne bei der Gewinnung der neuen Information die Lebensfähigkeit des Systems grundlegend zu gefährden.

Ein wesentliches Prinzip, das zur Fehlertoleranz natürlicher System beiträgt, ist beispielsweise das *Prinzip der Redundanz von Funktionen oder Teilen*. Redundanz sichert das System gegenüber nicht-antizipierten Fehlern ab, indem es Mechanismen der Schadensbegrenzung und/oder der Reparatur bereitstellt. So verfügt beispielsweise der menschliche Organismus über eine Redundanz von Organen und Organteilen (z.B. zwei Nieren, viele Muskelfasern), so dass dessen Lebensfähigkeit auch beim Ausfall einzelner Systemteile oder -funktionen garantiert ist. Ausserdem verfügt der Organismus über eine dynamische Redundanz: So kann er beispielsweise bestimmte Organteile laufend ersetzen (z.B. Moleküle, Organellen, Zellen) oder beim Ausfall bestimmter Funktionen diese durch andere Funktionen substituieren (z.B. Mehrfachsiche-

⁵ Von Weizsäcker (1986).

rung von Bewegungen, Restitutionen bei Lähmungen, Verstärkung von Sinnesorganen beim Ausfall anderer).

Neben dem Prinzip der Redundanz sind weitere wichtige Elemente eines fehlerfreundlichen Systemdesigns das bereits dargestellte Prinzip der Diversität sowie das Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten. Diese Prinzipien, die die Fehlertoleranz fördern, verschränken sich in lebenden Systemen auf eine Weise, die die Grenze zwischen Fehlerproduktion und Fehlertoleranz zunehmend verschwinden lässt und damit die Einführung des Begriffs Fehlerfreundlichkeit als einer funktionalen Synthese dieser beiden Elemente nahelegt (vgl. Abbildung 6).

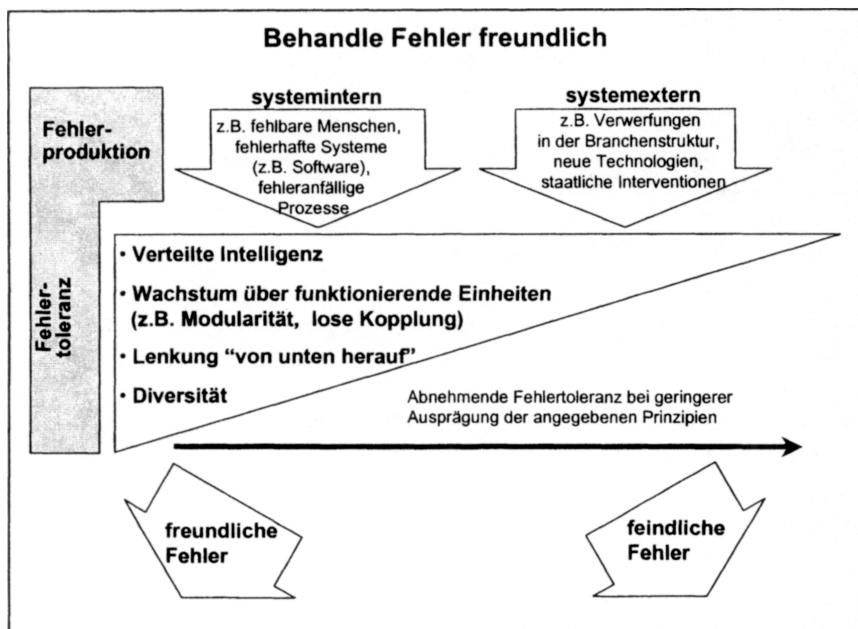


Abbildung 6: Fehlerfreundlichkeit: Ergebnis des Organisationsdesigns

Fehlerfreundlichkeit kann deshalb als funktionale Synthese von Fehlerproduktion und Fehlertoleranz verstanden werden, weil sich oft nicht genau feststellen lässt, ob Fehler vom System bloss toleriert oder aber aktiv erzeugt wurden. So kann man beispielsweise kaum mit Sicherheit sagen, ob Fehler im Erbgut z.B. durch Rezessivität unterdrückt und damit unschädlich gemacht werden (was der Fehlertoleranz entspricht) oder ob sie aufbewahrt und vor der Selektion geschützt werden, um dadurch zukünftige Anpassungen an Neues zu ermöglichen (was eher der Fehlerproduktion entspricht).

Wie Abbildung 6 darstellt, lässt sich das Prinzip Fehlerfreundlichkeit auch im Unternehmenskontext umsetzen. Dies ist beispielsweise dadurch möglich, dass man das Organisationsdesign an den bereits dargestellten vier Prinzipien – dem Prinzip der verteilten Intelligenz, dem Prinzip der Lenkung „von unten herauf“, dem Prinzip des Wachstums über funktionierende Einheiten oder dem Prinzip der Diversität – orientiert. Je mehr die genannten Prinzipien die Grundlage der Unternehmensorganisation bilden, umso eher ist zu erwarten, dass die unweigerlich auftretenden Fehler von einem Unternehmen absorbiert werden können, so dass diesem kein schwerwiegender Schaden zugefügt wird. „Feindliche Fehler“ können somit anhand eines geeigneten Organisationsdesigns zugunsten „freundlicher Fehler“ reduziert werden. Während „feindliche Fehler“ ein grösseres, unerwünschtes Störpotential mit sich bringen, tragen „freundliche Fehler“ dazu bei, aus Fehlern zu lernen, Innovationen hervorzubringen und die Anpassung des Systems an neuartige Umweltentwicklungen zu beschleunigen.

Gelingt es einem Unternehmen, einen Kontext der Fehlerfreundlichkeit zu kultivieren, so profitiert es dadurch in mehrfacher Weise: Erstens erhöht es die Robustheit des Unternehmens gegenüber nichtantizipierten Störungen. Dadurch leistet es einen wichtigen Beitrag zur Aufrechterhaltung der langfristigen Lebensfähigkeit des Systems. Zweitens trägt es dazu bei, Auslassungsfehler („errors of omission“) zu reduzieren. Auslassungsfehler sind Fehler, die darin bestehen, attraktive Chancen nicht zu ergreifen, sondern tatenlos vorbeiziehen zu lassen. Auslassungsfehler können in fehlerfreundlichen Unternehmen durch das kalkulierte Eingehen von Risiken – und damit Chancen – reduziert werden, weil das Unternehmen tendenziell besser dazu befähigt ist, mit komplexen Problemstellungen umzugehen und auch an der Grenze zum Scheitern funktionsfähig zu operieren.

Als beispielhaft für zwei Unternehmen, die den Wert eines adäquaten Umgangs mit Fehlern erkannt haben, können hier der schwedische Möbelproduzent IKEA und sowie der Computerhersteller IBM in seiner Pionierphase gelten: So kommt die fehlerfreundliche Grundhaltung IKEAs beispielhaft in folgender Aussage des IKEA-Gründers, Ingvar Kamprad, zur Geltung. Er ermahnt seine Mitarbeiter mit den Worten: „Only while sleeping one makes no mistakes. The fear of making mistakes is the root of bureaucracy and the enemy of all evolution.“ Diese Grundhaltung hat noch heute in der IKEA-Kultur Bestand und ist u.a. im Leitbild von IKEA schriftlich mit den Worten niedergelegt: „In our IKEA family we want to keep the human being in the center, and to support each other (...). To make mistakes is the privilege of the active person.“

Dass Fehlerfreundlichkeit auch bei IBM (zumindest in deren durch rasantes Wachstum gekennzeichneten Pionierphase) einen sehr wichtigen Wert darge-

stellt hat, wird aus folgender Anekdote ersichtlich, die noch heute lebendig gehalten wird:

„Ein Manager, der bei einem riskanten Projekt 10 Millionen US-Dollar verloren hatte, wurde zu IBM-Gründer Watson zitiert. Der junge Mann begann gleich: „Ich glaube, Sie wollen mir meine Kündigung mitteilen?“ Stattdessen bekam er zu hören: „Das kann doch wohl nicht Ihr Ernst sein. Wir haben gerade 10 Millionen Dollar in ihre Ausbildung investiert.““

Die vorangehenden Ausführungen haben überblickartig ausgewählte Erkenntnisse zur Organisation komplexer adaptiver Systeme für die Organisation von Unternehmen fruchtbar gemacht. Sie haben gezeigt, dass es zahlreiche – zum heutigen Zeitpunkt noch wenig ausgeschöpfte – Möglichkeiten gibt, Unternehmen für den Umgang mit Komplexität zu rüsten. Die voranstehenden Gedanken haben ferner gezeigt, dass die Komplexitätstheorie, die gegenwärtig von führenden Wissenschaftlern unterschiedlichster Disziplinen vor allem am Santa Fé Institute in New Mexico, USA, vorangetrieben wird, eine Fachrichtung ist, die sehr innovative Impulse für die Organisation von Unternehmen gibt. Die Ausschöpfung der enormen Potentiale dieser Wissenschaft verspricht für die Organisationstheorie einen hohen Erkenntnisgewinn, für die Praxis eine erhöhte Sicherheit im Umgang mit Komplexität.

Literaturverzeichnis

- Bartlett, C. / Ghoshal, S. (1992): Transnational Management, Homewood: Irwin.*
- Hock, D. (1995): The chaordic organization: Out of control and into order, in: World business academy perspectives, Vol. 9, No. 1, pp. 5–18.*
- Kelly, K. (1995): Out of control: The new biology of machines, social systems and the economic world, Reading: Addison-Wesley.*
- Stütgen, M. (1999): Strategien der Komplexitätsbewältigung in Unternehmen: Ein transdisziplinärer Bezugsrahmen, Bern: Haupt.*
- Vester, F. (1985): Ökologisches Systemmanagement: Die Unternehmung am Scheideweg zwischen Mechanistik und Biokybernetik, in: Probst, G. / Siegwart, H. [Hrsg.]: Integriertes Management, Bern: Haupt, S. 299–330.*
- von Weizsäcker, C. / E.U. (1986): Fehlerfreundlichkeit als Evolutionsprinzip und Kriterium der Technikbewertung, in: Universitas, Jg. 41, S. 791–799.*

Modellexperimente für Produktentwicklungsprozesse in der Autoindustrie mittels GERT-Netzwerken

Von Rainer Schwarz und Joachim Schreyer

A. Problemstellung und Methodologie

Innovationsprozesse werden durch eine subtile Komposition zahlreicher Aktivitäten realisiert. Bei Produktentwicklungsprozessen in der Autoindustrie sind über 300 unterschiedliche Tätigkeiten miteinander abzustimmen, um eine effiziente Projektrealisierung zu sichern. Um derart komplexe Systeme von Aktivitäten überblicken, analytisch durchdringen und das Zusammenspiel unterschiedlicher Aktivitäten, Akteure und Organisationseinheiten effektiv beherrschen zu können, bedient man sich seit langem der Netzplantechnik. Innovationsprojekte wie die Produktentwicklung weisen jedoch drei Merkmale auf, die von den traditionellen Netzplantechniken (CPM, MPM und PERT) nicht erfaßt werden: Sie können erstens auf verschiedenen Stufen der Projektdurchführung abgebrochen werden und verlangen zweitens die Wiederholung einiger Aktivitäten. Drittens sind die Vorgangsfolgen selbst nicht ein für alle mal festgelegt, sondern müssen den sich wechselnden Erfordernissen im Produktentwicklungsprozeß angepaßt werden.

In der Literatur werden Projektabbrüche sowohl auf wissenschaftlicher Seite (z.B. Brockhoff, 1992, 29) als auch von der Wirtschaftspraxis (u.a. Beckurts, 1983, 36) berücksichtigt. Projektabbrüche können spektakulär sein, wie der Abbruch des Transrapid-Projektes für die Strecke zwischen Hamburg und Berlin. Für viele kleine Projekte werden sie jedoch kaum dokumentiert und sind nicht sehr geläufig. Auch das zweite Merkmal von Innovationsprojekten mit Neuigkeitswert wird in der Literatur in Form von Nacharbeitszyklen (rework cycles) relativ häufig behandelt. Sie sind die Folge von Zieländerungen im Projekt, werden durch mangelhafte Abstimmung zwischen den verschiedenen Akteuren im Projekt oder schlicht durch mangelhafte Ausführung einzelner Aktivitäten sowie durch weitere Ursachen hervorgerufen. Eng verbunden mit Projektanpassungen und Zieländerungen ist auch das dritte Merkmal. Wegen der Neuartigkeit einer Innovation kann in der Regel die Vorgangsfolge, die zu einem positiven Resultat führen soll, nicht von vornherein eindeutig festgelegt

werden. Sie wird durch die im Verlaufe des Projektes auftretenden Bedingungen, Chancen und Hemmnisse und durch die Entscheidungen der wichtigsten Projektakteure im Laufe der Projektdurchführung verändert und insgesamt flexibel gestaltet.

Diese drei Eigenschaften realer Innovationsprozesse zur Produktentwicklung werden von den erwähnten Netzplantechniken nicht berücksichtigt. Daher ist schon in den 60er Jahren die Netzplantechnik GERT entwickelt worden, bei der neben den Aktivitätsdauern auch die Vorgangsfolgen interdeterministisch sind (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1
Übersicht über Netzplanmethoden

		Vorgangsfolge	
		deterministisch	stochastisch
Vorgangsdauer	deterministisch	CPM, MPM	GAN
	stochastisch	PERT	GERT

Abbildung 1 zeigt die wichtigsten GERT-Netzplanelemente¹. Als wesentlicher Unterschied zu den traditionellen Netzplantechniken kann der Knoten mit stochastischem Ausgang angesehen werden. Man kann ihn als Entscheidungsknoten interpretieren oder auch als stochastischen Ereignisknoten wie bei der Entscheidungsbaumtechnik. Dieser Knoten ermöglicht zusammen mit den Eingangsknoten vom ausschließlichen Oder-Typ die Modellierung von Rückkopplungsschleifen.

Obwohl GERT wichtige Eigenschaften realer Produktentwicklungsprozesse abbilden kann, sind seit den 60er Jahren kaum Anwendungen bekannt geworden oder zumindest in der wissenschaftlichen Literatur nicht so detailliert dargestellt worden, daß sie wissenschaftlich überprüfbar wären. Größerer Beliebtheit erfreuen sich in der Wirtschaftspraxis nach wie vor die deterministischen Netzplantechniken. Das mag auch mit den schwerfällig anzuwendenden analytischen Lösungsmethoden zusammenhängen. Erst nach der Erarbeitung geeigneter Simulationssoftware wie GERTSIM² und GERTNET³ ist es gelungen, die Netzwerktechnik GERT in breiterem Umfange anzuwenden.⁴

¹ Vgl. dazu ausführlicher Pritsker und Hopp, 1966, Pritsker und Whitehouse, 1966, Witt, 1996, Neumann und Steinhardt, 1979, sowie Cehic und Schwarz, 1996, Schwarz und Sachs, 1996.

² Vgl. Schmidt, 1994.

³ Diese Software wurde am Lehrstuhl für ABWL und Besondere des Rechnungswesens und Controlling der BTU Cottbus von Dipl.-Math. Christian Sachs erarbeitet

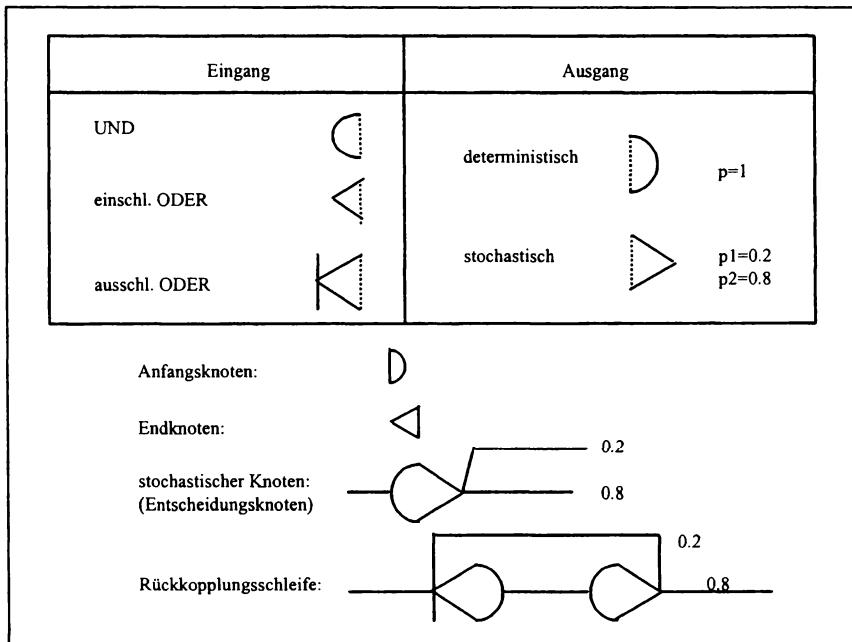


Abbildung 1: GERT-Netzplanelemente

GERTNET ermöglicht die nutzerfreundliche Eingabe von Aktivitäten und Ereignissen (siehe Abbildungen 2, 3 und 4), wobei eine Fehlerüberprüfung im Netzplan erfolgt. Am Ereignis werden graphisch alle ein- und ausgehenden Aktivitäten mit Dauer, Wahrscheinlichkeit sowie Quelle und Ziel dargestellt. Für die Auswertung können beliebige Ereignisse festgelegt werden, wobei eine Auswertung als Histogramm oder Tabelle gewählt werden kann.

Die Simulation setzt die vorhergehende Modellierung des Produktentwicklungsprozesses in einem GERT-Netzwerk voraus. Ein spezielles Problem ist dabei die Aggregation. Im vorliegenden Fall wurden ca. 300 Aktivitäten des realen Prozesses zu 52 Aktivitäten im Modell zusammengefaßt.

und von Dipl.-Betriebswirt (FH) Peter Maybaum mit einer nutzerfreundlichen Oberfläche versehen.

⁴ Für Anwendungen von Gertsim siehe Witt, 1996, Cehic und Schwarz, 1996, Wellershoff, 1998, Schmidt, 1993, und Karl, 1993. Anwendungen von Gertnet sind zu finden bei Sachs und Schwarz, 1996, Sachs, Schreyer und Schwarz, 1997, Schreyer 1999, und Sachs, 2000.

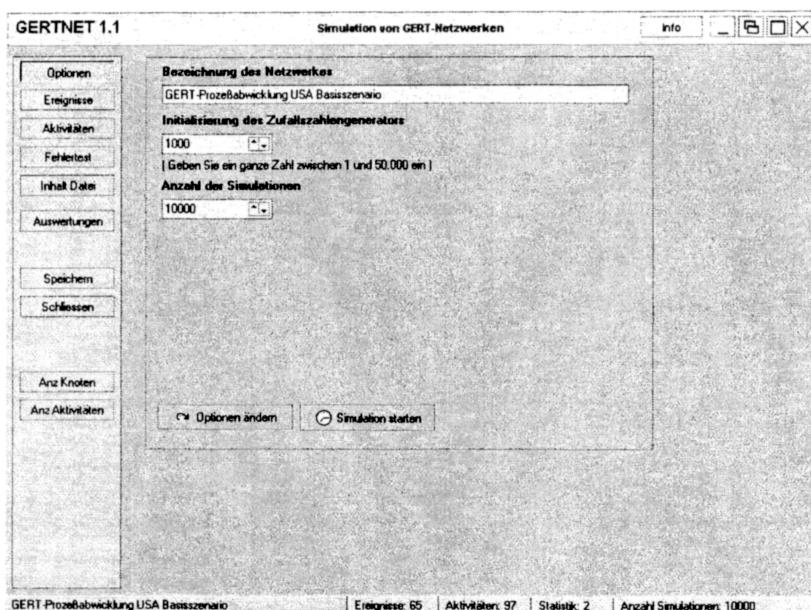


Abbildung 2: Simulation von GERT-Netzwerken

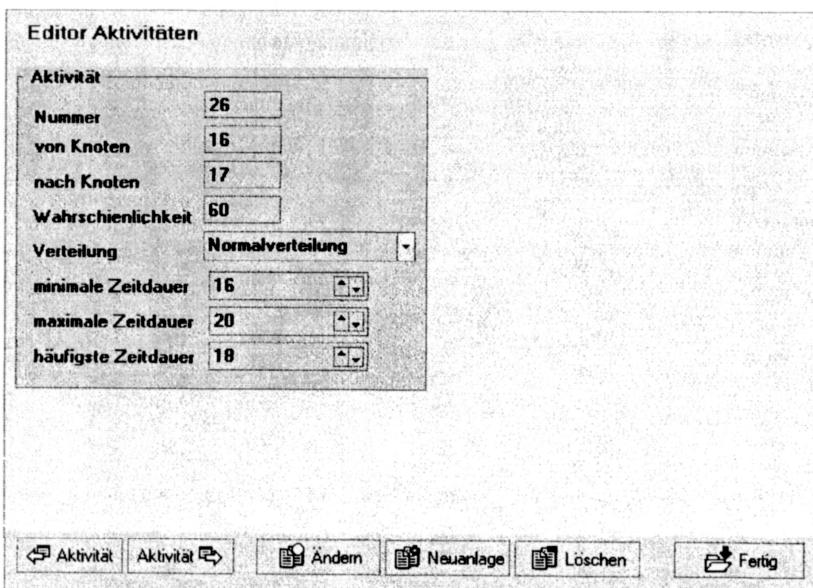


Abbildung 3: Editor Aktivitäten

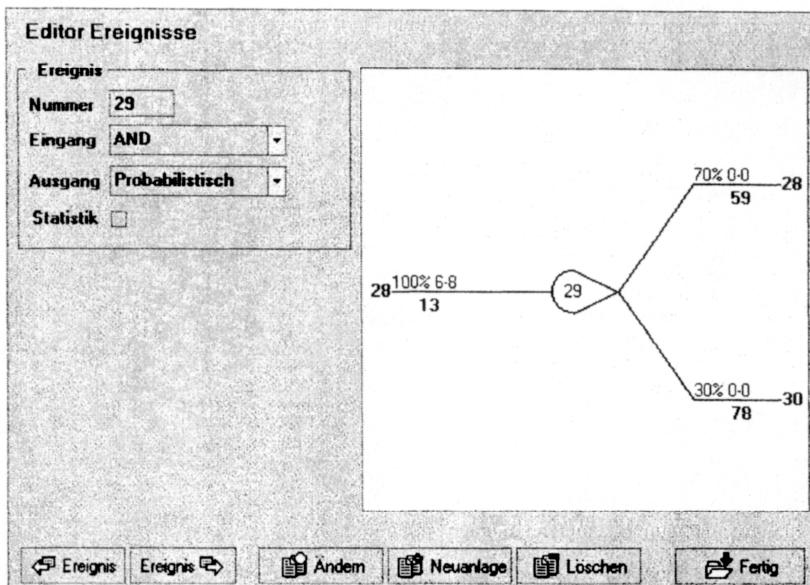


Abbildung 4: Editor Ereignisse

B. Modellexperimente zur Reproduktion wissenschaftlicher Ergebnisse

I. Reproduktion von GERT-Netzwerken

Die Nachprüfung von wissenschaftlichen Ergebnissen anderer Autoren dient vor allem dazu, einerseits die Modellgüte und andererseits die Güte der Software einzuschätzen. Bei unseren Untersuchungen zu Transformationsprozessen ergaben sich bei Nutzung der Software GERTSIM wiederholt Fehler. Daher wurde die Simulationssoftware GERTNET für GERT-Anwendungen entwickelt. Bei Nutzung dieser verbesserten Software konnten wir die Ergebnisse von de Pay reproduzieren. Das trifft auch für einige GERT-Netzwerke der Transformation von Unternehmen in Ostdeutschland zu (Wellershoff, 1998, Karl, 1993). Nach de Pay (1995, 274) betrug die Projektdauer im Netzwerk mit 31 Aktivitäten 12,3 Jahre. Unsere eigenen Berechnungen führten zu einem Ergebnis von 11 Jahren, so daß eine Vergleichbarkeit gegeben ist.

Bei anderen GERT-Netzwerken ist uns eine solche Reproduktion nicht gelungen. Hier dürfte die Ursache eher in der Modellgüte zu suchen sein.

II. Modellierung des Innovationsprozesses in einem Unternehmen der Automobilindustrie

Die Modellexperimente dienten dazu, Einzelaktivitäten des Innovationsprozesses sinnvoll zu aggregieren und in einem GERT-Netzwerk so anzugeordnen, so daß die wichtigsten Eigenschaften des Produktentwicklungsprozesses in diesem Unternehmen abgebildet wurden. Durch eine farbliche Unterscheidung der Aktivitäten kann man darstellen, von welcher Organisationseinheit sie durchgeführt werden. Dadurch werden als zusätzliches Merkmal Schnittstellen im Innovationsprozeß übersichtlich abgebildet. Durch diese Farbdimension erlangt ein Netzwerk die Eignung als Modell für Multi-Akteurs-Systeme. Zur Erhöhung der Transparenz des GERT-Netzwerkes empfiehlt sich die weitere Verdichtung der Aktivitäten zu einem Blockschaltbild.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. In Abbildung 5 sind die wichtigsten Ergebnisse für den Endknoten „Projekterfolg“ dargestellt.

Tabelle 2
Statistik der Projektdauer

Projektdauer	bei Erfolg [Jahre (Wochen)]	bei Abbruch [Jahre (Wochen)]
Mittelwert	9.3 (482)	3.5 (180)
Standardabweichung	1.1 (55)	1.5 (77)
Minimum	7.0 (366)	1.0 (50)
Maximum	15.2 (789)	8.9 (463)

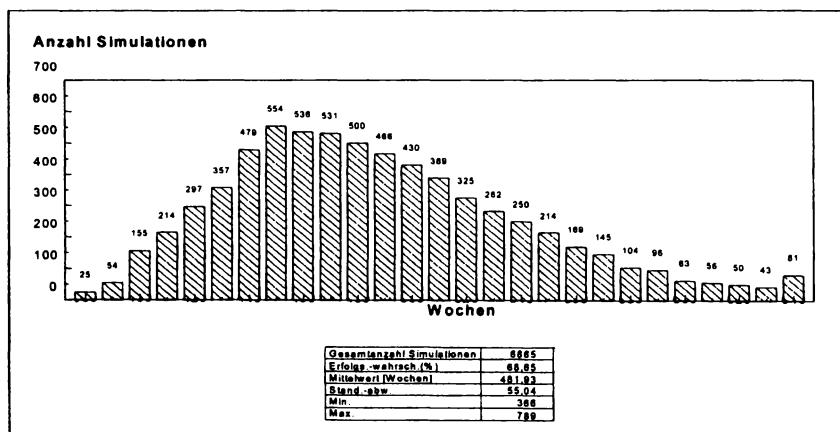


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der benötigten Zeiten für Knoten 64 (Projekterfolg)

III. Reproduktion der Ergebnisse von CLARK/FUJIMOTO

Für die Untersuchung des Produktentwicklungsprozesses in der japanischen Autoindustrie wurden die gleichen Aktivitäten benutzt, um ein GERT-Netzwerk aufgrund der qualitativen und quantitativen Aussagen von Clark und Fujimoto zu entwickeln. Die Struktur des Innovationsprozesses in japanischen Unternehmen unterscheidet sich vom Netzwerk des nordamerikanischen Unternehmens in zwei wesentlichen Aspekten. Erstens sind die Aktivitäten sehr stark parallel in Blöcken angeordnet, die durch klare Meilensteine abgegrenzt werden, es sind sehr viel mehr Schnittstellen zwischen den Organisationseinheiten zu finden. Zweitens sind die Abbruchwahrscheinlichkeiten in japanischen Unternehmen gleichbleibend höher, während sie im nordamerikanischen Projektverlauf niedriger sind und sinken.

Der Vergleich der mittels GERTNET berechneten Projektdauern in nordamerikanischen und japanischen Unternehmen bestätigt im Rahmen der statistischen Abweichung die Ergebnisse von Clark und Fujimoto (1991, 40), die für die Projektdauer in nordamerikanischen Unternehmen 8,1 Jahre und in japanischen Unternehmen 4,6 Jahre ermittelt haben (vgl. Tabelle 3). Die GERT-Simulation ergab für die nordamerikanische und die japanische Projektabwicklung einen Mittelwert von 482 bzw. 232 Wochen. Mit den Simulationsrechnungen kann außerdem die zeitliche Verteilung von Projektabbrüchen berechnet werden.

Tabelle 3

Vergleich der Projektdauer

	Clark/Fujimoto [Jahre]	GERT [Jahre]
USA	8,1	9,3 +/- 1,0
Japan	4,6	4,5 +/- 0,1

C. Modellexperimente zur Verkürzung der Entwicklungszeit

Für das nordamerikanische Netzwerk wurden mit Hilfe von GERT-Simulationsrechnungen Möglichkeiten zur Verkürzung der Entwicklungszeit untersucht. Dabei wurden in der Praxis bewährte Einzelmaßnahmen den verschiedenen Aktivitäten zugeordnet und zu folgenden Szenarien kombiniert.

Szenario A: Maßnahmen zur Verkürzung der Zeitdauern von Einzelaktivitäten

Szenario B: Elimination von Aktivitäten durch Wiederholteileverwendung

Szenario C: Kombination von Szenario A und von Szenario B

Szenario D: Neustrukturierung des Prozeßablaufes unter Einbeziehung der Elimination von Aktivitäten durch Wiederholteileverwendung (Reengineering + Szenario B)

Szenario E: Kombination von Szenario A und von Szenario D: Neustrukturierung des Prozeßablaufes bei Elimination bestimmter Aktivitäten durch Wiederholteileverwendung und Verkürzung der Zeitdauern der Aktivitäten

Die Szenarien wurden für alle Aktivitäten entwickelt. Die Ergebnisse der Modellexperimente sind in Tabelle 4 zusammengefaßt. Als besonderes Ergebnis kann herausgestellt werden, daß die mittlere Projektdauer in der Simulation von 9,3 Jahren auf 3,7 Jahre sank. Die minimale Projektdauer – die Zeitspanne, die im günstigsten Fall unter optimalen Bedingungen zur Produktentwicklung notwendig ist – verringerte sich von 7,0 Jahren für den Basisfall auf 2,8 Jahre im Szenario E. Das ist ein für die Automobilindustrie seit langem angestrebter Wert. Inwieweit sich diese Ergebnisse in der praktischen Anwendung realisieren lassen, bleibt abzuwarten.

Tabelle 4

Vergleich der Szenarien nach Erfolgswahrscheinlichkeit und Projektdauer

Szenarien	Mittlere Projektdauer [Monate (Jahre)]	Minimale Projektdauer [Monate (Jahre)]	Maximale Projektdauer [Monate (Jahre)]	Erfolgswahrscheinlichkeit [%]	Durchgeführte Aktivitäten [Anzahl]
Basis-Netzplan	482 (9,3)	366 (7,0)	789 (15,1)	69	50
Szenario A	376 (7,2)	294 (5,7)	636 (12,2)	41	50
Szenario B	394 (7,6)	302 (5,8)	624 (12,0)	41	50
Szenario C	331 (6,4)	252 (4,8)	520 (10,0)	41	43
Szenario D	253 (4,9)	203 (3,9)	482 (9,3)	71	43
Szenario E	191 (3,7)	147 (2,8)	333 (6,4)	71	43

Als Ergebnis dieser Modellexperimente kann man zusammenfassend festhalten, daß sie genaue Aussagen darüber ermöglichen, welche Auswirkungen einzelne Maßnahmen und ganze Maßnahmenbündel auf die Verkürzung der Produktentwicklungszeit und den Projekterfolg haben. Im Hinblick auf die praktische Umsetzung sind diese Ergebnisse als Hinweise zu verstehen, weil ein Modell immer Vereinfachungen enthält.

D. Ausblick

Die bisherigen Modellexperimente gehen von praktischen Überlegungen und Fragestellungen aus, wobei aus Expertensicht einige Maßnahmen ad hoc zu Szenarien zusammengefaßt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, das GERT-Netzwerk eines Innovationsprozesses einer Optimierung mit Genetischen Algorithmen (GA) zuzuführen, um alle Möglichkeiten der Verkürzung der Entwicklungszeit zusammenfassend zu untersuchen. Diesen Ansatz haben Sachs und Schwarz (1996) erstmals für die Analyse eines GERT-Netzwerkes für Transformationsprozesse genutzt. Sachs (2000) hat diese Idee weiterentwickelt zu einem komplexen System, das die realwirtschaftliche und die finanzwirtschaftliche Projektplanung und -bewertung zu einer Synthese führt (Abbildung 6). In der weiteren Forschung ist beabsichtigt, Genetische Algorithmen auch für Modellexperimente in der Automobilindustrie einzusetzen.

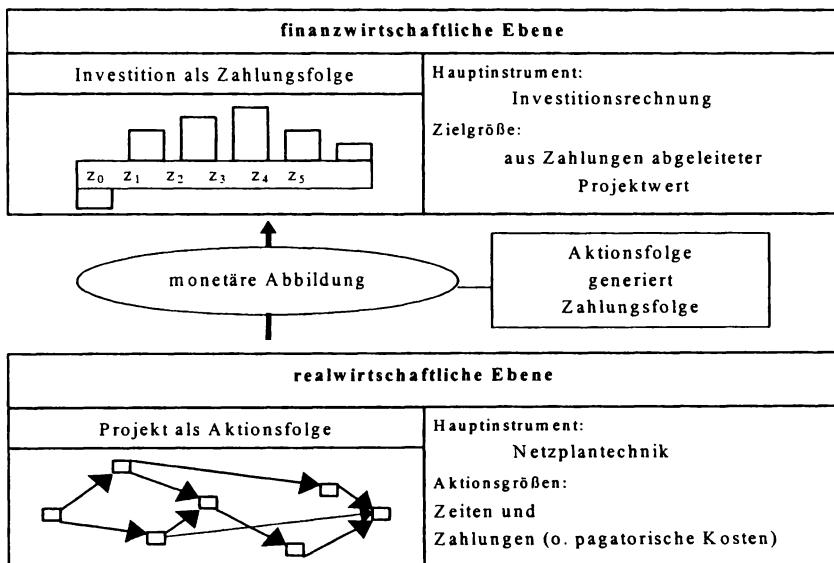


Abbildung 6: Real- und finanzwirtschaftliche Ebenen und ihre Verknüpfung

Ein noch weitergehendes Forschungsprogramm hat bereits Roberts (1978, 397) umrissen (vgl. Abbildung 7). Er besteht darin, die systemdynamische Modellierung mit stochastischen Netzplantechniken zu verbinden, um die Entwicklungsdynamik von Innovationsprojekten zu untersuchen. Roberts nahm dabei lediglich auf PERT Bezug. Die Ergebnisse der bisher durchgeführten Modellexperimente mit GERT geben Anlaß zur Hoffnung, daß dieses For-

schungsprogramm weiter vorangetrieben werden kann, zumal mit beiden Methoden bereits heute Nacharbeitszyklen (rework cycles) erfaßt und untersucht werden.

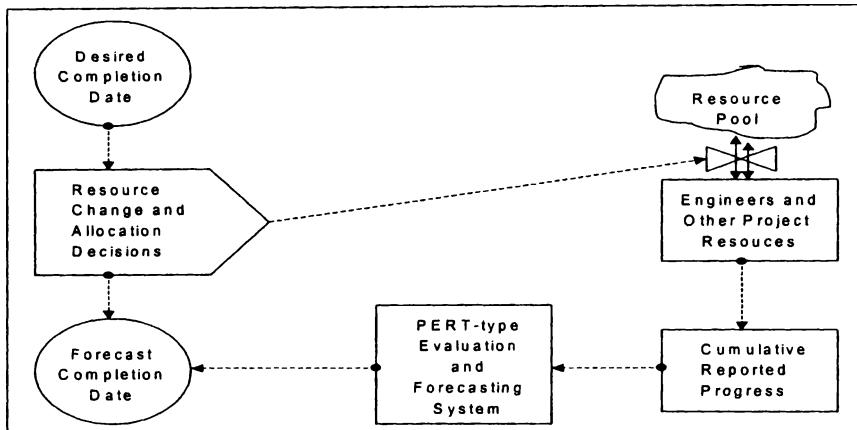


Abbildung 7: Assumed Basis of Current R and D Project Controls⁵

Literaturverzeichnis

- Albach, H. / Witt, P. (Hrsg) (1993): Transformationsprozesse in ehemals volkseigenen Betrieben, Stuttgart.*
- Beckurts, K.H. (1983): Forschungs- und Entwicklungsmanagement – Mittel zur Gestaltung der Innovation, in: Blohm, H. / Dannert, G.: Forschungs- und Entwicklungsmanagement, Stuttgart, Poeschel Verlag.*
- Brockhoff, K. (1992): Forschung und Entwicklung. Planung und Kontrolle, 3. Auflage, München, Wien, Oldenbourg Verlag.*
- Cehic, C. / Schwarz, R. (1996): Die Regulierung der Transformation – Eine netzplantechnische Analyse, in: Sadowski, D. / Czap, H. / Wächter, H. (Hrsg.): Regulierung und Unternehmenspolitik, Wiesbaden.*

⁵ Entnommen aus Roberts, 1978, S. 397.

- Clark, K.B. / Fujimoto, T. (1991): Product Development Performance: Strategy, Organisation and Management in the World Auto Industry. Harvard Business School Boston/Massachusetts (USA), S. 12.*
- De Pay, D. (1995): Informationsmanagement von Innovationen, Neue Betriebswirtschaftliche Forschung 132, Wiesbaden.*
- Karl, D. (1993): Transformationsprozesse in der Kvaerner Warnowwerft GmbH, Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung (WHU), Otto-Beisheim-Hochschule, Working Paper No. 10, Forschungsprojekt „Transformationsprozesse in ehemals volkseigenen Betrieben“, Rostock, Koblenz/Berlin.*
- Neumann, K. / Steinhardt, U. (1979): GERT Networks and the Time-Oriented Evaluation of Projects, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.*
- Pritsker, A.A.B. / Hopp, W.W. (1966): GERT: Graphical Evaluation and Review Technique, Part I: Fundamentals, in: The Journal of Industrial Engineering, Volume XVII, No. 5, S. 267–274.*
- Pritsker, A.A.B. / Whitehouse, G.E. (1966): GERT: Graphical Evaluation and Review Technique, Part II: Probabilistic and Industrial Engineering Applications, in: The Journal of Industrial Engineering, Volume XVII, No. 6, S. 293–301.*
- Roberts, E.B. (1978): Design of Management Control Systems, in: Roberts, E.B. (ed.): Managerial Applications of System Dynamics, Productivity Press, Portland.*
- Sachs, C. (2000): Planung und Bewertung strategischer Investitionsprojekte auf Basis stochastischer Netzpläne, BTU Cottbus, Dissertation.*
- Sachs, C. / Schreyer, J. / Schwarz, R. (1997): Comparison of Oriental and Occidental Project Management by GERT-networks, in: World Management Forum, Proceedings of the IFSAM Management Conference '97, Shanghai.*
- Sachs, C. / Schwarz, R. (1996): Parameter optimization of GERT-networks by genetic algorithms, in: Economic Systems Reports 2/1996.*
- Schmidt, K. (1993): Transformationsprozesse in der Thüringer Teppichfabriken GmbH, Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung (WHU), Otto-Beisheim-Hochschule, Working Paper No. 9, Forschungsprojekt „Transformationsprozesse in ehemals volkseigenen Betrieben“, Koblenz/Berlin.*
- Schreyer, J. (1999): Untersuchungen zur Zeitverkürzung des Entwicklungsprozesses in der Automobilindustrie mit der Hilfe von GERT-Netzwerken, BTU Cottbus, Dissertation.*
- Wellershoff, D.-H. (1998): Die Transformation des Kombinates Lacke und Farben. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.; Wiesbaden : Gabler.*
- Witt, P. (1996): Planung betrieblicher Transformationsprozesse, Wiesbaden.*

Systemdynamische Ansätze für ein stoffstrombasiertes Supply Chain Management – dargestellt am Beispiel der Elektronikindustrie

Von *Thomas Spengler* und *Marcus Schröter*

A. Problemstellung und Zielsetzung

Durch die industrielle wirtschaftliche Leistungserstellung wird unsere natürliche Umwelt in vielfältiger Weise beansprucht. Sie dient zum einen als Ressourcenlieferant und zum anderen als Aufnahmebecken für Stoffe, die aus dem Wirtschaftskreislauf ausscheiden [Haasis 1996; Rudolph 1999]. Da sowohl die Abgabefähigkeit als auch die Aufnahmekapazität der natürlichen Umwelt begrenzt sind, ist es notwendig, unsere Lebensweise so umzustellen, daß eine nachhaltige Entwicklung möglich wird. Zur Erreichung dieses Leitbildes wurde von der Enquêtekommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ das Konzept des Stoffstrommanagements als ein Mittel der nachhaltigen Gestaltung von Stoffströmen vorgeschlagen [Enquête 1994]. Dieser Beitrag behandelt am Beispiel der Elektronikindustrie, welche strategischen Maßnahmen für die nachhaltige Gestaltung von Stoffströmen zu planen sind und wie eine Entscheidungsunterstützung durch den Einsatz von System Dynamics erfolgen kann.

Es wird folgendes Vorgehen gewählt: Im nächsten Abschnitt werden die Gemeinsamkeiten der Ansätze des Supply Chain Managements und des Stoffstrommanagements herausgearbeitet, um Synergieeffekte aufzuzeigen, die mit einer Verknüpfung beider Konzepte verbunden sind. Dieser Beitrag fokussiert sich hierbei auf den Bereich der Elektronikindustrie. Die Rahmenbedingungen und die aktuelle Situation der Produktion und des Recyclings dieser Branche werden in Abschnitt III dargestellt.

Hierauf aufbauend werden in Abschnitt IV strategische Planungsaufgaben für ein stoffstrombasiertes Supply Chain Management in der Elektronikindustrie abgeleitet. Es wird dargestellt, daß diese Planungsaufgaben als schlecht strukturiert und hoch komplex zu charakterisieren sind. Als Entscheidungsunterstützungsinstrumentarium für komplexe und schlecht strukturierte

Planungsprobleme wurde in den letzten Jahren das Konzept des System Dynamics erfolgreich eingesetzt. Die Vorteile dieses Ansatzes für das hier betrachtete Problem werden in Abschnitt V herausgearbeitet. Abschließend wird in Abschnitt VI ein Verbundprojekt mit Vertretern aus Industrie, Politik und Wissenschaft zum stoffstrombasierten Supply Chain Management in der Elektronikindustrie skizziert, in dessen Rahmen System Dynamics zur strategischen Planung eingesetzt wird.

B. Stoffstrombasiertes Supply Chain Management

Das Konzept des Stoffstrommanagements als ein Mittel der nachhaltigen Gestaltung von Stoffströmen wurde von der Enquêtekommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ vorgeschlagen [Enquête 1994]. Zundel et al. definieren den Begriff des Stoffstrommanagements als „.... eine vertikale Unternehmenskooperation entlang der Wertschöpfungskette, mit dem Ziel, Stoffströme ökologisch zu steuern und zu gestalten.“ Hierbei heben sie insbesondere den betriebsübergreifenden Charakter des Stoffstrommanagements deutlich hervor [Zundel et al. 1998].

Ein nachhaltiges Stoffstrommanagement erfordert in diesem Sinne eine ganzheitliche Betrachtung der Produktlebenszyklusphasen. Dies bedeutet, daß neben den Phasen der Konstruktion, der Produktion und der Distribution auch die Nachgebrauchsphasen mit ihren spezifischen Anforderungen Berücksichtigung finden müssen. Eine Betrachtung der Wertschöpfungsphasen von der Produktion bis zum Abnehmer wird heute gewöhnlich als Wertschöpfungskette bzw. Supply Chain eines Produktes bezeichnet, an der üblicherweise nicht nur der Produzent, sondern auch eine Vielzahl von weiteren Unternehmen, beispielsweise Vorlieferanten und Kunden, beteiligt sind (vgl. Abbildung 1).

Unternehmen der Retroproduktion, welche die Aufgaben der geordneten Rückführung von Produkten vom Endbenutzer, der Zerlegung, der Aufarbeitung von Komponenten und Bauteilen aus Altgeräten sowie der Verwertung von Materialien übernehmen, sind in die Wertschöpfungskette nicht oder nur in geringem Maße integriert, so daß eine Erschließung von Synergieeffekten durch eine Kopplung der Wertschöpfungsphase mit der Nachgebrauchsphase bisher nicht möglich ist [Behrendt et al. 1998]. Verschiedene Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, daß diese Kooperationsform in Zukunft stark zunehmen wird [Giesen-Netzer 1998; Hansen et al. 1995; Wildemann 1996]. Wesentliche ökologische und ökonomische Optimierungspotentiale sind durch eine gemeinsame Informationsstruktur und eine abgestimmte Planung der Stoffströme zu erreichen. Hierdurch können u.a. folgende Synergieeffekte erschlossen werden: Erreichung von Größendegressionseffekten, Verteilung von

Risiken und Investitionen auf mehrere Träger, Sicherstellung einer flächendeckenden Entsorgung und Zugang zu entscheidungsrelevanten Informationen, die an unterschiedlichen Punkten in der Supply Chain bereitgestellt werden.

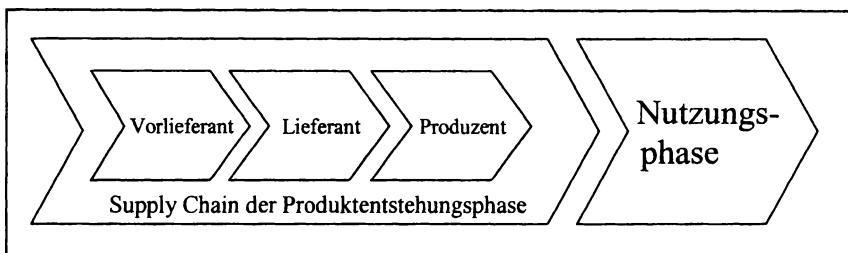


Abbildung 1: Supply Chain der Produktentstehungsphase

Als vielversprechendes Konzept zur effizienten Koordination der Material- und Informationsflüsse innerhalb der Wertschöpfungskette hat sich in den letzten Jahren das Supply Chain Management herauskristallisiert. Die Gemeinsamkeiten der Ansätze des Stoffstrommanagements und des Supply Chain Managements sind evident. So definieren Handfield und Nichols *Supply Chain Management* als „...all activities associated with the flow and transformation of goods from the raw materials stage (extraction) through to the end user, as well as the associated information flows. Material and information flow both up and down the supply chain.“ [Handfield/Nichols 1998].

Beiden Konzepten gemeinsam ist der Systemansatz, die Kooperationsorientierung sowie das Ziel der Verringerung der Komplexität der zu planenden Stoff-, Material- und Informationsflüsse [Seuring 2000]. Das wesentliche Defizit des Supply Chain Managements besteht darin, daß es keine ökologische Komponente beinhaltet. Die Wertschöpfungskette wird nur bis zum Endkunden betrachtet. Eine Rückführung von Altprodukten mit dem Ziel des Recyclings von Bauteilen und Stoffen wird nicht in Planungsüberlegungen mit einbezogen. Aus diesem Grunde erscheint es sinnvoll, Planungsansätze und Instrumente des Supply Chain Managements zu nutzen und mit denen des Stoffstrommanagements zu kombinieren.

Somit wird es notwendig, daß die produktverantwortungstragenden Unternehmen bei der Konfiguration ihrer Supply Chain die Nachgebrauchsphase, zu der insbesondere die Demontage- und Recyclingbetriebe gehören, in ihre strategische Planung mit einbeziehen.

C. Das Problemfeld „Kreislaufführung von Elektronikaltgeräten“

I. Stoffströme

Die Einrichtung von Kreislaufwirtschaftssystemen in der Elektronikindustrie ist eine wichtige und aktuelle Aufgabe, die sich vor allem durch das Mengenproblem, die Schadstoffproblematik und den hohen Wertstoffanteil der Elektronikgeräte ergibt. Im folgenden werden diese drei Aspekte kurz dargestellt, da sie für die Konzeption eines stoffstrombasierten Supply Chain Management wichtige Systemgrößen sind.

Der Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse) rechnet mit einem jährlichen Aufkommen an Elektro- und Elektronikschrott für die BRD von 1,8 Millionen Tonnen. Hiervon sind etwa 700.000 Tonnen pro Jahr ausgediente Investitionsgüter aus dem industriellen/gewerblichen Bereich und ca. 1.100.000 Tonnen Altgeräte aus den Haushalten [bvse 1999]. Bis zum Jahr 2005 rechnet die Bundesregierung europaweit mit einem Elektro- und Elektronikschrottaufkommen von insgesamt 17 bis 21 Millionen Tonnen. Hiervon entfallen 7 bis 9 Millionen Tonnen auf Unterhaltungselektronik und 6 bis 7 Millionen Tonnen auf Investitionsgüter [Bundestag 1995]. Die Europäische Union geht davon aus, daß die Menge der Elektronikaltgeräte um 3–5 % jährlich anwächst. Dies hieße, daß mit einer Verdopplung der Abfallmengen in ca. 12 Jahren zu rechnen ist [Europäische Kommission 2000]. Diese Abschätzungen basieren auf Lebensdauerprognosen. Empirische Erhebungen über die real entsorgten Mengen sowie über die gewählten Entsorgungswägen liegen bisher nicht vor. U. a. ist davon auszugehen, daß viele Geräte über die Mülltonne entsorgt werden [Behrendt et al. 1998, S. 69]. Weiterhin kann man annehmen, daß die heute üblicherweise verlangten Entsorgungsgebühren private Haushalte davon abhalten, ihre Elektronikaltgeräte einer geordneten Entsorgung zuzuführen.

Elektronische (Alt)Geräte bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten und Materialien, wobei überwiegend Metalle und Kunststoffe anfallen. Vor allem Metalle wie Eisen und Kupfer können als Wertstoffe gewinnbringend im Kreislauf geführt werden. Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die stoffliche Zusammensetzung ausgewählter Elektronikgeräte.

Neben den hohen Abfallmengen kommt dem Elektronikschrott eine besondere Problematik zu. So enthalten viele Geräte Schadstoffe, die ein effizientes Recycling stark erschweren [Griese et al. 1997]. Hierbei sind vor allem Schwermetalle, beispielsweise Blei und Quecksilber sowie halogenierte Kunststoffe, zu nennen.

Tabelle 1

Zusammensetzung ausgewählter elektronischer Geräte [Schlögl 1995]

Faktionen	Fernseher	Monitor	Großrechner	Fernbedienung
Aluminium	0,7%	4,4%	17,6%	8,0%
Kupfer	0,8%	0,8%	–	–
Eisen	10,2%	18,3%	59,2%	–
Transformatoren	4,7%	6,0%	4,2%	–
Elektromotor	–	–	5,7%	–
Kabel	1,5%	1,5%	3,9%	–
Leiterplatten	5,5%	13,2%	1,9%	17,7%
Kunststoff	8,3%	24,0%	2,7%	74,3%
Bildröhre (Glas)	54,2%	30,7%	–	–
Holz	13,3%	–	1,0%	–
Elektronenkanone	0,3%	0,2%	–	–
Kondensatoren	0,5%	0,7%	1,7%	–
Stecker (Gold)	–	0,2%	0,1%	–
Relaischrott	–	–	2,0%	–
<i>Gewicht</i>	<i>29,4 kg</i>	<i>12,9 kg</i>	<i>479,0 kg</i>	<i>0,112 kg</i>

II. Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Umweltprobleme, die mit dem Auftreten von Elektronikaltgeräten einhergehen, führten in den letzten Jahren zu steigenden Umweltschutzanforderungen an Elektronikunternehmen, was sich auch in der Gesetzgebung widerspiegelt. Exemplarisch zu nennen ist hierbei das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und der darin enthaltene Paragraph zur Produktverantwortung. Insbesondere für die Elektronikindustrie relevant sind die Richtlinien des Europäischen Parlamentes und des Rates über Elektro- und Elektronikaltgeräte und zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten [Europäische Kommission 2000] sowie die bundesdeutsche „Verordnung über die Entsorgung von elektrischen und elektronischen Geräten“ [Niedersächsisches Umweltministerium 1999]. Diese liegen erst als Entwurf vor, werden aber in kürze verabschiedet.

Die europäischen Richtlinien werden die Ausgangsbasis für die länderspezifischen Verordnungen sein. Im folgenden werden die Punkte genannt, die einen wesentlichen Einfluß auf das stoffstrombasierte Supply Chain Management in der Elektronikindustrie haben werden.

- Die Maßnahmen der Richtlinien gelten für alle Produkte und Produzenten unabhängig von der Vertriebsmethode. Lieferanten oder Hersteller einzelner Bauteile, Unterbaugruppen oder Verbrauchsmaterialien sind keine Hersteller im Sinne der Richtlinie.
- Die Produktverantwortung der Hersteller von Elektronikgeräten wird auf die Behandlung, Verwertung und Beseitigung von Elektro(nik)altgeräten aus privaten Haushalten ausgeweitet.
- Die Mitgliedsstaaten werden aufgefordert, bis zum 1. Januar 2006 Sammelsysteme zur getrennten Sammlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten einzurichten, wobei eine kostenlose Rückgabe von Altgeräten aus Privathaushalten sicherzustellen ist. Eine „harte“ Sammelquote wird nicht vorgegeben. Es wird aber angestrebt, 4 kg Altgeräte je Einwohner pro Jahr zu sammeln.
- Es wurden Zielvorgaben für die Kreislaufführung von Elektronikaltgeräten, die getrennt gesammelt werden, festgelegt, die bis spätestens 1. Januar 2006 erreicht werden müssen. Hierbei wird zwischen den Begriffen Verwertung, Recycling und Wiederverwendung unterschieden. Die Verwertungsquote beinhaltet sowohl die thermische Verwertung und die Wiederverwendung als auch die stoffliche Verwertung, die in der Richtlinie als Recycling bezeichnet wird. Subtrahiert man die Recycling- und Wiederverwendungsquote von der Verwertungsquote erhält man die maximal zulässige thermische Verwertungsquote. Die folgende Tabelle 2 zeigt einen Überblick über ausgewählte Produktkategorien.

Tabelle 2

**Verwertungs- und Recyclingquoten auf der Basis der vorgeschlagenen
EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte**

Produktkategorie	Verwertungsquote	Recycling- und Wiederverwendungsquote
Haushaltsgroßgeräte	80 % des durchschn. Gewichtes	75 % des durchschn. Gewichtes
IT- & Telekommunikationsgeräte	75 % des durchschn. Gewichtes	65 % des durchschn. Gewichtes
Unterhaltungselektronik	60 % des durchschn. Gewichtes	50 % des durchschn. Gewichtes
Elektrische und elektronische Werkzeuge	60 % des durchschn. Gewichtes	50 % des durchschn. Gewichtes

- Hersteller müssen auf Anfrage von Behandlungsanlagen über die in den Elektro- und Elektronikgeräten enthaltenen Stoffe informieren, um das Recycling der Geräte zu vereinfachen und zu verhindern, daß Schadstoffe in die Umwelt gelangen.
- Bis zum 1. Januar 2008 dürfen Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Diphenylether (PBDE) und polybromiertes Biphenyl (PBB) bis auf wenige Ausnahmen in Elektro(nik)geräten nicht mehr eingesetzt werden.

III. Derzeitiger Stand der Elektronikschrottverwertung

Auf der Grundlage der Ankündigung einer Elektronikschrottverordnung wurden Anfang der 90er Jahre erhebliche Kapazitäten zur Sammlung, Verwertung und Aufbereitung von Altgeräten aufgebaut [Hafkesbrink 1998]. Infolge der Nichtumsetzung ist momentan davon auszugehen, daß eine deutliche Unterauslastung der Kapazitäten vorherrscht. Weiterhin ist der Konkurrenzkampf im Elektronikschrottsektor sehr groß, was u.a. zu einem starken Absinken der Marktpreise führte [EUWID 2000]. Die derzeitige Vorgehensweise bei der Behandlung von Elektronikaltgeräten kann wie folgt beschrieben werden [Behrendt et al. 1998]:

- (Teil-)Demontage der Altgeräte mit den Zielen der Schadstoffentfrachtung, der Erhaltung der wiederverwendungsfähigen Komponenten sowie der Sortierung in Grobfraktionen.
- Maschinelle Aufbereitung.
- Sekundärrohstoffgewinnung.
- Entsorgung der nicht-verwertbaren bzw. schadstoffhaltigen Fraktionen.

Die Probleme der Unternehmen, die sich mit der Elektronikschrottverwertung befassen, sind vielfältig. Diese leiden heute u.a. in einem hohen Maße an niedrigen Annahmepreisen für Elektronikaltgeräte und niedrigen Preisen für Sekundärrohstoffe und demontierten Bauteilen/Baugruppen. Da ein großer Anteil der Demontagetätigkeiten manuell durchgeführt wird, ist der Personalkostenanteil an den Gesamtkosten sehr hoch. Der Ablauf der Demontage wird außerdem dadurch erschwert, daß keine oder nur wenige Informationen über Inhaltsstoffe und Konstruktionsweise der Altgeräte in den Retroproduktionsbetrieben vorliegen. Eine weitergehende Automatisierung der Demontage war bisher deswegen und aufgrund der zu geringen Rücklaufmengen nicht durchführbar [Weigl 1997].

D. Strategische Planungsaufgaben für ein stoffstrombasiertes Supply Chain Management in der Elektronikindustrie

Aus den oben dargestellten Rahmenbedingungen ergeben sich, insbesondere durch die erweiterte Produktverantwortung, neue unternehmensstrategische Herausforderungen für die Hersteller elektronischer Güter. Es sind komplexe Gestaltungsaufgaben zu bewältigen, die mit der Einrichtung von Stoffkreisläufen für Produkte einhergehen, wobei eine adäquate Berücksichtigung der Umweltdynamik, die mit der Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft verbunden ist, erfolgen muß [Kirchgeorg 1999]. Im weiteren Verlauf dieses Beitrags werden die hiermit verbundenen strategischen Planungsaufgaben herausgearbeitet.

Für das langfristige Produktions- und Logistikmanagement nennt Zäpfel Gestaltungsaufgaben [Zäpfel 1996], aus denen sich folgende Entscheidungsprobleme für ein stoffstrombasiertes Supply Chain Management ableiten lassen [Püchert/Spengler/Rentz 1996; Spengler 1998]:

- Neuprodukt- und Variantenmanagement:
 - Werden Produkte recyclinggerecht konstruiert?
 - Werden Rezyklate eingesetzt?
 - Welche Maßnahmen sind zur Erreichung der Recyclingquoten gemäß EU-Richtlinie geeignet?
- Fertigungstiefenmanagement
 - Welche Aufgaben der erweiterten Produktverantwortung werden von welchem Partner in der Supply Chain wahrgenommen?
 - Welche Koordinationsform soll gewählt werden?
- Technologiemanagement
 - Welche Technologien werden in der Supply Chain eingesetzt, insbesondere für die Aufgaben der Demontage, Behandlung, Verwertung und Beseitigung?
 - Welche Demontagetiefe für Produktgruppen wird gewählt und welche Prozeßschritte sind hierzu durchzuführen?
- Kapazitätsmanagement
 - Wie hoch sind die Kapazitäten, insbesondere für die Behandlung, Verwertung und Beseitigung, auszulegen?
- Logistikkettenmanagement
 - Wie wird der Material- und Informationsfluß zwischen den Partnern in der Supply Chain organisiert, sowohl der Materialfluß von Neuteilen

als auch der Materialfluß von aufgearbeiteten Bauteilen und Sekundärstoffen?

- Informationsmanagement
 - Welche informationstechnischen Instrumente (ERP-Systeme, überbetriebliche Informations- und Kommunikationstechnologien) sind zur Unterstützung eines stoffstrombasierten Supply Chain Management einzusetzen und wie müssen diese konfiguriert werden?

E. Potentiale von System Dynamics zur Entscheidungsunterstützung im stoffstrombasierten Supply Chain Management

Der Aufbau eines stoffstrombasierten Supply Chain Managements zur Schließung von Stoffkreisläufen kann als komplexes und schlecht-strukturiertes Entscheidungsproblem klassifiziert werden. Ursachen hierfür sind beispielsweise unsichere Entwicklungen im Bereich von Kollektions- und Recyclingtechnologien, der Einfluß von aufgearbeiteten Bauteilen, Komponenten aus Altgeräten und Sekundärrohstoffen auf die Produktqualität, unsichere Entwicklungen auf Sekundärrohstoffmärkten, die noch mangelhafte Koordination von Partnern der Supply Chain u.v.m. [Kirchgeorg 1999].

Zur Entscheidungsunterstützung von komplexen und schlecht-strukturierten Entscheidungsproblemen hat sich in den letzten Jahren insbesondere die Methodik des System Dynamics bewährt [Sterman 2000]. Diese wird schon seit vielen Jahren im Bereich der strategischen Planung erfolgreich eingesetzt. Beispielhaft seien hier Anwendungen zur strategischen Planung von Instandhaltungssystemen [Schmidt 1992], zur Planung und Gestaltung von flexiblen Montagesystemen [Bunz 1988] und zum Supply Chain Management [Sterman 1989] genannt.

Die Vorteile von System Dynamics zur Entscheidungsunterstützung von strategischen Planungsprozessen sind insbesondere die Möglichkeit komplexe Problemstellungen adäquat abzubilden, die Berücksichtigung langer Entscheidungshorizonte sowie die dynamische Betrachtungsweise. Auch für das überbetriebliche Stoffstrommanagement scheint System Dynamics große Potentiale zu besitzen. So sind die Anwendungsvoraussetzungen für System Dynamics im stoffstrombasierten Supply Chain Management eindeutig gegeben:

- Stoffstrombasiertes SCM ist ein sozio-ökonomisches-technisches Problem.
- Stoffstrombasiertes SCM ist ein dynamischer Prozeß.
- Es besteht eine hohe Unsicherheit bezüglich ökonomischer, ökologischer, rechtlicher und technischer Entwicklungen.

- Der Aufbau eines stoffstrombasierten SCM ist ein Planungsproblem mit langem Entscheidungshorizont.

Weiterhin wurden in den letzten Jahren mehrere Arbeiten veröffentlicht, die System Dynamics-Modelle im Recyclingbereich zum Thema hatten. Diese Arbeiten bezogen aber entweder die Hersteller nicht in das System mit ein [Seebach 1996] oder sie entwickelten makroökonomische Modelle [Zamudio-Ramirez 1996; Taylor 1999]. Der Ansatz, der hier verfolgt werden soll, setzt auf der betrieblichen bzw. überbetrieblichen Ebene an, wobei sowohl Hersteller als auch Verwertungsunternehmen systeminterne Größen darstellen. Dadurch können beispielsweise langfristige Veränderungen in der Durchführung der Demontage, die sich durch eine recyclinggerechtere Konstruktion ergeben, explizit berücksichtigt werden.

F. Ausblick auf ein Forschungsprojekt zur strategischen Planung eines stoffstrombasierten Supply Chain Managements in der Elektronikindustrie

Die Forschungsarbeiten, die oben dargestellt wurden (siehe Kapitel IV und V), werden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsvorhaben zum stoffstrombasierten Supply Chain Management in der Elektronikindustrie zur Schließung von Materialkreisläufen, im Verbund mit Vertretern aus Industrie, Politik und Wissenschaft, durchgeführt.

Zielsetzung des geplanten Vorhabens ist die Bereitstellung von strategischen und operativen Planungsinstrumenten für ein stoffstrombasiertes und betriebsübergreifendes Supply Chain Management in der Elektronikindustrie durch adäquate Weiterentwicklung bestehender Informationssysteme. Im folgenden werden die Forschungsbereiche dieses Projektes dargestellt, wobei eine Schwerpunktsetzung auf die Entwicklung des strategischen Planungsinstrumentariums erfolgt.

Eine wichtige Voraussetzung für die Entscheidungsunterstützung eines stoffstrombasierten Supply Chain Managements ist die Verfügbarkeit von informationstechnischen Instrumenten zur Bereitstellung der entscheidungsrelevanten Daten in geeigneten Datenformaten. Auf betrieblicher Ebene wird diese Funktion von EDV-Systemen zur Unterstützung von Geschäftsprozessen, sogenannten Enterprise-Ressource-Planning-Systemen (ERP-Systemen) wahrgenommen. Seit einiger Zeit werden diese ERP-Systeme auch hinsichtlich einer unternehmensübergreifenden Informationsunterstützung weiterentwickelt. Der Fokus liegt hierbei aber auf der herkömmlichen Supply Chain. Eine Integration

der Informationsanforderungen, die aus der Einbeziehung der Nachgebrauchsphasen in die Wertschöpfungskette resultieren, findet nicht statt. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird deshalb das ERP-System SAP R/3 um Funktionalitäten erweitert, die sich aus den Anforderungen des stoffstrombasierten Supply Chain Managements ergeben. Hierzu gehören die Integration stoffstromrelevanter Daten (verwendete Werkstoffe, Fügetechniken, Baustrukturen u.ä.) sowie, für die Retroproduktionsunternehmen, die spezifische Erweiterung von Stücklisten und Arbeitsplänen um den Aspekt der Demontage. Weiterhin sind Konzepte eines effizienten überbetrieblichen Informationsaustauschs zu erarbeiten.

Für die operative Lenkung der Stoffströme, mit dem Ziel der Schließung von Materialkreisläufen, ist eine Koordination der Produktionsplanung und -steuerung der Hersteller mit der Retroproduktionsplanung und -steuerung der Demontage- und Recyclingunternehmen notwendig. Hierzu werden Operations Research Ansätze des operativen Produktionsmanagements weiterentwickelt, wobei die Interdependenzen der o.g. Planungssysteme adäquat berücksichtigt werden.

Die Entwicklung eines strategischen Planungsansatzes hat zum Ziel, verschiedene Recyclingstrategien für Elektronikgeräte, die sich in der Wahl der Demontagetiefe, der zur Verfügung stehenden Demontage- und Recyclingkapazitäten und der Zusammensetzung der Produktgruppen unterscheiden können, zu analysieren und techno-ökonomisch zu bewerten, wie sie sich bei unterschiedlichen Entwicklungspfaden der nicht-lenkbaren Einflußgrößen dynamisch verhalten.

Mit der Entscheidung für eine Recyclingstrategie von Produkten bzw. Produktgruppen wird festgelegt, welche prinzipiellen Demontage- und Recyclingprozesse für die betrachteten Altgeräte durchgeführt werden und wie die aus den Demontage- und Recyclingprozessen hervorgehenden Komponenten aus den Altgeräten weiterverarbeitet werden. Zu nennen sind hier der Einsatz in der Neuproduktion, der Verkauf als Ersatzteil, stoffliche oder thermische Verwertung und die ordnungsgemäße Beseitigung. Die Wahl einer Recyclingstrategie gibt dann Vorgaben für die taktische Planung der erweiterten Wertschöpfungskette. Bezogen auf die Prozesse der Nachgebrauchsphase sind dies etwa die Definition von Anforderungen hinsichtlich der Konfiguration und der anlagenwirtschaftlichen Planung der Demontage- und Recyclingsysteme.

Die Konzeption und Anwendung des Planungsinstrumentariums wird in den folgenden Arbeitsschritten realisiert: In einem ersten Schritt sind die Produktgruppen festzulegen, für die eine gemeinsame Recyclingstrategie erstellt werden soll. Eine wesentliche Vorgabe ist hierbei die durch die europäische Richt-

linie vorgenommene Klassifizierung der Elektronikgeräte in Produktkategorien (siehe Kapitel III.2). Daran anschließend ist eine Ist-Analyse und eine Strukturierung des Untersuchungsfeldes vorzunehmen, mit dem Ziel, die wichtigsten Einflußgrößen zu identifizieren. Relevante Einflußgrößen auf die Wahl einer Recyclingstrategie für Elektronikgeräte sind beispielsweise rechtliche Rahmenbedingungen, derzeitige Rücknahme- und Recyclingsysteme für die zu untersuchende Produktgruppe, die Abnehmerstruktur, die prognostizierten Lebensdauern der in der Produktgruppe enthaltenen Produkte, die Konzeption der Redistributionslogistik (Hol- oder Bringsystem), realisierte Sammelmengen, der Bedarf und das Angebot an Demontage- und Verwertungsleistungen, das Wiedereinsatzpotential von Komponenten aus Altgeräten in die Neuproduktion, die Nachfrage nach Gebrauchteilen, die Entwicklung von Demontage- und Recyclingtechnologien, Demontage- und Recyclingkosten, Preise für Sekundärstoffe u.v.m.

Auf der Basis dieser Ergebnisse sind die kausalen Zusammenhänge zu identifizieren, zu quantifizieren sowie die langfristig erwarteten Entwicklungen der nicht lenkbaren Einflußgrößen zu prognostizieren. Hierzu wird mit System Dynamics eine problemadäquate Modellierung der Stoff- und Informationsflüsse der erweiterten Wertschöpfungskette und auf der Basis der quantifizierten kausalen Zusammenhänge eine Interdependenzanalyse durchgeführt. Mögliche Rückkopplungen werden im folgenden beispielhaft aufgeführt:

- Umweltorientierte Produktinnovationen durch Übernahme der erweiterten Produktverantwortung.
- Menge von zurückgenommenen Altgeräten durch die Implementierung von Sammelsystemen.
- Bedarf an Verwertungsleistungen durch veränderte Altgerätemengen.
- Kapazitätsveränderungen von Recyclingbetrieben durch veränderten Bedarf an Verwertungsleistungen.
- Einsatz von Sekundärstoffen in der Neuproduktion.
- Veränderte Anforderungen an Recyclingtechnologien durch recyclinggerechte Konstruktion und Vermeidung von Schadstoffen in Neuprodukten.

Hierauf aufbauend werden in einem nächsten Schritt Szenarien ausgearbeitet und mit System Dynamics simuliert.

Die Ergebnisse tragen dazu bei, die Recyclingstrategien auswählen zu können, die sich hinsichtlich der Erfüllung der rechtlichen Auflagen und der Erreichung akzeptabler ökonomischer und ökologischer Ergebnisse, auch bei pessimistischen Annahmen über die Umweltentwicklung, als „robust“ erweisen.

Literaturverzeichnis

- Behrendt, S. / Pfitzner, R. / Kreibich, R. / Hornschild, K. (1998): Innovationen zur Nachhaltigkeit: Ökologische Aspekte der Informations- und Informationstechniken. Springer Verlag, Berlin u.a..*
- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse) (1999): Elektronikschrottrecycling: Fakten, Zahlen und Verfahren. Bonn.*
- Bunz, A. (1988): Strategieunterstützungsmodelle für Montageplanungen: System Dynamics-Modelle zur Analyse und Gestaltung der Flexibilität von Montagesystemen. Peter Lang Verlag, Frankfurt a. Main.*
- Deutscher Bundestag (1995): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Manuel Kiper, Dr. Jürgen Rochlitz und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 13/2430, 1995 Download unter <http://dip.bundestag.de/btd/13/024/1302430.asc>*
- Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (Hrsg.) (1994): Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Economica-Verlag, Bonn.*
- Europäische Kommission (2000): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Elektro- und Elektronikaltgeräte, Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten. Kommissionsdrucksache KOM (2000) 347 vom 13. Juni 2000. Download unter http://europa.eu.int/comm/dgs/environment/docum/0347_de.pdf*
- EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst (Hrsg.) (2000): „Recycling und Entsorgung“: Marktbericht für Elektronikschrott. Heft 39, 26. 09. 2000, S. 14.*
- Foschiani, S. (1995): Strategisches Produktionsmanagement: Ein Modellsystem zur Unterstützung produktionsstrategischer Entscheidungen. Peter Lang Verlag, Frankfurt a. Main.*
- Giesen-Netzer, I. (1998): Implementierung von Rücknahme- und Recyclingsystemen bei Gebrauchsgütern. Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main.*
- Griese, H. / Müller, J. / Sietmann, R. (1997): Kreislaufwirtschaft in der Elektronikindustrie: Konzepte, Strategien, Umweltökonomie. Vde-Verlag, Berlin und Offenbach.*
- Haasis, H.-D. (1996): Betriebliche Umweltökonomie: Bewerten – Optimieren – Entscheiden. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.*
- Hafkesbrink, J. / Halstrick-Schwenk, M. / Löbbecke, K.: Abschätzungen der innovativen Wirkungen umweltpolitischer Instrumente in den Stoffströmen Elektroaltgeräte/Elektronikschrott. RWI Essen, Essen.*

- Handfield, R.-B. / Nichols, E.-L. (1999): Introduction to Supply Chain Management.* Prentice Hall, New Jersey.
- Hansen, U. / Raabe, T. / Dombrowsky, B. (1995): Die Gestaltung des Konsumgüterrecyclings als strategisches Netzwerk.* UWF, Heft 1, S. 62–69.
- Kirchgeorg, M. (1999): Marktstrategisches Kreislaufmanagement.* Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Niedersächsisches Umweltministerium (1999): Elektronikschrott soll wiederverwertet werden – Niedersachsen legt Vorschlag für Bundes-Verordnung vor.* Pressemitteilung 58/99, Hannover.
- Püchert, H. / Spengler, T. / Rents, O. (1996): Strategische Planung von Kreislaufwirtschafts- und Redistributionssystemen – Am Fallbeispiel des Altautorecyclings.* Zeitschrift für Planung (ZP)(7), S. 27–44.
- Rudolph, A. (1999): Altproduktentsorgung aus betriebswirtschaftlicher Sicht.* Physica Verlag, Heidelberg.
- Schlögl, M. (1995): Recycling von Elektro- und Elektronikschrott.* Vogel Buchverlag, Würzburg.
- Schmidt, D. (1992): Strategisches Management komplexer Systeme.* Peter Lang Verlag, Frankfurt a.M.
- Seebach, A. (1996): Betriebswirtschaftliche Systemanalyse des Fahrzeug-Recyclings in der Bundesrepublik Deutschland.* Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main u.a.
- Seuring, S. (2000): Stoffstrommanagement und Supply Chain Management – Unterschiede und Gemeinsamkeiten.* Umwelt, Nr. 6, S. 30–31.
- Siestrup, G. (1999): Produktkreislaufsysteme: Ein Ansatz zur betriebswirtschaftlichen Bewertung produktintegrierter Umweltschutzstrategien in kreislaufwirtschaftsorientierten Produktionsnetzwerken.* Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Spengler, T. (1998): Industrielles Stoffstrommanagement: betriebswirtschaftliche Planung und Steuerung von Stoff- und Energieströmen in Produktionsunternehmen.* Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- (1998): *Industrielle Demontage- und Recyclingkonzepte: Betriebswirtschaftliche Planungsmodelle zur ökonomisch effizienten Umsetzung abfallrechtlicher Rücknahme- und Verwertungspflichten.* Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Sterman, J.-D. (1989): Modelling managerial behaviour: Misinterpretations of feedback in a dynamic decision making experiment.* Management Science 35 (3), S. 321–339.
- (2000): *Business Dynamics: systems thinking and modelling for a complex world.* McGraw-Hill, Boston u.a.

- Taylor, H. (1999): Modelling Paper Material Flows and Recycling in the US Macroeconomy. PhD thesis, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge, (unpublished).*
- Weigl, A. (1997): Exemplarische Untersuchungen zur flexibel automatisierten Demonstration elektronischer Geräte mit Industrierobotern. Dissertation TH Darmstadt, Shaker Verlag.*
- Wildemann, H. (1996): Entsorgungsnetzwerke. In Bellmann, K. / Hippe A. (Hrsg.) Management von Unternehmensnetzwerken: Interorganisationale Konzepte und praktische Umsetzung. Gabler Verlag, Wiesbaden.*
- Zäpfel, G. (1996): Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagements. De Gruyter, Berlin.*
- Zamudio-Ramirez, P. (1996): The Economics of Automobile Recycling. MS Thesis, MIT, Cambridge, (unpublished).*
- Zundel, S. / Bunke, D. / Schramm, E. / Steinfeldt, M. (1998): Stoffstrommanagement – Zwischenbilanz einer Diskussion. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 3/98, S. 317–340.*

Balanced Scorecard: Ein Instrument zur Komplexitätsbewältigung?

Von Martin Fischer

A. Einleitung

Im Rahmen der Umsetzung von Performance-Measurement Instrumenten ist das Konzept der Balanced Scorecard (BSC) von Robert S. Kaplan und David Norton weit fortgeschritten. Es geht hierbei darum, die strategischen Ziele, die Vision und die Mission eines Unternehmens durchgängig zu kommunizieren, Zielvereinbarungen zu treffen und anhand von geeigneten Kennzahlen die Zielerreichung zu messen.

Bei der Erfolgsmessung hebt das Balanced Scorecard Konzept darauf ab, den in vielen Unternehmen verfolgten Weg zu verlassen, sich auf finanzielle Kennzahlen zu konzentrieren und – wie andere Performance Measurement Methoden auch – dem kaufmännischen Controlling die „Alleinverantwortung“ für das Management mit Kennzahlen zu überlassen. Balanced Scorecard bezieht alle entscheidenden Bereiche eines Unternehmens ein und versucht ein ausgewogenes Kennzahlensystem zwischen den Perspektiven Finanzen, Kunden, interne Geschäftsprozesse sowie Lernen und Entwicklung einzusetzen.

Viele Global Player setzen in das BSC-Konzept die Hoffnung, eine bessere Koordination zwischen den einzelnen Bereichen, insbesondere zwischen Kontrollsystmen auf zahlgestützter und informeller Basis zu erzielen. Ferner wird von der Balanced Scorecard erwartet, daß sie einen Beitrag zum Unternehmen als sozio-technisches System leistet.

Gerade die Lern- und Entwicklungserspektive sowie die innovationsbezogenen Elemente, die im Zusammenhang mit internen Geschäftsprozessen abgedeckt werden sollen, stellen besondere Herausforderungen in bezug auf Komplexität von Unternehmen dar und erscheinen im Rahmen kybernetischer Analysen interessant.

Dieser Vortrag erörtert, inwiefern das Konzept der Balanced Scorecard zur Komplexitätsbewältigung in Unternehmen eingesetzt werden kann und welche

Chancen und Risiken damit verbunden sind. Ferner ist dargestellt, welche Erfahrungen mit dem Einsatz von Balanced Scorecards bereits gemacht wurden und wie sich Unternehmen darauf einstellen, in Zukunft mit diesem Instrument umzugehen.

B. Entstehung der Balanced Scorecard

Das Konzept der Balanced Scorecard geht auf eine Studie aus dem Jahre 1990 zurück, die vom Nolan Norton Institute, dem Forschungszweig der KPMG, durchgeführt wurde¹. Ausgangspunkt der Studie war der Gedanke, „daß existierende Performance-Measurement-Ansätze, die vor allem auf Finanzkennzahlen basierten, zunehmend obsolet wurden“².

Betrachtet man die Entwicklung der Performance-Measurement-Ansätze, so ist dieser Sachverhalt leicht zu erläutern. Bereits in den sechziger Jahren entstanden stärker prozeßorientierte Controllingansätze³, die später in kostenorientierte Konzepte wie z. B. das Activity-based Costing mündeten. Die zunehmende Prozessorientierung veranlaßte Unternehmen, sich in Teilbereichen von einer reinen Kostenbetrachtung abzuwenden und Qualitäts- und Zeitkriterien immer stärker in Betracht zu ziehen. Entsprechend kam Themen wie *Total Quality Management* und *Time-based Management* eine immer wichtigere Rolle zu⁴. Man hat erkannt, daß eine Verbesserung der Unternehmensleistung nur entstehen kann, wenn die Kostentreiber der Unternehmensprozesse identifiziert und optimiert werden.

Hat man sich in der Vergangenheit auf Teilbereiche des Unternehmens beschränkt, um detaillierte Controlling-Aufgaben wahrzunehmen, so wurde der Ruf nach einem ganzheitlichen Unternehmenskonzept – weg vom reinen Performance Measurement hin zu integriertem Performance Management in den neunziger Jahren immer lauter. Entsprechend sind in den letzten Jahren verschiedene Ansätze entstanden, die diesem Anspruch gerecht werden wollen wie z. B. der „European Quality Award“, von der European Foundation for Quality Management (EFQM) sowie das „Quantum Performance Model (QPM)“ von Hronec⁵.

¹ Vgl. Kaplan R.S., Norton D.P. (Hrsg.): *Balanced scorecard: Strategien erfolgreich umsetzen*. Stuttgart 1997, S. VII.

² Ebenda, S. VII.

³ Vgl. Wunderlin, G: *Performance Management*. Diss., Universität St. Gallen 1999, S. 76.

⁴ Ebenda, S. 77 f.

⁵ Vgl. Horváth & Partner (Hrsg.): *Früherkennung in der Unternehmenssteuerung*, Stuttgart 2000, S. 171 ff.

C. Grundgedanke der Balanced Scorecard

Kaplan und Norton definieren die Balanced Scorecard als ein Konzept, das dem Management ein umfassendes Instrumentarium bietet, „um die Unternehmensvision und -strategie in ein geschlossenes Bündel von Leistungsmessungsfaktoren zu übertragen.“⁶ Ziel der Balanced Scorecard ist demnach die Umsetzung der Vision und Strategie eines Unternehmens in operative Meßgrößen und zielgerichtete Aktionen.

Das Konzept unterteilt sich in folgende Kernelemente:

1. Kommunikationsrahmen,
2. Perspektiven,
3. Ausgewogenheit zwischen gestern, heute und morgen,
4. Ursache-Wirkungs-Beziehung.

I. Kommunikationsrahmen

Eines der größten Probleme, mit dem Organisationen heutzutage konfrontiert sind, ist die Kommunikation auf vertikaler und horizontaler Ebene. Obwohl Unternehmen immer offener werden und die Telekommunikations- und IT-Branche immer fortschrittlicher, kann das eigentliche Kommunikationsproblem nur selten zur Zufriedenheit aller gelöst werden. So hat eine Studie der Jensen Group in Zusammenarbeit der Northern Illinois University ergeben, daß die Art und Weise der Kommunikation erheblichen Einfluß auf die Komplexität in Unternehmen hat⁷.

Es existiert eine Barriere, die es vor allem dem Top-Management schwer macht, seine Vision und strategischen Ziele nach unten zu kommunizieren. Genausowenig sind die Leistungen der Mitarbeiter ausreichend nachvollziehbar, um sich wirkungsvoll auf zukünftige Entwicklungen vorzubereiten.

Diesem Problem versucht das Konzept der Balanced Scorecard zu begegnen, in dem es die Systemzusammenhänge offenlegt. Mit Hilfe einer transparenten Beziehung der Systemelemente des Unternehmens zueinander (vgl. Ursache-Wirkungs-Beziehung) kann von einer klar formulierten Vision und Unternehmensstrategie ausgegangen werden. Diese wird operationalisiert, indem sie auf die verschiedenen Ebenen des Unternehmens übertragen wird. Transportmedi-

⁶ Kaplan R.S., Norton D.P. (Hrsg.), S. 23.

⁷ Vgl. The Jensen Group and Northern Illinois University, College of Business: *Changing how we work – The search for a simpler way*. New Jersey 1997, Internet-Website, www.simplework.com.

um für Zielvorgaben sind klar formulierte, nachvollziehbare und meßbare Kennzahlen, die im Gegenzug eine Leistungsmessung erlauben.

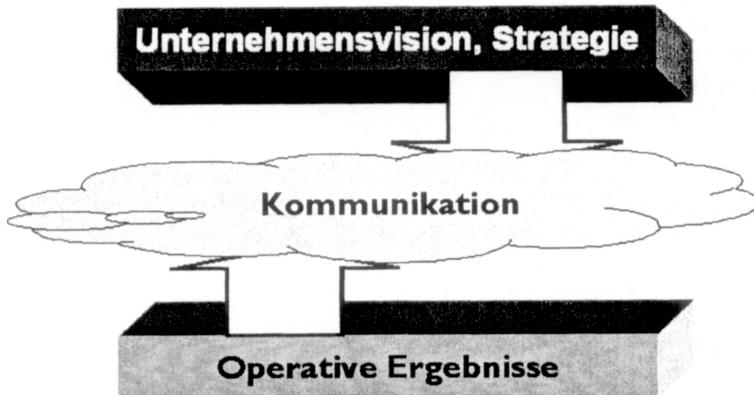


Abbildung 1: Kommunikation zur Komplexitätsreduktion

Demnach kann eine Balanced Scorecard nur dann erfolgreich sein, wenn folgende Grundvoraussetzungen erfüllt sind:

1. Es existiert eine klar formulierte Vision.
2. Es existiert eine klar formulierte Strategie.
3. Es existiert eine klare Zielstruktur.
4. Vision und Strategie können quantifiziert und damit operationalisiert werden.
5. Die Systemelemente des Unternehmens und ihre Beziehungen zueinander sind bekannt.
6. Operative Ergebnisse werden gemessen und berichtet.
7. Auf allen Unternehmensebenen existieren Zielvereinbarungen.
8. Das Unternehmen arbeitet zielgerichtet und strukturiert.

Oft entsteht mit der Einführung einer Balanced Scorecard bereits dadurch ein Nutzen, daß Klarheit über die notwendige Zielstruktur im Unternehmen geschaffen oder eine existierende Vision oder Strategie klarer formuliert und kommuniziert wird.

Systemelemente des Unternehmens zu erkennen und in Beziehung zueinander zu setzen wird im Rahmen des Balanced Scorecard Konzeptes mit Hilfe der

Ursachen-Wirkungs-Analyse (siehe unten) ermöglicht. Auf Grundlage dieser Analyse werden dann Vision und Strategie operationalisiert.



Abbildung 2: Balanced Scorecard als Kommunikationsmittel

Der Bereich der Zielvereinbarung stellt eine Chance dar Organisationsstrukturen kritisch zu überprüfen. Es können z. B. die im Rahmen einer Zertifizierung nach ISO 9000ff. definierten Rollen und Verantwortlichkeiten mit Zielwerten versehen werden. Sinnvollerweise werden diese Zielwerte mit einem Kompensationssystem verbunden, das eine entsprechende leistungsgerechte Vergütung erlaubt.

II. Perspektiven

Wie bereits erwähnt, strebt die Balanced Scorecard an, die rein finanzierte Sicht des Unternehmens-Controlling zu verlassen und alle entscheidenden Bereiche eines Unternehmens in die Leistungsbetrachtung einzubeziehen. Dabei ist ein ausgewogenes Kennzahlensystem die entscheidende Grundlage der Balanced Scorecard.

Prinzipiell werden bei der Balanced Scorecard vier Perspektiven unterschieden (vgl. Abbildung 3):

Die finanzielle Perspektive zeigt die klassischen Meßgrößen aus dem traditionellen Controlling-Ansatz auf. Diese dienen dazu, Bilanz, Gewinn- und Verlustrechnung und Cash-Flow-Kalkulationen zu analysieren und zu bewerten, um damit fundierte Gewinn-Aussagen treffen zu können.

Die Kundenperspektive richtet die Wertschöpfungskette eines Unternehmens auf seine Märkte aus. Kundenanforderungen und -wünsche werden in den Mittelpunkt der Geschäftstätigkeit gerückt. Mit Kennzahlen wie Kundenzufriedenheit, Kundentreue, Marktanteil, Wettbewerbsvorteil, Service Eigenschaften kann ein Unternehmen diese Perspektive gestalten.

Mit Hilfe der internen (Geschäftsprozeß-)Perspektive wird die Umsetzung der Kunden- und Marktanforderungen in Produkte und Dienstleistungen gesteuert. Hier finden die zuvor genannten Teilauspekte des Performance Measurement ihre Anwendung, indem zeitgerecht, in vom Kunden defiinnerter Qualität und kostengünstig Güter und Dienstleistungen zur Verfügung gestellt werden, die Umsatz generieren. Zu den entsprechenden Kennzahlen zählen Liefertreue, Qualitätsindex, Durchlaufzeit, Produktivität etc.

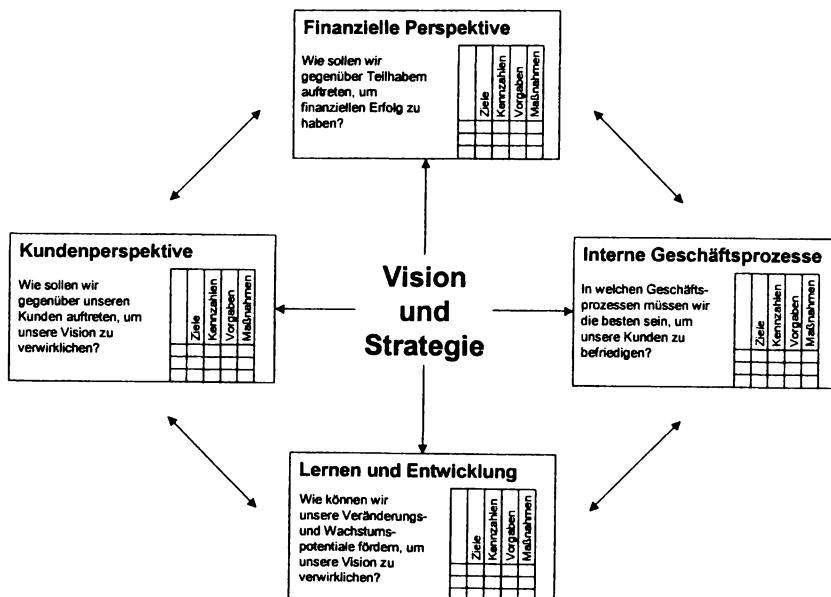


Abbildung 3: Quelle: Kaplan R.S., Norton D.P. (Hrsg.), a.a.O., S. 9

Die Lern- und Entwicklungsperspektive schließlich ist das Maß der Unternehmenszukunft. Hier geht es darum, festzustellen, wie erfolgreich ein Unternehmen in der Zukunft sein kann. Gemessen wird dies in erster Linie anhand des Potentials der Mitarbeiter und der Innovationskraft, im Unternehmen.

Laut Kaplan und Norton haben sich diese vier Perspektiven als „nützlich und stabil“ erwiesen⁸. Allerdings sollen die vier Betrachtungsschwerpunkte nicht dogmatisch bei jeder Balanced Scorecard eingeführt werden, sondern sie müssen unternehmensspezifisch ausgewählt und angepaßt werden.

Abgesehen von der Zusammensetzung der Schwerpunkte, kommt es bei Auswahl und Betrachtung verschiedener Perspektiven vor allem darauf an, daß neben der Finanzperspektive weitere, operative und zukunftsgerichtete Ebenen eingeführt werden. Diese sollten ausgewogen nebeneinander stehen. Vor allem für börsennotierte Aktiengesellschaften stellt diese Bedingung eine besondere Herausforderung dar, gehen doch viele Top-Manager nach wie vor davon aus, daß ihre Hauptaufgabe darin besteht, den monetär gemessenen „Shareholder Value“ zu steigern und diesem entsprechend hohe Aufmerksamkeit zu widmen.

III. Ausgewogenheit zwischen gestern, heute und morgen

Das Unternehmensumfeld ist geprägt von beschleunigter Veränderung und abnehmender Vorhersagbarkeit von Ereignissen. Dies führt dazu, daß die alleinige Betrachtung der bisherigen Leistung eines Unternehmens immer weniger ein Garant dafür ist, daß auch in Zukunft mit der selben Leistung zu rechnen ist.

Finanzielle Kennzahlen beschreiben vor allem, wie erfolgreich ein Unternehmen in der Vergangenheit war (Ergebnis). Sie sagen wenig darüber aus, wie erfolgreich ein Unternehmen ist oder sein wird (Leistungstreiber). Deshalb müssen Kennzahlen gefunden werden, die zukunftsgerichtete Aussagen zulassen.

Die Lern- und Entwicklungsperspektive verdeutlicht, daß es mit der Einführung einer Balanced Scorecard nicht nur darum geht, zu verstehen, welche Perspektiven des Unternehmenssystems mehr oder weniger in den Vordergrund zu rücken sind. Vielmehr gibt sie dem Management einen Rahmen, mit dem der Blick sowohl in die Vergangenheit als auch in die Zukunft gerichtet ist. Da sich keine der vier Perspektiven alleine auf zukunfts- oder vergangenheitsbezogene Daten konzentrieren sollte, muß ein ausgewogenes Mix an sog. „Früh- und Spätindikatoren“⁹ definiert werden, mit dem auf jeder Ebene eine nachhaltige Aussage getroffen werden kann.

⁸ Kaplan R.S., Norton D.P. (Hrsg.), S. 33.

⁹ Ebenda, S. 30.

IV. Ursache-Wirkungs-Beziehung

Nach Kaplan und Norton, ist die Strategie „ein Bündel von Hypothesen über Ursache und Wirkung“¹⁰. Um dem Anspruch der Balanced Scorecard gerecht zu werden, das Unternehmen gesamtheitlich darzustellen, kommt es bei ihrer Definition besonders darauf an, die systemischen Wirkungszusammenhänge sowohl zwischen den definierten Perspektiven als auch innerhalb der Perspektiven zu erkennen.

Diese modellhafte Verbindung von Systemelementen stellt erneut eine Herausforderung an die Beteiligten des Unternehmens dar, da sowohl

1. die wichtigen Systemelemente (v.a. die Leistungstreiber), als auch
2. die Wirkung der Systemelemente untereinander

bekannt sein müssen.

Die Ursachen-Wirkungskette kann von folgendem Gerüst in ein vernetztes Kausalmodell abgeleitet werden:

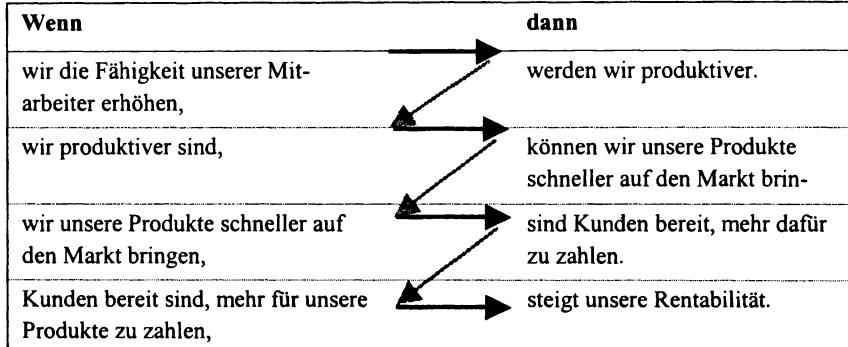


Abbildung 4: Ursache-Wirkungskette

Ein Beispiel für ein Kausalmodell ist in Abbildung 5 dargestellt.

Neben der reinen Darstellung von Korrelationen der einzelnen Elemente kann eine quantitative Auswertung der Zusammenhänge Auskunft darüber geben, welche Leistungstreiber von besonderer Bedeutung und damit relevant für die Balanced Scorecard sind. Die Analyse der Systemelemente führt zu dem Effekt, daß die Abhängigkeiten von Leistungstreibern und Ergebnissen klar ersichtlich und damit besser kommunizierbar wird.

¹⁰ Kaplan R.S., Norton D.P. (Hrsg.), S. 28.

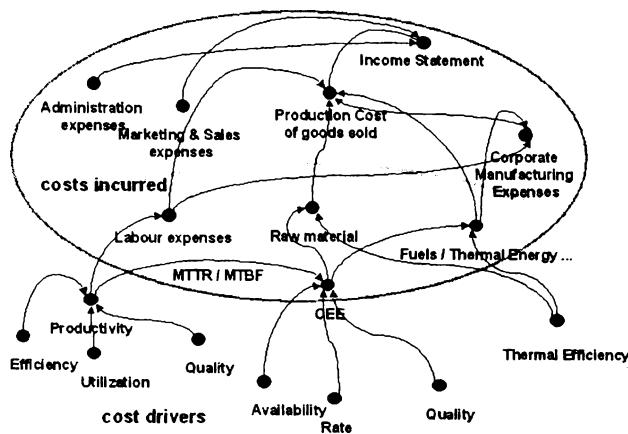


Abbildung 5: Beispiel für ein Kausalmodell

D. Balanced Scorecard und Komplexität

Definiert man Komplexität als „Varietät“ oder „Vielschichtigkeit“¹¹, so findet das Varietätsgesetz von Ross Ashby Anwendung: „Nur Varietät kann Varietät absorbieren“¹². Auf der Grundlage dieses Gesetzes soll im folgenden begründet werden, warum das Konzept der Balanced Scorecard hilft, Komplexität zu bewältigen:

1. Die Eigenvarietät wird erhöht.
2. Das Umfeld wird besser erfaßt.
3. Die Organisation arbeitet zielgerichteter als bisher.

I. Die Eigenvarietät wird erhöht

Geht man von einem produzierenden Unternehmen aus, so kann dies klassischerweise wie in Abbildung 6 dargestellt in Funktionsbereiche aufgeteilt werden.

Zentrales Ziel der Unternehmenstätigkeit ist der Gewinn, der aus Umsatz minus Kosten entsteht. Die Hauptfunktionsbereiche bestehen aus den Bereichen Kunden bzw. Marketing & Sales, Produktion, Lieferanten / Einkauf, Personal /

¹¹ Vgl. Wiss. Rat d. Dudenred. (Hrsg.): Der Duden, Bd. 5. Mannheim 1990, S. 415.

¹² Ashby, R.L.: Einführung in die Kybernetik. Frankfurt a.M. 1974, S. 206 ff.

Organisation / Administration sowie Finanzen. Alle Funktionen liefern Kennzahlen in erster Linie in Form von Kosten an die Finanzabteilung (Controlling) zur Unternehmenssteuerung.

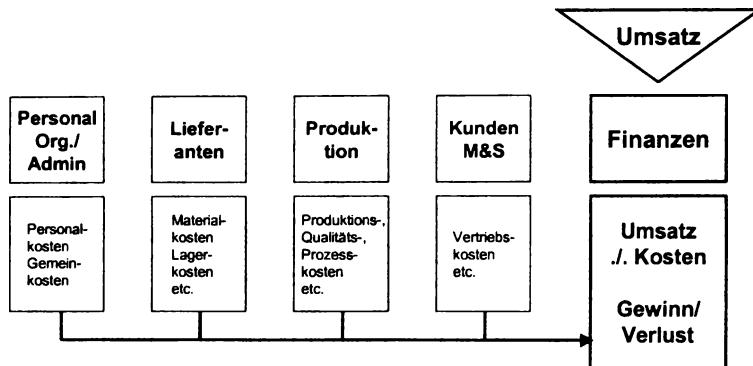


Abbildung 6: Aufteilung in Funktionsbereiche

Die Balanced Scorecard stellt, wie bereits beschrieben, verschiedene Unternehmensbereiche mehr oder weniger gleichberechtigt nebeneinander und rückt neben monetären vor allem nicht-monetäre Kennzahlen in den Vordergrund, die als Stellhebel bzw. Kostentreiber auf das Unternehmensergebnis einwirken.

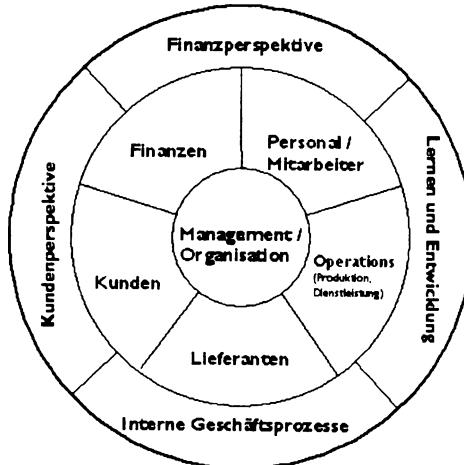


Abbildung 7: Ausgeglichene Betrachtung der Unternehmensfunktionen

Die Eigenvarietät des zu betrachtenden Unternehmensmodells wird durch die Balanced Scorecard in den meisten Unternehmen demnach erhöht, womit

eine Grundvoraussetzung zum Management der Komplexität nach Ashby gegeben ist.

II. Das Umfeld wird besser erfaßt

Einer Studie der Jensen Group in Zusammenarbeit mit der Northern Illinois University zufolge bestehen aus Mitarbeiter- und Manager-Sicht amerikanischer Unternehmen die Hauptgründe für Komplexität in folgenden Faktoren:

- Integration von Veränderung,
- unklare Zielsetzung,
- Art und Weise der Kommunikation,
- Knowledge Management,
- Wettbewerb und Marktkräfte,
- Kundenwünsche,
- Technologie,
- Teamarbeit.

Vor allem in Großunternehmen wird demzufolge dem Wandel die größte Bedeutung beigemessen. Auf verschiedenen Management-Ebenen haben sich unterschiedliche Gewichtungen der oben genannten Punkte ergeben. So hält das Top-Management Wettbewerb und Marktkräfte für den größten Komplexitätsfaktor, während Mitarbeiter auf der unteren Unternehmensebene vor allem Kommunikation für den entscheidenden Faktor halten. Das mittlere Management ist besonders von der Integration der Veränderung beeindruckt.

Inwiefern die Balanced Scorecard diese verschiedenen Ursachen für Komplexität berücksichtigt, wird in Tabelle 1 gegenübergestellt:

Die Gegenüberstellung der Komplexitätsfaktoren mit den vier Grundperspektiven der Balanced Scorecard zeigt, daß fast allen Faktoren entsprochen wird. Die Tatsache, daß der Aspekt des Knowledge Management nur indirekt berücksichtigt ist, kann damit begründet werden, daß zwar eine Lern- und Entwicklungsperspektive existiert, jedoch der Schwerpunkt im individuellen Lernen der Mitarbeiter einer Organisation liegt und weniger im organisationellen Lernen eines Unternehmens. Kennzahlen wie Innovation, Training, Mitarbeitermotivation etc. stehen eher im Vordergrund als Indikatoren, die das Niveau eines Unternehmens in Form einer sog. „lernenden Organisation“¹³ anzeigen.

¹³ Als lernende Organisation wird hier die Organisation verstanden, die ihre Ziele und Werte ständig überprüft und ihre Unternehmenskultur an neue Gegebenheiten ständig anpaßt.

Tabelle 1

**Berücksichtigung verschiedener Ursachen für Komplexität in der
Balanced Scorecard**

Komplexitätsfaktor	Berücksichtigung bei Balanced Scorecard	
Integration von Veränderung	Lern- und Entwicklungsperspektive	✓
Unklare Zielsetzung	Klare Zielformulierung und Definition messbarer Ziele und Unterziele	✓
Art und Weise der Kommunikation	Kaskadierung auf die verschiedenen Unternehmensebenen, ggf. je nach Umsetzung und Unternehmen unterschiedlich	✓
Knowledge Management	Indirekt Lern- und Entwicklungsperspektive	□
Wettbewerb und Marktkräfte	Kundenperspektive	✓
Kundenwünsche	Kundenperspektive	✓
Technologie	Interne Prozesse sowie Lernen und Entwicklung	✓
Teamarbeit	Lern- und Entwicklungsperspektive	✓

Es gilt also für die Weiterentwicklung der Balanced Scorecard, diese Indikatoren entweder unter der Lern- und Entwicklungsperspektive stärker zu berücksichtigen oder eine eigene Perspektive für Knowledge Transfer hinzuzufügen.

Prinzipiell kann jedoch gesagt werden, daß die Balanced Scorecard die oben aufgeführten komplexitätsfördernden Aspekte durch die Wahl geeigneter Perspektiven und Kennzahlen erwidert.

III. Die Organisation arbeitet zielgerichteter als bisher

Eine Balanced Scorecard kann nur funktionieren, wenn Ergebnis- und Leistungskennzahlen (d.h. Spät- und Frühindikatoren) z.B. in Form eines vernetzten Kausalmodells miteinander verbunden werden. Diese Vernetzung setzt voraus, daß Systemzusammenhänge bekannt sind oder erkannt werden. Fehlen wichtige Verbindungen, so schlägt der Versuch der Balanced Scorecard fehl, die gesamtheitliche Unternehmensleistung zu managen und reduziert sich schnell auf ein reines Performance Measurement von Einzelergebnissen.

Bei der Definition einer Balanced Scorecard wird deutlich, inwieweit das System bisher bei Management und Mitarbeitern bekannt war und wo wichtige Erkenntnisse zu veränderten Verhaltens- und Verfahrensweisen führen müssen.

Ein besseres Systemverständnis unterstützt letztlich auch eine stärkere Zielorientierung im Unternehmen. Wie bereits erwähnt, sind neben einer klar formulierten Vision und Strategie auf allen Unternehmensebenen existierende Zielvereinbarungen Grundvoraussetzung für das Funktionieren der Balanced Scorecard (vgl. Kap. C.I.). Der Erfolg der Balanced Scorecard als Instrument zur Komplexitätsbewältigung hängt entscheidend von der erfolgreichen Implementierung eines Zielvereinbarungssystems ab.

E. Balanced Scorecard in der Praxis

Der Nutzen, den die Balanced Scorecard in ihrer Grundkonzeption verspricht, ist von vielen Unternehmen erkannt worden. Laut Gartner Group wird damit gerechnet, daß ca. 40 Prozent der Fortune 1000 Firmen noch in diesem Jahr Balanced Scorecard Prinzipien in ihre Firmenphilosophie aufnehmen. Als Ursache für die positive Resonanz wird überwiegend angegeben, daß zwar eine Unternehmensstrategie existiert, aber die Umsetzung dieser Strategie große Probleme bereitet. Der Erreichungsgrad der gesetzten Ziele wird zwar gemessen, Abweichungsursachen können in vielen Fällen jedoch nicht konkret abgeleitet werden, da die Systemzusammenhänge im Unternehmen nur lückenhaft bekannt oder nachvollziehbar sind. Somit können Unternehmensziele nur unzureichend in konkrete operative Maßnahmen übersetzt werden.

Auch wenn viele Unternehmen fest entschlossen sind, eine Balanced Scorecard in ihrem Unternehmen einzuführen, stößt das Management bei der Umsetzung des Konzeptes oft an Grenzen. Aus einer Befragung¹⁴ verschiedener Unternehmen, die ein Balanced Scorecard Projekt durchgeführt haben, ging hervor, daß es zwei grundsätzliche Auffassungen davon gibt, was die Balanced Scorecard ist:

1. Die Balanced Scorecard ist ein Strategie-Instrument,
2. Die Balanced Scorecard ist ein Strategie-Umsetzungsinstrument.

Die Gruppe der Unternehmen, die eine Balanced Scorecard als reines Strategie-Instrument ansehen, beschränkt sich meist darauf, das Konzept auf Top-Managementebene einzuführen. Dabei wird die Kommunikation der Unternehmensvision und -strategie oft darauf reduziert, die ausformulierten Ziele mit Hilfe mehr oder weniger moderner Kommunikationsmittel an die Mitarbeiter heranzutragen. Ein angepaßtes Zielvereinbarungssystem gehört dabei nicht zu den Maßnahmen, die in den Zusammenhang mit der Einführung einer Balanced Scorecard gestellt werden. Dies führt zu folgendem „Eistüten-Effekt“:

¹⁴ Vgl. Telefonbefragung der Firma Cambridge Management Consulting GmbH im August / September 2000.

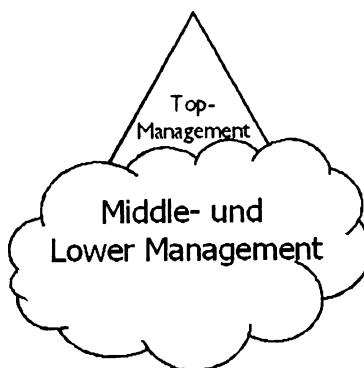


Abbildung 8: Der „Eistüten-Effekt“

Während das Top-Management über klare Strukturen verfügt und mit einem ausgewogenen Mix an Kennzahlen eine zielgerichtete Leistungsverfolgung betreiben kann, fehlen dem Middle- und Lower Management nach wie vor Mittel, um ihre entsprechenden Verantwortungsbereiche in gleichem Maße zu managen. Die Kennzahlen- und Zielpyramide erscheint wie eine umgedrehte Eistüte. Die angestrebte Auflösung der Kommunikationssperre zwischen Top- und Middle-Management (vgl. C.I.) kann nicht erreicht werden.

Demgegenüber konzentriert sich die zweite Gruppe (BSC als Strategie-Umsetzungsinstrument) vor allem darauf, die Zielstruktur in Form von Kennzahlen in das Unternehmen hineinzutragen. Auch hier wird die Chance, das bestehende Zielvereinbarungssystem des Unternehmens einer kritischen Prüfung zu unterziehen, nur selten genutzt. Man beschränkt sich in erster Linie auf die ausgefeilte Erarbeitung eines Kennzahlenbaumes, der zwar in Form von Scorecards gepflegt, nicht jedoch vollständig in das gesamte Management-System integriert wird.

Hierdurch kommt ein weiteres Phänomen zum tragen. Die Balanced Scorecard ist besonders effektiv, wenn sie im gesamten Berichtswesen des Unternehmens berücksichtigt wird. Leider wird sie jedoch von vielen Unternehmen auf das bestehende Management- und Berichtssystem aufgesetzt. Somit fällt es dem Management schwer, sich auf die Faktoren des Systems (des Unternehmens) zu konzentrieren, die für bestimmte Entscheidungen relevant sind. Der Grad der Komplexitätsbewältigung nimmt ab.

Durch den Versuch das Management-System so vollständig wie möglich abzubilden wird diese Wirkung oft verstärkt. Die damit verbundene Anhäufung von Kennzahlen für die verschiedenen Management-Ebenen führt zu der Gefahr, den Überblick über die Wirkungszusammenhänge im Unternehmen zu

verlieren. Aufgrund der Fülle an Daten, die in dieser Situation vom Management verarbeitet werden müssen, können keine Kernaussagen mehr getroffen werden, warum ein vorgegebenes Ziel erreicht oder nicht erreicht wurde. Die Umsetzungs- und Effektivitätswirkung der Balanced Scorecard bleibt aus.

Die zuvor genannte Fokussierung auf den Shareholder Value (vgl. B.I.) bringt mit sich, daß die gewählten (meist vier) Perspektiven teilweise nicht ausgewogen und schon gar nicht gleichberechtigt nebeneinander stehen und somit der Forderung, sich von der rein finanziellen Perspektive zu lösen, nicht ausreichend nachgekommen wird.

Dies wird um so kritischer, wenn die Ursache-Wirkungs-Beziehung der unternehmerischen Meßgrößen nicht ausreichend bekannt ist und somit der Shareholder Value als strategisches Ziel zwar definiert, aber nicht vollständig mit dem Unternehmenssystem verbunden ist.

Hinzu kommt, daß Größen wie Mitarbeiterzufriedenheit oder Innovationsgrad schwer zu messen sind, was oft zu Akzeptanzproblemen in der Umsetzung führt. Die Mitarbeiter im Unternehmen sind mehr oder weniger gewohnt, mit Fakten aus der Vergangenheit zu operieren. Kennzahlen, die sich auf die Zukunft konzentrieren, sind teilweise zu abstrakt, um von Mitarbeitern auf verschiedenen Ebenen ernsthaft verfolgt zu werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Balanced Scorecard in ihrer theoretischen Konzeption durchaus geeignet ist, Komplexität besser zu bewältigen. Die Umsetzung in der Praxis stößt aus den oben genannten Gründen oft an ihre Grenzen. Die Einführung einer Balanced Scorecard bedeutet für viele Unternehmen eine einschneidende Veränderung in ihrer Unternehmenskultur, wie an dem Beispiel der Zielvereinbarung deutlich wird. Bei dem großen Interesse, das dem BSC-Konzept zuteil wird, bleibt daher abzuwarten, inwieweit es den Unternehmen gelingt, sich diesem Wandel zu unterziehen.

Literaturverzeichnis

Ashby, R.L.: Einführung in die Kybernetik. Frankfurt a.M. 1974.

Horváth & Partner (Hrsg.): Früherkennung in der Unternehmenssteuerung, Stuttgart 2000.

Kaplan, R.S. / Norton, D.P. (Hrsg.): Balanced scorecard: Strategien erfolgreich umsetzen. Stuttgart 1997.

The Jensen Group and Northern Illinois University, College of Business: Changing how we work – The search for a simpler way. New Jersey 1997, Internet-Website, www.simplework.com

Wiss.Rat d. Dudenred. (Hrsg.): Der Duden, Bd. 5. Mannheim 1990.

Wunderlin, G: Performance Management. Diss., Universität St. Gallen 1999.

Entscheidungen unter den Sachzwängen der Volkswirtschaftssysteme

Von *Norbert Brachthäuser*

A. Einführung

Die Erfahrung lehrt, daß Sachzwänge unsere täglichen Entscheidungen beeinflussen. Von Sachzwängen wird vor allem im Hinblick auf Zwänge gesprochen, die über den Marktmechanismus auf die ökonomisch handelnden Menschen ausgeübt werden: Wer am freien Markt überleben will, der muß ständig Kosten/Nutzenvorteile entwickeln, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Diesen Sachzwang hat Max Weber vor 100 Jahren als „herrenlose Sklaverei“ bezeichnet¹. Er ist aber nur ein *kleiner* Teil aller Sachzwänge, die von *Systemgesetzen* ausgehen und die Entscheidungen der Individuen einer Volkswirtschaft beeinflussen.

Diese Aussage möchte ich begründen, indem ich – entsprechend den Lehren der historischen Schule – vom Beispiel der zeitlichen Entwicklung der Massenarbeitslosigkeit in Deutschland ausgehe. Ich bitte Sie, beim Lesen auf die Verbindungen zwischen den Ursachen, ihren Wirkungen und Fernwirkungen in einer komplexen Umwelt zu achten. Wir stoßen dann auf Erkenntnisse, die der wirtschaftstheoretischen Forschung neuartige Chancen eröffnen können.

B. Analyse kausaler Beziehungen im Zeitablauf

Von 1959 bis 1973 hatten wir in Deutschland Vollbeschäftigung. Durch die Drosselung der Ölförderung und die daraus resultierenden Ölpreiserhöhungen stiegen die Kosten der Unternehmungen stark an. Um nicht durch den Abfluß ihrer Geldmittel den ökonomischen Tod erleiden zu müssen, sahen sich die Unternehmer zu Entscheidungen *gezwungen* (also Sachzwang infolge ihres Überlebenwollens), einerseits ihre eigenen Erzeugerpreise zu erhöhen und andererseits ihre Lohnkosten durch Streichung von Planstellen zu senken. Da-

¹ Vgl. P. Ulrich, S. 141.

durch wechselte die Zeit der Vollbeschäftigung in die der Massenarbeitslosigkeit (=Wirkung).

Die Streichung von Planstellen durch Unternehmer hatte auf die betroffenen Mitarbeiter und ihre Familien gravierende Auswirkungen: Um überleben zu können (=biologischer Sachzwang), müssen sie nicht nur essen und trinken, sondern auch Kleider, Wohnungen und vieles mehr nutzen. Dadurch *verbrauchen* sie diese Güter, und zwar deren Werte (ein physikalischer Sachzwang nach dem zweiten Hauptsatz der Wärmelehre). Wer auf diese Weise die verfügbaren Bestände an Nahrung und Kleidung verloren hat, kann nicht weiterleben. Um überleben zu können (=Zielsetzung), ist also jede Haushaltung *gezwungen*, fehlende Güter rechtzeitig am Markt nachzukaufen.

Zum flexiblen Austausch der Güter in den Wirtschaftskreisläufen haben die Menschen im Laufe der Zeit in evolutionären Schritten das Geld entwickelt. Die Menge des verfügbaren Geldes ist die Information, wieviel jeder kaufen kann.

Die Haushaltungen brauchen Geld, um den Verbrauch an Werten durch Einkäufe ausgleichen zu können. Da sie es ihrer Haushaltstasse entnehmen, müßte deren Bestand schnell auf Null absinken und damit jeden weiteren Einkauf unterbinden, wenn der Geldzufluß auf Dauer unterbrochen würde. Durch Kündigung eines Arbeitsverhältnisses versetzt ein Unternehmer den Haushalt seines Mitarbeiters genau in jene Lage, vor der er seine eigene Unternehmung bewahren möchte.

Wenn genügend Arbeitsplätze am Markt angeboten werden, entstehen daraus keine Probleme für die Entlassenen, weil dann jeder von ihnen mit passender Qualifikation oder Umschulung nach kurzer Suchzeit einen neuen Arbeitsplatz mit entsprechenden Einnahmen finden könnte. Ganz anders ist es jedoch, wenn viele Unternehmungen gleichzeitig kündigen und daraufhin Arbeitsplätze fehlen. Wenn infolgedessen viele Menschen gleichzeitig unter Arbeitslosigkeit leiden müssen, werden sie unruhig. Anfang der dreißiger Jahren kam dadurch Adolf Hitler an die Macht. Um Wiederholungen zu vermeiden, springt der Staat auf Grund sozialer Sachzwänge mit Lohnersatzleistungen ein.

Die Lohnersatzleistungen des Staates müssen von allen verbleibenden Arbeitnehmern und Unternehmern durch Beiträge und Steuern finanziert werden (=Sachzwang des Geldkreislaufes). Dadurch steigen deren Lohnnebenkosten, die in die Kalkulationen der Betriebe eingehen. Da sie dort den Bruttolöhnen zugeschlagen werden, die an die Arbeitnehmer ausgezahlt werden, erhöhen sie die Brutto-Bruttolöhne, mit denen die Arbeitgeber kalkulieren. Weil letztere ständig stiegen, wurde die Arbeit der deutschen Arbeitnehmer immer teurer, obwohl ihre Nettolöhne in etwa gleich blieben. Von den Unternehmern wird

dafür der Staat verantwortlich gemacht, obgleich er nur die Fernwirkungen ihres Planstellenabbaus ausgeglichen hat.

Unternehmer sprechen gerne von „sozialverträglichen“ Entlassungen. Die Sozialverträglichkeit bezieht sich aber leider nur auf die eigenen Mitarbeiter, die man oft persönlich kennt und denen man sich deshalb durch den eigenen Ethos moralisch verpflichtet fühlt. In der Regel bedeutet diese Aussage, daß Sozialpläne erstellt und die älteren Mitarbeiter nicht in die Arbeitslosigkeit, sondern in den Vorruhestand geschickt werden. Dadurch sinkt seit Jahren das Renteneintrittsalter und erhöht sich der Bestand an Rentnern. Weil infolgedessen immer weniger aktive Arbeitnehmer immer mehr Rentner finanzieren müssen, wurden und werden aus „sozialverträglichen“ Kündigungen „unbezahlbare“ Renten. Da sich inzwischen auch die Geburtenrückgänge der letzten Jahrzehnte spürbar auswirken, werden die jungen Beitragszahler immer stärker überfordert. Ihre Angst um die eigene Alterssicherung nimmt zu. Eine Rentenreform soll die Probleme lösen.

Beachtenswert ist, daß trotz Abbaus der Arbeitsplätze der Umsatz der deutschen Wirtschaft nicht abfiel, sondern anstieg. Der Grund dafür liegt im Produktivitätszuwachs pro menschlicher Arbeitskraft. Mit ihm begründen die Gewerkschaften ihre jährlichen Forderungen nach Lohnerhöhungen. Er kommt aber nicht durch Mehrarbeit der Menschen, sondern durch den verstärkten Einsatz von Produktivkapital, insbesondere Maschinen, zustande. Zuerst waren es die Dampfmaschinen, dann die Elektromotoren und jetzt die Computer. Letztere werden dazu führen, daß bald auch Dienstleistungsarbeitsplätze in Banken, Versicherungen, Verwaltungen und im Handel „wegrationalisiert“ werden.

Hier wirkt sich aus, daß die maschinellen und menschlichen Arbeitskräfte (beides sind gelenkte Energien) austauschbare Leistungen erbringen und damit vergleichbare Produkte erstellen. Besonders gravierend wirken dann die Belastungen der Bruttolöhne mit Sozialabgaben und Steuern, die bisher nur von den Menschen, nicht aber von den Maschinen getragen werden müssen. Infolgedessen stehen heute in den Unternehmungen *ungleich belastete* menschliche und maschinelle *Arbeitskräfte im Wettbewerb* miteinander, der von den Unternehmensleitungen anhand ihrer *Bruttokosten* entschieden wird.

Von den rationalisierenden Unternehmensleitungen wird dabei selten bedacht, daß ihre neuen Maschinen zwar mehr *produzieren*, aber nicht mehr *konsumieren* können. Deshalb treten bald weniger Arbeitskräfte und mehr Kapitalbesitzer als Nachfrager an ihren eigenen Warenmärkten auf. Da von beiden Nachfragegruppen andere Güter gekauft werden, senken die Unternehmer durch Rationalisierungsinvestitionen und Personalabbau nicht nur ihre Kosten (=Nahwirkungen), sondern verändern auch ihre bisherigen Nachfragestrukturen und Warenkreisläufe (=Fernwirkungen). Hier liegt der Grund dafür, daß der

Binnenmarkt in Deutschland seit Jahren stagniert und kein „selbsttragender“ Aufschwung zustande kommt, der die erhofften Dauerarbeitsplätze für alle schaffen könnte.

Diese Beschreibung eines historischen Wirtschaftsprozesses zeigt das Wechselspiel zwischen Sachzwängen, Entscheidungen, Wirkungen und neuen Sachzwängen in Volkswirtschaften. Sie laufen über Wirkungsketten, die alle Teile zu einem real existierenden Ganzen, einem *Megasystem*, verbinden. Dieses leitete alle Wirkungen von Entscheidungen in *Kreisläufen* weiter. Dadurch kamen und kommen deren Nebenwirkungen nach einiger Zeit als neue und oft noch schlimmere Probleme auch vor die Füße der früheren Verursacher.

C. Systemgesetze der Volkswirtschaften

Auffallend sind sowohl die Sprünge als auch die Kontinuitäten, die zwischen Entscheidungen, Handlungen, Fernwirkungen, Sachzwängen und neuen Entscheidungen lagen. Es entstand die Frage, ob da vielleicht Gesetze wirken, die *systemeigentümlich* sind.

Um diese Frage beantworten zu können, mußte ich nach den Sachzwängen suchen, die freie Menschen veranlassen, sich so und nicht anderes zu verhalten. Es zeigte sich, daß die Sachzwänge von *Systemgesetzen*² ausgehen, hinter denen physikalische Naturgesetze wie beispielsweise die Hauptsätze der Wärmelehre und die Kirchhoffschen Regeln der elektrischen Netzwerke stehen³. Ich habe die Systemgesetze entsprechend ihrem Wirkungsansatz in vier Gruppen eingeteilt:

² Der Begriff „Systemgesetz“ wurde von J. Schurz (S. 74 f) übernommen. Er schreibt: „...unsere Erfolge beruhen auf der Beherrschung der Naturgesetze, während unser Versagen auf unsere mangelhafte Kenntnis der Systemgesetze zurückgeht.“... „Die Systemgesetze, die die Lebensgrundlage unserer Erde sicherstellen, wirken als Kreisläufe: Der Wasserkreislauf bestimmt Klima und Wetter, der Kohlenstoff-Kreislauf ermöglicht das Leben. Alle diese Kreisläufe liegen als ‚stationäre Ungleichgewichte‘ (Fließgleichgewichte) vor, die zwar stabil gegen kleine Störungen sind, auf größere jedoch mit einem ‚Umklappen‘ in einen anderen Systemzustand reagieren.“.... „Somit wird offenbar, daß wir neben der Erforschung der Naturgesetze jene der Systemgesetze sträflich versäumt haben.“

³ Die 1. Kirchhoffsche Regel lautet: In jedem Verzweigungspunkt eines Netzwerkes ist die Summe aller zufließenden gleich der Summe aller abfließenden Ströme. Da diese Aussage nicht nur für elektrische Ladungen, sondern auch für Geldmengen gilt, lautet die Umformung für das Rechnungswesen: Input – Output = Bestandsveränderung oder Anfangsbestand + Input – Output = Endbestand. Die 1. Kirchhoffsche Regel ist also auch die physikalische Grundlage der buchhalterischen Bilanzgleichung.

I. Systemgesetze der menschlichen Lebensbedingungen und ihrer Antriebserlebnisse

1. Menschen, die körperlich und seelisch überleben wollen, *müssen* verbrauchen und nutzen. Wenn sie nicht über verwertbare Bestände an Nahrungsmitteln und anderen materiellen und kulturellen Gütern verfügen, bekommen sie ein Signal „Hunger“⁴. Wenn sie darauf nicht reagieren, können sie nicht auf Dauer überleben.
2. Die notwendigen Nahrungsmittel und andere Güter sind in Industrieländern nur im Wettbewerb über die Märkte zu erwerben. Am ständigen Austausch können nur diejenigen Individuen teilnehmen, die über ein fortwährendes Einkommen verfügen.
3. Deshalb versuchen alle Menschen mit ihrem Denken und Handeln, sich selbst ökonomisch, also mit geringstem Energieaufwand, körperlich und seelisch am Leben zu erhalten und dieses zu sichern – wenn nötig im Konkurrenzkampf mit anderen.
4. Nur die Menschen, die nach dem „Gesetz der erforderlichen Vielfalt“⁵ gegenüber den Strategien anderer Menschen über ausreichend viele Antworten verfügen, sind so frei, daß sie im Konkurrenzkampf bestehen können.

II. Systemgesetze der Werteveränderungen und ihrer Parameter

5. Beim Verbrauch von Gütern nimmt deren Gebrauchswert ab⁶. Dieser Prozeß erfordert Zeit, in der sich die Entropie (=Unordnung) der Umwelt⁷ erhöht.
6. Die Gebrauchswerte aller *heute* konsumierten Güter mußten *vorher* produziert werden. Dabei verstrich Produktionszeit.
7. Die Produktion des Gebrauchswertes eines Gutes erfordert ein Arbeitsvolumen, dessen Größe von der angewandten Technologie abhängt.
8. Je größer die Leistung ist, mit der dieses Arbeitsvolumen abgearbeitet wird, um so kürzer ist die Produktionszeit des Gutes. Zusammen mit Wartezeiten bestimmen sie die *Durchlaufzeit* eines Produktes durch seinen Produktionsbetrieb. (Auch die Aufzuchtzeiten bei der Schweinemast sind Pro-

⁴ Vgl. Brachthäuser 1967, S. 7.

⁵ Vgl. Ashby, S. 293 ff.

⁶ Vgl. Brachthäuser 1986, S. 198.

⁷ Nach dem 2. Hauptsatz der Wärmelehre.

duktionszeiten und als solche die biologischen Ursachen der Verzögerungen, die im Schweinezyklus eine Rolle spielen).

9. Das Leistungsvermögen einer Maschine oder eines Menschen wird durch seine Kapazitätsgrenzen bestimmt. Wo sie überschritten werden – beispielsweise zum Zweck der Kostensenkung – führt das zwangsläufig zu Wertverlusten durch Zerstörung der Funktionstüchtigkeit von Maschinen oder der Gesundheit von Menschen.

III. Systemgesetze der Wirtschaftskreisläufe und ihrer Netzwerke

10. Qualitäten und Gebrauchswerte der Waren müssen durch intelligent gelekte *Arbeitsströme* erzeugt werden. Zur Bewegung und Lenkung dieser Ströme müssen *Wirkungskreise* organisiert werden, in denen die Handlungen der Menschen und die Rückkopplungen ihrer Wirkungen ablaufen.
11. Wenn Produktion und Konsumtion eines Gutes an verschiedenen Orten erfolgen, müssen Warenströme fließen, die diese Orte verbinden. Die materiellen Substanzen (Rohstoffe wie z.B. Erz, Kohlenstoffe usw.) dieser Ströme müssen dem Boden entnommen und später als Abfall an ihn zurückgegeben werden. Deshalb muß für jedes einzelne Produkt ein *Materialkreis* ausgebildet werden, in dem der Gebrauchswert zunächst auf- und später wieder abgebaut wird⁸. (Die jüngsten Straßenblockaden im September 2000 infolge der Ölpreiserhöhungen unterbrachen manche dieser Materialkreise und machten sie dadurch bewußt)
12. Die Einrichtung von *Geldkreisen* ermöglicht den Austausch verschiedener Waren und Leistungen unter Wettbewerbsbedingungen. Sie sind nur ein Teil aller Wirtschaftskreisläufe.
13. Wo die Produkte aus mehreren Stoffen zusammengesetzt und an viele Abnehmer verteilt werden, bilden sich Baumstrukturen aus. Sie koppeln die Wege zahlloser Wirtschaftskreisläufe zu komplexen *Netzwerken*, die *in sich kreisförmig geschlossen* werden müssen. Ihre Knotenpunkte werden von Arbeitsplätzen gebildet.
14. Infolgedessen koppeln die Netzwerke der Wirtschaftskreisläufe alle Arbeitsplätze in Unternehmungen und Haushaltungen zu einem lebenden volkswirtschaftlichen *Megaorganismus*, der von arbeitenden Menschen ständig mehr oder weniger kooperativ gelenkt wird. Seine Produktions- und Konsumtionsglieder können in verschiedenen Ländern bzw. Staaten liegen. Durch Importe und Exporte werden die Volkswirtschaften zum

⁸ Vgl. Brachthäuser 1982, S. 35 f.

Megaorganismus „Weltwirtschaft“ verbunden. Er ist ein in sich verschachteltes System von Teilorganismen.

15. Volkswirtschaftliche Megasysteme sind „stochastische“ Systeme, die als solche *nicht direkt sichtbar* sind, weil ihre verbindenden Ströme nur als einzelne Ladungen (z.B. in Containern auf einzelnen Lastwagen oder in Briefen) „diskret“ von einer Adresse zur anderen fließen.

IV. Liquiditätsbedingung lebender Systeme

16. Wenn in einem lebenden Organismus Ströme auf Dauer unterbrochen werden, müssen die abgetrennten Glieder absterben. Auch stochastische Ströme können nicht fließen, solange ihre einspeisenden Bestände gleich Null sind, also Illiquidität herrscht. Das gilt für: Geld (wenn die Geldbörse leer ist), Waren (wenn Material fehlt = Lieferunfähigkeit), Informationen (wenn wir im Dunkeln tappen), und Arbeit (wenn Personal fehlt, das bereit ist, überlastet zu werden).

Diese Aufstellung ist nicht vollständig, lässt aber erkennen, was unter *Systemgesetzen*⁹ zu verstehen ist: Sie basieren auf *Naturgesetzen* und sind *unabhängig* von Äußerungen des menschlichen Geistes wie beispielsweise menschlichen Zielen, Ideologien, politischen Gesetzen, Wirtschaftsordnungen und Verträgen. Sie können daher *einzelne auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft* werden, *wirken aber nur gleichzeitig im Systemzusammenhang*. Wenn beispielsweise in einer Unternehmung plötzlich schwere Störungen auftreten wie etwa der Verlust eines großen Auftrags, die Zerstörung einer Maschine oder der Tod eines wichtigen Mitarbeiters, dann führen diese Ereignisse nicht sofort auch zum Tode der ganzen Unternehmung oder gar der Volkswirtschaft. Vielmehr werden diese Störungen kurzfristig durch Bestandsveränderungen in ihrer nahen Umgebung aufgefangen, indem beispielsweise die Auftragsbestände automatisch abgeschmolzen werden, oder eine Maschine aus dem Reservebestand in Betrieb genommen wird. Kritisch wird es erst dann, wenn keine Reservebestände verfügbar sind.

D. Volkswirtschaftsorganismen

Bei der Gliederung der Systemgesetze sind wir einerseits auf die Antriebserlebnisse der Menschen (Systemgesetz 1 und 3) gestoßen, andererseits auf ihre Ermöglichung und Begrenzungen durch Naturgesetze (Systemgesetz 5 – 16). Die Antriebserlebnisse gehören zwar zum Geistesleben, zur Psyche, doch liegen ihnen physiologische und damit körperliche Sachzwänge zugrunde. Die

⁹ Vgl. auch Schurz 1995, S. 75.

Naturgesetze der Wirtschaftskreisläufe wiederum erzwingen ein volkswirtschaftliches Ganzes. Wie bei Menschen gibt es also auch in Volkswirtschaftsorganismen „Leib und Seele“ bzw. Megakörper und Megapsyche. Beide stehen in Wechselwirkungen zueinander, die nach Systemgesetz 10 über *Wirkungskreise* laufen.

Der *Megakörper* besteht nach meinen Überlegungen zunächst aus den *Körpern* aller Verbraucher. Dazu gehören die *Körper* aller Menschen, die in einer Volkswirtschaft leben, also die der Erwerbstätigen und Arbeitslosen, Kapitalbesitzer und Obdachlosen, Hausfrauen und Rentner. Weiterhin besteht er aus den *Arbeitsplätzen* in den Fabriken, Fahrzeugen, Verwaltungen und Haushaltungen einschließlich der sie umgebenden Gebäude und Maschinen. Hinzu kommen die *Speicher* mit ihren Beständen an Rohstoffen, Halbfabrikaten, Fertigfabrikaten und gebrauchten Gütern. Nicht zu vergessen sind die *Gehirne* der Menschen. Alle diese *Elemente* werden durch Kreislaufströme von Materialien, Energien, Informationen und Geldern zu einem *Megasystem* verbunden.

Die *Megapsyche* wird gebildet durch die kommunizierenden individuellen *Psychen* in den Gehirnen aller Menschen, die durch den Megakörper verbunden werden und in ihm wirken. Die *Megapsyche* äußert sich in den *Massenphänomenen* wie Moden, Optimismus und Pessimismus, Börsenaußen und -baissen usw. Eingeschlossen in die *Megapsyche* einer Volkswirtschaft sind also auch alle menschlichen Motive ihrer Individuen wie Tätigkeitsdrang, Egoismus, Machtwille, Gerechtigkeitssinn sowie alle Emotionen wie beispielsweise Neid, Liebe, Haß, Gewissen und Angst und die daraus abgeleiteten Zielsetzungen.

Um die ökonomischen Aktivitäten der Menschen zu ordnen, wurden Wirtschaftsordnungen geschaffen. Sie beeinflussen mit ihren Gesetzestexten nur die *Psychen* der Individuen. Deshalb waren sie bisher das wichtigste Objekt der ökonomischen Systemforschung. Wer aber das *Verhalten* der Volkswirtschaften ganz verstehen will, muß außer den politischen Gesetzestexten zusätzlich ihr Zusammenspiel mit den wirksamen Natur- und Systemgesetzen des Megakörpers berücksichtigen, weil in den ökonomischen Megaorganismen alle drei Gesetzesarten gleichzeitig wirken.

E. Kybernetische Stabilität

Der volkswirtschaftliche Megakörper mit seinen in sich kreisförmig geschlossenen Netzwerken und Institutionen entstand im Laufe der Jahrhunderte durch evolutorische Selbstgestaltung und Selbstorganisation. Er würde sehr schnell zerfallen, wenn er nicht ständig von den in ihm wirkenden Individuen am Leben erhalten würde. Wie funktioniert das?

Das ökonomische Überleben *einer* Unternehmung oder Haushaltung wird unmöglich, wenn in ihnen wichtige Bestände über längere Zeit auf Null absinken und damit Illiquidität eintreten würde (Systemgesetz 16). Um solchen Mangel zu verhindern, dürfen die Reichweiten der Bestände an Ressourcen *nicht zu klein* werden. Da alle Bestände aber auch Kosten verursachen, dürfen sie auch *nicht zu groß* werden. Deshalb sollten alle Individuen aus eigenen Interessen versuchen, die Reichweiten der Bestände in ihrem Einflußbereich auf einen Wert *einzuregeln*, der zwischen Risiken und Kosten optimiert. Solange diese kybernetische Regelung ausreichend vielen Unternehmungen und Haushaltungen gelingt, bleibt auch ihre ganze Volkswirtschaft in einem stabilen Zustand, der als Gleichgewicht interpretiert wird.

Hier wirkt sich aus, daß *alle* Individuen ihre Entscheidungen und Aktivitäten nach unseren Systemgesetzen 13 und 14 nur in den Knoten der Netzwerke entfalten können, welche den stochastischen und folglich unsichtbaren Megakörper der Volkswirtschaft zusammenhalten. Da die Netzwerke kreisförmig geschlossen sind, bilden diese einen *geschlossenen Handlungsraum*, ein reales „Supergefängnis“ für alle Wirtschaftssubjekte. Der Megakörper schließt dadurch alle Aktivitäten der Individuen in sich ein und *integriert sie* – wie mit unsichtbarer Hand – zum *Verhalten des ganzen Megaorganismus*. Weil die geschlossenen Netzwerke alle *Wirkungen* in Rückkopplungsschleifen auch vor die Augen der handelnden Individuen führen, zwingen sie diese zu erneuten Reaktionen auf die Entwicklungen in ihrer Umwelt. Diese Reaktionen sind – aus individuellem Interesse am eigenen Überleben – auf eine Stabilisierung des Megaorganismus auf jedem Niveau gerichtet (=Ultradabilität).

Wenn aber einzelne Individuen in den Netzwerken des Megaorganismus aufgrund ihrer Machtpositionen als gewinnmaximierende Homines oeconomici arbeiten, dann wirken sie auf die von ihnen beeinflußbaren Ströme in den Verzweigungspunkten der Netzwerke so ein, daß *maximale* Gewinne an sie selbst fließen. Da dort die Summe der abfließenden Ströme nach der 1. Kirchhoffschen Regel gleich der Summe der zufließenden Ströme ist¹⁰, müssen ihre *Übergewinne gleichzeitig* irgendwelchen Verlierern entzogen werden. So kam und kommt es in der Realität zur Aufspaltung der Gesellschaft in Reiche und Arme. Dabei werden die Systemgesetze des Megakörpers als „Hebel“ benutzt, mit denen die Mächtigeren Sachzwänge auf die Schwächeren ausüben. So führte beispielsweise das „Gesundschrumpfen“ der Unternehmungen unter anderem zur Massenarbeitslosigkeit und zum heutigen Leistungsdruck auf die weiterhin Beschäftigten, der immer häufiger das nach Systemgesetz 9 begrenzte Leistungsvermögen einzelner Mitarbeiter überschreitet.

¹⁰ Vgl. Fußnote 4.

Wo diese Wirkungen des freien Marktes das Überleben vieler Individuen gefährdete, wurden sie als unsozial empfunden, wirkten als Sachzwänge auf die Wähler ein und veranlaßten diese, solche politischen Parteien zu wählen, die *gerechtere* Verhältnisse versprachen. Nach ihrer Wahl führten diese *kompen-sierende* Sozialgesetze ein, die viele Länder zu Wohlfahrtsstaaten machten. Diese bilden Mischformen zwischen den Idealtypen der Markt- und Staatswirtschaft. Deshalb herrschen heute in Europa vor allem sozialdemokratische Regierungen.

Wer aber sind die Mächtigeren, die Sachzwänge ausüben? In unserem ersten Beispiel waren es zunächst die Ölscheichs, welche die Ölproduktion drosselten, und dann die Manager in den Unternehmungen, welche die Planstellen ihrer Mitarbeiter abbauten. Aber auch die Industriemanager stehen unter dem Druck von Ängsten und Sachzwängen, die von Managern der Investment-, Pensions- und Versicherungsfonds über die Systemgesetze der Kapitalmärkte auf sie ausgeübt wurden und werden. Hinter den Fondsmanagern aber stehen *wir*, die Sparer, Kleinanleger, Pensionäre und Versicherungsnehmer, die an möglichst hohen Erträgen unseres Kapitals interessiert sind. Damit aber schließt sich der Kreislauf der Macht, mit dem wir normalen Bürger nicht nur unsere schwächeren Mitmenschen, sondern auch uns selbst mittels der Systemgesetze unter *Überdruck* setzen. Wie könnten wir Individuen diesen *Überdruck* ohne Effizienzeinbußen entspannen, um *unsere* Lebensqualität zu verbessern?

F. Weiterentwicklungen und Ausblick

Angesichts der sozialen Spannungen in der Welt stehen die politischen Führer vor der Aufgabe, das Zusammenleben der Individuen und Völker so zu verbessern, daß sie in Frieden und Freiheit miteinander leben können. Dabei könnte ihnen die Einsicht ihrer Wähler helfen, daß sie alle *nur in einem* kreisförmig geschlossenen Megaorganismus zusammenleben können. Eine solche Einsicht vieler Individuen kann aber nur aus einer *plausiblen* Wirtschaftstheorie entstehen. Deshalb erwächst hier den Wirtschaftswissenschaftlern die Aufgabe, realitätsgerechte Wirtschaftstheorien zu entwickeln und zu verbreiten..

Leider konnte bisher nur *skizzenhaft* beschrieben werden, wie Sachzwänge auf Grund von Systemgesetzen der Volkswirtschaften die Entscheidungen der Individuen beeinflussen. Dennoch sollte einsichtig geworden sein, daß es sich lohnen kann, frühere Forschungsarbeiten und -ergebnisse mit diesen neuartigen Ansätze zu überprüfen, zu ergänzen und weiter zu entwickeln.

Beispielsweise hatte Adam Smith vor zweihundert Jahren die Frage in den Mittelpunkt seiner theoretischen Arbeiten gestellt, „ob und wieso es möglich ist, daß aus vielen Tausenden unverbundenen individuellen Einzelentscheidun-

gen über Produktion und Verbrauch ein gesellschaftlich sinnvolles und funktionierendes Gesamtergebnis entstehen kann“¹¹. Indem A. Smith zeigte, wie sich aus dem Zusammenspiel von Märkten, Konkurrenz, flexiblen Preisen und ihren Vorteil suchenden Individuen ein gewisses Gleichgewicht zwischen kaufkräftigen Nachfragestrukturen und der Struktur des Angebots ergibt, hat er *allerdings nur einen Teil* der komplexen Realität erklärt. Die Wirkungen eines weiteren, unsichtbaren Teils hat er nur mit der Metapher von der „Unsichtbaren Hand“ beschrieben. Meinte er damit vielleicht die Wirkungen des unsichtbaren Megakörpers?

Die erste Aufgabe der Weiterentwicklung besteht deshalb darin, die *Wirklichkeit* des unsichtbaren Megakörpers *sichtbar* zu machen. Dazu müssen zunächst die *technischen* Glieder und Strukturen der Netzwerke erkannt und definiert werden. Das ist unmöglich, solange die Betriebstechnik, mit deren Hilfe die Megakörper der Wirtschaft konstruiert und aufgebaut wurden, noch nicht zum Forschungsobjekt der Wirtschaftswissenschaften zählt. Um vorankommen zu können, wären zunächst die traditionellen Abgrenzungen der Volkswirtschaftslehre zu revidieren.

Natürlich kann es nicht darum gehen, den Megakörper in seiner *ganzen* Komplexität darzustellen. Es genügt fürs erste, nur die *Grundstrukturen* der vielfach gekoppelten Wirtschaftskreisläufe so zu visualisieren, daß möglichst viele Menschen sich den unsichtbaren Megakörper dreidimensional vorstellen können. Dazu ist eine geeignete Objektsprache notwendig.¹²

Alle Annahmen und Hypothesen über die komplexen Zusammenhänge der Volkswirtschaften müssen ständig überprüft werden, damit sie zur Theorie heranreifen können. Wo im *Megakörper* nur Natur- und Systemgesetze herrschen, können deren Wahrheitsgehalte einzeln überprüft werden. Hier sind Falsifikationen im Sinne von K.R. Popper möglich. Durch das anschließende Wechselspiel von Verbesserungen und erneuten Falsifikationen können mit der Zeit Hypothesen und Theorien mit höherem Gehalt für die *Strukturen* des *Megakörpers* erreicht werden.¹³ Das dabei gesammelte und kumulierte Wissen kann *nicht veralten*, weil Natur- und Systemgesetze – und mit ihnen die Grundstrukturen – *zeitlos* sind. *Zeitvariabel* sind in diesem Bereich vor allem die Kapazitäten und Eigenzeiten der Glieder, also die dynamisch wirksamen *Parameter* der Megasysteme. Der technische Fortschritt beispielsweise schafft Überkapazitäten an *alten* und Unterkapazitäten an *neuen* Techniken. Bei diesen

¹¹ Vgl. Rothschild, S. 94.

¹² Vgl. Brachthäuser 1986.

¹³ Das Prinzipschema der Wirtschaftskreisläufe z.B. wurde erstmals 1967 veröffentlicht und später verbessert. Vgl. Brachthäuser 1967: S. 51; 1982: S. 38 und 1997: S. 366.

Prozessen verändern sich die Nutzungszeiten der technischen Bestände aus ökonomischen Gründen.

Wie können solche neuen Erkenntnisse den aktuellen Arbeiten der Wirtschaftsforscher dienen?

Die Institutionenökonomik ist zur Zeit der wichtigste Forschungszweig der Wirtschaftswissenschaften. „Eine Institution im hier verwendeten Sinne ist ein auf ein Zielbündel abgestelltes System von Normen einschließlich deren Garantieinstrumente, mit dem Zweck, das individuelle Verhalten in eine bestimmte Richtung zu steuern.“¹⁴ Institutionen können über Normen *nur einen Teil* der individuellen Entscheidungen der Individuen beeinflussen. Durch die Erkenntnis der Megakörper kommen zusätzlich die bisher vernachlässigten Sachzwänge der Systemgesetze ins Blickfeld der Forscher. Die Systemgesetze erzwingen die Kooperationen der arbeitsteilig agierenden Individuen.¹⁵ Infolgedessen können bisher nur einzeln betrachtete *Teilaspekte* der Institutionenökonomik ergänzt und integriert werden.

Auch die experimentellen Wirtschaftsforscher befassen sich mit Einzelphänomenen, z.B. dem Verhalten normaler Menschen in konkreten Entscheidungssituationen. Sehr ausführlich haben sie das Gefangen-Dilemma für den Fall untersucht, daß *wenige* Probanden gegeneinander spielen. In Zukunft werden sie durch neue Wirtschaftstheorien den *ganzen „Spielraum“* der realen Megakörper erkennen können, in dem *zahllose* Menschen unter Sachzwängen ihre gegeneinander gerichteten Aktivitäten entfalten. Wenn es den Forschern gelingt, ein *möglichst* eindeutiges *Kreislaufmodell* der *Grundstrukturen* eines Volkswirtschaftskörpers mit seinen Systemgesetzen auf ihren Computern zu installieren und entsprechend ihren Untersuchungszielen zu detaillieren und zu spezifizieren, dann erhalten sie eine Art „realitätsgerechtes Spielbrett“ und damit die Möglichkeit, ihre kontrollierten Modellversuche auf ganze Volkswirtschaften auszudehnen. Dann könnte man versuchen, mit den Mitteln der Spieltheorie auch die Folgen von Kooperationen und Treubrüchen in großen Megorganismen zu untersuchen und die Bedingungen zu ermitteln, unter denen in

¹⁴ Vgl. Richter 1994, S. 2.

¹⁵ Deshalb bedarf Darwin's Evolutionstheorie der Ergänzung: „Die Welt funktioniert nicht nur nach dem Prinzip von Konkurrenz, Kampf und gegenseitiger Vernichtung. Je mehr die moderne Naturwissenschaft die erstaunliche Vielfalt der belebten und unbelebten Welt erkannte, um so deutlicher wurde, daß diese Komplexität nicht das Ergebnis eines vier Milliarden Jahre währenden Krieges sein konnte, sondern vielmehr das Produkt eines immer erfolgreicher Zusammenspiels. Zwar entsteht in diesem Spiel ständig neuer Wettbewerb, doch findet dieses Kräftemessen im größeren Rahmen der Kooperation ganzer Ökosysteme statt.“... „Ob zur weltweiten Friedenserhaltung, für Forschung und Technik, für den Umweltschutz oder zur Abwehr globaler Krisen: Die Kooperation ist auf dem Vormarsch.“ Vgl. Lüpke: S. 14 ff.

realen Volkswirtschaften die Erkenntnis des Gefangenendilemmas verbreitet und zur heilsamen Wirkung gebracht werden kann.¹⁶

Damit ist ein Weg aufgezeigt, auf dem junge Wirtschaftsforscher neue Erkenntnisse gewinnen und unerwartete Erfolge erzielen können.

Literaturverzeichnis

Ashby, W. Ross: Einführung in die Kybernetik. Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, stw34, Erste Auflage, Frankfurt/M 1974.

Brachthäuser, Norbert: Vom Systemdenken zur Systemtheorie der Wirtschaftsorganismen (essentielle Aussagen). in: Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse, Band 18, Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik am 27. und 28. Oktober 1995 in Reutlingen. S. 357–375. Duncker & Humblot, Berlin 1997.

- Objektsprache zur eindeutigen Beschreibung ökotechnischer Systemstrukturen. in: Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse, Band 11, Wissenschaftliche Jahrestagung der GWS am 11. und 12. Oktober 1985 in Osnabrück. S. 195–210. Duncker & Humblot, Berlin 1986.
- Struktur und Verhalten des kybernetischen Realsystems Wirtschaft. Volkswirtschaftliche Schriften, Heft 319. Duncker & Humblot, Berlin 1982.
- Betrachtungen über den Funktionsmechanismus des endogenen Teils der Konjunkturschwankungen. Fortschritt Berichte VDI-Zeitschrift, Reihe 16, Nr. 2, Düsseldorf 1967.

Dopfer, Kurt: Evolutionsökonomie in der Zukunft: Programmatik und Theorieentwicklungen. in: Ökonomische Wissenschaft in der Zukunft, Verlag Wirtschaft und Finanzen GmbH, Düsseldorf 1992.

Eucken, Walter: Die Grundlagen der Nationalökonomie. 9. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u.a. 1989.

Hayek, Friedrich A. von: Der Strom der Güter und Leistungen, Walter Eucken Institut, Vorträge und Aufsätze 101, J.C.B. Mohr, Tübingen 1984.

¹⁶ Vgl. Tietz, S. 276–280.

Kroll, Bernhard: Leistungsfähigkeit und Evolution von Wirtschaftssystemen. Metropolis Verlag, Marburg 1999.

Kromphardt, Jürgen: Wirtschaftswissenschaft II: Methoden und Theorienbildung in der Volkswirtschaftslehre. H.d.W.W. Lfg. 37, Jg. XII. 81.

Lachmann, Ludwig M.: Der Markt ist kein Uhrwerk, Zur Lage der Wissenschaft vom Menschen (5): die Wirtschaftstheorie. Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 24.11.1984.

Lüpke, Geseko von: Kooperation als Motor des Lebens. in: *natur & kosmos*, Dezember 1999, S. 11–14.

Milling, Peter: Systemtheoretische und kybernetische Empfehlungen für das Supply Chain Management. In: *Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse*, Band 20. Systemdenken und Virtualisierung, Verlag Duncker & Humblot, Berlin 2002.

Reichard, Helmut: Kreislaufaspekte in der Ökonomie. Verlag J.C.B. Mohr, Tübingen 1967.

Richter, Rudolf: Institutionen ökonomisch analysiert. Verlag J.C.B. Mohr, Tübingen 1994.

Rothschild, Kurt W.: Angst vor Ausflügen. in: *WirtschaftsWoche* Nr. 16 vom 12.4.1991, S. 88–101.

Schurz, Josef: Der entfesselte Fortschritt. Kosmos-Essay, Kosmos 1/95, S. 74 f.

Stavenhagen, Gerhard: Geschichte der Wirtschaftstheorie. Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1957.

Tietz, Reinhard: Vereinfachung und Komplexität – das Dilemma der Wirtschaftstheorie. In: *Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse*, Band 17, Wissenschaftliche Jahrestagung der GWS am 8. und 9. Oktober 1993 in Koblenz, S. 265–289. Duncker & Humblot, Berlin 1994.

Ulrich, Peter: Integrative Wirtschaftsethik. 2. Aufl. Verlag Paul Haupt, Bern u.a. 1998.

Witte, Eberhard: Die Liquiditätspolitik der Unternehmung, Verlag J.C.B. Mohr, Tübingen 1963.