

Praxisorientierte Methodik
für den Umgang mit komplexen Risiken und Aufgaben
im Rahmen des Betriebssicherheitsmanagements

Ein Beitrag zur Integration von Managementsystemen
für Sicherheit, Gesundheit, Umweltschutz,
Qualität und Krisenprävention

von Michael Hans Mayer

Technische Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum

2008

Zusammenfassung

Betriebssicherheitsmanagement, also das Erkennen und Beherrschen betrieblicher Risiken etwa in den Bereichen Umweltschutz, Gesundheit und Sicherheit, Qualität, Informationstechnik oder Infrastruktur, erfordert den Umgang mit komplexen Zusammenhängen. Zu betrachten sind das Unternehmen und seine Subsysteme, Menschen, Strukturen, Verantwortlichkeiten und diversen Interessenlagen einerseits, seine ökonomische, technologische, soziale und ökologische Umwelt andererseits sowie die wechselseitigen Abhängigkeiten und Einflüsse dieser Elemente. Vorhandene Managementsysteme, die sich einzelnen Sachgebieten widmen, sollten zu einem wirksamen Ganzen integriert werden.

Weder der formale Rückzug auf die Erfüllung von Gesetzen, Vorschriften oder Normen stellt eine Lösung dar, denn sie werden der dynamischen Wirklichkeit immer hinterher hinken. Noch sind klassische Ursache-Wirkungs-Analysen anwendbar, denn sie sind nur für relativ eng umschriebene Fragestellungen geeignet und verlangen wegen der Komplexität betrieblicher Zusammenhänge rasch einen so hohen Aufwand, dass sie in der betrieblichen Praxis unbrauchbar werden.

Erforderlich ist eine praxisorientierte Methodik, die es erlaubt, mit vertretbarem Aufwand alle wesentlichen betrieblichen Risiken im Gesamtzusammenhang zu erkennen und zu bearbeiten. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll ein methodischer Ansatz auf der Grundlage des von Frederic Vester beschriebenen biokybernetischen Simulationsmodells vorgestellt werden, der die genannten Anforderungen erfüllt und geeignet ist, zur Integration vorhandener Managementsysteme beizutragen.

Gliederung

1	Einleitung	5
1.1	Wirtschaftliche und soziale Bedeutung betrieblicher Risiken	5
1.1.1	Einige Zahlen	5
1.1.2	Fallbeispiele	6
1.2	Risiken und Managementaufgaben	8
1.2.1	Wachsende Risikopotentiale	8
1.2.2	Komplexe betriebliche Realität	8
1.3	Herkömmliche Lösungsansätze	9
1.3.1	Etablierte Analysemethoden	9
1.3.2	Vorschriften und Gesetze	9
1.3.3	Externalisierung von Risiken	9
1.3.4	Managementsysteme	9
1.4	Aufbau der vorliegenden Arbeit	10
2	Sicherheit und Risiko	11
2.1	Definitionen	11
2.2	Risikokategorien	12
2.2.1	Aktionsrisiken	13
2.2.2	Bedingungsrisiken	14
2.2.3	Operationelle Risiken	14
2.3	Risikomanagement	15
2.4	Betriebssicherheit	17
3	Ansätze zur Bewältigung betrieblicher Risiken	18
3.1	Gesetze und Vorschriften	18
3.2	Versicherungen	18
3.2.1	Unternehmensversicherung	18
3.2.2	Gesetzliche Unfallversicherung in Deutschland	19
3.3	Managementsysteme, Normen und Richtlinien	20
3.3.1	Internationale Normen und Richtlinien	20
3.3.2	Risikomanagementsysteme	20
3.3.3	Weitere Standards	20
3.3.4	Integrierte Managementsysteme	21
3.4	Einige gebräuchliche Methoden der Risikoanalyse	22
3.4.1	Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)	22
3.4.2	Fehlerbaumanalyse FTA	23
3.4.3	Ereignisablaufanalyse ETA	23
3.4.4	Szenario-Techniken	24
4	Probleme im Umgang mit komplexen Systemen	26
4.1	Komplexität und Varietät	26
4.2	Systemtheoretische Sicht	27
4.3	Psychologische Sicht	30
4.4	Intransparenz	31
4.5	Dynamik	31
4.6	Unangemessene Hypothesen und Verhaltensweisen	31
4.7	Denkfehler im Management betrieblicher Risiken	32
4.8	Unvollkommenheit von Zielen und Entscheidungsprozessen	34
4.9	Aufsplitterung der Wirklichkeit in Einzeldisziplinen	35

5	Notwendigkeit eines systemorientierten Managements	37
5.1	Vernetztes Denken	37
5.2	Beherrschung der Datenflut.....	37
5.3	Transparenz, Dialog, Moderation	38
5.4	Management komplexer Systeme	39
5.4.1	Management-Theorie	39
5.4.2	Management-Definitionen	40
5.4.3	Systemorientiertes Management	42
5.5	Systemorientiertes Betriebsicherheitsmanagement	44
5.6	Modellbildung und Simulation.....	45
6	Praxisorientierte Methodik nach einem Modell von F. Vester ...	47
6.1	Kybernetisches Simulationsmodell.....	47
6.1.1	Muster-Erkennung und Fuzzy Logic.....	47
6.1.2	Anforderungen an das Modell	50
6.1.3	Biokybernetische Grundregeln	51
6.2	Beschreibung der Methodik.....	54
6.2.1	Fragestellung	55
6.2.2	Systembeschreibung	57
6.2.3	Erfassung der Einflussgrößen	62
6.2.4	Prüfung auf Systemrelevanz	63
6.2.5	Größe des Variablensatzes	67
6.2.6	Übersichtlichkeit und gemeinsame Sprache.....	68
6.2.7	Hinterfragung der Wechselwirkungen.....	68
6.2.8	Gruppenprozesse und Konsens	70
6.2.9	Ermittlung der Einflussstärken	71
6.2.10	Bestimmung der Rollen im System.....	71
6.2.11	Wirkungsgefüge und Simulation.....	75
7	Bedeutung für die Integration von Managementsystemen.....	81
7.1	Gegenüberstellung Richtlinie VDI 4060 - biokybernetisches Modell .	81
8	Fazit	89

1 Einleitung

1.1 *Wirtschaftliche und soziale Bedeutung betrieblicher Risiken*

1.1.1 Einige Zahlen

1.1.1.1 *Betriebsunterbrechungen*

In Deutschland ereignet sich in der Industrie alle drei Stunden ein Brand, der zu einer Betriebsunterbrechung führt, alle 58 Stunden kommt es zu einem Großschaden im Umfang von mehr als 0,5 Millionen Euro. Nach einem Großschaden nehmen trotz ausreichenden Versicherungsschutzes 43 % der betroffenen Unternehmen den Betrieb nicht wieder in der früheren Form auf, weitere 28 % werden innerhalb von drei Jahren nach Wiederaufnahme des Betriebs insolvent (MOYANO (59)).

Bei unternehmenskritischen Ereignissen dauert es in 43 % der Fälle länger als zwei Monate, bis alle Folgen beseitigt sind. In 88 % der Fälle sind Unternehmensbereiche betroffen, für die es keine konkrete Notfallregelung gibt. Weitaus höher als der Anteil versicherter Schäden ist der Verlust an Marktanteilen, Umsatz, Image und Vertrauen beim Kunden während der Betriebsunterbrechung. Es sind diese nicht versicherbaren Schäden, die bestenfalls Arbeitsplätze und schlimmstenfalls die betriebliche Existenz gefährden (HAGEBÖLLING (39)).

1.1.1.2 *Asbest*

Obwohl Asbest in Deutschland seit 1994 verboten ist, sterben heute jährlich mehr Menschen daran als durch Arbeits- und Wegeunfälle. Allein 1.394 Asbesttote verzeichneten die Berufsgenossenschaften (vgl. 3.2.2) im Jahre 2006. Die Zahl der jährlich neu diagnostizierten, durch Asbest verursachten Berufskrankheiten ist ständig gestiegen - von 802 im Jahr 1990 auf 3.688 im Jahr 2006 - und der Höhepunkt wird erst in einigen weiteren Jahren erwartet. Neben dem menschlichen Leid verursachen diese Krankheiten sehr hohe Kosten: Die Ausgaben etwa für eine Mesotheliom-Erkrankung werden auf 250.000 Euro geschätzt (BG BAU (8)).

In Deutschland werden diese Kosten auf alle Mitgliedsfirmen der gesetzlichen Unfallversicherung umgelegt. In den USA dagegen haben sich verstärkte Klagen von Asbest-Opfern zum Überlebensproblem für Industrieunternehmen und Versicherungsbranche entwickelt. So mussten US-amerikanische Hersteller leicht gebundener asbesthaltiger Baustoffe und die Versicherungswirtschaft in

den letzten rund 20 Jahren bereits 54 Mrd. US-Dollar Schadensersatz leisten. Mittlerweile schließen private Versicherer in Deutschland Schäden, die auf Asbest oder asbesthaltige Substanzen zurückzuführen sind, vom Versicherungsschutz aus (OEBBEKE (61)).

1.1.2 Fallbeispiele

1.1.2.1 Persönliche Verantwortung des Managers

„Gut eineinhalb Jahre nach dem Transrapid-Unglück mit 23 Toten hat das Landgericht Osnabrück gestern zwei Betriebsleiter zu Geldstrafen verurteilt. Es sprach die beiden Ingenieure der fahrlässigen Tötung schuldig. (...)“

Die Angeklagten hätten nicht alles unternommen, um die Teststrecke gegen menschliches Versagen zu sichern, sagte der Richter Dieter Temming in der Urteilsbegründung. So hätten es die Betriebsleiter versäumt, zwingend nötige Sicherheitsvorschriften an der Teststrecke im Emsland in die internen Betriebsregeln einzuarbeiten. Dadurch war es möglich gewesen, dass ein Fahrdienstleiter am jenem verhängnisvollen 22. September 2006 eine elektronische Fahrwegsperrung nicht setzte, die das Unglück verhindert hätte. Der Transrapid war damals mit einer Geschwindigkeit von 179 Kilometern auf einen Werkstattwagen geprallt. 23 Menschen starben dabei. (...)“

Richter Dieter Temming sagte in seiner Urteilsbegründung aber auch, eine ganze Kette von menschlichen Fehlern habe das Unglück ausgelöst. Der diensthabende Fahrdienstleiter habe schlicht vergessen, dass an Stütze 120 noch der Werkstattwagen stand, der jeden Morgen die Stelzenstrecke säuberte. Er gab dem Transrapid freie Fahrt. Auch der bei dem Unglück getötete Zugführer habe einen Fehler gemacht und nicht nach vorne aus dem Fenster geschaut. Sonst hätte er bei bester Sicht das scheunentorgroße Hindernis auf der Strecke bemerken müssen und rechtzeitig bremsen können. ‚Tatsächlich haben alle versagt – und dies zum Teil mehrfach‘, sagte Temming.

Den Betriebsleitern, die während der Verhandlung stets ihre Unschuld beteuert und die Verantwortung für die Katastrophe allein ihren Untergebenen zugeschoben hatten, hielt der Richter einen ‚elementaren Sorgfaltspflichtverstoß‘ vor. (...)“

(StZ vom 24.05.2008 (83))

1.1.2.2 Komplexität von Organisationen

Am 25. Oktober 2007 waren auf der Baustelle eines neuen Braunkohlekraftwerks der RWE Power AG Teile eines Großkesselgerüsts mit einem Gewicht von mehr als 450 Tonnen aus 120 Metern Höhe abgestürzt. Drei verunglückte

Bauarbeiter konnten nur noch tot aus den Trümmern geborgen werden, sechs weitere wurden zum Teil schwer verletzt in umliegende Krankenhäuser eingeliefert.

„Auch Tage nach dem tragischen Unfall auf der Kraftwerks-Großbaustelle in Grevenbroich-Neurath sind Unfallursache und Verantwortlichkeiten weiterhin unklar. (...)“

Der Auftraggeber für den Bau der Mega-Anlage in Neurath, die Essener Kraftwerkstochter RWE Power, konnte noch keine Angaben zur Unfallursache und zu möglichen Verstößen gegen die Sicherheitsbestimmungen machen. (...) Ungeklärt bleibt die Verantwortung für die direkte Sicherheit an der Unfallstelle. RWE Power verweist auf das Konsortium der beiden weltweit tätigen Kesselbauer Alstom aus Frankreich und Hitachi Power Europe, deren Mutterkonzern aus Japan kommt. Die seien für das Herzstück des neuen Braunkohlekraftwerks in Neurath, den Bau des riesigen Dampfkessels und der sich daran anschließenden Stromerzeugungsanlage verantwortlich. Das Konsortium hat einen eigenen Sicherheitsbeauftragten auf der Baustelle, ist aber zugleich in das Gesamtkonzept des Bauherren RWE Power eingebunden.

Die unmittelbare Verantwortung für den Bau des Gerüsts, bei dem es zum Unfall gekommen war, liegt indes bei einer Arbeitsgemeinschaft aus vier Stahlbauern, darunter die Firmen Donges und Max Bögl. Ein Tochterunternehmen von Bögl führte die Monteur-Arbeiten an den Stahlträgern durch. Zu diesem Unternehmen gehörten auch die getöteten Bauarbeiter aus Tschechien und der Slowakei. Wer hier für die Sicherheit verantwortlich war, blieb gestern ebenfalls unklar. (...)“

(RP Online vom 29.10.2007 (71))

„Das neue RWE-Braunkohlenkraftwerk im rheinischen Neurath wird wegen des schweren Unfalls im vergangenen Oktober deutlich später ans Netz gehen können als bislang erwartet. Der COO der RWE AG, Ulrich Jobs, sagte am Freitag in Essen, der erste neue Kraftwerksblock werde wohl 2010 zwei Monate später als eigentlich geplant in Betrieb genommen werden. Der zweite Block verzögere sich sogar zwölf bis 14 Monate.

Teile der Baustelle sind nach Angaben von Jobs immer noch durch die Staatsanwaltschaft gesperrt. Man hoffe nun, dass die Untersuchungen im April abgeschlossen würden, sagte er. Zum möglichen finanziellen Schaden durch die Verzögerungen wollte sich Jobs nicht äußern. RWE hatte nach dem Unfall anfangs von einem Schaden mindestens im zweistelligen Mio-EUR-Bereich gesprochen. (...)“

(Finanzen.net vom 22.02.2008 (29))

1.2 Risiken und Managementaufgaben

1.2.1 Wachsende Risikopotentiale

Die Risikopotentiale für Unternehmen haben in den letzten Jahren zugenommen. Dies gilt nicht nur für privatwirtschaftliche, sondern auch für öffentlich-rechtliche Einrichtungen oder Non-Profit-Organisationen.

Auf hohe Effizienz ausgelegte, schlanke und damit verletzbare Produktions- und Dienstleistungsprozesse; der Einsatz hochentwickelter Technologien; die enge Vernetzung von Kunden, Produzenten und Lieferanten mit ihren Abhängigkeiten; die nicht mehr von der Hand zu weisende Bedeutung ökologischer Zusammenhänge; und die Beschleunigung der Geld-, Waren- und Informationsströme haben nicht nur für Großunternehmen, sondern auch für mittelständische Betriebe völlig neue Rahmenbedingungen geschaffen.

Komplexe Systemzusammenhänge führen zu komplexen Risikosituationen. Das Management muss über Erkenntnisfähigkeiten und Methoden verfügen, die dieser Komplexität angemessen sind.

1.2.2 Komplexe betriebliche Realität

Kritisch bei allen Verfahren zur Risikoanalyse und -vorsorge ist immer der dafür erforderliche Erkenntnisprozess. Risiken müssen zuerst einmal erkannt, analysiert, auf Wechselwirkungen untersucht und im Hinblick auf ihre Bedeutung bewertet werden. Erst dann können Ziele formuliert, Maßnahmen organisiert, Ergebnisse kontrolliert und Prozesse unterhalten werden, die jeweils wieder erneut hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zu beurteilen und fortlaufend anzupassen sind.

Risikomanagement wird in der Literatur nicht selten als hauptsächlich finanztechnische Aufgabe behandelt. Dabei droht die Gefahr, wesentliche Systemzusammenhänge aus dem Auge zu verlieren, die für die Überlebensfähigkeit des Unternehmens kritisch sein können.

Für ein wirkungsvolles Betriebssicherheitsmanagement – das Erkennen und Beherrschen betrieblicher Risiken – sind Erkenntnis- und Entscheidungsmethoden erforderlich, die der Dynamik und Komplexität der betrieblichen Wirklichkeit gerecht werden; die der Gefahr entgehen, bestimmte Aspekte der Realität auszuklammern; und die praxistauglich sind. Hier bestehen zur Zeit noch Defizite.

1.3 *Herkömmliche Lösungsansätze*

1.3.1 Etablierte Analysemethoden

Zwar stehen zur Erfassung, Bewertung und Beherrschung von Risiken für klar abgrenzbare technische Planungs- und Produktionsprozesse eine Reihe von etablierten Methoden zur Verfügung. Bereits bei vernetzten Systemen relativ geringer Komplexität stoßen sie jedoch, wenn sie auf der linearen Abarbeitung aller denkbar möglichen Abläufe beruhen, relativ früh an methodische Grenzen.

1.3.2 Vorschriften und Gesetze

Gesetze und Verordnungen geben zwar einen abstrakten Rahmen vor, reichen jedoch als betriebliche Entscheidungshilfe allein nicht aus. Selbst wenn es gelingen würde, sämtliche einschlägigen Vorschriften zu sammeln, um aus diesen Vorgaben alle notwendigen Maßnahmen abzuleiten, müsste doch für jede Vorschrift zunächst entschieden werden, inwieweit sie für den eigenen Betrieb und das eigene Handeln relevant ist. Außerdem orientiert sich die Gesetzgebung seit einigen Jahren zunehmend an der Vorgabe von Zielen und überträgt die Verantwortung für die Art der Umsetzung auf den Adressaten – das heißt, auch auf die betrieblich Handelnden persönlich, die ihre Entscheidungen zu vertreten haben.

1.3.3 Externalisierung von Risiken

Auch die Möglichkeit, Risiken auf Dritte oder eine Versicherung abzuwälzen, führt nur zum Teil weiter. Die Absicherung über Policen ist häufig nur nach intensiver Prüfung durch die Versicherungsgesellschaft und einer damit verbundenen Risikoanalyse erhältlich, die regelmäßig aktualisiert werden muss, auch und gerade unter aktiver Mitwirkung des Versicherungsnehmers. Außerdem sind die Versicherungsprämien oft so starken Schwankungen unterworfen, dass sich die Beschäftigung mit den eigenen betrieblichen Risiken allein schon deshalb lohnt.

1.3.4 Managementsysteme

Managementsysteme, wie sie in Normen und Richtlinien für das Umweltmanagement, das Qualitätsmanagement oder das Safety-and-Health-Management erläutert werden, helfen beim Erkennen und Bewerten von Risiken auch nicht weiter, denn sie beschäftigen sich mit der Gestaltung effizienter Strukturen und Prozesse, nicht jedoch mit den zu behandelnden Zielen und Inhalten. Letzere

werden aber als Input für die Managementsysteme benötigt. Darüber hinaus stellt die Zusammenführung verschiedenartiger, fachdisziplinärer Managementsysteme eine in der betrieblichen Realität äußerst komplexe Aufgabe dar.

1.4 *Aufbau der vorliegenden Arbeit*

Eine Beschreibung der Risiken, auf deren Erkennung und Beherrschung Betriebssicherheitsmanagement ausgerichtet ist, und ein Überblick über die Aufgaben und Probleme, die mit dem Management dieser Risiken verbunden sind, sollen die Begriffe und das Thema der vorliegenden Arbeit abgrenzen.

Es soll dargelegt werden, dass die zunehmende Komplexität ineinander verwobener Systeme von Unternehmen, Märkten, Menschen und Umwelt eine systemorientierte Art der Betrachtung und des Managements erfordert, die einerseits dieser Komplexität gewachsen und andererseits für die betriebliche Praxis tauglich ist.

Vor diesem Hintergrund soll ein methodischer Ansatz auf der Grundlage des Sensitivitätsmodells von F. Vester vorgestellt und diskutiert werden, der die genannten Anforderungen erfüllt und geeignet ist, zur Integration vorhandener Managementsysteme beizutragen.

2 Sicherheit und Risiko

2.1 Definitionen

Der Begriff des Risikos wird in der Literatur unterschiedlich definiert. Nach ROMEIKE (68) reichen die Definitionen von "Gefahr einer Fehlabweichung" bis zur mathematischen Definition "Risiko = Wahrscheinlichkeit x Ausmaß". Er bezeichnet als *Risiko* die Möglichkeit eines Schadens oder Verlustes als Konsequenz eines bestimmten Verhaltens oder Geschehens, bezogen auf Gefahrensituationen, in denen nachteilige Folgen eintreten können, aber nicht zwangsläufig eintreten müssen.

Sicherheit kennzeichnet einen Zustand, in dem das verbleibende Risiko als akzeptabel eingestuft wird. Auch bei Sicherheit besteht also noch die Möglichkeit, dass ein Schaden eintreten kann (WIEDEMANN (104)).

Das Ausmaß der Risikoakzeptanz hängt wesentlich ab von der Risikowahrnehmung in Bezug auf das erwartete Schadensausmaß und die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schaden eintritt. Das Wissen über die Eintrittswahrscheinlichkeit bewegt sich zwischen Unkenntnis oder Ahnungslosigkeit am einen Ende und Erkenntnis-Sicherheit am anderen Ende der Skala. Erkenntnis-Sicherheit bezeichnet einen Zustand, in dem man Gewissheit über den Eintritt eines Ereignisses hat, z. B. bei zyklisch wiederkehrenden Ereignissen wie dem Sonnenuntergang, dem Frühlingsanfang oder den Gezeiten. Die Risikowahrnehmung, also die Einschätzung einer Risikosituation, wird insbesondere von der persönlichen Erfahrung und den (z. B. durch Massenmedien) verfügbaren bzw. angebotenen Informationen beeinflusst (vgl. z. B. WIEDEMANN (104)).

Folgt man der Definition von HALLER (40), dann bedeutet Risiko „die Summe der Möglichkeiten, dass sich Erwartungen eines Systems auf Grund von Störprozessen nicht erfüllen“ (zum Systembegriff vgl. 4.2).

Nach GRÜNIG (32) ergeben sich aus dieser Definition unter anderem die folgenden Konsequenzen:

- Risiken sind immer im Zusammenhang mit einem konkreten System zu sehen. Erforderlich ist also die Bestimmung des betrachteten Systems und seiner Grenzen sowie ihrer Bedeutung für das Risikomanagement.
- Prinzipiell schließt dieser Risikobegriff auch die Möglichkeit einer positiven Abweichung, also einer Chance ein.

- Die Eigendynamik von Störprozessen ist in vernetzten Systemen für die Erfassung und Bewältigung von Risiken (insbesondere bei Störfällen) von größter Bedeutung.

2.2 **Risikokategorien**

Für das Risikomanagement ist die Einteilung von Risiken anhand von Gefahrenlisten (vgl. z. B. BRÜHWILER (15)) und Risikokategorien (z. B. ROMEIKE (69)) gebräuchlich.

Im Hinblick auf das Handeln von Managern (zum Managementbegriff vgl. 5.1) ist eine Klassifizierung hilfreich, die GRÜNIG (32) vornimmt. Er teilt Risiken in zwei Gruppen ein:

Tabelle 1: Aktionsrisiken versus Bedingungsrisiken

	Aktionsrisiken	Bedingungsrisiken
Erwartungen (Chancen und Risiken)	<ul style="list-style-type: none"> • gut definiert • angestrebte Ziele (mit positiven Emotionen) 	<ul style="list-style-type: none"> • rudimentär definiert • Ziel ist das Nicht-Ereignis (mit negativen Emotionen)
Integration in die Führung	<ul style="list-style-type: none"> • voll integriert • koordinierte Verantwortung • Führungsfunktionen davon betroffen 	<ul style="list-style-type: none"> • kaum integriert in normale Führung • Verantwortung auf technische Funktionen verlagert (z. B. Brandschutz)
Wissen und Erfahrung	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeines Führungswissen • karrierefördernd • Mehrheit der Handelnden hat kontinuierliche, relevante Erfahrungen • Lernen konkret, durch alltägliches Handeln 	<ul style="list-style-type: none"> • Spezialistenwissen • karriereutral • Mehrheit der Handelnden hat diskontinuierliche bzw. nicht relevante Erfahrungen • Lernen abstrakt, durch Statistiken, Langzeitbeobachtungen und Modelle
Zeithorizont	<ul style="list-style-type: none"> • Monate bis Jahre 	<ul style="list-style-type: none"> • Jahre bis Jahrzehnte
Wahrnehmung	<ul style="list-style-type: none"> • bewusste Wahrnehmung 	<ul style="list-style-type: none"> • Probleme werden verdrängt

Von **Aktionsrisiken** wird gesprochen, wenn Erwartungen in Form von quantitativen oder qualitativen Zielen bewusst festgesetzt wurden. Diese Ziele können

von den Systemvertretern (Managern) in der Regel explizit benannt werden. Sie sind häufig in Form von Budgets, Qualitätszielen, Mitarbeiterzielen u. ä. schriftlich festgehalten.

Bei **Bedingungsrisiken** handelt es sich um Erwartungen, die sich auf (oft unbewusst) vorausgesetzte Randbedingungen beziehen. Diese müssen erfüllt sein, damit die bewusst gesetzten Ziele erreicht werden können.

Manchmal ist der Übergang zwischen den genannten Risikogruppen fließend. In Bezug auf Risikowahrnehmung, persönliche Einschätzung und Management-Handeln unterscheiden sich Aktions- und Bedingungsrisiken erheblich, wie die Gegenüberstellung in Tabelle 1 zeigt. Die Darstellung geht auf HALLER (40) zurück (vgl. GRÜNIG (32)) und wurde auf Grund eigener Beobachtung erweitert. Im Folgenden werden in der Literatur häufig verwendete Risikoarten (vgl. z. B. BRÜHWILER (15)) oder ROMEIKE (69)) den beiden oben beschriebenen Kategorien zugeordnet.

2.2.1

Aktionsrisiken

Tabelle 2: Beispiele für Aktionsrisiken

Finanziell	Strategisch
Liquidität	Marktanteile
Bonitätsprüfung	Mergers and Acquisitions
Debitorenmanagement	Joint Ventures, Allianzen
Kreditrisiko	Verträge
Investitionssteuerung und -planung	Marktverschiebungen / Neue Märkte
Steuern	Rechtliche Entwicklungen
Derivate	Wirtschaftliche Entwicklungen
Kapitalumschlag	Gesellschaftliche Veränderungen
Betriebliche Altersversorgung	Aufsichtsrechtliche Veränderungen
Finanzierungssteuerung / -planung	Verschiebungen der Branchen-Trends
Währungsrelationen	Technische Veränderungen
Finanzmärkte	Produktentwicklung, Life-Cycle-Management
Bankeninsolvenz	Kundenzufriedenheit, Kundenperspektive (Treue etc.)
	Preispolitik, Markenwert
	Unternehmensimage und politische Akzeptanz

2.2.2 Bedingungsrisiken

Tabelle 3: Beispiele für Bedingungsrisiken

Externe Ursachen	Interne Ursachen
Überschwemmungen, Niederschläge	IT-Sicherheit, Datensicherheit, Datenschutz
Verkehrsunfälle	Mitarbeiter: Qualifikation, Verhalten, Fluktuation, Fehlverhalten
Erdbeben	Ökologische Umwelt: Boden, Wasser, Luft
Blitzschlag	Qualität, Zulieferer, Produktionsrisiken
Gefahren durch Tiere oder Pflanzen	Logistik, Vertrieb, Lagerhaltung
Politische Unruhen	Energieversorgung, Telekommunikation
Terrorismus	Infrastruktur, Verkehrswege, Ver- und Entsorgung
Kriminelle Handlungen	Krisenkommunikation und –management
	Kapazitäten, Ressourcen-Allokation
	Aufbau- und Ablauforganisation
	Produktsicherheit / -haftung
	Leben und Gesundheit der Mitarbeiter
	Leben und Gesundheit der Bevölkerung am Standort

2.2.3 Operationelle Risiken

Eine weitere wichtige Definition, die im Wesentlichen die oben genannten Bedingungsrisiken berührt, gibt die zweite Baseler Eigenkapitalvereinbarung (Basel II, vgl. BUNDESBANK (21)), die der Sicherung des Insolvenzrisikos der Banken und des internationalen Finanzsystems gilt. Sie definiert operationelle Risiken als

- die Gefahr von Verlusten, die in Folge der Unangemessenheit oder des Versagens von internen Verfahren, Menschen und Systemen oder in Folge externer Ereignisse eintreten.

Zwar gilt die Forderung von Basel II, dass operationelle Risiken angemessen beherrscht werden müssen, primär den Banken selbst, wirkt sich jedoch über die Bonitätsbewertung der Bankkunden auch auf diese aus.

2.3 Risikomanagement

Die mit der Führung von Unternehmen (oder anderen Organisationen) verbundene Ungewissheit, was die Zukunft bringen wird, ist einerseits mit Risiken verbunden, eröffnet jedoch andererseits auch Chancen. Voraussetzung für das Treffen der richtigen Entscheidungen und damit für den zukünftigen Unternehmenserfolg ist das systematische Management von Chancen- und Risikopotenzialen (HEINEN et al. (41)).

Die Implementierung und Ausgestaltung eines Risikomanagements sollte sich, wie etwa SCHRÖER (74) ausführt, nicht nur auf die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften mittels einer einfachen Risikobuchhaltung beschränken. Vielmehr sollten durch ein systematisches Management von Risiken und Chancen Kosten- und Wettbewerbsvorteile generiert und eine Verbesserung des Ratings herbeigeführt werden. Dies gilt, so SCHRÖER (74), in besonderem Maße für kleine und mittlere Unternehmen, weil es für diese auf Grund ihrer häufig niedrigen Eigenkapitalausstattung besonders wichtig ist, Unternehmenskrisen zu vermeiden.

Die Risikobewältigung umfasst nach BRÜHWILER (13) Konzepte, Lösungen, Maßnahmen und Aktionen, welche die Organisation ergreift, um ein Risiko tragbar und verantwortbar zu machen. Dazu zählen insbesondere Vermeiden, Vermindern, Transferieren oder Versichern. Im Risikomanagement-Prozess voraus gehen diesen Maßnahmen die Identifikation, die Analyse und die Bewertung von Risiken.

Nur die Risiken, die erkannt werden, können bewertet werden (ROMEIKE (70)). Voraussetzung und Ausgangspunkt für ein effektives Risikomanagement ist eine möglichst vollständige Risikoidentifikation, die unterschiedliche Risikobereiche – etwa Unternehmensführung, Einkauf, Fertigung, Infrastrukturbereiche, Marketing, Qualitätsmanagement, Brandschutz, Arbeitsschutz, Umweltschutz, EDV, Transport etc. – erfasst.

Allgemeine Postulate für die Risikoidentifikation hat zum Beispiel SCHRÖER (75) formuliert. Sie werden in etwas modifizierter Form in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4: Postulate der Risikoidentifikation

Vollständigkeit	Erfassung und Aufbereitung von Informationen über alle aktuellen und potentiellen Risiken in der Organisation und ihrem Umfeld.
Aktualität	Fortlaufende Prüfung der risikorelevanten Informationen im Hinblick auf Veränderungen. Schnelle und frühzeitige Identifikation von Risiken für die Einleitung von Gegenmaßnahmen.
Wirtschaftlichkeit	Konzentration auf wesentliche Risiken. Erkannte, jedoch als unbedeutend eingeschätzte Risiken werden weiterhin beobachtet.
Systematik	Risikoidentifikation als kontinuierlicher Prozess, der standardisiert und zuverlässig abläuft. Das System muss flexibel genug sein, um neu erscheinende oder in ihrer Bedeutung veränderte Risiken zu erkennen.
Unabhängigkeit (Beeinflussbarkeit)	Identifikation und Erfassung von Risiken getrennt von ihrer Kontrollierbarkeit: Die (vermeintliche) Kontrollierbarkeit darf nicht zu einer Unterschätzung oder gar Negierung des Risikos führen.
Gratifikation (Widerstand)	Risikoidentifikation als positiver Bestandteil der Unternehmenskultur. Insbesondere Verbot negativer Sanktionen für risikomeldende Mitarbeiter oder Abteilungen, da sonst eventuell entscheidende Risiken nicht berichtet werden.

KWIATKOWSKI (47) beschreibt die Systematik der technischen Risikoanalyse folgendermaßen:

- Ermittlung von (chemischen, toxikologischen, technischen usw.) **Basisdaten**
- Abgrenzung sicherer **Prozessbedingungen**
- **Gefahrenermittlung** mit systematischen Methoden
- Gefahrenbeurteilung nach **Tragweite mal Wahrscheinlichkeit = Risiko**
- Festlegen von (technischen, organisatorischen, personellen) **Maßnahmen**
- Beurteilung der **Tolerierbarkeit** des verbleibenden Risikos

Diese Abfolge findet sich auch in Abbildung 1 (in Anlehnung an BRÜHWILER (14), hier jedoch als zyklischer Prozess dargestellt).

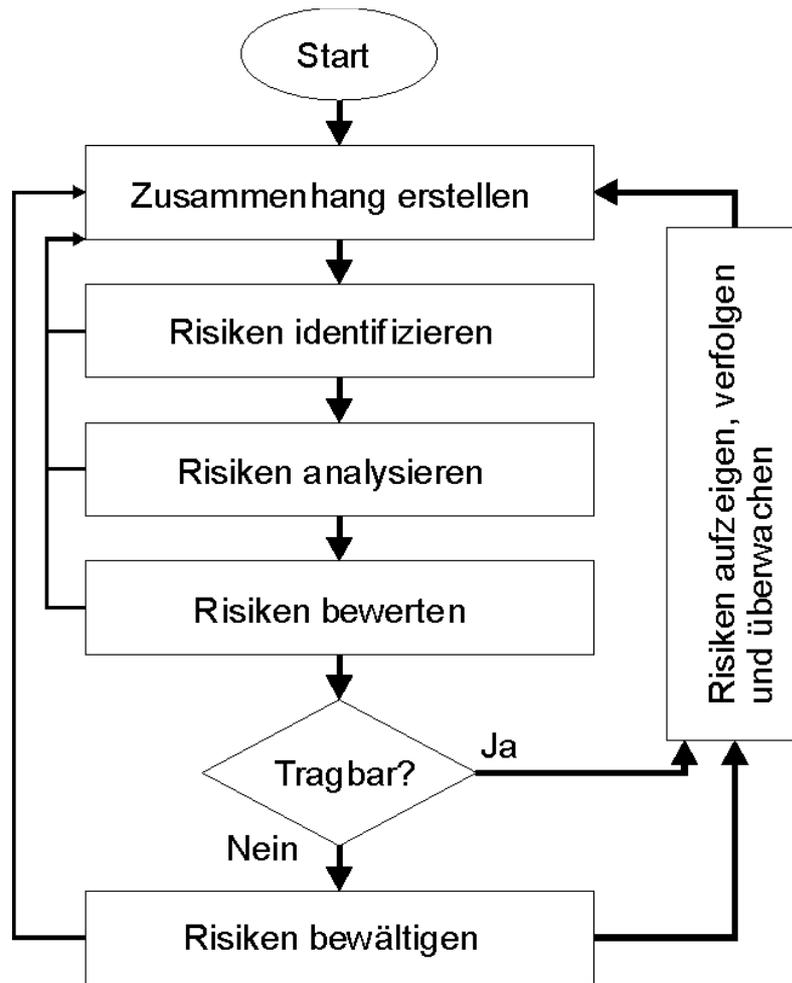


Abbildung 1: Risikomanagement als zyklischer Prozess

Da sich jede Organisation, die Bestand haben soll, in einem permanenten Austausch mit ihrer ökonomischen, technologischen, sozialen und ökologischen Umwelt befindet, und da sich sowohl die Organisation selbst als auch ihre Umwelt laufend verändern, wird sie auch nie einen Endzustand erreichen, in dem alle Risiken ein für alle Mal bewältigt sind. Sicherheit entspricht also viel eher einem dynamischen Fließgleichgewicht als einem kristallinen Zustand.

2.4 *Betriebssicherheit*

Unter Betriebssicherheit soll in diesem Kontext also nicht ein anzustrebender statischer Endzustand verstanden werden, sondern das dynamische Zusammenwirken betrieblicher Prozesse, bei dem die oben aufgeführten *Bedingungsrisiken* (vgl. 2.2.2) eines Betriebes als akzeptabel und verantwortbar gelten.

3 Ansätze zur Bewältigung betrieblicher Risiken

3.1 Gesetze und Vorschriften

Eine alte Juristenmaxime lautet: „Ein Blick in das Gesetz beseitigt manchen Zweifel“. Handwerk und Kunst der Juristen bestehen unter anderem darin, das jeweils für den zu betrachtenden Sachverhalt zutreffende Gesetz zu kennen und die richtige Stelle im Gesetzestext zu finden. Man könnte nun versuchen, alle für den Umgang mit betrieblichen Risiken einschlägigen Gesetze und Verordnungen zu sammeln und aus ihrer Gesamtheit alle notwendigen Maßnahmen abzuleiten. In den meisten Fällen wird dies nicht gelingen.

Zum einen ist die Zahl der Gesetze und Vorschriften sehr hoch – zum Beispiel gibt es allein rund 40 Einzelgesetze des Bundes zum Umweltrecht mit einer Vielzahl dazu gehörender Verordnungen und weiterer Regelungen auf Landes- und Kommunalebene. Die Schaffung eines Umweltgesetzbuches – Bestandteil von Berliner Koalitionsvereinbarungen seit dem Jahr 1994 – wird bei ihrer Verwirklichung natürlich den Stand der Gesetzgebung auch nicht zurückschrauben.

Zum anderen sind Gesetze und Vorschriften einem ständigen Wandel unterworfen: Allein im ersten Halbjahr 2008 gab es mehr als 500 Änderungen und Neufassungen, die für Umweltschutz, Arbeitsschutz, Produkthaftung, Krisenprävention und verwandte Themen relevant waren (eigene Zählung bei UMWELT-ONLINE (87)).

Außerdem orientiert sich die Gesetzgebung, geprägt von Harmonisierungsbestrebungen der EU, seit einigen Jahren zunehmend an der Vorgabe von Zielen und überlässt die Art der Umsetzung – mit bestimmten Konformitätsforderungen – dem Adressaten, der also innerhalb eines zunehmend abstrakten gesetzlichen Rahmens selbst entscheiden muss. Dieser Verantwortung entkommt man auch nicht dadurch, dass man populistisch nach „Entbürokratisierung“ ruft und dabei glauben machen will, die Vorschrift sei das Problem, nicht der dahinter stehende Sachverhalt.

3.2 Versicherungen

3.2.1 Unternehmensversicherung

Die Unternehmensversicherung ist eines der traditionellen Instrumente des Risikotransfers auf professionelle Risikoträger. Ihre Bedeutung ist unverändert groß, und auch in Krisenzeiten fragen Unternehmen Versicherungen nach, um

sich vor existentiellen Risiken zu schützen. Die Versicherungsbranche verfügt über umfangreiches Datenmaterial für die Einschätzung von Risiken und über Erfahrung in der Schadensregulierung.

Die Versicherungsunternehmen müssen heute, um ihr Firmengeschäft profitabel zu gestalten, die Erfüllung einer Reihe von Bedingungen sicherstellen. Dies sind unter anderem: Risikoadäquate Prämien, die Sanierung des Vertragsbestands insbesondere in der dynamischen Sachversicherung, und nicht zuletzt die Schadenprävention (KRUMMAKER und SCHULENBURG (46)).

Neben strengeren Anforderungen an das Risikomanagement der Versicherungsnehmer hat dies in den letzten Jahren auch zu deutlich höherer Prämien im Industrieversicherungsbereich und erheblichen Schwankungen der Prämienhöhe von bis zu 100 Prozent pro Jahr geführt (HAGEBÖLLING (38)). Auch aus diesen Gründen haben in jüngster Zeit viele Unternehmen ihre Versicherungsstrategie verändert. Einerseits setzen sie vermehrt auf die Aufstockung von Selbstbehalten, auf die alternative Finanzierung von Schäden mit geringem Ausmaß und regelmäßigem Eintritt (Frequenzschäden), oder auf die Gründung konzerneigener Versicherungsunternehmen mit Zugang zum Rückversicherungsmarkt, sogenannte Captive Insurance Companies (KRUMMAKER und SCHULENBURG (45)). In all diesen Fällen spielt die Risikominimierung eine entscheidende Rolle, so dass vermehrte Anstrengungen in Richtung eines integrierten Betriebssicherheitsmanagements unerlässlich sind.

3.2.2 Gesetzliche Unfallversicherung in Deutschland

Von der Haftung für Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, die mitunter die Existenz einer Firma vernichten kann (vgl. 1.1), sind die Unternehmen in Deutschland durch die gesetzliche Unfallversicherung grundsätzlich völlig freigestellt. Dafür müssen sie in Kauf nehmen, dass mit hoheitlichen Befugnissen ausgestattete Aufsichtspersonen überwachen, ob die Vorschriften und Auflagen der Unfallversicherung zur Risikominimierung im Betrieb eingehalten und umgesetzt werden, und ihre Anordnungen notfalls mit Zwangsmitteln durchsetzen (vgl. WIKIPEDIA (106)).

Erfolgreiche Risikominimierung wirkt sich bei dieser Versicherung nicht nur langfristig über die Umlagefinanzierung, sondern auch kurzfristig durch geringere Prämien für das einzelne Unternehmen aus.

3.3 *Managementsysteme, Normen und Richtlinien*

3.3.1 Internationale Normen und Richtlinien

Vor allem für das *Qualitätsmanagement* finden die internationalen Normen der Reihe DIN EN ISO 9000 ff breite Anwendung, im Bereich des *Umweltschutzmanagements* hat die Normenreihe DIN EN ISO 14000 ff maßgebliche Bedeutung. Nicht den Charakter einer Norm, jedoch hohen Anspruch auf Verbindlichkeit hat für den *Arbeitsschutz* (Occupational Safety and Health) die Richtlinie ILO-OSH 2001, eine Publikation der International Labour Organization, einer Organisation der Vereinten Nationen.

3.3.2 Risikomanagementsysteme

Für das *Risikomanagement* wurden vom österreichischen Normungsinstitut im Jahr 2003 die Regeln ONR 49000 ff veröffentlicht, die zusammen mit der australisch-neuseeländischen Risikomanagement-Norm AS/NZS 4360:2004 die Ausgangsbasis für ein Standardisierungsprojekt der International Standard Organization, ISO 31000 (2009) bilden soll. Dieses Vorhaben ist politisch umstritten: Die ‚Federation of European Risk Management Associations‘ hat in einem Positionspapier erklärt, dass ein formeller internationaler Risikomanagement-Standard, insbesondere mit Regeln für eine extern durchzuführende Verifizierung, unerwünscht sei und europäischen Unternehmen nichts nützen würde (FERMA (28)).

3.3.3 Weitere Standards

Eine Fülle weiterer branchenspezifischer bzw. nationaler Standards und Normen ist für die Gestaltung und auch Zertifizierung von Managementsystemen mit unterschiedlichen Schwerpunkten vorhanden. Hier können nur einige Beispiele genannt werden:

So gibt es im Bereich des Qualitätsmanagements z. B. QS 9000, TS 16949, VDA 6 und andere spezielle Richtlinien in der Automobilindustrie, AS 91000 in der Luftfahrtindustrie, TL 9000 für die Telekommunikationsindustrie oder ISO 13485/EN 46000 und KTQ für den Medizin- und Krankenhaussektor.

Für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz (Occupational Safety and Health) sind unter anderem OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series), OHRIS (Occupational Health- and Risk-Managementsystem) oder SCC (Safety Certificate Contractors) anwendbar.

Umweltmanagementsysteme können sich auf EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), CDM (Clean Development Mechanism) oder Spezialregelungen wie die EfbV (Entsorgungsfachbetriebsverordnung) stützen.

Für den sozialen Bereich wird der Standard SA 8000 (Social Accountability) vorgeschlagen, für die berufsbezogene Eignungsbeurteilung gibt es die DIN 33430. Der Umgang mit Lebensmitteln ist durch die HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) geregelt. Die IT-Sicherheit kann unter anderem mit der Reihe BS 7799 (British Standards) organisiert werden.

3.3.4 Integrierte Managementsysteme

Die Richtlinie VDI 4060 (91) gibt eine Handlungsanleitung zur praxisorientierten Einführung integrierter Managementsysteme, die Anforderungen aus verschiedenen Bereichen (z. B. Gesundheit, Sicherheit, Umwelt, Qualität) in einer einheitlichen Struktur zusammenfassen. In der Vorbemerkung heißt es:

„Die Vielzahl der heute angewendeten Managementsysteme, die auf freiwilliger Basis (z. B. DIN EN ISO 9001, DIN EN ISO 14001) oder auf Grund rechtlicher Vorgaben (z. B. Störfallverordnung) bzw. in Folge rechtlicher Anforderungen aus einem Arbeitsschutzmanagementsystem, einem Risikomanagementsystem (z. B. auf Grund § 130 OWiG, KonTraG etc.) eingerichtet werden, erfordert eine verbesserte Nutzung von Synergien, die nur in ‚Integrierten Managementsystemen‘ möglich ist.“

Die Autoren der VDI 4060 (91) betonen: „Der Ablauf der Prozesse nimmt keine Rücksicht auf Einzelfragen von Qualität, Umwelt und Sicherheit. Die Prozesse führen in der Gesamtheit zu gewünschten oder ungewünschten Ergebnissen und müssen daher gesamtheitlich (integriert) betrachtet werden.“

Basis für die Einführung eines integrierten Managementsystems ist eine Bestandsaufnahme. Die Richtlinie VDI 4060 (91) verlangt unter anderem ausdrücklich

- die Zusammenstellung der Prozesse, der Schnittstellen und Wechselwirkungen
- die Darstellung der Ströme von Material, Energie, Informationen und Geld
- die Beschreibung der internen und externen Kommunikation

- die Darstellung der Wechselwirkungen zwischen Organisation und Eigentümern, Kreditgebern, Kunden, Lieferanten, Behörden, Mitbewerbern, Nachbarn und gesellschaftlichem Umfeld.

Um die Intention der Richtlinie zu erfüllen, bedarf es einer Methodik, die geeignet ist, alle wesentlichen Einflussgrößen im Gesamtzusammenhang zu erkennen und zu bearbeiten, ohne in der Fülle der Zahlen, Daten und Fakten die Orientierung zu verlieren.

3.4 *Einige gebräuchliche Methoden der Risikoanalyse*

3.4.1 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Die „Failure Mode and Effects Analysis“ – meist übersetzt als „Fehler-Möglichkeiten-und-Einfluss-Analyse“ - wurde erstmals in der US-Raumfahrtindustrie während der Apollo-Mission in den 1960er Jahren verwendet. Sie bildet die Grundlage des US-amerikanischen Militärstandards MIL-STD-1629A (20). Es handelt sich um eine Methode zur Analyse einer Konstruktion oder eines Herstellungsprozesses, um das darin liegende Fehlerpotential aufzudecken. Sie besteht aus mehreren Schritten, in denen definiert wird, welche Fehler auf welche Weise auftreten (failure modes) und welche Auswirkungen (effects) die jeweiligen Fehler haben können.

Je nach Schwerpunkt und Zielrichtung des Einsatzes werden verschiedene Arten von FMEA unterschieden. Die Konstruktions-FMEA schließt sich an die Fertigstellung eines Entwurfs an mit dem Ziel, potentielle Fehler des Entwurfs aufzudecken und zu bewerten. Die Prozess-FMEA setzt die Analyse der Fehlermöglichkeiten nach der Erstellung der Arbeitspläne fort (SCHÜTZE (77)).

Angestrebt wird eine durchgehende Quantifizierung der Risiken. Ein besonders in der Automobilindustrie gebräuchlicher Ansatz verwendet die Risikoprioritätszahl (RPZ): Die RPZ ist das Produkt aus Bedeutung x Auftrittswahrscheinlichkeit x Entdeckungswahrscheinlichkeit eines möglichen Fehlers. Bei jedem Ansatz zur Risikoquantifizierung kommen zwangsläufig subjektive Faktoren wie Risikowahrnehmung und Risikoakzeptanz sowie Erkenntnisprobleme ins Spiel (vgl. 2.1).

Besonders in komplexen Systemen, so SCHNEEWEISS (72), „können wir einfach nicht alle Interaktionen, Abhängigkeiten und Fehlerarten von Technologie und menschlichem Tun verstehen.“ Er weist darauf hin, dass man sich in der

Analysephase gedanklich mit sehr vielen Ereignissen beschäftigen muss, die niemals zu Gefahren führen würden. Auch menschliche Interaktionen lassen sich in ihrer Vielfalt nie vollständig vorhersagen oder auflisten und damit auch nicht systematisch erfassen.

Die Vorgehensweise der FMEA ist analytisch. Eine systemische Gesamtsicht und eine Synthese von Einzelrisiken zu komplexeren Fehlerkombinationen und Ausfallszenarien ist sehr schwer umsetzbar und im Zusammenhang oft undurchsichtig. Darüber hinaus können Maßnahmen der Risikobewältigung nutzlos oder möglicherweise sogar kontraproduktiv sein, da sie selbst wieder Effekte haben und Fehlermöglichkeiten schaffen, die ursprünglich gar nicht absehbar waren (SCHNEEWEISS (72)).

3.4.2 Fehlerbaumanalyse FTA

Nach DIN 25424-2 (23) ist die Fehlerbaumanalyse (englisch: Fault Tree Analysis - FTA) eine wissenschaftliche Methode zur Fehlerauffindung im Team. Ausgehend von einem Ereignis wird retrograd anhand einer Baumstruktur nach möglichen Fehlerursachen gesucht. Bei konsequenter Durchführung soll die Methode alle Kombinationsmöglichkeiten liefern, die zu einem unerwünschten Ereignis führen.

Vorteile der Fehlerbaumanalyse sind ihre Übersichtlichkeit (graphische Darstellung), die einfache Verständlichkeit, die Möglichkeit qualitativer und quantitativer Ergebnisse und die Nutzbarkeit mathematischer Modelle.

Hinreichende Kenntnisse und Sorgfalt der Anwender sind Voraussetzungen für den Erfolg der Fehlerbaumanalyse. Die Methode selbst trägt nichts zur Erkenntnis der Zusammenhänge bei. Abhängigkeiten zwischen Teilsystemen oder Reaktionen des Systems auf Veränderungen seiner Elemente (z. B. Ausfall, Reparatur) lassen sich nicht darstellen. Komponenten, die mehr als zwei Zustände haben (z. B. „abgenutzt“ oder „am oberen Grenzwert“), lassen sich nicht modellieren (vgl. CHELVIER (18)).

3.4.3 Ereignisablaufanalyse ETA

Die Ereignisablaufanalyse (englisch: Event Tree Analysis – ETA) nach DIN 25419 (22) geht von einem Ereignis aus und untersucht antegrad die möglichen Folgen. Bei dem auslösenden Ereignis kann es sich etwa um den Ausfall einer Systemkomponente, aber auch um eine Einwirkung von außen handeln. Ein Ereignisbaum stellt den Ablauf der Ereignisse mit jeweils zwei Alternativen dar,

einem Zweig für das erfolgreiche Verhalten der Schutzkomponente und einem Zweig für dessen Scheitern. So können verschiedene Pfade durchlaufen und eine Unfallsequenz identifiziert werden. Die Vorteile der ETA liegen in der logischen Modellierung von Ereignisfolgen.

In der implizit vorausgesetzten Logik der Abläufe liegen jedoch auch die Nachteile dieser Methode. Da sich die Zahl der Zweige mit jedem Schritt verdoppelt, entstehen in komplexen Systemen rasch sehr große Bäume. Die ETA kann nur sinnvoll angewendet werden, wenn die Folgen der betrachteten Ereignisse bekannt sind. Sie bietet keine Möglichkeit, unbekanntes Systemzusammenhänge aufzudecken, und sie erlaubt nicht die Modellierung quantitativer Abhängigkeiten, da nur die beiden Verzweigungszustände für Erfolg oder Scheitern berücksichtigt werden.

3.4.4 Szenario-Techniken

Für die Entwicklung langfristiger Zukunftsbilder (Szenarien) oder Trends werden verschiedenartige Verfahren eingesetzt, zum Beispiel die Delphi-Methode oder die historische Analogiebildung (ROMEIKE (68)).

Bei der Delphi-Methode werden Expertenbefragungen durchgeführt: Mehrere aufeinander aufbauende Runden (jeweils mit Befragung, Datenanalyse, Feedback, Diskussion und Entscheidung) sollen so lange wiederholt werden, bis sich die Teilnehmer auf eine möglichst zufriedenstellende Lösung oder Prognose geeinigt haben. Mit diesem Design sollen Fehleinschätzungen der Experten gemildert werden. Dennoch lassen sich nicht alle mit einer Expertenbefragung verbundenen Probleme vermeiden. Die zu stellenden Fragen bzw. vorzulegenden Thesen müssen zunächst von jemand formuliert werden. Der Zwang zu kurzen, prägnanten Formulierungen lässt die Bearbeitung komplexer Themenstellungen nur eingeschränkt zu. Interdependenzen mit anderen Fachbereichen und Rahmenbedingungen werden von den befragten Experten häufig vernachlässigt oder unzuverlässig eingeschätzt. Schließlich besteht die Gefahr von Verzerrungen durch soziale Interaktionen der Expertengruppe (WIKIPEDIA (107)).

Die historische Analogiebildung soll von vergangenen (historischen) Ereignissen auf den zukünftigen (qualitativen oder quantitativen) Verlauf einer gegenwärtigen Entwicklung schließen. Die Methode setzt voraus, dass sich eine gleiche, zeitlich versetzte Erscheinung in einem anderen, gleichen System antizipieren lässt, oder dass sich inhaltlich naheliegende Ereignisse in ein und dem-

selben System wiederholen. Beide Voraussetzungen sind problematisch, da ein annähernd sicheres Urteil über die Vergleichbarkeit nur bei recht einfachen Systemen möglich ist. In komplexen Systemen kommt es regelmäßig zu Fehleinschätzungen (vgl. 4.6).

4 Probleme im Umgang mit komplexen Systemen

Der Umgang mit Risiken und das Betriebssicherheitsmanagement in einer Organisation (einem Unternehmen) hängen davon ab, wie die beteiligten Führungskräfte, Entscheidungsträger und Fachleute über diese Organisation denken, in sie eingreifen und ihre Prozesse lenken. Wie sie denken und handeln, hängt wiederum davon ab, wie sie ihre Organisation wahrnehmen.

„Die Grundvorstellungen des vernetzten oder ganzheitlichen Denkens bilden eine Perspektive, die uns heute relevant und notwendig erscheint, um in sozialen, komplexen Problemsituationen gestaltend und lenkend einzugreifen. Viele Manager bewältigen komplexe Situationen intuitiv richtig. (...) Aber nur wenige Manager können auf die Intuition ‚zählen‘ und für viele bleibt die Intuition ein schlechter Ratgeber, wenn es um komplexe Probleme geht“ (PROBST und GOMEZ (66)).

Die meisten Menschen haben sogar erhebliche Probleme, wenn sie, unvorbereitet und allein auf ihre Intuition gestützt, komplexe Zusammenhänge erkennen oder sogar managen sollen (vgl. 4.3). Häufig resultieren gravierende Planungs- und Lenkungsfehler, die zu schwerwiegenden Störungen des gemanagten Objekts oder sogar in die Katastrophe führen. Wesentliche Probleme im Umgang mit komplexen Systemen sollen in diesem Kapitel kurz dargestellt werden.

4.1 **Komplexität und Varietät**

Der Begriff *Komplexität* steht für die Beobachtung, dass eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die auf die unterschiedlichste Art miteinander verknüpft sind und sich fortgesetzt gegenseitig beeinflussen, zu einem Verhalten des beobachteten Objekts führen, das nicht eindeutig vorhersagbar ist. Dies trifft nicht zuletzt für Organisationen und Unternehmen zu.

Prognosen sind vielfach nicht möglich, zukünftige Umwelt- oder Unternehmenslagen nicht eindeutig erwartbar, Entscheidungssituationen nicht transparent, es stehen viele Ziele gleichzeitig im Mittelpunkt, und das notwendige Handeln ist nicht in einfachen kausalen Zusammenhängen begründbar (PROBST und GOMEZ (66)).

Komplexität ist das Ergebnis des sozialen und technologischen Wandels: Kleine Sachen werden größer, einfache Sachen komplizierter, langsame Sachen schneller. Typischerweise beschleunigen sich auch die Veränderungen selbst.

Dazu kommt die besondere Natur dieses Wandels: Voneinander getrennte Dinge treten zunehmend miteinander in Verbindung (BEER (5)).

Das Maß der Komplexität ist *Varietät*. Varietät ist definiert als die Zahl der möglichen Zustände von etwas, dessen Komplexität wir messen wollen (BEER (5)).

4.2 Systemtheoretische Sicht

Ein Betrachtungsobjekt, das ein System genannt werden kann, weist (in Anlehnung an BOSSEL (9)) ganz bestimmte allgemeine Merkmale auf:

1. Ein System erfüllt eine bestimmte Funktion, d. h. es lässt sich durch einen Systemzweck definieren, den wir als Beobachter in ihm erkennen und durch den wir ihm seine Systemidentität verleihen.
2. Ein System besteht aus einer bestimmten Konstellation von Systemelementen und Wirkungsverknüpfungen (Relationen, Struktur), die seine Funktionen bestimmen.
3. Die Art und Weise der Verknüpfungen ist charakteristisch für das System. Einige dieser Verknüpfungen können Teile von Rückkopplungsschleifen sein.
4. Das Objekt verliert seine Systemidentität, wenn seine Systemintegrität zerstört wird. Denn es enthält Elemente und Relationen, nach deren Herauslösung oder Zerstörung der ursprüngliche Systemzweck, d. h. die Systemfunktion nicht mehr erfüllt werden kann.
5. Ein System existiert nicht völlig unabhängig von seiner Systemumgebung (Umwelt), von der es durch seine (durchlässige) Systemgrenze getrennt ist. Es steht unter dem Einfluss von Einwirkungen aus der Umwelt (Input) und wirkt selbst mit seinen Auswirkungen auf die Umwelt (Output).

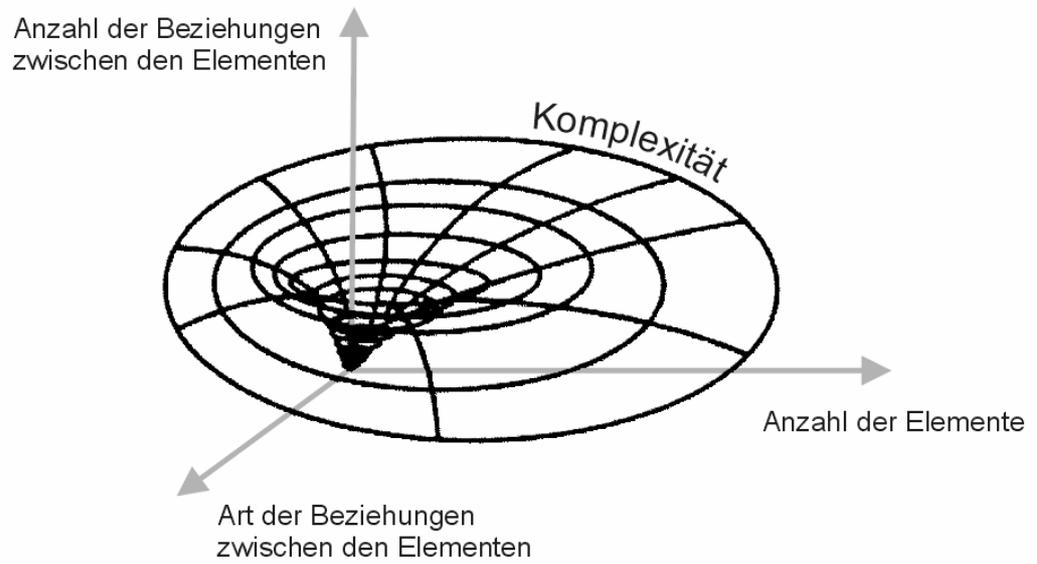


Abbildung 3: Illustration der Komplexität eines Systems in drei Dimensionen

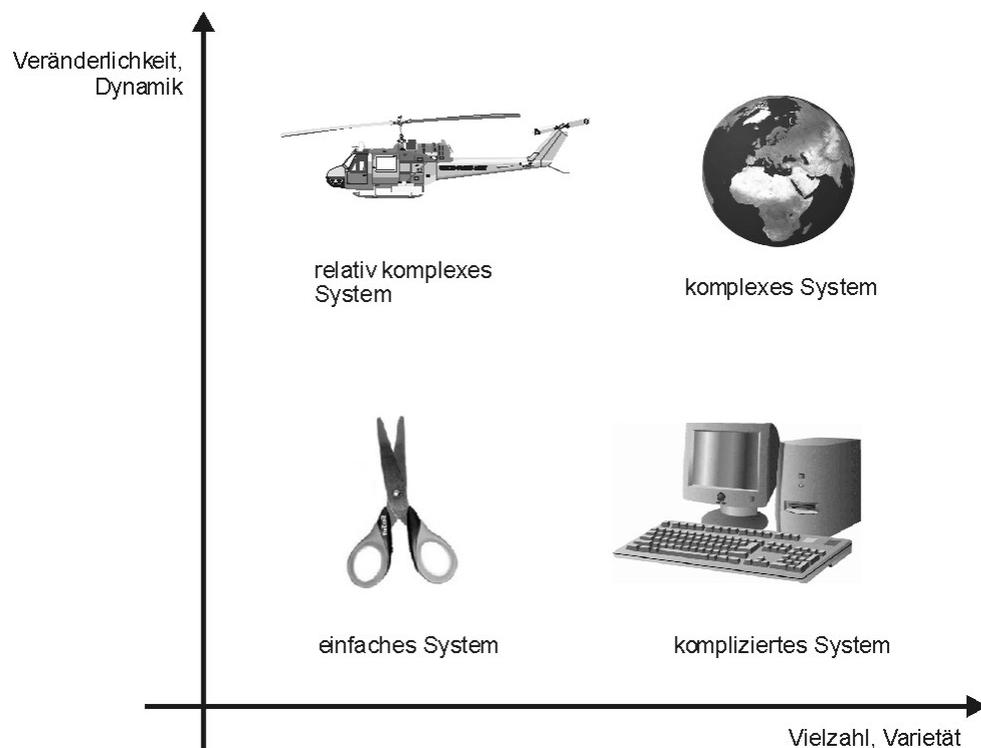


Abbildung 4: Komplexitäts-Matrix

MILLING (58) illustriert die Komplexität eines Systems anhand der Anzahl seiner Elemente sowie der Art und Anzahl ihrer Beziehungen, so dass ein dreidimensionales Gebilde resultiert (Abbildung 3 in Anlehnung an MILLING (58)).

Häufig wird zwischen einfachen, komplizierten und mehr oder weniger komplexen Systemen unterschieden (Abbildung 4, vgl. z. B. GRÜNIG (33)): Im Hinblick auf die mit einer Schere verbundenen Risiken kann man von einem einfachen System sprechen, dessen Freiheitsgrade und Zustände sich genau definieren lassen. Die Hardware eines Computers ist zwar durch eine Vielzahl von elektronischen Bauteilen gekennzeichnet, die auf vielfältige Weise versagen oder in Brand geraten können – sie bleibt jedoch weitgehend statisch und gilt deshalb zwar als kompliziert, jedoch nicht als komplex. Bei einem Hubschrauber sind die Wechselwirkungen unterschiedlicher Wetterverhältnisse, Piloten und Beladungen sowie die Interaktionen zwischen Besatzung, Bodenpersonal, Luftraumüberwachung usw. schon so dynamisch, dass man von einem komplexen System sprechen kann. Hochkomplex sind schließlich Ökosysteme oder Unternehmen, in denen soziale, technische, ökonomische und ökologische Systemelemente zu einer sehr hohen Varietät und Dynamik führen.

Tabelle 5: Charakteristika komplexer Systeme

Nichtlinearität	Kleine Störungen des Systems oder minimale Unterschiede in den Anfangsbedingungen führen rasch zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.
Emergenz	Das System hat emergente (vom System hervorbrachte) Eigenschaften. Sie lassen sich nicht aus der isolierten Analyse des Verhaltens einzelner Systemkomponenten erklären.
Offenheit	Komplexe Systeme tauschen in der Regel ständig Materie, Energie bzw. Information mit ihrer Umgebung aus.
Selbstorganisation	Der Austausch führt zur Bildung von Systemstrukturen, die ihrerseits den Austausch aufrecht erhalten.
Undurchsichtigkeit	Komplexe Systeme lassen sich nicht vollständig analysieren oder kontrollieren.

4.3 Psychologische Sicht

Als Komplexität bezeichnet DÖRNER (26) aus psychologischer Sicht die Existenz von vielen, voneinander abhängigen Merkmalen in einem Ausschnitt der

Realität. Die Komplexität ist umso größer, je mehr Merkmale vorhanden sind und je mehr diese voneinander abhängen. Die Anforderungen, denen sich jemand stellen muss, der mit dieser Realität zurecht kommen will, sind umso höher, je mehr die verschiedenen Aspekte und ihre Verbindungen beachtet werden müssen, um die Situation zu erfassen und Handlungen zu planen. Nicht die Existenz vieler Merkmale allein macht die Komplexität aus – erst die Vernetztheit, also die Verknüpfungen zwischen den Elementen des Systems, erfordert die gleichzeitige Beachtung sehr vieler Merkmale. Hohe Komplexität in diesem Sinn stellt hohe Anforderungen an die Fähigkeiten eines Akteurs, Informationen zu sammeln, zu integrieren und Handlungen zu planen.

4.4 *Intransparenz*

Häufig sind wichtige Merkmale einer Situation für diejenigen, die entscheiden und handeln sollen, nicht klar zu erkennen oder nicht zugänglich. Diese System-Intransparenz führt zu einem erheblichen Ausmaß an Unbestimmtheit bei der Planung und Entscheidung.

4.5 *Dynamik*

Weiter erschwerend kommt bei realen Systemen die zeitliche Dimension hinzu: Sie entwickeln sich weiter, ohne auf den Handelnden zu warten (im Gegensatz etwa zu einem Schachspiel). Pläne und Entscheidungen müssen häufig unter einem gewissen Zeitdruck und mit nur ungefährem Kenntnis der Umstände erfolgen. Darüber hinaus muss auch die Entwicklungstendenz eines dynamischen Systems erfasst werden, da die Analyse der augenblicklichen Gegebenheiten nur eine Momentaufnahme darstellt und die Wirkung von Eingriffen häufig mit Verzögerung eintritt.

4.6 *Unangemessene Hypothesen und Verhaltensweisen*

In einer Reihe von Planspielen, bei denen mit dem Computer komplexe Systeme simuliert wurden (z. B. Entwicklungsland, Industriegemeinde, Atomkraftwerk) konnte DÖRNER (25) zeigen, dass die meisten seiner Versuchspersonen Neben- und Fernwirkungen ihrer Entscheidungen nicht genügend beachtetten; Maßnahmen zu stark oder zu schwach dosierten; Voraussetzungen, die eigentlich hätten berücksichtigt werden sollen, nicht beachtetten; und häufig mit falschen Hypothesen über Struktur und Verhalten des Systems an die gestellte Aufgabe herangingen, ohne die Möglichkeit, ihre Annahmen könnten falsch

sein, angemessen in Rechnung zu stellen. Häufig war eine starke Neigung zu beobachten, Systeme auf vermeintlich einfache Zusammenhänge oder eine zentral wirksame Einflussgröße zu reduzieren und von dieser einmal gefassten Meinung auch dann nicht abzurücken, wenn man in der praktischen Anwendung mit ihr scheiterte.

Tabelle 6 fasst die von DÖRNER (25) beobachteten Fehler zusammen (in Anlehnung an VESTER und v.HESLER (101)).

Tabelle 6: Fehler im Umgang mit komplexen Systemen

Reparaturverhalten	Statt die Erhöhung der Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems anzustreben, werden Einzelprobleme zu lösen versucht (mangelhafte Zielprojektion).
Unvernetzte Situationsanalyse	Trotz der Sammlung großer Datenmengen bleiben wegen des Fehlens geeigneter Ordnungsprinzipien der Charakter und die Dynamik des Systems unerkannt.
Irreversible Schwerpunktbildung	Erfolge bei der Bearbeitung eines Themas oder beim Einsatz einer Methode führen zur gedanklichen Fixierung auf diesen Schwerpunkt. Andere Probleme bleiben unerkannt oder unbeachtet.
Unbeachtete Nebenwirkungen	Maßnahmen werden linear-kausal zielstrebig, jedoch ohne Berücksichtigung der Vernetzungen im System durchgeführt.
Tendenz zur Übersteuerung	Verkennung der zeitlichen Verzögerung, mit der ein System auf Maßnahmen reagiert, mit der Folge zu starker Eingriffe.
Tendenz zu diktatorischem Verhalten	Der Glaube, ein System durchschaut zu haben und die Macht, es verändern zu dürfen, führen zu diktatorischem Verhalten. Dieses ist jedoch für komplexe Systeme völlig ungeeignet.

4.7

Denkfehler im Management betrieblicher Risiken

Zum einen spielt beim Umgang mit Risiken und deren Bewertung (vgl. 2.1) ein menschlicher Hang zu Fatalismus und Verdrängung eine nicht zu unterschätzende Rolle. Viele Menschen setzen sich nur ungern mit Risiken auseinander. v. RÖSSING (89) zitiert typische Aussagen, die zeigen, dass ein Risiko zwar erkannt, aber als unausweichlich betrachtet wird, etwa: „Man kann sich doch

nicht gegen alles schützen. Irgendwo muss Schluss sein“ oder „Wenn wir auch noch einen Katastrophenplan für X bräuchten, könnten wir gleich zumachen – dafür hat niemand das Geld“.

Tabelle 7: Denkfehler im Risiko-Management

Denkfehler	Kommentar
Risiken oder Probleme sind objektiv gegeben und müssen nur noch klar formuliert werden.	Risiken sind abhängig von den Erwartungen, die man an ein System hat. Die Erwartungen unterschiedlicher Akteure oder Betroffener sind häufig nicht kongruent oder widersprüchlich.
Jedes Risiko oder Problem ist die direkte Konsequenz einer einzigen Ursache.	Mit Schuldzuweisungen („menschliches Versagen“) gehen in vielen Fällen wichtige Informationen über vernetzte Abhängigkeiten verloren – mit der Gefahr, dass diese zu weiteren Störungen führen.
Um eine Risikosituation zu verstehen, genügt eine „Fotografie“ des Ist-Zustandes.	Nur wenn die Beziehungen zwischen den Systemelementen (vgl. 4.2) und die Dynamik ihrer Veränderung erfasst werden, können Entwicklungen frühzeitig erkannt werden.
Verhalten ist prognostizierbar. Notwendig ist nur eine ausreichende Informationsbasis.	Die Menge der Messdaten, die zur Verhaltensprognose der relevanten Faktoren benötigt werden, nimmt schon bei relativ einfachen Systemen ein riesiges Ausmaß an und ist bei komplexen Systemen nicht mehr handhabbar.
Risikosituationen lassen sich beherrschen, es ist lediglich eine Frage des Aufwands.	Komplexe Systeme sind ihrer Natur nach nicht völlig durchschaubar und nicht exakt prognostizierbar. Menschen werden hinsichtlich ihrer Steuer- und Regelungsfähigkeit vielfach überschätzt, dagegen im Hinblick auf ihre Möglichkeiten, durch Fehlverhalten Störungen auszulösen, unterschätzt.
Mit der Verwirklichung von Sicherheitsmaßnahmen kann das Risiko-Problem ad acta gelegt werden.	Systemerwartungen und Störpotentiale unterliegen einem ständigen Wandel. Technologien und Prozesse ändern sich, Umwelt- oder Gesundheitsrisiken müssen auf Grund neuer Erkenntnisse oder eines öffentlichen Bewusstseinswandels neu bewertet werden. Sicherheit muss als kontinuierlicher Management-Prozess gesehen werden (vgl. 2.3).

Zum andern führen rein analytische, linear-kausale, in Einzeldisziplinen unterteilte Problemlösungsansätze zu Denkfehlern, wie sie in Anlehnung an GRÜNIG (33) in Tabelle 7 skizziert werden.

4.8 Unvollkommenheit von Zielen und Entscheidungsprozessen

Das individuelle Verhalten von Menschen und ihr organisationales Handeln als Mitglied eines Unternehmens (oder einer anderen Organisation) sind auf vielfältigste Weise miteinander verwoben und voneinander abhängig.

Als Ziele von Organisationen gelten zum Beispiel Kundenzufriedenheit, Marktanteile, Gewinn, Beherrschung von Risiken, oder im Fall von Non-Profit-Institutionen die Erfüllung gemeinnütziger Aufgaben. Aber darüber hinaus verfolgen die Menschen innerhalb und außerhalb einer Organisation weitere Ziele: Den Arbeitnehmern ist zum Beispiel die Schaffung und Erhaltung von Arbeitsplätzen wichtig, Politiker wollen vielleicht ihren Einfluss vergrößern, die Kommune ist an einem hohen Steueraufkommen interessiert, und ein Investor könnte auf hohe Ausschüttungen bedacht sein.

„Mikropolitik“ nennt NEUBERGER (60) den alltäglichen Wettbewerb um Einfluss, Zugang zu Ressourcen, Privilegien usw.: „Im Unterschied zur ‚großen Politik‘ (z. B. Unternehmenspolitik) wird damit meist das Arsenal jener alltäglichen ‚kleinen‘ (Mikro-)Techniken gemeint, mit denen Macht aufgebaut und eingesetzt wird, um den eigenen Handlungsspielraum zu erweitern und sich fremder Kontrolle zu entziehen.“

Die Ziele unterschiedlicher Abteilungen oder Interessengruppen innerhalb ein und derselben Organisation können aus den verschiedensten Gründen Konflikte hervorrufen. Vermeintlich gleichrangige Unternehmensziele können zu einander widersprechenden Anforderungen im betrieblichen Alltag führen, etwa in Bezug auf Produktionsverfahren, Material- und Prozesskosten, Umweltschutz, Qualitätsanforderungen oder Personaleinsatz. Dazu kommt, dass die konkrete Berücksichtigung dieser Zielaspekte auch noch auf verschiedene Stellen verteilt ist: Mit den Kundenbedürfnissen beschäftigt sich die Marketingabteilung, die Arbeitnehmerbedürfnisse werden von Personalabteilung und Betriebsrat bearbeitet, und der Umweltschutz wird in der Verantwortung entsprechender Fachleute gesehen.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass Entscheidungsprozesse in der Praxis nachweislich völlig anders ablaufen als in der formalen Entscheidungstheorie angenommen (SCHOLL (73)):

- Die Entscheidungsziele liegen am Beginn eines Entscheidungsprozesses oft nicht (oder unvollständig) vor. Lösungsalternativen können deshalb nicht anhand der Ziele bewertet werden, sondern die Ziele werden während des

Problemlösungsprozesses erst entwickelt und durch Informationen über mögliche Lösungen beeinflusst.

- Zielformulierungen sind meist vage und nicht operational. Sie bergen damit beträchtliche Interpretationsspielräume und Kommunikationsprobleme.
- Die vielfältigen Zielelemente sind nicht widerspruchsfrei und entsprechen nur unvollkommen den involvierten Interessen.
- Die offiziell verkündeten Ziele werden oft erst nach der Entscheidung so bestimmt, dass sie möglichst rational und legitim erscheinen.

4.9 *Aufsplitterung der Wirklichkeit in Einzeldisziplinen*

Arbeitsteilung (Differenzierung) im Sinne der Spezialisierung und Koordination (Integration) sind die beiden grundlegenden, einander bedingenden Strukturmerkmale jeder Organisation. Neben der Aufteilung einer Aufgabe in immer kleinere Teilaufgaben (Taylorismus) bedeutet Spezialisierung auch, dass anspruchsvolle Aufgaben mit Hilfe von besonders ausgebildeten Spezialisten gründlicher und besser bearbeitet werden können (SCHOLL (73)).

Erst die Spezialisierung auf Einzeldisziplinen in der schulischen und universitären Ausbildung der Neuzeit hat viele – vor allem technische – Errungenschaften der Gegenwart erst möglich gemacht. Aber sie hat auch zu einer Wahrnehmung der Wirklichkeit geführt, die selten über die Grenzen des eigenen Fachgebiets hinausreicht. Chemiker, Wirtschaftswissenschaftler, Mediziner, Ingenieure, Psychologen, Juristen oder Biologen scheinen in ihrer jeweils eigenen Welt zu leben. Die Wahrnehmung der Welt als ein großes Wirkungsgefüge, in dem alle diese Elemente über oft starke Wechselwirkungen zusammenhängen, werde durch die Aufsplitterung in Fachgebiete oft verhindert, kritisiert VESTER (100): „Die Beziehung zwischen den Dingen mitsamt der darin enthaltenen Kybernetik fällt zwischen die Lehrstühle (...)“.

ULRICH (84) weist darauf hin, „dass das Spezialistentum ein wesentliches Element in einer wissenschaftlichen, technischen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Entwicklung ist, die vor mehreren hundert Jahren mit der Entstehung der modernen Naturwissenschaften begonnen hat, mit der Erhebung des zergliedernden, rein analytischen Denkens zur Rationalität schlechthin, was zum Glauben an die Machbarkeit einer immer besseren Welt und an den linearen Fortschritt geführt hat. Diese Annahmen und Glaubenssätze haben etwas von sich selbst erfüllenden Prognosen an sich, denn der Fortschritt ist ja wirklich

eingetreten, nur teilweise eben dadurch, dass wir das, was wir bewirkten, als Fortschritt bezeichnet haben. Aber es bedeutet, dass wir die Spezialisierung vernünftigerweise nicht radikal bekämpfen können, wenn wir nicht ebenso radikale Zusammenbrüche unserer Gesellschaft in Kauf nehmen wollen.

Was wir aber meines Erachtens dringend tun sollten, ist, das notwendige Gegengewicht zum Spezialistentum zu stärken, also das Generalistentum zu fördern. (...) Ein Generalist ist (...) jemand, der auch in seinem eigenen Wirkungsbereich lange nicht alles weiss, der aber das Ganze versteht.“

5 Notwendigkeit eines systemorientierten Managements

5.1 *Vernetztes Denken*

In sehr komplexen Systeme mit hohem Varietätsgrad und großer zeitlicher Dynamik – etwa technischen Großanlagen, aber auch sozialen Organisationen, Unternehmen und Ökosystemen – entsteht, wie GRÜNIG (32) erläutert, die Art von gefährlichen Sicherheitsproblemen, die weder analytischen noch statistischen Lösungsmethoden zugänglich sind. „Die vielen heterogenen Variablen, die über eine Vielzahl von Beziehungen miteinander verknüpft sind, erfordern eine Problemlösungsmethode, mit der die Vernetzung zwischen Variablen abgebildet und analysiert werden kann.“

Zur Lösung komplexer Problemsituationen oder von Problemen, die in größeren Zusammenhängen stehen, bedarf es nach PROBST (65) einer anderen Art des Denkens, nämlich „des vernetzten Denkens oder des integrierenden, systemischen Denkens, das vermeidet, dass wir Problemgrenzen zu eng ziehen, Einwirkungen von der Umwelt auf das System vernachlässigen, die Interdependenz vieler Faktoren (Wirk-Zusammenhänge) vernachlässigen, mögliche Verhaltensweisen des Systems ausklammern oder vor lauter Details das Ganze aus den Augen verlieren“.

5.2 *Beherrschung der Datenflut*

In Bezug auf die Erfassung systemrelevanter Daten sehr anschaulich ist das „Fußball-Beispiel“: Systemtheoretisch betrachtet ist ein Fußballspiel dadurch charakterisiert, dass zwei komplexe Systeme – die beiden Mannschaften – versuchen, sich gegenseitig unter Kontrolle zu bringen. Dabei ist die jeweilige Varietät, also der Verhaltensreichtum der einzelnen Spieler und der gesamten Mannschaft, astronomisch hoch. Es wäre völlig absurd, zu erzielende Tore detailliert mit Abschusswinkel und -impuls, exakter Entfernung zum Tor oder Spielminute berechnen zu wollen. Ironisch weist DÖRNER (27) auf die Bedeutung hin, die ein am Fußballschuh festklebendes Erdklümpchen für die genaue Einhaltung des vorgegebenen Schusswinkels haben wird, und gibt zu bedenken, dass eine Analyse die mittlere Größe der Erdklümpchen, ihre Auftretenshäufigkeit und ihre Prädilektionsstellen am Schuh einschließen müsste. Nicht weniger augenzwinkernd schlussfolgert MALIK (55), die schlaueste Lösung bestünde eigentlich darin, die Spielregeln so zu ändern, dass die eigene Mannschaft gewinnen muss.

Beide Vorschläge machen deutlich, dass der Versuch, alle in komplexen Systemen wirksamen Faktoren zu erfassen, aus zweierlei Gründen scheitern muss:

1. Praktisch stößt die Erfassung oder Verarbeitung der Daten früher oder später an die Grenzen personeller und technischer Ressourcen.
2. Theoretisch ist der Detaillierungsgrad der zu erfassenden Faktoren und Wechselwirkungen unendlich (im Fußball-Beispiel könnte man auch noch den Blutdruck des Spielers, das Erdmagnetfeld oder die chemische Struktur des Rasens usw. untersuchen wollen).

Erforderlich ist also eine Methodik, die es erlaubt, auch mit stark reduziertem Datenmaterial eine brauchbare Systembeschreibung zu erstellen. Dass dies möglich ist, haben viele ökophysikalische Studien in der jüngeren Vergangenheit gezeigt (vgl. VESTER (92)). Auch bei einem Fußballspiel gelingt es ja im Übrigen, die Spielweise der Mannschaften anhand übergeordneter Wahrnehmungsmuster (Spielzüge, Ballbesitz usw.) zu beurteilen.

5.3 *Transparenz, Dialog, Moderation*

Wie in allen Situationen, die einen Interpretationsspielraum zulassen, bilden sich quer durch das Unternehmen Gruppen heraus, die in unterschiedlicher Ausprägung Meinungen zu bestimmten Managementthemen, also auch zu Aspekten des Betriebssicherheitsmanagements haben – von der vielleicht uneingeschränkten Zustimmung bis zur individuellen Ablehnung. Das Heranwachsen einer Unternehmenskultur, die betriebliche Risiken bewusst als Teil der Normalität akzeptiert und sich selbstbewusst mit ihrer Beherrschung auseinandersetzt, ist also eine höchst (mikro-)politische (vgl. 4.8) Angelegenheit, die keineswegs nur sachlichen Einflüssen unterworfen ist. Darauf weist v. RÖSSING (90) hin und betont, wie wichtig es ist, „sich diese politische Dimension immer wieder ins Gedächtnis zu rufen, um nicht in der Sache Recht zu behalten, in der Realität aber zu scheitern“.

Eine Methodik für komplexe Aufgaben im Betriebssicherheitsmanagement sollte diese Aspekte also bewusst und gezielt berücksichtigen und geeignete Tools für die Beteiligung der Betroffenen, die Moderation von Interessengegensätzen und die Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit bieten.

5.4 **Management komplexer Systeme**

5.4.1 **Management-Theorie**

Zum Forschungsgegenstand *Management* liegen Ergebnisse aus ganz unterschiedlichen Disziplinen vor. Zwar gelten *Business Administration* bzw. *Betriebswirtschaftslehre* als prädestiniert zur Vermittlung von Managementwissen, der Manager kann sich aber bei der Suche nach Managementwissen nicht allein auf diese Fachgebiete beschränken (STAEHLE (79)).

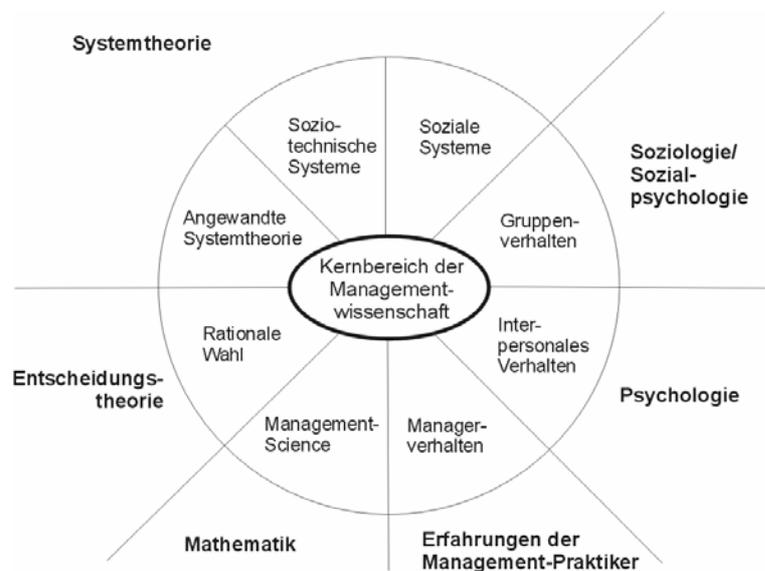


Abbildung 5: Managementwissenschaft und benachbarte Forschungsgebiete (nach STAEHLE (79))

Die Literatur über Management deckt heute das gesamte Spektrum denkbarer Aussagensysteme ab, schreibt STAEHLE (79).

Einerseits fänden sich weitgehend ungeprüfte Praxis-Ratschläge, die auf dem Markt der Managementmodelle mit anderen Handlungsempfehlungen konkurrieren; und Führungsmodelle, bei denen Aussagen über Ziele, zugrunde liegende Normen, Geltungs- und Anwendungsbereiche sowie eine wissenschaftliche Begründung weitgehend fehlten, so STAEHLE (79).

Andererseits haben systemtheoretische und vor allem kybernetische Ansätze erheblichen Einfluss auf die Managementforschung ausgeübt (STAEHLE (80)).

Auf der Grundlage der allgemeinen Systemtheorie und der Kybernetik beschreibt MALIK (52) eine Management-Kybernetik evolutionärer Systeme, die sich stark am Modell lebensfähiger Systeme von BEER (4) orientiert und auf dem von ULRICH (85) begründeten St. Galler Managementmodell aufbaut.

Nach diesem systemorientierten Ansatz sind Unternehmen (und darüber hinaus beliebige soziale Institutionen) als komplexe, vieldimensionale, offene und dynamische Systeme zu begreifen (MALIK (53)). Management findet demnach nicht nur in privatwirtschaftlichen Unternehmen, sondern in jeder Art von zweckgerichteten Institutionen der menschlichen Gesellschaft statt (z. B. Krankenhäusern, Theatern, öffentlichen Verwaltungen usw.).

5.4.2 Management-Definitionen

Im Hinblick auf die folgenden Ausführungen soll hier versucht werden, den Begriff *Management* etwas genauer zu umschreiben.

5.4.2.1 Anhaltspunkte in Normen und Leitlinien

Von besonderer Bedeutung für die betriebliche Praxis ist die internationale Norm DIN EN ISO 9001:2000 (24). Sie beschreibt ein prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem mit den Elementen

Verantwortung der Leitung, Management von Ressourcen, Produktrealisierung sowie Messung, Analyse und Verbesserung,

die in einem sich wiederholenden Handlungszyklus dargestellt werden und im Bezugsrahmen von Kundenanforderungen und Kundenzufriedenheit stehen. In der DIN EN ISO 9001:2000 (24) heißt es: „Damit eine Organisation wirksam funktionieren kann, muss sie zahlreiche miteinander verknüpfte Tätigkeiten erkennen, leiten und lenken. Eine Tätigkeit, die Ressourcen verwendet und ausgeführt wird, um die Umwandlung von Eingaben in Ergebnisse zu ermöglichen, kann als Prozess angesehen werden.“ Die Norm beschreibt ihren Ansatz als „Anwendung eines Systems von Prozessen in einer Organisation, gepaart mit dem Erkennen und den Wechselwirkungen dieser Prozesse sowie deren Management“. Obwohl die Normenreihe EN ISO 9000 ff. den Begriff Management nirgends ausdrücklich definiert, liefert sie doch mit diesen Angaben eine praxisnahe Umschreibung im Sinne des Erkennens, Leitens und Lenkens ergebnisorientierter Prozesse.

Auch aus dem Aufbau des Leitfadens für Arbeitsschutzmanagementsysteme der Internationalen Arbeitsorganisation ILO/OSH-MS 2001 (43) ergibt sich eine zwar nur indirekte, aber aus praktischen Erfahrungen stammende und für die Praxis relevante Begriffsbestimmung. Er gliedert sich in die Abschnitte

Politik, Organisation, Planung und Umsetzung, Bewertung sowie Verbesserungsmaßnahmen,

um die Handlungsfelder und Aufgaben des beschriebenen Managementsystems zu charakterisieren, die sich im Sinne kontinuierlicher Verbesserung zyklisch wiederholen. Damit definiert der Leitfaden zwar nicht den Begriff des Managements, umschreibt jedoch seine Inhalte.

5.4.2.2 *Definitionen*

Eine pointierte Definition des Begriffs Management gibt MALIK (51): „Management ist die Transformation von Ressourcen in Nutzen“.

Zu verstehen ist dies vor dem Hintergrund der systemorientierten Managementlehre von ULRICH (85) und des St. Galler Management-Modells (ULRICH und KRIEG (86)).

Das Konzept von ULRICH unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von der klassischen Betriebswirtschaft (MALIK (48)):

- Es vertritt sowohl in Fragen der Betriebswirtschaftslehre als auch in jenen des Managements konsequent den Systemansatz, orientiert sich also an der Systemtheorie und Kybernetik.
- Unternehmen, Institutionen und andere Organisationen sind demzufolge ziel- und zweckgerichtete gesellschaftliche Systeme in einem komplexen Umfeld.
- Management bedeutet aus dieser Sicht Gestalten, Lenken und Entwickeln von Systemen.
- Führungskräfte haben also Lösungen für komplexe Problemsituationen zu entwickeln.

Wegen der Vielschichtigkeit der zu lösenden Probleme müssen sich Manager neben der Betriebswirtschaft, die sich mit Fragen der wirtschaftlichen Führung von Unternehmen befasst, auch auf die Erkenntnisse vieler weiterer Disziplinen stützen können, so MALIK (48). Als zentrale Manager-Aufgaben nennt er: Für

Ziele sorgen, organisieren, entscheiden, kontrollieren sowie Menschen fördern und entwickeln (MALIK (49)).

5.4.3 Systemorientiertes Management

Folgt man dem Systemansatz von ULRICH, begreift man also Management als das Gestalten und Lenken soziotechnischer Systeme, so ist seine Grundaufgabe in der Beherrschung von Komplexität zu sehen.

MALIK (54) unterscheidet zwei grundlegend verschiedene Ansätze oder Typen der Managementtheorie: den „konstruktivistisch-technomorph“ und den „systemisch-evolutionären“ Ansatz. Ihre Unterschiede macht er durch die Gegenüberstellung von Denkmustern deutlich, die für die beiden Ansätze charakteristisch sind. Der Versuch einer sehr knappen Zusammenfassung findet sich in Tabelle 8.

Tabelle 8: Zwei Arten von Managementtheorien

Konstruktivistisch-technomorph	Systemisch-evolutionär
zielorientiertes Einwirken auf das konkrete Verhalten von Menschen	Gestaltung und Lenkung ganzer Institutionen in ihrer Umwelt als Bezugsrahmen für das Verhalten von Menschen
Augenmerk auf der direkten Führung weniger Menschen (überschaubare Gruppe)	Augenmerk auf der indirekten Führung vieler Menschen (komplexe, nicht mehr überschaubare Gruppe)
Management ist Aufgabe weniger Personen (zentrale Steuerung, Hierarchie)	Management ist Aufgabe vieler Personen (Selbstorganisation nach bestimmten, vorzuziehenden Regeln)
Direktes Einwirken durch detaillierte Weisungen an Weisungsgebundene	Indirektes Einwirken durch Gestaltung der Interaktionen teil-autonomer Beteiligter
Ausreichende Informationslage als Basis für Planungen und Entscheidungen ist grundsätzlich möglich. Entwicklungen sind – bei ausreichender Anstrengung – grundsätzlich vorhersehbar und beherrschbar	Die Illusion, vollständige Information sei möglich, muss aufgegeben werden. Prognosen üblicher Art sind prinzipiell unzuverlässig, möglich ist nur die laufende Anpassung an sich ständig ändernde Umstände
Ausrichtung auf die Optimierung von Prozessen und Strukturen auf der Basis vollständiger Information	Ausrichtung auf Steuerungsfähigkeit (Anpassungsfähigkeit und Flexibilität) angesichts zwangsläufig immer unvollständiger Information
Gewinnmaximierung des Unternehmens	Maximierung der Lebensfähigkeit des Unternehmens

Angesichts der heute weltweit gegebenen ökonomischen, technologischen, ökologischen, sozialen und politischen Bedingungen, unter denen Wirtschaftsunternehmen im Geschäft bleiben und nicht-gewinnorientierte Organisationen ihren Aufgaben gerecht werden müssen, hat nach MALIK (50) nur ein systemisch-evolutionärer Management-Ansatz Aussichten auf nachhaltigen Erfolg: „Niemand kann heute mehr die Relevanz der Systemwissenschaften und vor allem jene ihres Grundbegriffes – nämlich Komplexität – für die Gestaltung und Lenkung von Institutionen guten Gewissens leugnen oder folgenfrei ignorieren. Daher wird wohl niemand mehr darauf verzichten können, sich ernsthaft mit dieser Materie zu befassen.“

ORMEROD (62) weist anhand mathematischer Modelle nach, dass Aufstieg, Überleben und Untergang von Wirtschaftsunternehmen den gleichen Mustern folgen, die auch in biologischen bzw. ökologischen Systemen zu beobachten sind. Die Lebensfähigkeit von Unternehmen entspricht dem Begriff der Fitness der Evolutionslehre. Dieser bezieht sich wohlgerne nicht auf die Überlegenheit gegenüber Konkurrenten, sondern auf die Anpassungsfähigkeit an die jeweilige, sich verändernde Umwelt.

Die Idee, dass die Wirtschaftswissenschaft sich in der Biologie gedankliche Anregungen holen sollte, gibt es laut ORMEROD (63) schon lange. Hervorragende Denker wie Alfred Marshall, Friedrich Hayek und Joseph Schumpeter hätten sie vertreten. Allerdings sei diese Sichtweise noch lange nicht Allgemeingut: „These ideas have never really been absorbed into the economics mainstream. Stability, order and equilibrium continue to be emphasized when the real world is characterized by constant change, evolution and disequilibrium. Part of the reason for the failure of economics to move in this direction is sheer intellectual inertia. More forgivingly, the tools required for the systematic analysis of systems of this kind have only recently become available.“

Zur Legitimität der Anwendung des Begriffs Lebensfähigkeit (Viability) auf Unternehmen argumentiert BEER (6): „(...) it ought at first blush to sound suspicious to hear said: all enterprises can be characterized as viable systems. Who says so, we may well ask, and by what authority? The answer is a very special answer: *they* do. Now it will be remembered that we defined the purpose of a system as ‘what it does’. What we observe the enterprise to be doing is maintaining its separate existence. Of course, it has all manner of declarations to

make, in public and some in private, about what it is doing. But it will change its declarations, if what they say becomes inconvenient; it will erect new norms of every sort, so that it looks like a different enterprise altogether, if that is convenient; but it will – if it can – *survive*. It will maintain its separate existence” (Hervorhebungen im Original).

5.5 Systemorientiertes Betriebssicherheitsmanagement

Wenn man sich diesem Verständnis von Management anschließt, muss man – ähnlich wie GRÜNIG (33) – die Frage stellen, warum es überhaupt eine eigenständige Disziplin namens Betriebssicherheitsmanagement geben soll. Gehört doch zu jeder Art von Management auch das Abwägen von Chancen und Risiken, und der Zweck jeder Art von Management ist die Überlebensfähigkeit des Unternehmens.

Doch „anhand der managementorientierten Unterscheidung von Risiken in Aktions- und Bedingungsrisiken lässt sich der graduelle Unterschied im Objektbereich von Management bzw. Risiko-Management nachvollziehen. Das ‚normale‘ Management setzt sich vorwiegend mit bewusst gesetzten Zielen (Aktionsrisiken) in Form von Chancen auseinander. Risiko-Management hingegen beschäftigt sich mit Erwartungen aller Art, also insbesondere auch mit den (oft unbewusst) vorausgesetzten Randbedingungen (Bedingungsrisiken). Da diese Randbedingungen nicht primäre Unternehmensziele darstellen, sondern lediglich indirekt und zudem meist negativ auf diese einwirken, werden damit hauptsächlich negative Erwartungsabweichungen i. S. von Gefahren in Verbindung gebracht. Der Unterschied zwischen Management und Risiko-Management ist folglich eher psychologisch, soziologisch und historisch denn sachlich bedingt“ (GRÜNIG (33)).

Auf der operativen Stufe, wo es um die Abwicklung von Aufträgen und um konkrete Handlungen geht, ist die Trennung noch am ehesten plausibel: Das Schreiben von Briefen oder das Eindrehen von Schrauben sind Tätigkeiten, die ohne weiteres als den Unternehmenszielen dienlich (und positiv) erlebt werden. Im Gegensatz dazu gelten z. B. Datensicherung, Bereitstellen von Feuerlöschern, Sicherheitseinrichtungen an Maschinen oder Ausbildung von Ersthelfern als lediglich notwendige (eher negativ besetzte) Abwehr von Störungen.

Unter dem Blickwinkel strategischer Unternehmensführung ist diese Trennung weit weniger scharf. Hier geht es um die Identifikation von Chancen- und Risi-

ko-Potentialen, und um die Bereitschaft zu einer entsprechenden Anpassung von Organisation und Management (STAEHLE (81)). Chancen- und Gefahrenaspekte werden bei strategischen Entscheidungen gleichermaßen betrachtet.

Auf der Grundlage der Überlegungen zu Risiko (2.1), Betriebssicherheit (2.4) und Management (5.4.2) soll nun auch der Versuch gemacht werden, den Begriff *Betriebssicherheitsmanagement* zu umschreiben:

Betriebssicherheitsmanagement ist die Gestaltung, Lenkung und Entwicklung eines zweckgerichteten sozialen Systems in einer Weise, dass die mit seinen betrieblichen Prozessen verbundenen Risiken als akzeptabel und verantwortbar gelten.

5.6 Modellbildung und Simulation

Eigenschaften und Verhalten zweckgerichteter sozialer Systeme werden nicht durch die isolierten Eigenschaften einzelner Elemente bestimmt, sondern durch die Systemstruktur und die Prozesse, die zwischen den vernetzten Systemkomponenten ablaufen. Leben und Gesundheit von Menschen, Produktsicherheit und Qualität, Kundenzufriedenheit, ökologische Umweltbelastungen oder politisch-soziale Akzeptanz von Unternehmensaktivitäten hängen von System-Verhaltensweisen ab, deren Verständnis sich nicht ohne Weiteres erschließt.

„Zu wissen, was geschehen wird oder geschehen könnte, kann u. U. eine Bedeutung haben, die über Neugierbefriedigung wesentlich hinausgeht und buchstäblich zwischen Leben und Tod entscheidet. Zu wissen, wie sich dynamische Systeme unter gewissen Umständen verhalten werden ist (...) auch selbst bei einfachen Systemen oft sehr schwierig. In allen diesen Fällen stellt sich die Aufgabe, mit vertretbarem Aufwand zu relativ sicheren Verhaltensaussagen zu kommen. Wir suchen also nach entsprechenden Modellen, die Verhalten beschreiben und möglichst auch Hinweise auf notwendige Änderungen oder Einwirkungen geben können, um unzulässige oder gar gefährliche Entwicklungen zu vermeiden“ (BOSSEL (10)).

Ein *Modell* ist nach STACHOWIAK (78) durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet:

- **Abbildung:** Ein Modell ist immer ein Abbild von etwas, eine Repräsentation natürlicher oder künstlicher Originale.

- **Verkürzung:** Ein Modell erfasst nicht alle Attribute des Originals, sondern nur diejenigen, die dem Modellbildner relevant erscheinen.
- **Pragmatismus:** Die Zuordnung eines Modells zu einem Original ergibt sich nicht von Natur aus, sondern aus der Nützlichkeit, die das Modell für einen bestimmten Zweck bietet. Die Wahl des Modells richtet sich danach, wie und mit welchen Absichten der Modellbildner das Original wahrnimmt und interpretiert.

Für Modellbildung und Simulation ergibt sich nach BOSSEL (10) folgendes Arbeitsprogramm:

- Definition der Problemstellung und des **Modellzwecks**
- **Systemabgrenzung** und Definition der Systemgrenzen
- Systemkonzept und -beschreibung (**Wortmodell**)
- Herausarbeiten der Systemelemente und ihrer **Wirkungsstruktur**
- **Qualitative Analyse** des Systemverhaltens anhand der Wirkungsstruktur

6 Praxisorientierte Methodik nach einem Modell von F. Vester

6.1 *Kybernetisches Simulationsmodell*

Die Prämissen der systemorientierten Managementtheorie (vgl. Tabelle 8) legen es nahe, sich bei der Suche nach brauchbaren Simulationsmodellen an natürlichen Systemen zu orientieren, denn diese gehorchen einer Reihe von Gesetzen, die VESTER (93) als die Grundregeln überlebensfähiger Systeme bezeichnet. Lebensfähigkeit ist auch ein Schlüsselbegriff der systemorientierten Managementtheorie (vgl. 5.4.3). VESTER (93) bezeichnet diese Gesetzmäßigkeiten als „biokybernetische Grundregeln“, weil sie sich im Rahmen der Evolutionsstrategie der Natur als die inneren Führungsgrößen biologischer Systeme und Subsysteme erwiesen haben (vgl. 6.1.3).

Der Begriff Kybernetik (vom griechischen Wort *kybernetes* = Steuermann) wurde von WIENER (105) geprägt und steht für die Information, Kommunikation, Lenkung und Steuerung in natürlichen oder künstlichen Systemen, insbesondere die Kommunikation und Steuerung einer Rückkopplung (englisch *feedback*) bzw. eines Regelkreises (Selbststeuerung).

„Natürlich kann die Frage, welches spezifische kybernetische Modell jeweils angewendet werden soll, nicht durch apriorische Festlegungen gelöst werden. Vielmehr muss man sich im Verlaufe des systemmethodischen Problemlösungsprozesses immer wieder die Frage stellen, ob das Modell, von dem man sich leiten lässt, den Problemen adäquat ist oder nicht, und es kann durchaus sein, dass im Verlauf eines Problemlösungsprozesses das Modell ausgetauscht wird. Aufgrund des Isomorphietheorems der Kybernetik ist allerdings zu erwarten, dass alle kybernetischen Modelle, deren Gegenstand ja immer das Problem der Lenkung ist, auf bestimmten Abstraktionsniveaus fundamentale Gemeinsamkeiten haben, so dass die jeweils im Lichte eines bestimmten Modells gewonnenen Kenntnisse auch in die anderen Modelle integriert werden können“ (MALIK (56), vgl. auch 4.2).

6.1.1 *Muster-Erkennung und Fuzzy Logic*

Die Eigenschaften und Charakteristiken komplexer Systeme lassen sich nicht primär mittels Analyse ihrer Einzeldaten erkennen, ähnlich wie die verbale Beschreibung eines Gesichts kaum zur Identifizierung der Person ausreicht, sondern erst dessen bildhafte Darstellung.

Für die Modellierung komplexer Systeme hat diese Tatsache weitreichende Bedeutung: Das Modell muss den Anwender befähigen, das System mit seinem Wirkungsgefüge und seinen emergenten Eigenschaften und Verhaltensweisen (vgl. Tabelle 5) als Ganzes wahrzunehmen – also das „Gesicht“ des Systems zu erkennen.

Die Fähigkeit, z. B. ein Muster von Bildpunkten oder Helligkeitswerten als Gesicht zu erkennen, gehört zu den typischen Eigenschaften höherer kognitiver Systeme, insbesondere der menschlichen Wahrnehmung. Mustererkennung ist die Fähigkeit, in einer Menge von Daten Regelmäßigkeiten, Ähnlichkeiten, Gesetzmäßigkeiten oder Zusammenhänge zu erkennen.

VESTER (100) demonstriert diese Fähigkeit an einem Portrait, das aus sehr grob gerasterten Quadraten mit unterschiedlichen Grauwerten besteht. Eine vergleichbare eigene Darstellung zeigt Abbildung 6 (ähnlich z. B. auch bei PRINCIPE (64)). Die Betrachtung der Flächen aus der Nähe lässt kaum einen Zusammenhang erkennen. Aus der Ferne oder mit zusammengekniffenen Augen nimmt man jedoch unschwer ein bekanntes Gesicht wahr.

Die Fähigkeit der Mustererkennung schildert VESTER (100) als elementar für das Erkennen eines komplexen Systems, weil die vordergründigen Details – so wertvoll diese auch später für genauere Analysen und im Rahmen einer Strategie sein werden – zunächst nichts nützen. Im Gegenteil tritt das Bild des Ganzen erst dann deutlich hervor, wenn man Unschärfe der Details – Fuzziness – zulässt.

Zur mathematischen Umsetzung dieser an das Modell zu stellenden Anforderung – der Darstellung menschlichen (und damit unscharfen) Wissens – bietet sich die Theorie der *Fuzzy Logic* an (YAGER und ZADEH (112)). Mit ihrer Hilfe können auch unscharfe Angaben wie "ein bisschen", "ziemlich" oder "stark" mathematisch behandelt werden. Nützlich ist ihre Verwendung oft dann, wenn keine mathematische Beschreibung eines Sachverhaltes oder Problems vorliegt, sondern nur eine verbale.

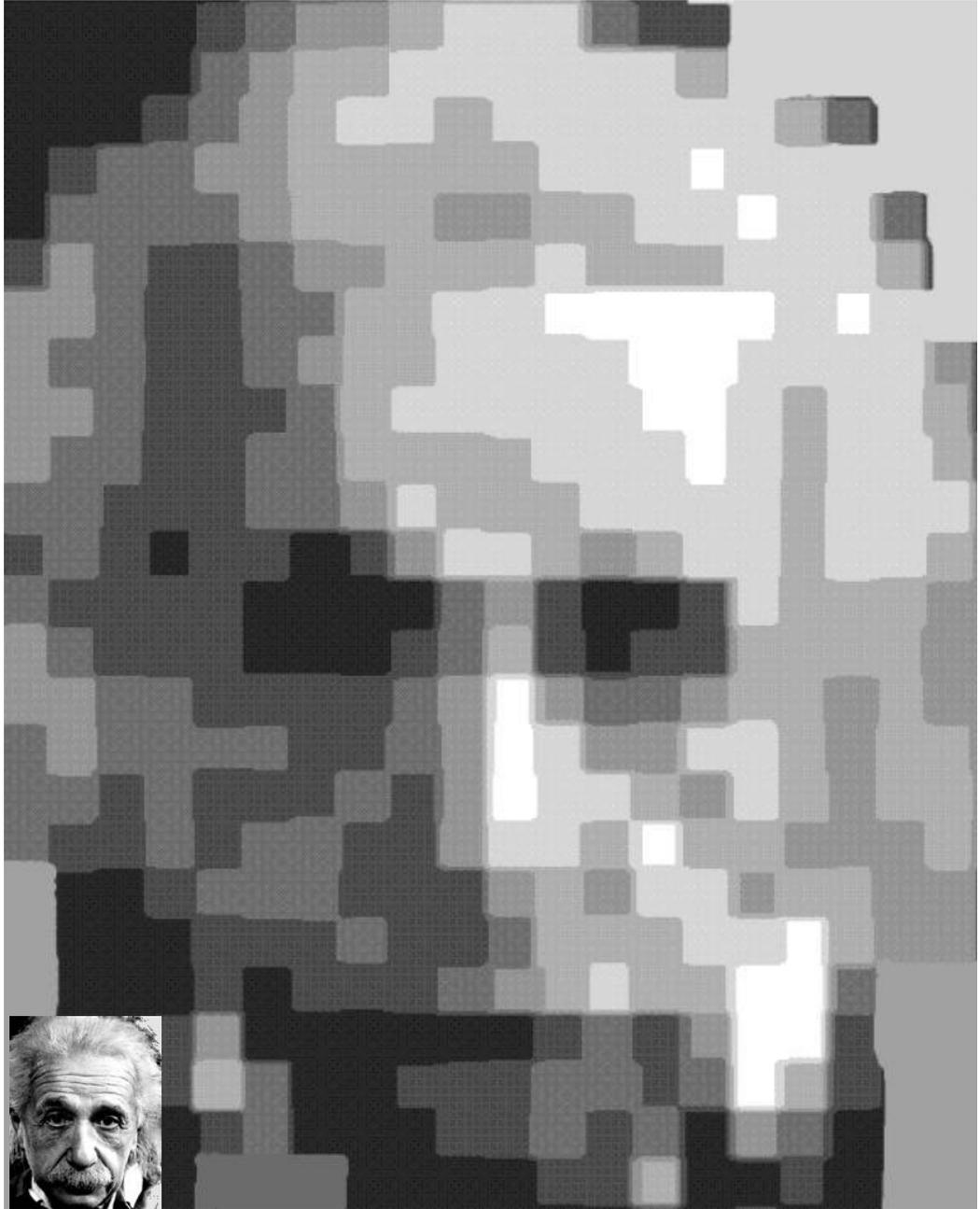


Abbildung 6: Mustererkennung. Betrachten Sie das Bild aus größerer Entfernung oder unscharf (z. B. ohne Brille oder mit zusammengekniffenen Augen). Dadurch tritt die Bedeutung der Einzelflächen zurück, die *Beziehungen zwischen ihnen* jedoch deutlicher hervor.

Auch wenn - wie fast immer - das vorhandene Wissen Lücken aufweist oder teilweise veraltet ist, bietet sich der Einsatz von Fuzzy Logic an, um noch zu einer fundierten Aussage über einen aktuellen oder künftigen Systemzustand zu gelangen: Aus sprachlich formulierten Sätzen und Regeln lässt sich eine mathematische Beschreibung gewinnen, die in Rechnersystemen genutzt werden kann - qualitative Beschreibungen lassen sich in Zahlen übersetzen. Mittels Fuzzy Logic können Systeme selbst dann noch sinnvoll gesteuert (bzw. geregelt) werden, wenn ein mathematischer Zusammenhang zwischen den Ein- und Ausgabegrößen eines Systems nicht hergestellt werden kann – oder nicht mit vertretbarem Aufwand (WIKIPEDIA (108)).

6.1.2 Anforderungen an das Modell

Ursprünglich von ökologischen Fragestellungen ausgehend, entwickelte VESTER (92) ein kybernetisches Modell (vgl. 5.6), das die folgenden Forderungen erfüllen sollte:

1. Das Modell muss die **reale kybernetische Vernetzung** des zu betrachtenden Systems, seiner Subsysteme und der Beziehungen zu seiner Umwelt aufzeigen.
2. Es darf keine theoretische Abhandlung entstehen, sondern ein verständliches, **praktisches Arbeitsinstrument** für den Anwender.
3. Dieses Arbeitsinstrument soll möglichst gleichzeitig **verschiedenen Anwendergruppen** dienen – nicht zuletzt, um auch dadurch wieder der realen Vernetzung zu entsprechen.
4. Zeitbedarf und Konsensfähigkeit von **Entscheidungsprozessen** müssen berücksichtigt werden.
5. Das Modell muss trotz seiner Ausrichtung auf ein im Einzelfall zu betrachtendes System **Allgemeingültigkeit** besitzen und in seinem Prinzip auf andere Systeme übertragbar sein.

„Wir müssen uns also eine Art Landkarte von der Wirklichkeit machen, die nicht nur zeigt, wo was ist, sondern auch, was wie aufeinander wirkt. Und darüberhinaus: wie stark es aufeinander einwirkt, mit welcher zeitlichen Verzögerung, wo ähnliche Wirkungen zu einer gemeinsamen zusammengefasst werden, wo Bereiche sind, die eine ausgleichende puffernde Wirkung haben oder solche, die äußerst empfindlich reagieren, also besonders kritisch sind“ (VESTER (94)).

Die hierdurch charakterisierte Empfindlichkeit für die Wirkungs-Eigenschaften der verschiedenen Systemelemente und –charakteristika führte zu der Bezeichnung *Sensitivitätsmodell* (VESTER und v.HESLER (102)).¹

Mittlerweile hat sich laut VESTER (96) gezeigt, dass dieser biokybernetische Ansatz – mit den jeweiligen Anpassungen an die Fragestellung – universell anwendbar ist. Er nennt Beispiele für den Einsatz des Modells in der strategischen Unternehmensplanung, in Projekten der Entwicklungshilfe, bei der Stadt-, Regional-, Umwelt- und Verkehrsplanung, im Versicherungs- und Risikomanagement, in der Sicherheitspolitik oder in der Kriminalistik.

6.1.3 **Biokybernetische Grundregeln**

In biologischen Systemen und in der gesamten Biosphäre gelten nach VESTER (95) die folgenden kybernetischen Grundregeln – „uralte Prinzipien, die gleichzeitig hochaktuell sind“. Sie finden sich in einzelnen Zellen, in vielzelligen Organismen, in Populationen von Lebewesen bis hin zu ganzen Ökosystemen. Sie bilden grundlegende Managementprinzipien für die Natur, eine „in ihrer Art einzigartige Superfabrik, die sich selbst steuert und reguliert“ (VESTER (94)).

6.1.3.1 *Regel 1*

Negative Rückkopplung muss über positive Rückkopplung dominieren

Positive Rückkopplung bringt die Dinge durch Selbstverstärkung in Gang und kann Entwicklungssprünge bewirken. Negative Rückkopplung sorgt für Stabilität gegenüber Störungen und Grenzüberschreitungen. Homöostase, d. h. Aufrechterhaltung des zum Überleben notwendigen Gesamtzustands des Organismus, ist ein Grunderfordernis lebensfähiger Systeme.

6.1.3.2 *Regel 2*

Die Systemfunktion muss unabhängig vom quantitativen Wachstum sein

Der Durchfluss an Energie und Materie in lebensfähigen Systemen ist langfristig konstant. Das verringert den Einfluss von Irreversibilitäten und das unkontrollierbare Überschreiten von Grenzwerten. Natürliche Systeme haben immer eine optimale Größe. Wenn ein System weiter wachsen und gleichzeitig überleben

¹ Nicht zu verwechseln mit einer Methode namens „Sensitivitätsanalyse“, bei der die Auswirkungen der Veränderung eines ausgewählten Parameters auf bestimmte Kennzahlen ermittelt werden.

will, muss es sich grundlegend verändern bzw. zu einem neuen System werden (Metamorphose, z. B. von der Raupe zum Schmetterling).

6.1.3.3 *Regel 3*

Das System muss funktionsorientiert und nicht produktorientiert arbeiten

Die Austauschbarkeit der Produkte und Methoden, mit denen eine bestimmte Nachfrage erfüllt wird, erhöht die Flexibilität und die Anpassung an die jeweiligen (ökonomischen, ökologischen usw.) Umweltbedingungen. Das System überlebt auch bei veränderter Nachfrage. Selbst so ‚primitive‘ Organismen wie Bakterien produzieren je nach Umweltbedingungen unterschiedliche Enzyme, um lebensfähig zu bleiben.

6.1.3.4 *Regel 4*

Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip

Fremdenergie wird genutzt, während eigene Energie vorwiegend als Steuerenergie dient: Bereits existierende Kräfte und Konstellationen werden mit geringem eigenem Aufwand im gewünschten Sinne umgelenkt. Die Selbstregulation wird gefördert. Natürliche Systeme arbeiten generell nach diesem Prinzip asiatischer Kampfsportarten. Das Prinzip der Prophylaxe statt nachträglicher Reparatur zielt in die gleiche Richtung: Solange Selbstreinigungs- und Selbstheilungskräfte ausreichend wirksam sind, erspart man sich aufwendige Therapien.

6.1.3.5 *Regel 5*

Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationsstrukturen

Charakteristisch für biologische Systeme sind Produkte und Prozesse, die nicht nur einem Zweck dienen, sondern gemeinsam mit anderen multifunktionell vernetzt sind. Die Blätter einer Pflanze sind z. B. nicht nur für die Photosynthese zuständig, sondern sie regeln auch den Feuchtigkeitsaustausch, den Flüssigkeitsstrom und damit den Nährstofftransport. Dies verringert den Energie-, Material- und Informationsaufwand und reduziert den Durchsatz.

6.1.3.6 *Regel 6*

Recycling: Nutzung von Kreisprozessen

Die Natur kennt keinen Abfall. In Kreisprozessen verschwindet der Unterschied zwischen Ausgangsstoff und Abfall (ähnlich wie in einem kybernetischen Re-

gelkreis Ursache und Wirkung ineinander übergehen): Abfallprodukte werden in den lebendigen Kreislauf der beteiligten Systeme wieder eingegliedert. Recycling in der Biosphäre beschränkt sich nicht auf isolierte Organismen, sondern findet im Austausch zwischen den Organismen statt: Was der eine nicht mehr brauchen kann, ist für den anderen ein Rohstoff.

6.1.3.7 *Regel 7*

Symbiose: Gegenseitige Nutzung von Verschiedenartigkeit durch Kopplung und Austausch

Unter Symbiose versteht man das enge Zusammenleben biologischer Arten zum gegenseitigen Nutzen. Dabei handelt es sich nicht um eine exotische Ausnahmeerscheinung, sondern um die Grundlage aller lebenden Systeme, die sich in vielfältigen Erscheinungsformen ausdrückt. So spielen etwa Mikroorganismen für die Nahrungsaufnahme von Pflanzen, Tieren und Menschen eine unverzichtbare Rolle. Symbiose begünstigt kleinräumige Abläufe, kurze Transportwege und Diversität. Sie verringert Energieverbrauch, Durchsatz und externe Dependenz. Sie erhöht stattdessen interne Dependenz und die damit verbundenen Kommunikations- und Kontrollfunktionen.

6.1.3.8 *Regel 8*

Befolgung eines biologischen Grunddesigns – organisatorische Bionik

Die achte biokybernetische Grundregel ermöglicht die Anwendung der übrigen sieben. Produkte, Verfahren und Organisationsformen werden in natürlichen Systemen in einer ständigen Feedback-Beziehung mit der Umwelt entwickelt (Koevolution, vgl. JANTSCH (44)). Entsprechend sollten alle von Menschen gemachten Produkte, Organisationen und Funktionen mit der menschlichen Biologie vereinbar sein und den Gesetzmäßigkeiten der Biosphäre entsprechen. Die Nutzung von ‚Erfindungen der Natur‘ durch den Menschen – *Bionik* – sollte sich damit nicht nur auf technische Umsetzungen beschränken, sondern auch und gerade von organisatorisch-funktionellen Qualitäten natürlicher Systeme profitieren.

6.1.3.9 *Allgemeingültigkeit*

Da die oben aufgeführten biokybernetischen Grundregeln im Prinzip für alle lebenden Systeme gelten, können sie als allgemeingültig aufgefasst und auf

alle Systeme angewandt werden, bei denen es auf *Lebensfähigkeit* (BEER (4)) ankommt. Die Erhaltung der eigenen Lebensfähigkeit ist, wenn man dem Ansatz des systemorientierten Managements folgt, die *conditio sine qua non* eines jeden Unternehmens (vgl. 5.4.3).

Diese Allgemeingültigkeit vereinfacht den Umgang mit komplexen Systemen wesentlich: Durch die Orientierung an der Biokybernetik lässt sich „bei jedem Planungsvorhaben bereits eine multifunktionale Übereinstimmung mit den Systemgesetzmäßigkeiten und damit eine besonders hohe Stabilisierungstendenz und somit Nachhaltigkeit erzielen“ (VESTER (95)). Auf diese Weise bieten die biokybernetischen Grundregeln einen allgemeinen Bezugsrahmen, um die Lebensfähigkeit (die „Gesundheit“) eines Systems zu beurteilen.

Gerade im Betriebssicherheitsmanagement ist die Anwendung der biokybernetischen Grundregeln also sinnvoll und logisch begründet.

6.2 Beschreibung der Methodik

VESTER (97) vergleicht die Vorgehensweise mit der Diagnose eines Patienten und der darauf aufbauenden Therapie (Abbildung 7). Die Erfassung aller Daten ist nicht in beliebiger Detailliertheit möglich (vgl. 5.2). Die Komplexität der Systemdaten muss auf einen überschaubaren und trotzdem systemrelevanten Satz von Einflussgrößen reduziert werden, so dass mit wenigen repräsentativen Schlüsselfaktoren weitergearbeitet werden kann. Ganz ähnlich wie bei der medizinischen Diagnostik ist das Verfahren rekursiv, d. h. es ermöglicht (und erfordert gegebenenfalls) die Aktualisierung oder Revidierung des gesamten Modells, wenn neue Erkenntnisse hinzukommen, die ursprüngliche Annahmen widerlegen oder modifizieren. Ziel ist es, ein beliebiges komplexes System in seiner Ganzheit zu erfassen (vgl. hierzu auch BEER (3)), um daraus nachhaltige Konzepte für dessen Therapie – oder im Sinne des Betriebssicherheitsmanagements für eine wirksame Vorbeugung – entwickeln zu können.

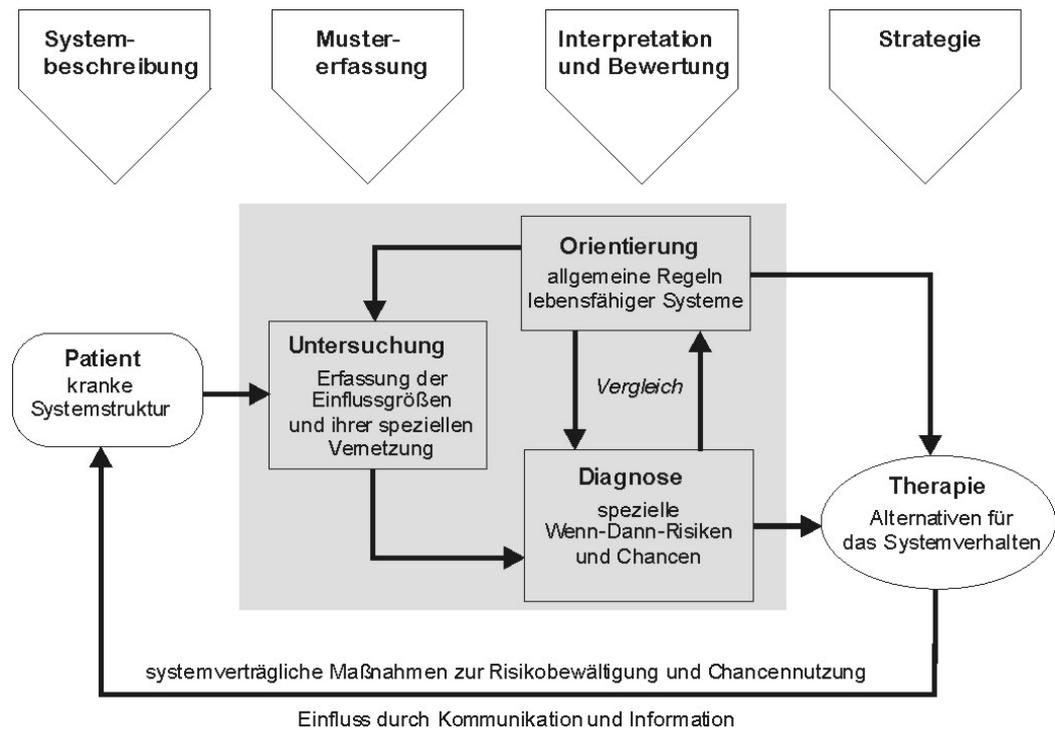


Abbildung 7: Diagnose-Therapie-Schema

6.2.1 Fragestellung

Auch die beste Diagnose-Klinik kann nicht „alles“ untersuchen. Jede Diagnostik beginnt mit einer Fragestellung, die sich aus den Beschwerden, Beobachtungen oder Sorgen des Patienten ergibt.

Die Anwendung des Sensitivitätsmodells im Betriebssicherheitsmanagement (wie auch bei jedem anderen Themenbereich) hat sich ebenfalls nach einer eingangs zu formulierenden Fragestellung zu richten. Aus ihr ergeben sich wesentliche Vorbedingungen und Annahmen für die Arbeitsschritte der Modellbildung, etwa zur Abgrenzung und Beschreibung des zu betrachtenden Systems, zum Kreis der betroffenen Personen und Stellen, zu Auswahl und Relevanz der Variablen usw.

6.2.1.1 Beispiele

So werden sich diese Arbeitsschritte inhaltlich unterscheiden, je nachdem ob es beispielsweise um die Modellierung der Gesamtrisiko-Situation eines Chemiebetriebs geht oder um die Fragestellung, wie mit Gefahrstoffen umgegangen werden soll, deren Verwendung unter Umständen technisch erforderlich ist.

Diese beiden Fälle werden im Folgenden wieder herangezogen, um bestimmte Arbeitsschritte zu illustrieren.

Es handelt sich dabei um reale Beispiele aus der Praxis, die hier zur Darstellung der wesentlichen Zusammenhänge vereinfacht und nur in Ausschnitten wiedergegeben werden. Sie vermitteln also nur ein sehr grobes Bild und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sollen jedoch die Vorgehensweise einer kybernetischen Systemanalyse veranschaulichen, bei der es nicht um eine deterministische Prognose geht, sondern um die Antizipation von Möglichkeiten im Sinne eines „Was-wäre-wenn“.

6.2.1.2 *Arbeitshypothesen*

Auch die beste Diagnose-Klinik kann nicht damit beginnen, einfach „irgendwas“ zu untersuchen. Nur wer eine Verdachtsdiagnose hat, kann Informationen sammeln, um den Verdacht zu bestätigen oder zu widerlegen. Der Informationsgewinn einer Untersuchung hängt davon ab, mit welcher Vorweg-Einschätzung (Arbeitshypothese) man beginnt. Diese kann auf bereits vorhandenen Informationen oder nur auf reinen Annahmen beruhen, ist jedoch unerlässlich. Denn ohne Arbeitshypothese fehlt den Untersuchungsergebnissen der Bezug, so dass sie nur willkürlich oder gar nicht beurteilt werden können: Ein unauffälliger Lungenbefund sagt nichts aus, solange er nicht in Relation zu einer Verdachtsdiagnose gesetzt wird. Ein Erkenntnisgewinn (der zu Entscheidungen führt) besteht in der Korrektur eines ursprünglichen Standpunktes auf Grund von Information. Dies setzt natürlich die Bereitschaft voraus, den ursprünglichen Standpunkt korrigieren oder modifizieren zu wollen, denn ein starres Festhalten an der einmal gefassten Meinung führt genauso wenig zu einem Informationsertrag wie deren initiales Fehlen (BAYES (1), mit den Erläuterungen von BECK-BORNHOLDT und DUBBEN (2)).

6.2.1.3 *Kybernetisches Modell*

Hier zeigt sich eine besondere Stärke des kybernetischen Modells: In jeder einzelnen Phase der Modellbildung sollen neu gewonnene Informationen bewusst als Korrektiv auf alle Teile des Modells zurückwirken, so dass diese ergänzt und verbessert werden können. Unter Umständen kann dies sogar bedeuten, dass die ursprüngliche Fragestellung modifiziert oder erweitert werden muss.

6.2.2 **Systembeschreibung**

Die erste Systemerfassung soll sich weniger auf die genaue Definition irgendeines Problems richten, sondern vielmehr darauf, wie das System – im Großen und Ganzen – aussieht, in welches das betreffende Problem eingebettet ist. So kann einer vorschnellen Einengung der Sichtweise und einigen weiteren Fehlern, die beim Umgang mit komplexen Systemen häufig vorkommen, von Anfang an vorgebeugt werden (vgl. 4.6).

6.2.2.1 *Systemgrenzen*

Häufig stellt sich die Frage nach der Größe und Begrenzung des zu untersuchenden Systems (vgl. 4.2). Da jedes komplexe System Teil eines größeren, umfassenden Systems ist, andererseits aber auch selbst aus Subsystemen besteht, können die Systemgrenzen nie ‚objektiv‘ gezogen werden. VESTER (98) schlägt eine Abgrenzung entlang der „Minima bereichsüberschreitender Flüsse“ vor: Sie sollte diejenigen Bereiche am ehesten trennen, zwischen denen die wenigsten Materie-, Energie- oder Informationsflüsse verlaufen.

Dies ist jedoch nicht immer möglich, so dass räumliche, kommunikative und funktionale Kriterien im Kontext von Fragestellung und Arbeitshypothesen gefunden werden müssen (VESTER und v.HESLER (102)).

6.2.2.2 *Teambildung*

Das für die Bewältigung von Risiken – angesichts der Komplexität heutiger Probleme – notwendige Wissen dürfte in der Regel kaum bei einzelnen Personen vorhanden sein. Erforderlich ist also die Bildung eines Projektteams aus Experten, Entscheidungsträgern und Betroffenen (zu Aspekten der Gruppenarbeit vgl. auch 6.2.8).

6.2.2.3 *Beteiligung*

Die Systemerfassung beginnt mit einem Brainstorming möglichst aller Betroffenen, bei dem deren Meinungen, Wünsche, Vorstellungen und Gedanken im Hinblick auf das zu behandelnde Thema erfragt und festgehalten werden. Die anwesenden Fachleute und Entscheidungsträger sind gleichberechtigt und gezwungen, sich für die anderen Teilnehmer verständlich auszudrücken.

Diese zunächst vielleicht unökonomisch erscheinende, von einer starken Gruppendynamik geprägte Verfahrensweise beugt internen politischen Problemen, unterschwellig wirksamen Widerständen und unerkannten Interessenkonflikten

vor, die sonst erfahrungsgemäß Lösungen hartnäckig verhindern können (vgl. v. ROSENSTIEL (88)). Dieser Arbeitsschritt stellt insofern selbst bereits einen Teil der Lösung dar. Der Zeitbedarf für dieses Brainstorming beträgt erfahrungsgemäß ein bis zwei Stunden (VESTER (98)).

6.2.2.4 *Ergänzung durch disziplinäres Wissen*

Eine zweite Runde, mit Personen aus unterschiedlichen Wissensdisziplinen besetzt, die das System gut kennen, widmet sich einer mehr ins Detail gehenden Systembeschreibung, die dann auch Zahlen, Daten und Fakten, Berichte, Bilanzen usw. mit einbezieht, um das entstehende Systemmodell zu untermauern oder zu modifizieren.

Die Richtlinie VDI 4060 (91) zur Einführung integrierter Managementsysteme verweist hinsichtlich der Bestandsaufnahme zum Beispiel auf die Umweltprüfung nach EMAS, die Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz und Betriebssicherheitsverordnung, sowie die Bestandsaufnahme nach DIN EN ISO 9001. Dazu kommen Beschreibungen der unternehmerischen Tätigkeiten, Erfassung relevanter Dokumente, Darstellungen von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten usw. (vgl. auch 3.3.4 und Kapitel 7).

6.2.2.5 *Visualisierung*

Bei entsprechender Moderation und eventueller Nachbearbeitung resultiert ein in der Dokumentation aller Ideen, Einwände und Vorschläge entstandenes Bild, das am besten auch bildhaft erfasst werden sollte. Die Visualisierung trägt dazu bei, in Wirkungsnetzen zu denken und unterstützt die Mediation divergierender Interessen.

Beispiele mit unterschiedlichen Betrachtungsebenen zeigen

- Abbildung 8: Chemiebetrieb, Skizze wichtiger Systemelemente im Hinblick auf betriebliche Risiken aller Art. Die Skizze beruht auf einem realen Vorbild und stellte eine erste Ideensammlung dar – noch ohne jegliche explizit eingezeichnete Wirkungsbeziehungen. Die bildhafte Darstellung regt jedoch beim Betrachter die Assoziation von Wirkungszusammenhängen an.
- Abbildung 9: Erste Erfassung eines Systemausschnitts mit der Fragestellung, wie Mitarbeiter beim Umgang mit gesundheitsschädlichen Gefahrstoffen am besten geschützt werden können. In diesem Beispiel aus der Praxis

müssen bestimmte Teile eines Produkts mit einer temperaturbeständigen Auskleidung versehen werden. Teilweise widersprüchliche technische, ökonomische, gesundheitliche und soziale Anforderungen müssen bei der Planung und Durchführung der Produktprozesse berücksichtigt werden, und letzten Endes müssen alle Beteiligten die getroffenen Entscheidungen und Regelungen mittragen.

6.2.2.6 *Sich selbst verbessernde Methode*

Die Dokumentation der Systembeschreibung muss stets offen und ergänzungsfähig im Hinblick auf Erkenntnisse bleiben, die eventuell erst viel später im Verlauf des Verfahrens gewonnen werden. Hier wird die rekursive und iterative Arbeitsweise deutlich, die charakteristisch für das kybernetische Modell ist: Zu Beginn ist keine vollständig detaillierte Systembeschreibung notwendig, es genügt eine teilweise noch grobe Darstellung (vgl. 6.1.1). Denn die Ergebnisse späterer Arbeitsschritte wirken als Korrektiv auf die Ausgangsannahmen zurück und führen so zur kontinuierlichen Verbesserung des gesamten Systembilds. Das heißt, die Methode beschäftigt sich nicht nur mit Kybernetik, sondern sie funktioniert auch selbst kybernetisch.

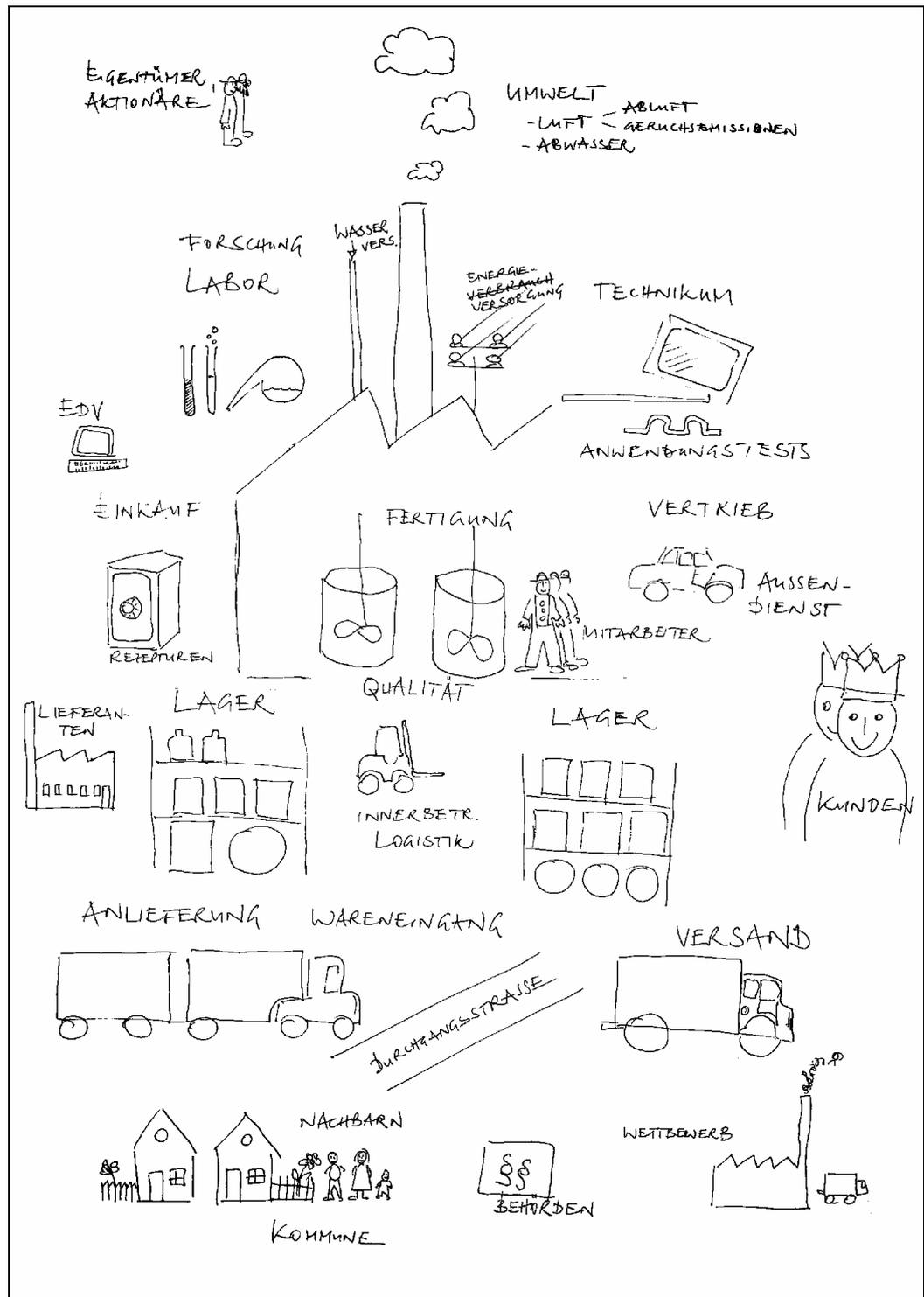


Abbildung 8: Erste Visualisierung von Systemelementen am Beispiel eines Chemiebetriebs. Die weiteren Arbeitsschritte müssen zeigen, ob noch einige Aspekte fehlen oder unvollständig sind. Die bildliche Darstellung unterstützt auch ohne explizite Wirkungspfeile schon das Denken der Teilnehmer in Wirkungsgefügen und Wechselbeziehungen.

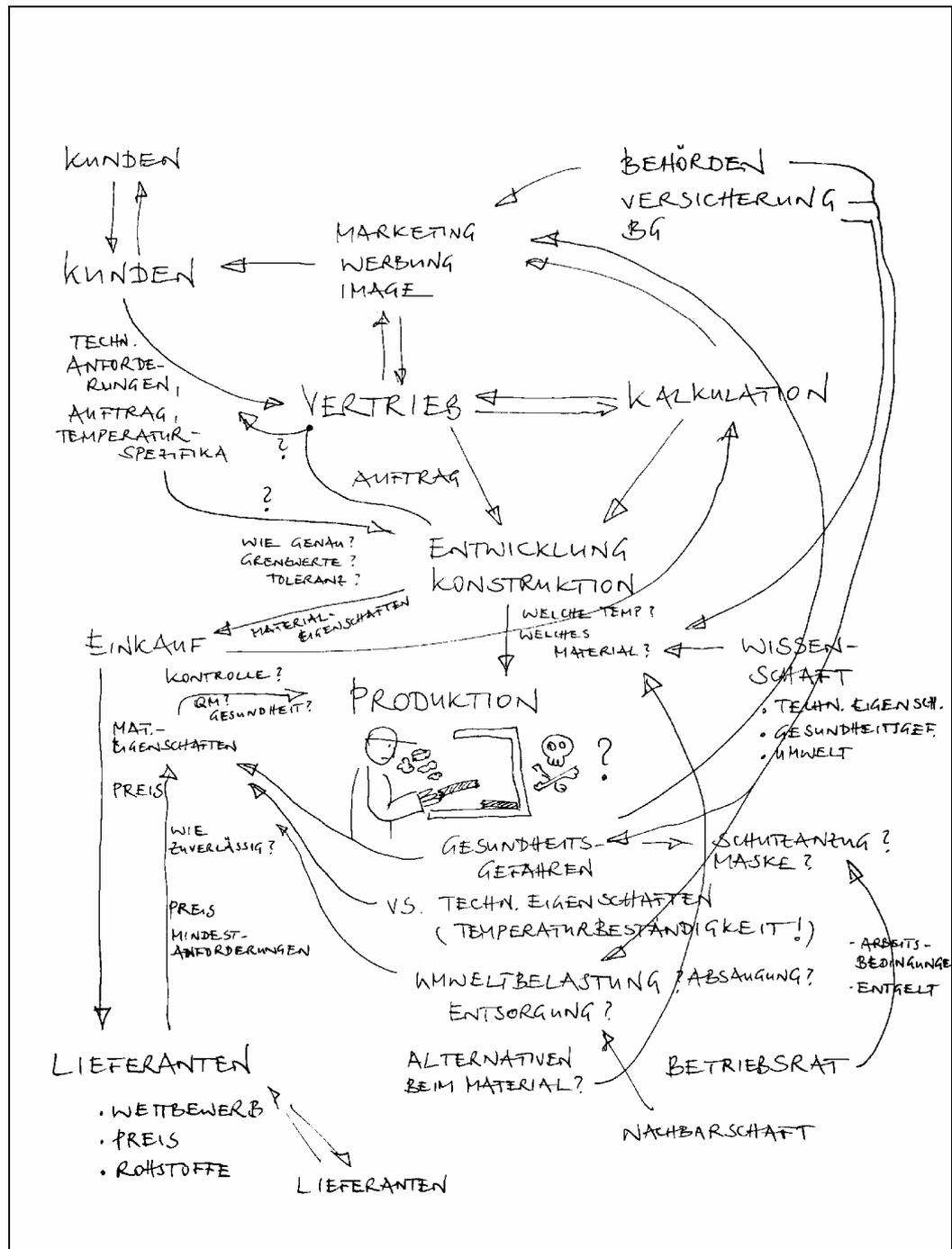


Abbildung 9: Systembild zum Schutz vor Gesundheitsschäden durch Gefahrstoffe. In diesem Beispiel aus der Praxis müssen bestimmte Teile eines Produkts mit einer temperaturbeständigen Auskleidung versehen werden. Besonders hoch temperaturbeständige Auskleidungsmaterialien sind jedoch stark gesundheitsschädlich. In den folgenden Arbeitsschritten müssen die Systemelemente auf Vollständigkeit geprüft und die Wirkungsbeziehungen weiter ausgearbeitet werden.

6.2.3 Erfassung der Einflussgrößen

Um ein aussagefähiges kybernetisches Modell des Unternehmens (oder eines seiner Subsysteme) zu erhalten, muss die Fülle denkbarer und erfassbarer Daten auf einen sowohl systemrelevanten als auch überschaubaren Variablensatz reduziert werden.

Dies gilt für die Erfassung „kleiner wie auch größerer komplexer Systeme, handle es sich um eine Fabrik, eine Unternehmung, eine Gemeinde oder ein Ökosystem. Auch bei großen Systemen gibt es jeweils ein ‚Gesicht‘. Und auch hier ist es prinzipiell möglich, dieses Gesicht zu erkennen, und zwar selbst dann ohne Verfälschung, wenn die sonst unübersehbare Zahl der beteiligten Komponenten lediglich durch wenige Schlüsselvariablen repräsentiert ist“ (VESTER (99)).

6.2.3.1 *Nutzung bereits vorhandener Daten*

Für jeden zu untersuchenden Betrieb liegen bereits unterschiedliche Daten vor. Der Ansatz des kybernetischen Modells geht davon aus, dass generell zunächst diese vorhandenen Daten genutzt werden sollen. Denn die Datenbeschaffung ist immer mit einem hohen Aufwand verbunden, nimmt oft unverhältnismäßig viel Zeit in Anspruch und erreicht dennoch nicht die Vollständigkeit und Aktualität, wie sie für die Anwendung deterministischer Modelle erforderlich wäre.

6.2.3.2 *Anforderungen bei der Definition von Variablen*

Die im Modell zu verwendenden Variablen müssen folgenden Kriterien genügen, um ihre Aufgabe zu erfüllen (VESTER und v.HESLER (103), GRÜNIG (35)):

- Variablen sind veränderliche Einflussgrößen, aus deren Wechselwirkungen die Kybernetik des Systems, also das Beziehungsgefüge und die Dynamik von positiven und negativen Rückkopplungen ermittelt werden können.
- Variablennamen sind Kurzbegriffe, hinter denen sich ein komplexer Sachverhalt verbergen kann. Inhalt und Bedeutung einer Variablen müssen also beschrieben werden, damit eine Verständigung innerhalb des Teams und nach außen möglich ist. Dabei sollte der Grad der Ungenauigkeit der Variablen und ihrer qualitativen Aussage erkennbar sein.
- Variablen sollten möglichst schon vorhanden oder wenigstens leicht erhebbar sein.

- Variablen sollten direkt oder indirekt durch Maßnahmen beeinflussbar sein.
- Eine Variable muss so formuliert werden, dass sie quantitative oder qualitative Veränderungen ausdrücken, d. h. dass sie Werte auf einer Skala annehmen (z. B. 3,8) oder mit Adjektiven beschrieben werden kann (z. B. *besser*, *abnehmend* etc.). Zur Beschreibung der Variablen sollte ein Indikator gehören, der den Zustand sprachlich charakterisierter Variablen quantifiziert (vgl. 6.1.1). Eine Variable kann also beispielsweise nicht *Kantine* heißen, sondern die Bezeichnung könnte *Nutzung der Kantine* lauten. Ein entsprechender Indikator wäre dann die *Zahl der ausgegebenen Essen pro Zeiteinheit*.
- Variablen sollten Aussagen über die Lebensfähigkeit des Systems ermöglichen, d. h. Anbindungsmöglichkeiten an die acht biokybernetischen Grundregeln aufweisen.
- Die Variablen sollen möglichst mit anderen Variablen oder mit festen Systemgrößen („Konditionsgitter“) zu sinnvollen aggregierten Größen kombinierbar sein.
- Das optimale Aggregationsniveau, d. h. die Zusammenfassung oder Untergliederung von Variablen, zeigt sich erst im Verlauf der Modellierung. Es muss iterativ angepasst werden. Manche Variablen können direkt aus der ersten Systembeschreibung übernommen werden. Andere sind Sammelbegriffe und müssen in mehrere Variablen untergliedert werden. Wieder andere müssen, soweit sie inhaltlich zusammengehören, zu einer einzigen Variablen aggregiert werden.

6.2.4 Prüfung auf Systemrelevanz

6.2.4.1 Kriterien

Aus der Untersuchung urbaner Ökosysteme leiten VESTER und v.HESLER (101) eine Liste neutraler Variablen her, die sich auf sieben „Lebensbereiche“ verteilen. Dazu kommen weitere Kategorien im Hinblick auf Art, räumlich-zeitliche Dynamik und Systembeziehungen von Variablen. Alle zusammen bilden einen Satz von Kriterien, denen jeder für ein beliebiges System relevante Variablensatz insgesamt entsprechen sollte.

GRÜNIG (36) zeigt Parallelen zwischen dieser empirisch-ökologisch begründeten Kriterienmatrix und den technologischen, ökonomischen und sozialen Gestaltungsebenen des St. Galler Management-Modells von ULRICH und KRIEG

(86). Die ursprünglich von VESTER und v.HESLER (101) gewählten Bezeichnungen der Lebensbereiche wurden von VESTER (99) bei der Weiterentwicklung des Modells zu Gunsten einer besseren Allgemeingültigkeit und -verständlichkeit angepasst. Den Begriff Kommunikation verwendet er dabei im Sinne eines sowohl materiellen als auch immateriellen Austauschs.

Tabelle 9: Kriterien zur Prüfung von Variablen auf Systemrelevanz

	7 Lebensbereiche und Grundfragen	Beispiele für das System <i>Unternehmen</i> in seiner Umwelt
1	Die Beteiligten „Wer ist alles da?“	Kunden, Besucher, Aufsichtsrat, Mitarbeiter, Management, Hilfskräfte, Aktionäre und Kapitalgeber, Betriebsrat, Lieferanten, Konkurrenten, Behörden, Bevölkerung, Interessenverbände
2	Die Tätigkeiten „Was machen die?“	Umsatz und Ertrag, Arbeitsprozesse, Produktion, Dienstleistung, Einkauf, Verkauf, Investitionen, Personaleinsatz, Steuerzahlungen, Kapitalrendite
3	Der Raum „Was passiert wo?“	Verteilung und Größe der Arbeitsstätten, Lagerhaltung, Entfernungen, Flächennutzung, Siedlungsstruktur, Boden, Gewässer
4	Das Befinden „Wie fühlen die sich dabei?“	Leistungsfähigkeit und -bereitschaft, Wettbewerb, Ideen, Kreativität, Krankenstand, Fehlzeiten, Überforderung, Unterforderung, Entwicklungsmöglichkeiten, Humanökologie, Qualifikation, Sicherheit, Soziale Bindungen, Gruppenzugehörigkeit
5	Die Umweltbeziehung „Wie funktioniert der Ressourcenhaushalt?“	Rohstoff-, Energie- und Wasserverbrauch, Recycling, Abfälle, Abgase, Standort-, Produkt- und Prozessbilanzen, Einkauf, Naturereignisse
6	Die inneren Abläufe „Welche Kommunikationswege bestehen?“	Materiell: Transport, Verkehrswege und -mittel, Infrastruktur Immateriell: Kommunikation, Informationsverarbeitung, Telekommunikation
7	Die innere Ordnung „Wie ist das geregelt?“	Management, Struktur, Gesellschaftsform, Betriebsordnung, Gehälter, Unternehmenskultur, Vereinbarungen, Strategie

	Physikalische Grundkriterien	
8	Materie	Variablen, die vorwiegend materiellen Charakter haben (z. B. Gebäude, Rohstoffe, Maschinen, Menschen, Produkte, Fahrzeuge)
9	Energie	Variablen, die vorwiegend Energiecharakter haben (z. B. Stromverbrauch, Arbeitskräfte, Energieträger, Finanzkraft, Entscheidungsgewalt)
10	Information	Variablen, die vorwiegend Informations- und Kommunikationscharakter haben (z. B. Medien, Entscheidungen, Schulung, Unterweisung, Anordnungen, Wahrnehmung, Akzeptanz, Attraktivität)

	Fluss und Struktur	
11	Flussgröße	Variablen, die vorwiegend den Fluss von Materie, Energie oder Information ausdrücken (z. B. Stromverbrauch, Verkehr, Personalfluktuations, Anweisungen, Attraktivität)
12	Strukturgröße	Variablen, die mehr struktur- als flussbestimmend sind (z. B. Mitarbeiterzahl, Raumgrößen, Leistung von Maschinen, Qualifikation, Stellenbeschreibungen, geografische Lage, Landeskultur)

	Art der Dynamik	
13	Zeitliche Dynamik	Variablen, die sich am gleichen Ort mit der Zeit verändern oder denen eine zeitliche Dynamik innewohnt (z. B. Auslastung, Lagerbestände, Schichtpläne, Ergebnisse von Betriebsprüfungen)
14	Räumliche Dynamik	Variablen, die zu gegebener Zeit von Ort zu Ort verschieden sind (z. B. Materialmenge, Produktionswert, Zahl der Mitarbeiter pro Baustelle)

	Systembeziehungen	
15	Input	Variablen, die auf das System von außen einwirken (z. B. Niederschläge, Marktverhältnisse, Aufträge, Arbeitsmarkt, Gesetze, Währungsrelationen, Subventionen)
16	Output	Variablen, die sich auf umgebende Systeme auswirken (z. B. Kundenzufriedenheit, Abwasser, Pendler, Attraktivität als Arbeitgeber, Steuern, Abluft, Werbung, Unternehmensimage)
17	Von innen steuerbar	Variablen, die durch Entscheidungsprozesse steuerbar sind, die innerhalb des betrachteten Systems stattfinden. Sie sind unter anderem ein Maß für die Autarkie des Systems.
18	Von außerhalb steuerbar	Variablen, die Entscheidungsprozessen unterliegen, die außerhalb des betrachteten Systems stattfinden. Sie sind unter anderem ein Maß für die Dependenz des Systems.

6.2.4.2 *Anwendung der Kriterienmatrix*

Um zu prüfen, ob der zu verwendende Variablensatz alle Grundaspekte des Systems enthält, die zur realitätsnahen Modellierung notwendig sind, wird jede einzelne Variable im Hinblick darauf bewertet, welche Kriterien sie erfüllt. Dies wird in einer Matrix erfasst. Anhand dieser Bewertung können Lücken, Fehler und Redundanz entdeckt werden. Der Variablensatz wird so lange überarbeitet, bis er sämtliche Aspekte und Kriterien, die zur Abbildung der Realität im Modell notwendig sind, einigermaßen ausgewogen wiedergibt. Zur Erfassung eines Systems müssen alle 18 Kriterien berücksichtigt werden.

Anhand der Kriterienmatrix kann der Variablensatz einerseits um evtl. übersehene Aspekte ergänzt werden, andererseits sollte er nicht mehr Variablen enthalten, als für die Beschreibung des Systems und die Fragestellung unbedingt notwendig sind – er ist also auch auf dieses Maß zu reduzieren.

	Lebensbereiche							Phys. Kateg.			Dynam. Kateg.			Systembez.				
	Beteiligte	Tätigkeiten	Raum	Befinden	Umweltbeziehung	innere Abläufe	innere Ordnung	Materie	Energie	Information	Flussgröße	Strukturgröße	zeitliche Dynamik	räumliche Dynamik	Input	Output	von innen steuerbar	von außen steuerbar
Kundenzufriedenheit	●			●	○				●	●		●			●	○	○	
Unternehmensimage bei Anwohnern	○		○	●	○				●	●		●			●	○	○	
Unfallzahlen		●				●	●	○	○	○	●		○	○	●	●	●	
Abluft, Geruchsemissionen			○		●		●	○		●		●			●	●		
Abwasser, Wassergefährdung			○		●		●	○		●		●			●	●		
EDV-Verfügbarkeit und -Sicherheit	○					●	●	●	●	●		○	○		○		○	○
Schutz von Betriebsgeheimnissen		●	○	○		●	●	○		●	●	○					●	
Sauberkeit der Produktionsstätten			●		○	●	●	○		○	○	○		○			●	
Gesundheit der Mitarbeiter	●	○		●				○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
Verkaufserfolg, Umsatz, Erlös	●	●				●	●	○	○	○	●		○	○	○	○	○	○
Verlässlichkeit von Lieferanten	●	●		●	○		●		○		●	●		●				●
Lagerbestände			●		○	●	●				○	○	○				○	○
Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter	●	●		●		○	○		●	●	○	○	○		●	○	○	
Kontrolle über Gefahrstoffe		●	●		●	●	●		●	○	○	○	○		○	○	○	○
Konflikte mit Durchgangsverkehr	●	●	●		○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
Kontrolltätigkeit von Behörden	●	●				○	○			●	●	●		●				●
Strom-, Energieverbrauch					●				●		●		●				●	○
Brandlasten			●		●		●				●		●		●	○	○	
Investitionen		●			○		●				●		●		●	●	●	○
Einhalten von Anweisungen		●		●		●	●		○	●	●		○	○	○		●	
Zahl der Verbesserungsvorschläge		●	●			●	●		○	●	○		○	○	○	○	○	○
Produktionskapazität	○		○	○		○	●	●	●	●	●		●	○		●	●	
Summe:	8,5	11,5	7,5	8,0	8,5	11,5	11,0	13,5	7,5	12,5	14,5	7,5	13,5	7,0	5,5	12,0	15,0	7,5

Abbildung 10: Kriterienmatrix am Beispiel „Chemiebetrieb“. Der vorläufige Variablensatz ist anhand dieser Bewertung zu modifizieren und zu ergänzen (● = voll zutreffend, ○ = teilweise zutreffend, halber Punkt).

6.2.4.3 Beispiel

Das in Abbildung 10 wiedergegebene Praxisbeispiel zeigt Hinweise auf möglicherweise redundante Variablen (etwa ‚Abluft‘ und ‚Abwasser‘), die vielleicht stärker aggregiert werden können. Die Punktzahlen weisen unter anderem auf eine zu geringe Berücksichtigung der Input-Größen (5,5 Punkte), vermutlich also auch der Dependenz des Systems hin. Eine solche tendenzielle Unterschätzung der Abhängigkeit des Betriebs von äußeren Einflüssen muss im Zuge der weiteren Bearbeitung geprüft und korrigiert werden.

6.2.5 Größe des Variablensatzes

Um die Grundeigenschaften eines komplexen Systems abzubilden, müssen alle sieben Lebensbereiche jeweils mit den drei Kategorien Materie, Energie und Information im Variablensatz vertreten sein. Dazu kommen die Aspekte Struktur und Fluss, so dass sich eine Zahl von $7 \times 3 \times 2 = 42$ Variablen ergeben würde. Die übrigen Kategorien der Kriterienmatrix, also die Nummern 13 bis 18 der

Tabelle 9, müssen nicht in Gestalt eigener Variablen vertreten sein, sondern dienen vor allem auch zur Hinterfragung der Einflussgrößen, der besseren Variablenbeschreibung und dem Ersatz von unzureichend erscheinenden Variablen durch besser geeignete.

„Da eine Variable aber oft mehrere Kriterien der gleichen Kategorie abdeckt – zum Beispiel die Variable ‚Motivierte Mitarbeiter‘ neben der Ebene der Beteiligten (‚wer ist alles da‘) auch die Ebene der Tätigkeiten (‚was machen die‘) sowie des Befindens (‚motiviert‘) – kommt man meistens mit weniger als 42 Variablen aus. Je nach ‚Vielseitigkeit‘ der verwendeten Variablen wird also die ideale Anzahl zwischen 20 und 40, bei einigen Systemen auch unter 20 liegen. Je ‚vielseitiger‘ eine Variable ist, desto stärker ist sie auch aggregiert. Dieses Prinzip konsequent angewendet würde man mit einer noch weit geringeren Gesamtzahl an Variablen auskommen, dadurch jedoch schnell auf einer sehr hohen Betrachtungsebene landen, deren Aussagen über das System dann zu allgemein werden“ (VESTER (99)).

6.2.6 Übersichtlichkeit und gemeinsame Sprache

Da in allen folgenden Schritten mit diesem Variablensatz gearbeitet wird, empfiehlt VESTER (99) im Sinne der erwähnten rekursiven Arbeitsweise eine gelegentliche Überprüfung der Variablendefinition: „Diese ist unseren Erfahrungen nach desto zutreffender, je mehr unterschiedliche Auffassungen mit dieser Definition abgeklärt werden können. Ein von den Anwendern häufig beobachteter Nebeneffekt ist der, dass die Projektgruppe auf diese Weise zu einer gemeinsamen Sprache findet und eine genauere Vorstellung davon bekommt, was die Anderen mit den von ihnen verwendeten Begriffen sagen wollen.“

6.2.7 Hinterfragung der Wechselwirkungen

Das eigentliche Ziel der Modellbildung besteht in der Analyse der Wirkungen der einzelnen Systemkomponenten im Zusammenhang. Welche Rolle ein Element in dem betrachteten System spielt, erschließt sich nicht aus seiner Beschreibung oder Quantifizierung, sondern nur aus der Gesamtheit seiner Wechselwirkungen mit allen anderen Elementen (und deren Wechselwirkungen untereinander).

Zur Abschätzung der Einflüsse jeder Variablen auf jede andere verwendet VESTER (99) eine Einflussmatrix, in der die Variablen einander gegenübergestellt werden: „Die Fragestellung lautet immer: Wenn ich Element A verändere,

wie stark verändert sich dann – ganz gleich in welche Richtung – durch direkte Einwirkung von A das Element B?“ Im direkten Vergleich wird ermittelt, welchen Einfluss ein Faktor auf einen anderen Faktor besitzt. Die Stärke der Beziehungen wird dabei mit Zahlen zwischen 0 und 3 bewertet.

- Eine starke, überproportionale Beziehung wird durch den Wert 3 gekennzeichnet.
- Eine mittlere, ungefähr proportionale Beziehung erhält den Wert 2.
- Eine schwache Beziehung erhält nur 1 Punkt.
- Sehr schwache, mit großer Verzögerung stattfindende oder gar nicht vorhandene Wirkungen erhalten den Wert 0 (keine Beziehung).

Nur die direkten Wirkungen (die nicht erst über andere Komponenten vermittelt werden) sollen berücksichtigt werden. Anhand der vergebenen Wertung können jeweils die Aktiv- und die Passivwirkungen eingeschätzt werden: Je nach Aufbau der Einflussmatrix ergeben sich aus den Zeilen- und Spaltensummen Aussagen darüber, wie stark eine Variable auf den Rest des Systems einwirkt, und wie empfindlich die Variable auf Veränderungen des Systems reagiert.

6.2.7.1 *Beispiel*

Eine bereits oben geschilderte Fragestellung lautete, wie Mitarbeiter am besten vor Gefahrstoffen zu schützen sind, deren Einsatz unter Umständen technisch erforderlich ist (Abbildung 9). Teilweise widersprüchliche Anforderungen müssen berücksichtigt werden, und letzten Endes müssen alle Beteiligten die getroffenen Entscheidungen mittragen. Abbildung 11 zeigt eine dazu passende, hier auf acht Variablen gekürzte Einflussmatrix, um diesen Arbeitsschritt zu demonstrieren.

6.2.9 Ermittlung der Einflussstärken

Mit den Summen aus der Einflussmatrix in Abbildung 11 lässt sich visuell leichter erfassbar darstellen, welche Variablen am stärksten auf das System einwirken und welche am stärksten reagieren.

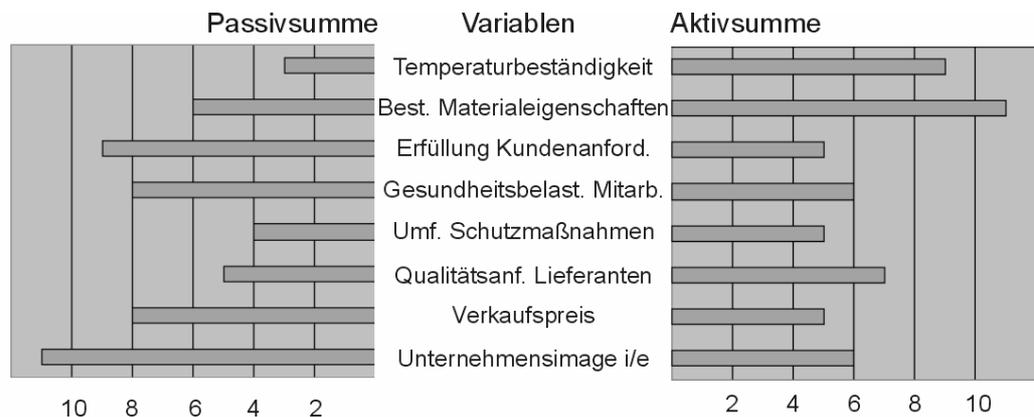


Abbildung 12: Visualisierung der Werte aus Abbildung 11.

6.2.10 Bestimmung der Rollen im System

Um zu ermitteln, welche Handlungsoptionen sich in dem betrachteten System bieten, reicht die alleinige Kenntnis der Aktiv- und Passivsummen jedoch nicht aus. Wenn zum Beispiel eine Komponente zwar einen starken Einfluss auf das System hat, jedoch ihrerseits erheblich von anderen Komponenten beeinflusst wird, eignet sie sich nicht als Ansatz für steuernde Eingriffe. Deshalb führt VESTER (99) zwei weitere Begriffspaare – Einflussindices – ein:

- Der Quotient aus Aktiv- und Passivsumme (Q-Wert) erlaubt eine Aussage darüber, ob die Variable einen **aktiven** Charakter hat und damit als Steuerungshebel geeignet sein könnte, oder ob sie sich eher **reaktiv** verhält.
- Wie stark sich steuernde Eingriffe auswirken, hängt von der Intensität ab, mit der eine Variable am Systemgeschehen überhaupt teilnimmt. Unabhängig davon, ob dies mehr aktiv oder reaktiv geschieht, drückt sich das Maß der Teilnahme im Produkt der Aktiv- und Passivsumme (P-Wert) aus. So lassen sich **kritische** Variablen (die sich bei jeder Veränderung im System mit großer „Lautstärke“ äußern) von trägen oder **puffernden** („leisen“) unterscheiden.

	aktiv ↔ reaktiv	kritisch ↔ träge
	Q-Wert = AS/PS x 100	P-Wert = AS x PS
Temperaturbeständigkeit	300	27
Bestimmte Materialeigenschaften	183	66
Erfüllung Kundenanforderungen	56	45
Gesundheitsbelastung Mitarbeiter	75	48
Umfang Schutzmaßnahmen	125	20
Qualitätsanforderungen Lieferanten	140	35
Verkaufspreis	63	40
Unternehmensimage intern/extern	55	66

Abbildung 13: Einflussindices zur Bestimmung der Rollen, die einzelne Variablen im System spielen. Je höher die jeweiligen Werte sind, desto aktiver bzw. kritischer ist die Variable einzustufen.

Mit Hilfe der Einflussindices zeichnet sich deutlicher ab

- welche Elemente für die Stabilität des Systems besonders bedeutsam sind
- welche Elemente das System gefährden können
- mit welchen Maßnahmen nur Symptomkosmetik betrieben würde
- welche Elemente dem System eine gewisse Trägheit verleihen und damit vielleicht auch eine nützliche Pufferwirkung gegenüber Schwankungen.

Die Rollenverteilung der Variablen wird sehr anschaulich, wenn man sie in einem Diagramm darstellt, in dem die Passivsummen auf der Abszisse und die Aktivsummen auf der Ordinate angegeben werden (Abbildung 14). Die strahlenförmigen Linien deuten die Übergänge von hoch aktiv bis stark reaktiv an, entsprechend den Q-Werten der Einflussindices. Die hyperbelförmigen Linien markieren Zonen von sehr träge (stark puffernd) bis hoch kritisch, entsprechend den P-Werten der Einflussindices.

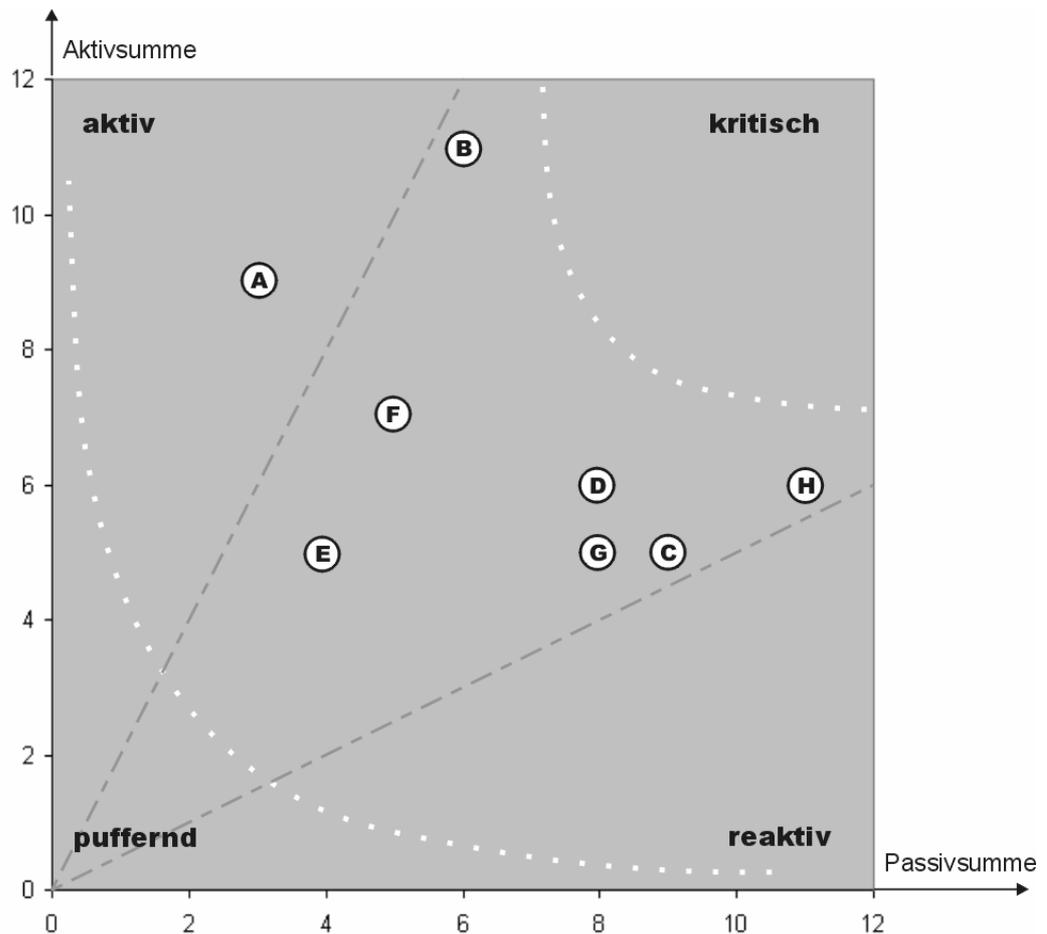


Abbildung 14: Rollenverteilung (Gefahrstoff-Beispiel)

- A Temperaturbeständigkeit
- B Materialeigenschaften
- C Erfüllung Kundenanforderungen
- D Gesundheitsbelastung Mitarbeiter
- E Umfang Schutzmaßnahmen
- F Qualitätsanforderungen Lieferanten
- G Verkaufspreis
- H Unternehmensimage intern/extern

6.2.10.1 Interpretation der Rollen im Gefahrstoff-Beispiel

Anhand der zahlenmäßigen und grafischen Darstellung lassen sich die Rollen beschreiben, die die einzelnen Variablen spielen (vgl. hierzu VESTER (92), VESTER und v.HESLER (102) sowie VESTER (99)).

- **A.** Die Temperaturbeständigkeit der Produkte ist eine sehr aktive Variable, gleichzeitig reagiert sie aber kaum auf Einflüsse, die aus dem System selbst kommen. Ob sie sich ändert, ist hauptsächlich von den technischen und ökonomischen Anforderungen auf Kundenseite abhängig. Die genaue Orientierung an diesen Anforderungen hat großen Einfluss auf das System. Zu die-

sem Zweck muss über die derzeitigen Systemgrenzen hinausgedacht oder das zu untersuchende System vielleicht sogar neu definiert werden.

- **B.** Bestimmte Materialeigenschaften der Auskleidung haben einen starken Einfluss auf das System und reagieren ihrerseits stark auf dessen Veränderungen. Dies macht sie zu einem geeigneten Ansatzpunkt für steuernde Eingriffe, die jedoch wegen der kritischen Rückwirkungen auf das System und den damit verbundenen Risiken sehr gut durchdacht werden müssen. Eine zentrale Frage wird demnach sein, mit welchen Materialeigenschaften sich sowohl die jeweils kundenseitig geforderte Temperaturbeständigkeit verwirklichen als auch die Gesundheitsbelastung der eigenen Mitarbeiter insgesamt minimieren lässt.
- **F.** Handlungsoptionen bieten auch die an die Lieferanten des Materials zu stellenden Qualitätsanforderungen. Insgesamt sind sie im Rahmen des Systems neutral bis stabilisierend (die Verlässlichkeit von Lieferanten wirkt beruhigend).
- **H.** Das nach innen wie nach außen wirkende Unternehmensimage zeigt sich verhältnismäßig reaktiv und ist eine kritische Größe. Es hat für das System eine große Bedeutung und reagiert auf Systemveränderungen sehr empfindlich. Es ist ein Indikator für die kombinierte Wirkung anderer Einflussgrößen. Dieser Befund weist darauf hin, dass direkte Einflussnahme auf das Image nicht sinnvoll oder sogar gefährlich wäre und nur eine kosmetische Wirkung hätte.
- **D.** Die Gesundheitsbelastung der Mitarbeiter kann nur mittelbar über andere Variablen beeinflusst werden. Dies sollte allerdings geschehen, da die Gesundheitsbelastung den zweiten Rang unter den kritischen Größen einnimmt. Sie reagiert relativ stark auf Veränderungen und beeinflusst auch ihrerseits das System.
- **E.** Als neutrale Größe zeigt sich im Mittelfeld der Umfang der Schutzmaßnahmen für die Mitarbeiter. Solche neutralen Variablen eignen sich schlecht für die Steuerung. Sie sind jedoch oft wichtig für die Selbstregulation des Systems.
- **C und G.** Die ökonomisch bedeutenden Größen ‚Erfüllung der Kundenanforderungen‘ und ‚Verkaufspreis‘ erscheinen innerhalb des betrachteten Systems eher reaktiv, d. h. als Ergebnis der stattfindenden Bemühungen, dabei

aber zugleich relativ kritisch, liegen also im Mittelfeld. Für steuernde Eingriffe eignen sie sich nicht.

6.2.11 Wirkungsgefüge und Simulation

Sind die einzelnen Komponenten und ihre Rolle im System bekannt und vertraut, soll das komplexe Muster ihres Zusammenspiels in Form von Wirkungsbeziehungen, Regelkreisen, positiven und negativen Rückkopplungen, Entwicklungstendenzen und Irreversibilitäten erfahrbar gemacht werden. Mittels der Darstellung eines Wirkungsgefüges und der Analyse der darin erkennbaren Regelkreise „können wir jene unsichtbaren Fäden zwischen den Komponenten sichtbar machen und weitere Ebenen hinter dem bisherigen Erkenntnisbild im Modell aufbauen – ein wichtiger Schritt in der Schulung und Anwendung des vernetzten Denkens“ (VESTER (99)

Die verwendeten Wirkungspfeile zeigen nicht verschiedene Stärken eines Einflusses an, sondern die Art und Weise der Wirkung: Ein durchgezogener Pfeil symbolisiert eine Beziehung, bei der das Ansteigen der Ausgangsvariablen ein Ansteigen der Zielvariablen bewirkt, ein Absinken der Ausgangsvariablen das Absinken der Zielvariablen. Ein gestrichelter Pfeil steht für eine gegensinnige Wirkung. Stehen zwei oder mehr Variablen in einer wechselseitigen Beziehung, spricht man von einer Rückkopplung (Feedback) in einem Regelkreis.

Positiv rückgekoppelte Regelkreise sind für viele Wachstums- und Veränderungsvorgänge verantwortlich, bergen jedoch, sich selbst überlassen, die Gefahr, dass das System außer Kontrolle gerät, umkippt oder zusammenbricht. Negative Rückkopplungen wirken dagegen stabilisierend.



Abbildung 15: Positive und negative Beziehungen. Positive und negative Rückkopplungen.

Die Selbstregulation eines Systems ist nur möglich, wenn negative Rückkopplung über positive Rückkopplung dominiert (vgl. 6.1.3).

6.2.11.1 Wirkungsgefüge

Das Wirkungsgefüge soll nur direkte Beziehungen zwischen Variablen darstellen, indirekte Beziehungen werden über die Verkettung der Einflüsse abgebildet. Auf Grund der Komplexität, die bei der Erstellung eines Wirkungsgefüges – gerade auch bei ökonomisch geprägten Systemen – bewältigt werden muss, empfiehlt GRÜNIG (37), immer im Team zu arbeiten und schrittweise vorzugehen.

Als Ausgangspunkt schlägt er ein „Grundset“ wirtschaftlicher Variablen vor, das den „Motor“ darstellt, das heißt ein gleichbleibendes Bündel von Variablen, das erfahrungsgemäß ausreicht, um die Handlungslogik wirtschaftlich tätiger Systeme abzubilden (nach GOMEZ (31)). Abbildung 16 zeigt diesen Motor in Anlehnung an GRÜNIG (37). Wegen der positiven Rückkopplung würde er in dieser Form eine einmal eingeschlagene Entwicklung in Richtung Wachstum oder Schrumpfung nicht verlassen können. Er ist in Wirklichkeit jedoch dem Einfluss der übrigen Systemelemente eines Unternehmens unterworfen.

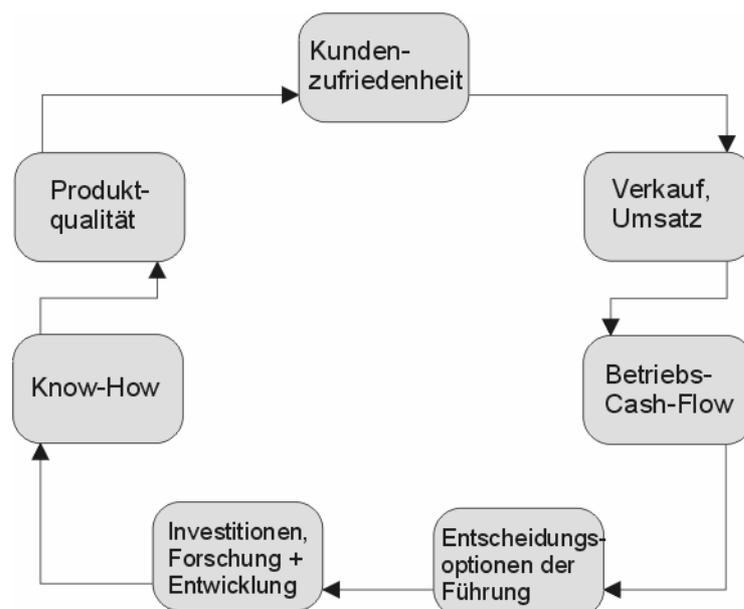


Abbildung 16: Der wirtschaftliche "Motor" - ein positiv rückgekoppelter Regelkreis mit marktwirtschaftstypischen Wirkungsbeziehungen.

Die Elemente des wirtschaftlichen Motors und ihre Beziehungen finden sich auch als Grundgerüst in Abbildung 17 wieder, die auf dem Beispiel *Gefahrstoff-einsatz* (vgl. 6.2.1.1 und Systemskizze in Abbildung 9) aufbaut.

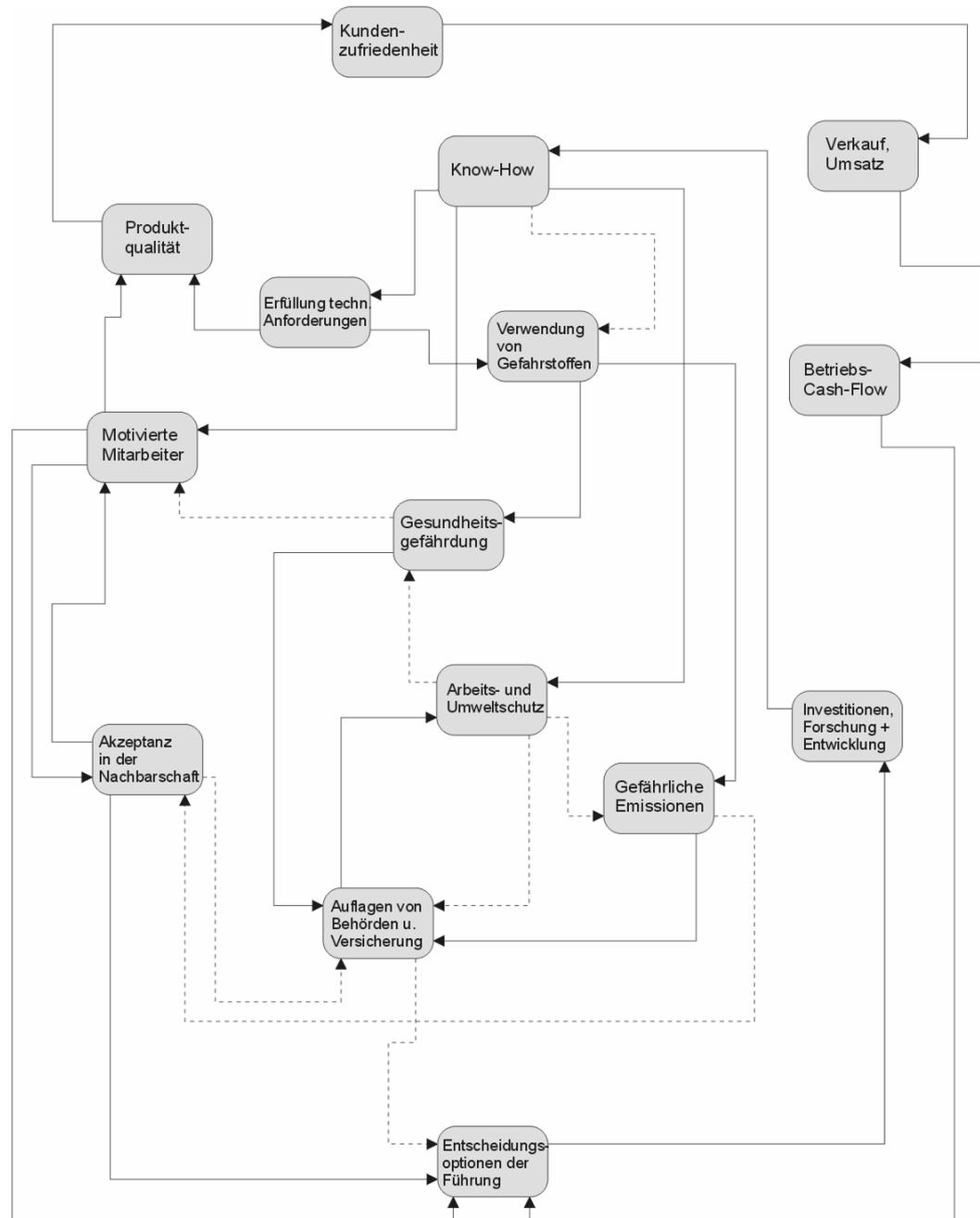


Abbildung 17: Wirkungsgefüge am Beispiel ‚Gefahrstoffeinsatz‘. Die durchgezogenen Pfeile symbolisieren eine positive, die gestrichelten Pfeile eine negative Beziehung. Das Wirkungsgefüge dient der Visualisierung eines für die Fragestellung relevanten Ausschnitts des Gesamtsystems ‚Betrieb‘, zu dem die dargestellten Elemente natürlich noch in weiteren Beziehungen stehen.

6.2.11.2 *Regelkreis-Analyse*

Aus der Zahl und Art der Rückkopplungen, die je nach System stark variieren können, ergeben sich Rückschlüsse auf das Systemverhalten (VESTER (99)):

- Das Vorhandensein vieler Regelkreise deutet eher auf ein autarkes Verhalten hin. Wenige Regelkreise sind eher charakteristisch für ein von äußeren Einflüssen stärker abhängiges System.
- Lange Wirkungsketten mit vielen Zwischenstufen repräsentieren zeitlich verzögerte Rückwirkungen, die häufig zu spät bemerkt werden und deshalb gefährlich werden können. Kurze Regelkreise zwischen zwei oder drei Variablen weisen meist auf eine rasche Reaktion hin.
- Negative Rückkopplung bedeutet Einstellung auf ein Gleichgewicht, positive Rückkopplung ein mehr oder weniger rasches Aufschaukeln.
- Die Regelkreisanalyse lässt erkennen, welche Variablen mit oder ohne Rückkopplung in das Wirkungsgefüge eingebaut sind, und welche bedeutenden Start- und Zielvariablen sowie Knotenpunkte es gibt.
- Anhand des Wirkungsgefüges ist die Systembewertung mit den biokybernetischen Grundregeln (6.1.3) möglich, mit deren Hilfe die Lebensfähigkeit eines Systems besser beurteilt werden kann.

Die vernetzten Regelkreise im Beispiel der Abbildung 17 lassen sich gerade noch einigermaßen „von Hand“ erfassen und nachvollziehen. Bei der Untersuchung von Systemen mit mehr Variablen und Verknüpfungen ist jedoch der Einsatz einer geeigneten Software für die praktische Anwendung unerlässlich (vgl. 6.2.11.4).

6.2.11.3 *Simulation*

Nicht als Schlusspunkt oder „Krönung“ seines biokybernetischen Denkansatzes will VESTER (99) die Simulation des Systemverhaltens im Modell verstanden wissen, sondern nur als Ergänzung der übrigen Tools: Die Anwendung der verschiedenen Werkzeuge des Verfahrens soll etwaige Irrtümer in der Bewertung bei den anderen Werkzeugen sichtbar werden lassen.

Im Gegensatz zu den System-Dynamics-Modellen nach FORRESTER (30), die auf der Basis bestimmter Ausgangswerte langfristige Prognosen liefern sollen (Beispiele finden sich etwa bei BOßLAU (12)), erfüllt die Simulation bei

VESTER (99) andere Aufgaben: Sie dient dazu, die Dynamik des Systems „anzutippen“, um dann

- die Reaktion des Systems auf das Entfernen bzw. Einfügen einer Variablen oder einer neuen Beziehung zu untersuchen
- die Auswirkungen der Zustandsveränderung einer Variablen oder der Beziehung zwischen Variablen zu ermitteln
- anhand des Simulationslaufs das Systemverhalten unter verschiedenen Wenn-Dann-Bedingungen zu testen
- und dabei während des Ablaufs aufgrund der beobachteten Entwicklung korrigierende Eingriffe zu simulieren.

„Dementsprechend ist die Simulation ein interaktives Tool zur Erforschung der vernetzten Dynamik. In so genannten Policy-Tests kann durch den Vergleich verschiedener Simulationsläufe geprüft werden, welche Folgewirkungen die Veränderung eines ‚Steuerungshebels‘ oder einer ‚kritischen Komponente‘ auf das gesamte Netz des Teilgefüges hat, ob der gewünschte Effekt vielleicht kompensiert wird, sich selbst verstärkt oder am Ende ins Gegenteil umkippt und wo die entsprechenden Grenz- und Schwellenwerte liegen“, so VESTER (99).

Er betont, dass zwar auch in komplexen Systemen während Wachstumsphasen und für kurze Zeithorizonte gewisse Prognosen möglich sind, jedoch die Gefahr besteht, dass der Unkundige daraus eine deterministische Entwicklung ableitet, die es genauso wenig gibt wie langfristige Prognosen.

Die tatsächlichen und weit sinnvolleren Möglichkeiten einer kybernetischen Systemanalyse liegen darin, durch die Diagnose von Regelkreisen, Rückkopplungen, kritischen Bereichen oder Grenzwerten etwas über die Verhaltensweise des Systems, seine Reaktionen auf bestimmte Ereignisse und seine „Neigungen“ (Attraktionsbereiche) zu erfahren (vgl. BOSSEL (9), IMBODEN und KOCH (42)).

6.2.11.4 *Software und mathematischer Hintergrund*

Bereits die in den vorhergehenden Abschnitten dargestellten, hier zu Demonstrationszwecken ausschließlich „manuell“ (und mit Standardsoftware) ausgearbeiteten und berechneten Tools erfordern bei steigender Zahl von Variablen und Beziehungen rasch einen erheblichen Rechenaufwand. In der Praxis

kommt man daher ohne den Einsatz geeigneter Software nicht aus. Spätestens bei der Simulation des Systemverhaltens ist diese unerlässlich.

Um in ein mathematisches Modell auch qualitative Daten einzubeziehen, ohne die eine Simulation mit Sicherheit nicht der Wirklichkeit entspräche, stützt sich die Software des ‚Sensitivitätsmodells‘ (6.1.2) auf die mathematische Theorie der *Fuzzy Logic* (vgl. 6.1.1). Bei dem so konzipierten *Soft Computing* (YAGER und ZADEH (112)) wird auf eine exakte Analyse eines Systems zugunsten einer qualitativen und vor allem interpretierbaren Beschreibung verzichtet.

Die Anwendung von Fuzzy Logic und Soft Computing für die Simulation ist deshalb gerechtfertigt und notwendig, weil die meisten interessanten Systeme der Realität eben durch nichtlineare Beziehungen gekennzeichnet und der Analyse deshalb nur sehr beschränkt zugänglich sind (BOSEL (11)).

Unter der Bezeichnung „Sensitivitätsmodell Prof. Vester®“ steht ein Software-Set für Windows-Betriebssysteme zur Verfügung. Die Software ermöglicht die computergestützte Bearbeitung der Verfahrensteile und Tools für den Aufbau von biokybernetischen Modellen.

VESTER (99) betont die Bedeutung von Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Lerneffekten bei der Anwendung der Software-Tools. So findet etwa die Simulation nicht in einem Durchlauf „im Inneren des Rechners“, sondern interaktiv, in vom Anwender gesteuerten Runden, am Bildschirm statt. Die einzelnen Runden werden protokolliert und lassen sich anschließend in Form von Kurven und Grafiken darstellen und nachvollziehen.

7 Bedeutung für die Integration von Managementsystemen

Die Richtlinie VDI 4060 (91) spricht von einem *Integrierten Managementsystem (IMS)* und im angelsächsischen Raum von *Health, Safety, Environment and Quality Systemen (HSEQ-Systeme)*, wenn Anforderungen aus verschiedenen Bereichen (z. B. Gesundheit, Sicherheit, Umwelt, Qualität und anderen mehr) in einer einheitlichen Struktur zusammengefasst werden. Sie erläutert den Nutzen eines IMS folgendermaßen: „Wegen der verbesserten Übersicht über sämtliche Geschäftsprozesse und Schnittstellen zu Externen ergeben sich u. a. Kostenoptimierungen und deutlich kürzere Reaktionszeiten auf Abweichungen, wie Betriebsstörungen und Unfälle. Für die Mitarbeiter ist die Benutzung eines einzigen statt mehrerer Regelwerke verständlicher und damit motivierender. Durch integrierte Audits, zentrale Verfolgung von Prüfungen und abgestimmte Maßnahmen lässt sich Doppelarbeit vermeiden. Insgesamt ergibt sich auch eine erhöhte Rechtssicherheit, wenn man sich mit allen Geschäftsprozessen systematisch beschäftigt und sie mit den Soll-Anforderungen vergleicht.“

7.1 **Gegenüberstellung Richtlinie VDI 4060 - biokybernetisches Modell**

Die in dieser Arbeit dargestellte Methodik auf der Grundlage des biokybernetischen Modells nach F. VESTER kann wesentliche Beiträge zur Integration von Managementsystemen leisten. Diese werden im Folgenden erläutert. In tabellarischer Form werden die Ziele und Arbeitsschritte der Richtlinie VDI 4060 (91) den Möglichkeiten gegenübergestellt, die das biokybernetische Modell bietet. Der Aufbau der Tabelle orientiert sich an der Gliederung der Richtlinie.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Vorbemerkung

Biokybernetisches Modell

Unternehmerisches Handeln ist mit Chancen und Risiken verbunden, die durch die Geschäftstätigkeit entstehen. Deshalb ist es wichtig, potenzielle Unternehmensrisiken rechtzeitig zu erkennen und möglichst zu eliminieren bzw. zu verringern. Diese

Kritisch bei allen Verfahren zur Risikoanalyse und -vorsorge ist immer der dafür erforderliche Erkenntnisprozess. Das Ziel der Richtlinie, unterschiedliche Risiko-Bereiche integriert zu betrachten, verlangt nach einer systemorientierten Sichtweise.

Aufgabe wird durch die Betrachtung der Bereiche Qualität, Umwelt, Sicherheit und weiterer Bereiche in einem „Integrierten Managementsystem“ (IMS) unterstützt und seitens der Leitung abgesichert.

Das biokybernetische Modell führt den Begriff der Lebensfähigkeit eines Systems (einer Organisation) als wesentliches Beurteilungskriterium zur Risikoanalyse und –bewertung ein.

Der Ablauf der Prozesse nimmt keine Rücksicht auf Einzelfragen von Qualität, Umwelt und Sicherheit. Die Prozesse führen in der Gesamtheit zu gewünschten oder ungewünschten Ergebnissen und müssen daher gesamtheitlich (integriert) betrachtet werden.

Die Richtlinie verweist darauf, dass die Ergebnisse betrieblicher Prozesse als Systemwirkungen betrachtet werden sollten.

Eine solche integrierte Sichtweise muss der Vielzahl von Wechselwirkungen, Dynamik und Komplexität der betrieblichen Realität gerecht werden und darf keine wesentlichen Aspekte übersehen. Das biokybernetische Modell stellt hierfür praxistaugliche Methoden bereit und sorgt für ein gesamtheitliches Bild.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Zielsetzung der Richtlinie

Biokybernetisches Modell

Die vorliegende Richtlinie VDI 4060 Blatt 1 ist eine Handlungsanleitung zum Aufbau von IMS für Unternehmen aller Branchen und Größen.

Untersuchungen mit den Methoden der Systemanalyse zeigen, dass äußerlich völlig verschiedene Systeme aus ganz unterschiedlichen Fachgebieten häufig eine identische Systemstruktur und gleiches Verhalten aufweisen können (Isomorphietheorem). Wegen dieser fachübergreifenden Universalität eignet sich das bio-

kybernetische Modell gut für die universelle Zielsetzung der Richtlinie.

Es wird Freiraum für zukünftige Aspekte (z. B. Hygiene- oder Risikomanagement) gelassen, die noch nicht aktuell oder bekannt sind, die aber jederzeit nach derselben Vorgehensweise eingefügt werden können. Das Prinzip der „kontinuierlichen Verbesserung“ sowie die Risikobetrachtung werden durchgehend angewendet. Das heißt, eine umgesetzte Maßnahme soll zu Verbesserungen in mehreren Bereichen (z. B. Qualität, Umwelt, Sicherheit) gleichzeitig führen.

Die rekursive, selbststeuernde Art der Methodik sorgt durch wiederholtes Durchlaufen von Arbeitsschritten für eine kontinuierliche Vervollständigung der Systemkenntnis.

Vorteilhaft ist insbesondere, dass auch mit zunächst ungenauen Prämissen und unvollständiger Datenlage begonnen werden kann. Die Korrekturwirkung neuer Erkenntnisse auf die ursprünglichen Prämissen erlaubt dem Modellersteller die kontinuierlichen Verbesserung sowohl des Modells als auch seiner Arbeitsweise in jeder Verfahrensstufe.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Entscheidungsfindung für die Struktur des IMS

Biokybernetisches Modell

Die Überarbeitung der elementorientierten DIN EN ISO 9000 ff zu einer prozessorientierten Norm erleichtert die Zusammenfassung mit der DIN EN ISO 14001. Auf Grund der hohen Übereinstimmung der Struktur beider Normen liegt es nahe, sich bei der Systemauswahl an deren grundsätzlichem Aufbau zu orientieren. Prozessorientierung bedeutet, dass die Abläufe der Wert schöpfenden Prozesse, also der

Das Konzept der Prozessorientierung schärft den Blick für die Effizienzwirkungen betrieblicher Prozessgestaltung. Es weist aber auch eine Reihe von Schwächen auf (vgl. STAEHLE (1999)), zu deren Ausgleich das biokybernetische Modell beiträgt.

Für die Unternehmen selbst ist es häufig schwierig, Prozesse eindeutig abzugrenzen. Die kybernetische Sichtweise erleichtert es, betriebliche Wirkungsgefüge zu identifizieren.

Produkterstellung und der unterstützenden Prozesse, beschrieben werden.

(...) der Umfang des IMS, das aus folgenden Teilbereichen bestehen kann:

Anlagensicherheitsmanagement

Arbeitssicherheitsmanagement

Behördenmanagement

Datensicherheitsmanagement

Finanzmanagement

Hygienemanagement

Innovationsmanagement

Personalmanagement

Produktsicherheitsmanagement

Qualitätsmanagement

Transportsicherheitsmanagement

Umweltmanagement

u. a. m.

Bereits bei flüchtiger Betrachtung dieser verschiedenen Themenbereiche erschließt sich die sehr große Komplexität im Hinblick auf Funktionen, Zuständigkeiten, Abläufe, Arbeitsgewohnheiten, Denkweisen, Werte und Partikularziele. Eine gleich von Anfang an komplette Erfassung und Beschreibung dürfte kaum möglich sein.

Hier leistet das biokybernetische Modell wesentliche Hilfestellung, weil es die Arbeit mit zunächst unscharfen Beschreibungen und unvollständiger Datenlage erlaubt, die jedoch von Anfang an das Gesamtsystem im Blick hat. Die rekursive, selbststeuernde Art der Methodik sorgt für eine kontinuierliche Vervollständigung und beugt unliebsamen Überraschungen beim Einfügen neuer Aspekte vor.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Bestandsaufnahme

Biokybernetisches Modell

Die Basis für die Einführung eines integrierten Managementsystems ist eine Bestandsaufnahme (z. B. Umweltprüfung nach EMAS, Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeits-

Angesichts der Fülle der zu erfassenden Daten und Systemelemente, ganz zu schweigen von ihren Wechselwirkungen, ist es erfahrungsgemäß oft schwierig zu entscheiden,

schutzgesetz und Abschnitt 2, § 3 der Betriebssicherheitsverordnung, Bestandsaufnahme nach DIN EN ISO 9001).

Umfang der Bestandsaufnahme:

Beschreibung der unternehmerischen Tätigkeiten (...)

Erfassung der relevanten Dokumente (...)

Zusammenstellung und Vergleich bereits vorhandener Managementsysteme (...)

Darstellung der Aufbauorganisation (...)

Zusammenstellung der Prozesse (...), der Schnittstellen und Wechselwirkungen (interne und externe) sowie der Prozess-Eigner und Prozesssteams

Darstellung der Ströme von Material, Energie, Informationen und Geld in das und aus dem Unternehmen

Beschreibung der internen und externen Kommunikation (...)

Beschreibung des Wissensstands der Mitarbeiter (...)

wie detailliert und tiefgehend die Daten erhoben werden sollen.

Auch bei bereits vorhandenen und verfügbaren Daten sind Kriterien erforderlich, um ihre Relevanz für den beabsichtigten Zweck zu bewerten.

Das biokybernetische Modell bietet die Möglichkeit, mit Hilfe eines systemtheoretisch begründeten Screenings die möglichen Variablen auf eine übersichtliche Zahl von repräsentativen Einflussgrößen zu reduzieren. Das bedeutet zwar, dass die Abbildungsschärfe des Systembildes zurückgeht, seine Vollständigkeit (das Gesamtmuster seines Wirkungsgefüges) jedoch stets erhalten bleibt.

Die Anwendung von Fuzzy-Logic-Algorithmen erlaubt es, auch qualitative Größen und nichtlineare Beziehungen problemlos einzubinden und zu verarbeiten.

Auf der Basis des so gebildeten Modells können Teilszenarien dann in beliebiger Genauigkeit einzeln analysiert werden, ohne den Zusammenhang mit dem Gesamtsystem aus dem Auge zu verlieren.

Darstellung der Wechselwirkungen zwischen Organisation und Eigentümern, Kreditgeber, Kunden, Lieferanten, Behörden, Mitbewerbern, Nachbarn, gesellschaftlichem Um-

Hier fordert die Richtlinie explizit dazu auf, das kybernetische Wirkungsgefüge des Unternehmens (als soziotechnisches System in seiner ökonomischen, technologischen und

feld.

sozialen Umwelt) darzustellen.

(...)

Dabei können die einzelnen Punkte durchaus auch parallel z. B. in verschiedenen Projektgruppen abgearbeitet werden.

Hilfestellung beim Zusammenführen der Resultate mehrerer Arbeitsgruppen bietet das ‚Konsensmatrix‘ genannte Tool im Rahmen der vorgestellten Methodik.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Leitbild des Unternehmens

Biokybernetisches Modell

Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung eines IMS ist die aktive Unterstützung durch die Unternehmensleitung. Hier werden die Leitlinien in Form einer Unternehmenspolitik definiert und die strategischen Unternehmensziele festgelegt.

Der Einsatz des biokybernetischen Modells eignet sich besonders, wenn die Unternehmensleitung sich sowohl in Fragen der Betriebswirtschaftslehre als auch des Managements am Denken in Systemzusammenhängen orientieren will und eine für komplexe Problemsituationen geeignete Methodik anwenden möchte.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Prozessorientierung

Biokybernetisches Modell

Ziel des IMS ist es, die Prozesse und Abläufe eines Unternehmens zu verbessern. Um den Erfolg der eingesetzten Maßnahmen in einem IMS feststellen zu können, ist eine kontinuierliche Überwachung der Prozesse unerlässlich. Die in dieser Richtlinie genannten Teil-Management-

Das Konzept der Prozessorientierung schärft den Blick für die Effizienzwirkungen betrieblicher Prozessgestaltung. Es weist aber auch eine Reihe von Schwächen auf (vgl. STAEHLE (1999)), zu deren Ausgleich das biokybernetische Modell beiträgt.

Die mit der Prozessorientierung ver-

systeme bieten Instrumente der Selbstüberwachung wie z. B. interne Audits an.

Es wird zwischen den Kernprozessen, den unterstützenden Prozessen und den Führungsprozessen unterschieden. (...)

bundenen Organisations- und Strukturierungsaufgaben sind stark von sozialen und psychologischen Faktoren abhängig. Das biokybernetische Modell ist geeignet, unterschiedliche Beteiligte und Interessengruppen in einer Organisation zur Mitarbeit zu gewinnen und widersprüchliche Auffassungen mittels einsichtiger Argumente zu bearbeiten.

Prozessdefinitionen verleiten zu linearem Denken. Im Gegensatz dazu betont der biokybernetische Ansatz die Wechselwirkungen und Rückkopplungen in den betrieblichen Abläufen. Einem Auseinanderreißen solcher kybernetischer Wirkungsgefüge zugunsten „klar definierter“ Prozesse, oft mit ungeahnten Nebenwirkungen, wird so vorgebeugt.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Kommunikation

In allen Phasen der Implementierung und auch der späteren Umsetzung bildet die Einbindung der Beschäftigten eine wesentliche Grundlage für die dauerhafte Akzeptanz des IMS. (...)

Die Reaktionen und Impulse der Mitarbeiter tragen zu einer kontinuierlichen Verbesserung des Systems bei.

Biokybernetisches Modell

Dieser Forderung der Richtlinie entspricht die Vorgehensweise des biokybernetischen Modells. Sie beginnt mit einem Brainstorming möglichst aller Betroffenen, bei dem deren Meinungen, Wünsche, Vorstellungen und Gedanken im Hinblick auf das zu behandelnde Thema erfragt und festgehalten werden. Die anwesenden Fachleute und Entscheidungsträger sind gleichberechtigt und ge-

Ebenso sind entsprechende Regelungen für den Umgang mit externen Beteiligten und Interessentengruppen (z. B. Eigentümer, Kreditgeber, Kunden, Lieferanten, Behörden, Mitbewerber, Nachbarn, gesellschaftliches Umfeld) zu treffen.

zwungen, sich für die anderen Teilnehmer verständlich auszudrücken.

Diese Verfahrensweise beugt internen politischen Problemen, unterschwellig wirksamen Widerständen und unerkannten Interessenkonflikten vor.

VDI 4060 Integrierte Managementsysteme (IMS) – Werkzeuge zur Umsetzung

Biokybernetisches Modell

Die Umsetzung, die Anpassung an Veränderungen und die Weiterentwicklung des IMS erfolgt durch einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

Bei beiden Vorgehensweisen bildet die Rückmeldung von Prozessdaten an die Leitung, damit diese bedarfsgerecht steuernd und verbessernd eingreifen kann, eine kritische Komponente. Die der Leitung gemeldeten Daten werden zwangsläufig auf ein übertragbares Maß reduziert, also gefiltert, und zusätzlich während der Übertragung über unvermeidliche kommunikative Schnittstellen innerhalb der Organisation möglicherweise modifiziert.

Es bieten sich zwei Vorgehensweisen an:

Umsetzung auf Grundlage des PDCA-Modells (...)

Umsetzung auf Grundlage des Prozess-Modells (...)

PDCA steht für „Plan-Do-Check-Act“, zu Deutsch: Planen, Durchführen, Prüfen, Handeln. (...)

(Das Prozessmodell beschreibt als wesentliche Bestandteile zur Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung des IMS: Verantwortung der Leitung, Management von Ressourcen, Prozessrealisierung sowie Messung, Analyse und Verbesserung.)

In Ergänzung zu sonstigen betrieblichen Kennzahlen interpretiert das biokybernetische Modell das Systemverhalten im Hinblick auf seine Anfälligkeit bzw. Robustheit. Daraus resultieren zusätzliche, neue Beurteilungs-, Korrektur- und Verbesserungsmöglichkeiten.

8 Fazit

Die Methodik des biokybernetischen Simulationsmodells nach F. VESTER stellt eine wertvolle Ergänzung herkömmlicher Verfahren beim Umgang mit komplexen Risiken und Aufgaben für das Betriebssicherheitsmanagement und die Integration von Managementsystemen dar. Sie zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie

- Tools zur gesamtheitlichen Erfassung komplexer betrieblicher Systeme zur Verfügung stellt
- bei der Erhebung von Daten und bei deren Bewertung systemtheoretisch fundierte Relevanzkriterien anwendet, um die Datenfülle zu reduzieren
- qualitative Größen und nichtlineare Beziehungen verarbeiten kann
- rekursiv und iterativ arbeitet und so die kontinuierliche Verbesserung sowohl des Modells als auch der Arbeitsweise in jeder Verfahrensstufe erlaubt
- psychologische, soziale, kommunikative und (mikro-)politische Faktoren des betrieblichen Geschehens bewusst berücksichtigt
- dabei hilft, Systemeigenschaften, Grenzwerte, Attraktionsbereiche des Systemverhaltens und Reaktionen auf Veränderungen abzuschätzen.

Betriebssicherheitsmanagement erfordert einerseits ein hohes Maß an Spezialistenwissen. Andererseits liegt die Verantwortung bei der Unternehmensführung. Dort bestehen zwangsläufig, allein schon aus Zeitmangel, Wissensdefizite sowohl in Bezug auf fachliche Zusammenhänge als auch deren Bedeutung für die Gesamtsituation des Unternehmens. Die vorgestellte Methodik kann wirkungsvoll zur besseren Kommunikation zwischen Fachexperten und Führungskräften beitragen.

Diese Vorteile rechtfertigen den Zeitaufwand, den eine biokybernetische Systemanalyse zunächst erfordert: Zwar sind zumindest in der Anfangsphase mehrere Arbeitssitzungen erforderlich, an denen wesentliche Entscheidungsträger und Betroffene teilnehmen müssen. So werden aber eine gemeinsame Informationsbasis, gegenseitiges Verständnis und Vertrauen geschaffen. Auf dieser Grundlage können dann Entscheidungen besser vorbereitet und schneller umgesetzt werden. Veränderungen des Betriebs und der Rahmenbedingungen

können, wenn das Wirkungsgefüge des Gesamtsystems erst einmal bekannt ist, schneller und sicherer in ihrer Bedeutung erfasst und beurteilt werden.

Für die erfolgreiche Anwendung des biokybernetischen Simulationsmodells ist die fundierte Beherrschung seiner Methoden und Werkzeuge unerlässlich. Die notwendigen Kenntnisse sollten durch das Studium der Originalliteratur oder die Teilnahme an entsprechenden Seminaren erworben werden.

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Anwendungsbeispiele stammen aus der Praxis und geben reale Situationen wieder. Die komplette Durcharbeitung und Wiedergabe eines betrieblichen Anwendungsbeispiels hätte den vorgegebenen Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Sie soll jedoch zu weiteren anwendungsbezogenen Untersuchungen anregen.

Literaturverzeichnis

- (1) Bayes, T. An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances (1763).
<http://www.stat.ucla.edu/history/essay.pdf> vom 14.07.2008
- (2) Beck-Bornholdt, H. Dubben, H. Der Schein der Weisen – Irrtümer und Fehlurteile im täglichen Leben. Hoffmann und Campe Verlag Hamburg (2002)
- (3) Beer, S. Diagnosing the System for Organisations. Reprint 2007. Verlag John Wiley & Sons Chichester (1985)
- (4) Beer, S. The Heart of Enterprise. Reprint 1995. Verlag John Wiley & Sons Chichester (1979, 1994)
- (5) Beer, S. The Heart of Enterprise. Reprint 1995. Verlag John Wiley & Sons Chichester (1979, 1994), 31 ff
- (6) Beer, S. The Heart of Enterprise. Reprint 1995. Verlag John Wiley & Sons Chichester (1979, 1994), 113
- (7) Beer, S. The Heart of Enterprise. Reprint 1995. Verlag John Wiley & Sons Chichester (1979, 1994), 367 - 394
- (8) Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (Hrsg.) BG BAU aktuell - Mitgliedermagazin der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft. Heft 2_2008, 7-8
- (9) Bossel, H. Systeme Dynamik Simulation. Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Books on Demand GmbH Norderstedt (2004)
- (10) Bossel, H. Systeme Dynamik Simulation. Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Books on Demand GmbH Norderstedt (2004), 14 ff
- (11) Bossel, H. Systeme Dynamik Simulation. Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Books on Demand GmbH Norderstedt (2004), 296
- (12) Boßlau, M. Analyse der Auswirkungen von Qualitätsmanagement mit System Dynamics. GRIN Verlag München (2005)
- (13) Brühwiler, B. Risikomanagement als Führungsaufgabe. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2007), 107
- (14) Brühwiler, B. Risikomanagement als Führungsaufgabe. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2007), 84
- (15) Brühwiler, B. Risikomanagement als Führungsaufgabe. Haupt

- Verlag Bern Stuttgart Wien (2007), 188
- (16) Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.) Leitfaden für Arbeitsschutzmanagementsysteme. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund BAuA (2002)
- (17) Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland Betriebssicherheitsverordnung vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777), zuletzt geändert durch Artikel 5 der Verordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261) - BetrSichV
- (18) Chelvier, R. Fehlerbäume. Foliensatz, Seminar AtiS, Universität Magdeburg (2002)
- (19) Deming, W. E. Out of the crisis: quality, productivity and competitive position. Cambridge Univ. Pr. Cambridge (1992)
- (20) Department of Defense, USA MIL-STD-1629A. Military Standard - Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (1980).
- (21) Deutsche Bundesbank Bankenaufsicht – Basel II. http://www.bundesbank.de/bankenaufsicht/bankenaufsicht_basel.php vom 01.07.2008
- (22) DIN Deutsches Institut für Normung e. V. DIN 25419:1985-11. Ereignisablaufanalyse; Verfahren, graphische Symbole und Auswertung. Beuth Verlag Berlin (1985)
- (23) DIN Deutsches Institut für Normung e. V. DIN 25424-2:1990-04. Fehlerbaumanalyse; Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaumes. Beuth Verlag Berlin (1990)
- (24) DIN Deutsches Institut für Normung e. V. DIN EN ISO 9001:2000. Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen. Beuth Verlag Berlin (2000)
- (25) Dörner, D. Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt Hamburg (2003)
- (26) Dörner, D. Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt Hamburg (2003) , 60 ff
- (27) Dörner, D. Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt Hamburg (2003), 245 ff
- (28) FERMA Press Release. Federation of European Risk Management Associations (FERMA), Brüssel, 05.07.2007
- (29) Finanzen.net Bau des RWE-Kraftwerks Neurath verzögert sich weiter, http://www.finanzen.net/nachricht/Bau_des_RWE

- _Kraftwerks_Neurath_verzoegert_sich_weiter_68
1120 vom 22.02.2008
- (30) Forrester, J. W. zit. nach Deutsche Gesellschaft für System Dynamics. <http://www.systemdynamics.de/> vom 16.07.2008
- (31) Gomez, P. Wertmanagement : vernetzte Strategien für Unternehmen im Wandel. ECON-Verlag Düsseldorf (1993)
- (32) Grünig, R. Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmungen. Inst. für Versicherungswirtschaft St. Gallen (1996), 10 ff
- (33) Grünig, R. Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmungen. Inst. für Versicherungswirtschaft St. Gallen (1996), 22 ff
- (34) Grünig, R. Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmungen. Inst. für Versicherungswirtschaft St. Gallen (1996), 87
- (35) Grünig, R. Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmungen. Inst. für Versicherungswirtschaft St. Gallen (1996), 92, Fußnote
- (36) Grünig, R. Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmungen. Inst. für Versicherungswirtschaft St. Gallen (1996), 98 f
- (37) Grünig, R. Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmungen. Inst. für Versicherungswirtschaft St. Gallen (1996), 103 ff
- (38) Hageböiling, V. Persönliche Mitteilung 2008
- (39) Hageböiling, V. Vorlesungsunterlagen Krisenmanagement, TFH Georg Agricola Bochum (2007)
- (40) Haller, H. Risikomanagement. Hochschule St. Gallen (1995), zit. nach GRÜNIG (32)
- (41) Heinen, M.
Chrobok, S.
Buechler, C. Ernst & Young Best Practice Survey „Risikomanagement 2006“. Ernst & Young (2006)
- (42) Imboden, D.
Koch, S. Systemanalyse. Springer Berlin Heidelberg New York (2005)
- (43) Internationale Arbeitsorganisation Leitfaden für Arbeitsschutzmanagementsysteme. Endfassung der deutschen Übersetzung. Interna-

- (IAO) tionales Arbeitsamt Genf (2001)
- (44) Jantsch, E. Die Selbstorganisation des Universums. Carl Hanser Verlag München Wien (1979), 117 ff
- (45) Krummacker, S. v. d. Schulenburg, J. (Hrsg.) The Rise of Risk Management – The Fall of Corporate Insurance? Verlag Versicherungswirtschaft Karlsruhe (2007), 12f
- (46) Krummacker, S. v. d. Schulenburg, J. (Hrsg.) The Rise of Risk Management – The Fall of Corporate Insurance? Verlag Versicherungswirtschaft Karlsruhe (2007), 46
- (47) Kwiatkowski, J. Vorlesungsunterlagen Technische Risikoanalyse, TFH Georg Agricola Bochum (2007)
- (48) Malik MZSG Malik Management Zentrum St. Gallen, http://www.malik-mzsg.ch/corporate/htm/590/de/Corp_Ansatz_sgpionierarb_systemorient.htm vom 28.06.2008
- (49) Malik, F. Führen Leisten Leben. 8. Auflage. Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart München (2000)
- (50) Malik, F. M.o.M. Malik on Management Nr. 4/98. Management Zentrum St. Gallen (1998), 48
- (51) Malik, F. Management. Das A und O des Handwerks. Aktualisierte Fassung. Campus Verlag Frankfurt New York (2007), 33
- (52) Malik, F. Strategie des Managements komplexer Systeme. 9., unveränd. Auflage. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2006)
- (53) Malik, F. Strategie des Managements komplexer Systeme. 9., unveränd. Auflage. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2006), 23
- (54) Malik, F. Strategie des Managements komplexer Systeme. 9., unveränd. Auflage. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2006), 36 ff
- (55) Malik, F. Strategie des Managements komplexer Systeme. 9., unveränd. Auflage. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2006), 325
- (56) Malik, F. Strategie des Managements komplexer Systeme. 9., unveränd. Auflage. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2006), 456
- (57) Malik, F. Strategie des Managements komplexer Systeme. 9., unveränd. Auflage. Haupt Verlag Bern Stuttgart Wien (2006), 341 ff
- (58) Milling, P. (Hrsg.) Entscheiden in komplexen Systemen. Duncker & Humblot Berlin (2002)
- (59) Moyano, M. Brandschutz in der Industrie - Versicherung und

- Haftung im Schadenfall. Vortrag bei der VDSI-Bezirksgruppentagung am 16.09.2005
- (60) Neuberger, O. Mikropolitik. Der alltägliche Aufbau und Einsatz von Macht in Organisationen. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1995)
- (61) Oebbeke, A. Vielen Dächern und Fassaden droht Asbest-Gefahr, <http://www.baulinks.de/webplugin/2004/0269.php4>, Archiv vom 14.06.2008
- (62) Ormerod, P. Why Most Things Fail - Evolution, Extinction and Economics. Faber and Faber London (2005)
- (63) Ormerod, P. Why Most Things Fail - Evolution, Extinction and Economics. Faber and Faber London (2005), VI
- (64) Principe, S. Anwendungsorientierter Modelleinsatz im Management – Konzeptionelle Grundlagen für den Einsatz des Sensitivitätsmodells. Institut für Versicherungswirtschaft der Hochschule St. Gallen (1994)
- (65) Probst, G. Regeln des systemischen Denkens, zit. nach PRINCIPE (64)
- (66) Probst, G.J.B., Gomez, P. Die Methodik des vernetzten Denkens zur Lösung komplexer Probleme. In PROBST und GOMEZ (67), 4 - 20
- (67) Probst, G.J.B., Gomez, P. (Hrsg.) Vernetztes Denken. Ganzheitliches Führen in der Praxis. 2, erweiterte Auflage, Gabler Wiesbaden (1991)
- (68) Romeike, F. Lexikon Risiko-Management. Wiley-VCH und Bank-Verlag Köln (2004)
- (69) Romeike, F. RiskNET - The Risk Management Network, <http://www.risknet.de/Risikokategorien.120.0.html> vom 21.05.2008
- (70) Romeike, F. RiskNET - The Risk Management Network, <http://www.risknet.de/Risikoanalyse.124.0.html> vom 28.06.2008
- (71) RP Online Kraftwerksunfall in Grevenbroich - Baufirmen weisen Verantwortung zurück, <http://www.rp-online.de/> vom 29.10.2007
- (72) Schneeweiß, F. FMEA - Aspekte des Einsatzes von FMEA für das Risikomanagement in der Supply Chain. Donau Universität Krems (2006), 14 ff
- (73) Scholl, W. Grundkonzepte der Organisation. In SCHULER (76), 409 - 444
- (74) Schröer, C. Risikomanagement in KMU. Grundlagen, Instrumente, Nutzen. VDM Verlag Dr. Müller Saarbrücken (2007), 44

- (75) Schröder, C. Risikomanagement in KMU. Grundlagen, Instrumente, Nutzen. VDM Verlag Dr. Müller Saarbrücken (2007), 54 f
- (76) Schuler, H. (Hrsg.) Lehrbuch der Organisationspsychologie. Verlag Hans Huber Bern (1993)
- (77) Schütze, B. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse (FMEA), <http://www.talessin.de/> vom 28.06.2008
- (78) Stachowiak, H. Allgemeine Modelltheorie. Springer Wien (1973), zit. nach WIKIPEDIA (111)
- (79) Staehle, W. H. Management. 8. Auflage, überarbeitet von Peter Conrad, Jörg Sydow. Verlag Vahlen München (1999), 73 ff
- (80) Staehle, W. H. Management. 8. Auflage, überarbeitet von Peter Conrad, Jörg Sydow. Verlag Vahlen München (1999), 41
- (81) Staehle, W. H. Management. 8. Auflage, überarbeitet von Peter Conrad, Jörg Sydow. Verlag Vahlen München (1999), 609 ff
- (82) Staehle, W. H. Management. 8. Auflage, überarbeitet von Peter Conrad, Jörg Sydow. Verlag Vahlen München (1999), 749 ff
- (83) Stuttgarter Zeitung Transrapid-Betriebsleiter zu Geldstrafen verurteilt. StZ vom 24.05.2008
- (84) Ulrich, H. Der mühsame Weg zum Generalisten. Schriftenreihe „forum“, Malik Management Zentrum St. Gallen, 3. Auflage der Ausgabe 5 (2007), 3 - 17
- (85) Ulrich, H. Die Unternehmung als produktives soziales System (1968), zit. nach MALIK (48)
- (86) Ulrich, H. Krieg, W. Das St. Galler Management-Modell (1972). Neu aufgelegt in: Ulrich, H.: Gesammelte Schriften, Band 2, Verlag Paul Haupt Bern (2001)
- (87) Umwelt Online Aktualisierungen. http://www.umwelt-online.de/regelwerk/z_akt/ueber_akt.htm vom 01.08.2008
- (88) v. Rosenstiel, L. Kommunikation und Führung in Arbeitsgruppen. In SCHULER (76), 321 - 351
- (89) v. Rössing, R. Betriebliches Kontinuitätsmanagement. mitp-Verlag Bonn (2005), 111
- (90) v. Rössing, R. Betriebliches Kontinuitätsmanagement. mitp-Verlag Bonn (2005), 266
- (91) Verein Deutscher Ingenieure VDI 4060, Integrierte Managementsysteme (IMS). Beuth Verlag Berlin (2005)

- (92) Vester, F. Ballungsgebiete in der Krise. Deutscher Taschenbuchverlag (1983), passim
- (93) Vester, F. Ballungsgebiete in der Krise. Deutscher Taschenbuchverlag (1983), 64 ff
- (94) Vester, F. Ballungsgebiete in der Krise. Deutscher Taschenbuchverlag (1983), 83 ff
- (95) Vester, F. Die Kunst vernetzt zu denken. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. Deutscher Taschenbuchverlag München (2002), 158 ff
- (96) Vester, F. Die Kunst vernetzt zu denken. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. Deutscher Taschenbuchverlag München (2002), 301 ff
- (97) Vester, F. Die Kunst vernetzt zu denken. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. Deutscher Taschenbuchverlag München (2002), 190
- (98) Vester, F. Die Kunst vernetzt zu denken. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. Deutscher Taschenbuchverlag München (2002), 203 ff
- (99) Vester, F. Die Kunst vernetzt zu denken. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. Deutscher Taschenbuchverlag München (2002), 213 ff
- (100) Vester, F. Die Kunst vernetzt zu denken. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. Deutscher Taschenbuchverlag München (2002), 40 f
- (101) Vester, F.
v. Hesler, A. Sensitivitätsmodell. 2. unveränderte Auflage. Umlandverband Frankfurt (1988), 6 f
- (102) Vester, F.
v. Hesler, A. Sensitivitätsmodell. 2. unveränderte Auflage. Umlandverband Frankfurt (1988)
- (103) Vester, F.
v. Hesler, A. Sensitivitätsmodell. 2. unveränderte Auflage. Umlandverband Frankfurt (1988), 45
- (104) Wiedemann, P. M.
(Hrsg.) Risikokommunikation für Unternehmen. VDI Verein Deutscher Ingenieure Düsseldorf (2000). Internet-Version: http://www.fz-juelich.de/inb/inb-mut/vdi/vdi__bericht/glossar.html vom 14.06.2008
- (105) Wiener, N. Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine (1948), zit. nach WIKIPEDIA (110)
- (106) Wikipedia Berufsgenossenschaft.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Berufsgenossenschaft> vom 22.05.2008
- (107) Wikipedia Delphi-Methode.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Delphi-Methode> vom 28.06.2008

- (108) Wikipedia Fuzzy-Logik.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Fuzzy-Logik> vom
14.07.2008
- (109) Wikipedia Komplexität.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Komplexitat> vom
03.07.2008
- (110) Wikipedia Kybernetik.
[http://de.wikipedia.org/wiki/ Kybernetik](http://de.wikipedia.org/wiki/Kybernetik) vom
03.07.2008
- (111) Wikipedia Modell.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Modell> vom
19.07.2008
- (112) Yager, R. R.
Zadeh, L. A. Fuzzy sets, neural networks and soft computing.
Van Nostrand Reinhold New York (1994)