

Johannes Göllner, Christian Meurers,  
Andreas Peer, Günter Povoden

# Wissensmanagement im ÖBH

Systemdefinition, -beschreibung und -begrenzung  
zur Szenarioentwicklung und -modellierung

Teil 1: Allgemeine Systemdefinition und  
Systembeschreibung



**12/2010**

Schriftenreihe der  
Landesverteidigungsakademie



Schriftenreihe der  
Landesverteidigungsakademie

Johannes Göllner, Christian Meurers,  
Andreas Peer, Günter Povoden

## **Wissensmanagement im ÖBH**

**Systemdefinition, Systembeschreibung und Systembegrenzung zur  
Szenarioentwicklung und Szenariomodellierung**

Teil 1: Allgemeine Systemdefinition und Systembeschreibung

**12/2010**

Wien, November 2010

**Impressum:**

Amtliche Publikation der Republik Österreich / Bundesminister für  
Landesverteidigung und Sport  
Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie

**Medieninhaber, Herausgeber, Hersteller:**

Republik Österreich / Bundesminister für Landesverteidigung und Sport  
BMLVS, Rossauer Lände 1, 1090 Wien

**Redaktion:**

BMLVS / LVAK  
ZentDok  
Landesverteidigungsakademie  
Stiftgasse 2a, 1070 Wien  
ObstdhmfD Ing. Mag. Klaus Mak  
[lvak.zentdok.wm@bmlvs.gv.at](mailto:lvak.zentdok.wm@bmlvs.gv.at)

**Erscheinungsjahr:**

November 2010

**Druck:**

Reprozentrum Wien  
1070 Wien, Stiftgasse 2a

# Inhalt

1. Kurzfassung/Abstract .....	4
2. Einleitung .....	5
3. Grundlagen und Definitionen .....	8
3.1. Systemdefinition nach ASI .....	8
3.2. Systemdefinition nach commanders handbook .....	8
3.3. Systemdefinitionen im IT-Bereich .....	9
3.4. Komplexitätsbeschreibung .....	10
3.5. Systembegriffe nach „System Engineering“ .....	12
3.5.1. „Teile“, „Elemente“, „Komponenten“ .....	12
3.5.2. „Systemgrenzen“, „Umfeld“ .....	13
3.5.3. „Struktur“ eines Systems .....	14
3.5.4. „Übersystem“ und „Systemhierarchie“ .....	15
3.5.5. „Aspekte“ eines Systems .....	15
3.5.6. Denkansätze zur Systembetrachtung .....	18
3.6. Systembegriffe nach SCHLIEßMANN .....	20
3.7. Systembegriffe nach BOSSEL .....	24
3.7.1. Systemmerkmale .....	24
3.7.2. Systemzustand .....	25
3.7.3. Systemgrenzen .....	26
3.7.4. Systemdynamik .....	27
3.7.5. Teilsysteme und Modularität .....	28

3.8.	Systembegriffe nach VESTER .....	29
3.8.1.	Systemrelevanter Variablensatz.....	29
3.8.2.	Systemkriterien.....	29
3.8.3.	Grundregeln der Biokybernetik .....	32
3.8.4.	Rückkopplung.....	34
3.8.5.	Systemgrenze.....	36
3.9.	Systembegriffe nach PILLKAHN .....	38
3.9.1.	Die „Makroebene“ .....	39
3.9.2.	Die „Mikroebene“ .....	40
3.10.	Fazit / Kapitelzusammenfassung .....	41
4.	Stabilität von Systemen .....	43
4.1.	Stabilität von Netzwerken .....	43
4.2.	Komplexitätsverständnis nach SCHLIEßMANN.....	47
4.3.	Die Wirkungsstruktur bewirkt Änderungen .....	52
4.4.	Grundregeln der Biokybernetik .....	54
4.4.1.	Erste Biokybernetische Grundregel.....	54
4.4.2.	Zweite Biokybernetische Grundregel .....	55
4.4.3.	Dritte Biokybernetische Grundregel.....	56
4.4.4.	Vierte Biokybernetische Grundregel .....	56
4.4.5.	Fünfte Biokybernetische Grundregel.....	57
4.4.6.	Sechste Biokybernetische Grundregel.....	57
4.4.7.	Siebente Biokybernetischen Grundregel .....	58

4.4.8. Achte Biokybernetische Grundregel.....	58
4.5. Fazit / Kapitelzusammenfassung.....	59
5. Systembeschreibungen.....	60
5.1. Der systemrelevante Variablensatz .....	60
5.2. Das Wortmodell / der Wirkungsgraph .....	64
6. Struktur und Mechanismen von Systemen.....	66
6.1. Sensitivitätsmodell .....	66
6.2. nach BOSSEL.....	68
6.3. nach SCHLIEßMANN .....	70
7. Zusammenfassung.....	73
8. Begriffserklärungen.....	76
9. Index.....	83
10. Literaturverzeichnis.....	85
10.1. Bücher .....	85
10.2. Zeitschriften und Journale .....	86
10.3. Online Quellen .....	86
10.4. Multimediaquellen.....	87
10.5. Sonstige Quellen.....	87
11. Abbildungsverzeichnis .....	88
12. Tabellenverzeichnis.....	90
13. Autoren.....	91
14. Lektorat .....	92

## **1. Kurzfassung/Abstract**

Unterschiedliche Systemdefinitionen und Beschreibungen einerseits und diverse „Betrachtungstiefen“ und Schwerpunktsetzungen andererseits machen die Betrachtung und Beschreibung von komplexen Systemen für eine weitere Analyse oft nicht leicht. Vor allem wenn das eigentliche Ziel nicht genau feststeht.

Mit dieser Arbeit soll die Formulierung von „Zielen“ für die Systembetrachtungen ermöglicht werden. Dazu werden verschiedenste Systemdefinitionen und Systembegriffe erklärt und die diversen systemimmanenten Bestandteile wie Elemente, Teile, Komponenten, Über- / Metasystem, Unter- / Subsystem, Aspekte von Systemen vorgestellt und auf die wesentlichen Anforderungen und Unterschiede hingewiesen.

Somit kann diese Arbeit als Grundlage für weitere Systembetrachtungen und Modellbildungen angesehen werden.

Different definitions and descriptions and otherwise different depths of observation and nucleus are not utile for the observation and description of complex systems. Mainly when the actual “gain” is not really known.

This work should help to phrase the “gain” for the different descriptions of systems. For this various definitions and terms are presented and the system immanent elements, parts, components, meta-, subsystems and aspects of systems are introduced with the focus on the essential requirements and differences.

In this case this work can be seen as basis for further system observation and system modeling.

## 2. Einleitung

*„Gebt mir einen Hebel, der lang genug, und einen Angelpunkt, der stark genug ist, dann kann ich die Welt mit einer Hand bewegen.“<sup>1</sup>*

Komplexe Aufgaben und Themen werden in ihre Einzelteile zerlegt um sie leichter betrachten zu können bzw. sie handhabbarer zu machen. Dieser Vorgang begleitet den Menschen seit seiner Kindheit und kostet ihm die Fähigkeit, den „Blick für das Ganze“ zu haben.<sup>2</sup>

Dabei bestimmen komplexe Systeme mit ihrem oft überraschenden Verhalten unsere derzeitige und zukünftige Umwelt und damit unser weiteres Leben.

Gerade deshalb ist es wichtig zu wissen, was geschehen wird oder geschehen könnte. Dieses Wissen ist beispielsweise oft die Grundlage für das Leben von Individuen oder die Entwicklung einer bestimmten Region oder auch von Organisationen und Unternehmen im Speziellen.<sup>3</sup>

Einführend ist es für das Verständnis und in weiterer Folge für die Steuerung von Systemen wichtig zu erkennen, dass gerade komplexe Systeme manchmal mit teilweise erheblichen, zeitlichen Verzögerungen funktionieren.

Wer hat z.B. nicht dieses Prinzip anhand der Mischbatterie für Kalt- und Warmwassersteuerung unter der Dusche erlebt.<sup>4</sup>

Das „beer game“, ein einfaches Spiel, welches die Abläufe des „supply chain management“ verständlich und einfach darstellen soll, lässt ebenfalls dieses Prinzip der Zeitverzögerung klar erkennen.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Archimedes (287-212 v. Chr.)

[http://www.aphorismen.de/display\\_aphorismen.php?search=9&sav=212&hash=1534b76d325a8f591b52d302e7181331](http://www.aphorismen.de/display_aphorismen.php?search=9&sav=212&hash=1534b76d325a8f591b52d302e7181331) (28.09.2010)

<sup>2</sup> Vgl. Senge: Die fünfte Disziplin, 2008, S. 11

<sup>3</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 15

<sup>4</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 217



An vielen deutschen Schulen und Universitäten wird seit einigen Jahren das interaktive Spiel „ecopolicy“ in der Lehre verwendet. Darin ist der Spieler für die Gestaltung einer Gesellschaft durch steuerndes Eingreifen in inhaltlichen und zeitlichen Dimensionen und den daraus resultierenden Verzögerungseffekten verantwortlich. Spielerisch soll dabei systemisches und vernetztes Denken angewandt und dadurch verstanden werden.<sup>6</sup>

Grundsätzlich kann also ein Individuum, eine Organisation oder ein Unternehmen im Speziellen in der schnelllebigen heutigen Konsum-, Dienstleistungs- und Industriegesellschaft diese komplexen und dynamischen Systeme nur schwer überblicken und kaum verstehen.<sup>7</sup> Um diesem Missstand Abhilfe zu schaffen existieren einige Ansätze und Methoden, Systeme abzubilden, um sie in weiterer Folge betrachten, beurteilen und bewerten zu können.

---

<sup>5</sup> Das Beer-Distribution-Game stammt aus den frühen 60er Jahren, als die Disziplinen „Systemisches Denken“ und „system dynamics“ sprichwörtlich "laufen lernten". Es wurde von der Sloan System Dynamics Group am Massachusetts Institute of Technology (MIT) als Teil von Jay Forresters Forschung im Bereich „industrial dynamics“ entwickelt. Das Spiel soll einen Einstieg in die oben erwähnten Fachgebiete ermöglichen und eine Art "Flugsimulator für Manager" bieten, in dem sie die Folgen ihres (durchaus fehlerhaften) Handelns erleben können, ohne gleich tatsächlich einen Betrieb in den Ruin zu stürzen. Während der mittlerweile vier Jahrzehnte seines Bestehens wurde das - kurz "Beer-Game" genannte - Spiel von tausenden Menschen auf der ganzen Welt gespielt und dabei immer wieder verändert. Aber ob man nun Bier, Tee oder Fruchtsaft durch die Supply-Chain verschickt, ändert nichts an den grundlegenden Aussagen der Simulation.

<sup>6</sup> Malik Management Zentrum: Simulationsspiel Ecopolicy (CD-Rom)

<sup>7</sup>In Anlehnung an Bützer P: Vernetztes Denken – Ein altes Ausbildungsprinzip?, Altstedten 2006, [http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Vernetztes\\_Denken.pdf](http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Vernetztes_Denken.pdf) (08.10.10), S. 4f

Der Begriff der „Komplexität“<sup>8</sup> ist bereits einige Male angeführt worden. Dabei ist für das Verständnis bzw. für die weitere Betrachtung die Abgrenzung vom Begriff der „Kompliziertheit“<sup>9</sup> notwendig.<sup>10</sup>

Nachfolgend sind grundsätzliche Systemdefinitionen und zusätzliche wesentliche Grundsätze zusammengefasst abgebildet.

---

<sup>8</sup> Siehe Kapitel 3.6. und 4.2.

<sup>9</sup> Siehe Kapitel 3.6. und 4.2.

<sup>10</sup> Ist beispielsweise das Uhrwerk einer analogen Armbanduhr kompliziert oder komplex? So herausragend diese technischen Meisterwerke auch erscheinen - Die Funktionsweise hat in keinster Weise einen Anspruch auf Komplexität, sondern ist nur in der Ausführung und Wirkungsweise kompliziert.

### 3. Grundlagen und Definitionen

*„Wenn man die Natur einer Sache durchschaut hat, werden die Dinge berechenbar.“<sup>11</sup>*

Für die in Verwendung befindlichen Begriffe „Systeme“, „Systemmodelle“ und „Modelle“, etc. gibt es unterschiedliche Definitionen. Diese hängen von der Art der Betrachtung einerseits und von der Anwendung andererseits ab.

In diesem Kapitel werden einige Definitionen, Anwendungen, etc. näher betrachtet, beschrieben und erläutert. Solche Definitionen sind für Systembeschreibungen und Szenarioentwicklungen allgemein notwendig.<sup>12</sup>

#### 3.1. Systemdefinition nach ASI<sup>13</sup>

Gemäß der ON-Regel für Risikomanagement wird unter einem System ein *„Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen“* verstanden.<sup>14</sup>

#### 3.2. Systemdefinition nach commanders handbook

*“A functionally, physically, and/or behaviorally related group of regularly interacting or interdependent elements; that group of elements forming a unified whole.”<sup>15</sup>*

---

<sup>11</sup> Wesley Snipes im Film “BLADE”, 1998

<sup>12</sup> Speziell hier für das Forschungsprojekt „Szenarioplanung und Wissensmanagement im ÖBH“ welches an der Zentralkommission der Landesverteidigungsakademie im Zeitraum von Dezember 2009 bis Dezember 2011 durchgeführt wird.

<sup>13</sup> ASI ... Austrian Standards Institute

<sup>14</sup> Austrian Standards Institute: ON-Regel ONR 49000, 01.06.2008, S. 15

<sup>15</sup> Joint warfighting center: commanders handbook to an effect based approach, S. II-3

### 3.3. Systemdefinitionen im IT<sup>16</sup>-Bereich

Die nachfolgende Definition ist grundsätzlich dafür ausgelegt die Struktur und die Eigenschaften von informationsverarbeitenden Systemen zu erfassen und entspricht der DIN 44300<sup>17</sup>.

*„Eine Sammlung (oder eine Menge) von Elementen, die in einer bestimmten Umgebung oder in einem bestimmten Kontext eine Einheit bilden oder als Einheit aufgefasst werden (→ Funktionseinheit).*

*Anmerkung: Ein System besteht aus*

- *Gegenständen, Subjekten oder Objekten*
- *Relationen zwischen Gegenständen*
- *Aktionen die von Subjekten ausgehen oder auf Objekte ausgeübt werden können.*“<sup>18</sup>

Zusätzlich kommt dem Begriff der Ordnungsmäßigkeit hier besondere Bedeutung bei, welcher aber ebenfalls wieder auf andere, also nicht IT-Systeme, Anwendung finden kann und bereits findet.

So kann die Ordnungsmäßigkeit eines Systems immer nur bezogen auf eine bestimmte, vorgegebene Ordnung behauptet und festgestellt werden. Die Ordnung selbst ist nicht systemimmanent, sondern die Menge der Forderungen und Randbedingungen, welche von „außen<sup>19</sup>“ an das System gestellt werden. Ein System wird dann als ordnungsmäßig bezeichnet, wenn es die Anforderungen erfüllt, die von der äußeren Ordnung gestellt werden, der es genügen soll.<sup>20</sup>

---

<sup>16</sup> IT ... Informationstechnologie

<sup>17</sup> Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 44300 Informationsverarbeitung: Begriffe, Teile 1-9 (in der Fassung 1988, gemäß Dierstein)

<sup>18</sup> Dierstein: Begriffe - Definitionen und Erklärungen, 2003, S. 4

<sup>19</sup> Von außen durch die Umgebung bzw. durch die Systemeinkbettung.

<sup>20</sup> Vgl. Dierstein: Begriffe - Definitionen und Erklärungen, 2003, S. 4-7

Es gilt folgende Definition:

*Ein System ist genau dann ordnungsmäßig, wenn es*

- *alle Aktionen korrekt ausführt, die von ihm gefordert werden, und*
- *keine Aktionen ausführt, die von ihm nicht gefordert werden*  
*Anmerkung: Die korrekte Ausführung einer Aktion schließt die Rechtzeitigkeit ein, d.h. die Ausführung*
- *zum geforderten Zeitpunkt*
- *im geforderten Zeitrahmen.*<sup>21</sup>

Eine weitere Definition welche im IT-Bereich, speziell bei ITIL<sup>22</sup> Anwendung findet lautet:

*„Ein System stellt eine Gruppe von Komponenten dar, die miteinander interagieren, miteinander verknüpft oder unabhängig voneinander sein können. Egal, wie sie miteinander gekoppelt sind, sie formen gemeinsam ein vereinheitlichtes Ganzes, funktionieren für einen bestimmten Zweck zusammen.“*<sup>23</sup>

### **3.4. Komplexitätsbeschreibung**

*„Man kann keinen Rahmen bauen, wenn die Dimensionen des Bildes nicht bekannt sind.“*<sup>24</sup>

Nach BANDTE ist „Komplexität“ als Begriff zu komplex um definiert werden zu können. Eine einzige Definition ist also nicht ausreichend um der Bedeutung von „Komplexität“ zu entsprechen. Dementsprechend

---

<sup>21</sup> Dierstein: Begriffe - Definitionen und Erklärungen, 2003, S. 7

<sup>22</sup> ITIL ... IT Infrastructure Library. Es handelt sich hierbei um eine Sammlung von Best Practices zum Thema IT Service Management.

<sup>23</sup> Ebel: ITIL V3, Basis-Zertifizierung, 2008, S. 47

<sup>24</sup> Quelle: Autoren

muss der Fokus, also das Ziel der Begrifflichkeit „Komplexität“ bekannt sein um „Arbeitsdefinitionen“ festzulegen.<sup>25</sup>

In einer Arbeitsdefinition definiert BANDTE „Komplexität“ wie folgt:

*„Komplexität bzw. komplex – in Abgrenzung zu einfach und kompliziert – beschreibt ein nicht zerlegbares, am Rand des Chaos befindliches System, welches in bestimmten (System-)Bereichen kohärente, regelgeleitete und rekursive Verhaltensmuster aufzeigt, in einer Zeitspanne eine große Zahl von verschiedenen Zuständen annehmen kann, und dessen Beschreibung abhängig vom Beobachter ist. Komplexe Systeme sind Evolution, Anpassung sowie Selektion permanent ausgesetzt und tragen aktiv zur evolutionsfähigen Gestaltung der Systemumwelt bei.“<sup>26</sup>*

Komplexe Systeme charakterisieren sich weiter durch die Systemeigenschaften

*„... Überlebenssicherung, Dynamik, Vielzahl und Varietät, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiesis.“<sup>27</sup>*

MALIK schiebt einfühend bezüglich komplexer Systeme:

*„Komplexe Systeme können zwar relativ einfach und schnell gezeigt und noch leichter in gewissen Zügen erlebt werden, aber man kann sie fast nicht beschreiben. Das Mittel der Sprache und somit das Buch eignen sich schlecht für das Beschreiben, Verstehen und Kommunizieren von Komplexität und von vernetzten Systemen. Unter anderem deshalb wurden zum Beispiel Land- und Seekarten erfunden.“<sup>28</sup>*

---

<sup>25</sup> Vgl. Bandte: Komplexität in Organisationen, 2007, S. 78f

<sup>26</sup> Bandte: Komplexität in Organisationen, 2007, S. 78

<sup>27</sup> Bandte: Komplexität in Organisationen, 2007, S. 78

<sup>28</sup> Malik: Unternehmenspolitik und Corporate Governance, 2008, S. 14

SCHLIEßMANN führt in einer zusammenfassenden These an:

*„Komplexität lässt sich dynamisch erfassen. Komplexität wird nicht als Status quo konstatiert, vielmehr erfolgt ihre Erfassung und Reflexion in einem laufenden, dynamischen Prozess. Dabei gilt es, Komplexität nicht mit noch mehr Komplexität zu begegnen, sondern den systemrelevanten Wesenskern zu finden, die DNA des Systems. Um ein tieferes Verständnis eines Systems zu erreichen, was Voraussetzung ist für dessen Steuerbarkeit, ist es unerlässlich, die wesentlichen Variablen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht zu hinterfragen.“<sup>29</sup>*

### **3.5. Systembegriffe nach „System Engineering“<sup>30</sup>**

Das Wort „System“ steht für Konnektivität. Damit ist die Ansammlung miteinander in Beziehung stehender Teile gemeint. Ein System ist ein System, weil es miteinander in Beziehung stehende Teile umfasst und in gewisser Hinsicht ein Ganzes bildet.<sup>31</sup>

#### **3.5.1. „Teile“, „Elemente“, „Komponenten“**

Diese „Teile“<sup>32</sup> sind im allgemeinen Sinn Bausteine des Systems, können aber ihrerseits ebenfalls als Systeme betrachtet werden. Fasst man ein Element selbst als System auf, indem man Elemente auf tiefer Ebene bildet und diese durch Beziehungen miteinander verbindet, dann spricht man von einem „Untersystem“ oder auch „Subsystem“.

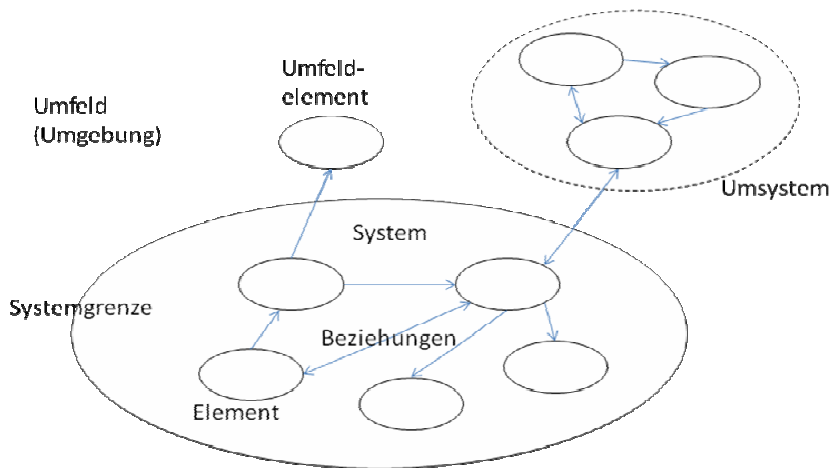
---

<sup>29</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 280

<sup>30</sup> Systems Engineering ist eine, auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Methodik um zweckmäßig und zielgerichtet komplexe Systeme gestalten zu können. Grundsätzlich besteht die Philosophie aus dem Systemdenken und entsprechenden Vorgehensmodellen.

<sup>31</sup> Vgl. Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 5f

<sup>32</sup> Als Teile werden hier Elemente oder Komponenten welche die Bausteine eines Systems darstellen, verstanden.



**Abbildung 1: Grundbegriffe des Systemdenkens<sup>33</sup>**

Die Beziehungen selbst sind nicht genau definiert, sondern können zusammengefasst als Materialfluss-, Informationsfluss-, Lagebeziehungen, Wirkungszusammenhänge, etc. verstanden werden.

### 3.5.2. „Systemgrenzen“, „Umfeld“

Das System grenzt sich durch „Systemgrenzen“ vom „Umfeld“ ab. Im Umfeld befinden sich „Umsysteme“ mit „Umfildelementen“.<sup>34</sup>

Unter einer „Systemgrenze“ wird diesbezüglich die Abgrenzung zwischen dem System und seiner Umgebung bzw. seinem Umfeld verstanden. Die Beziehungen innerhalb von Systemgrenzen sind wichtiger, größer und werden verstärkt wahrgenommen als zwischen System und Umfeld.

*„Dieses Übergewicht der inneren Bindung macht daraus eine Gesamtheit.“<sup>35</sup>*

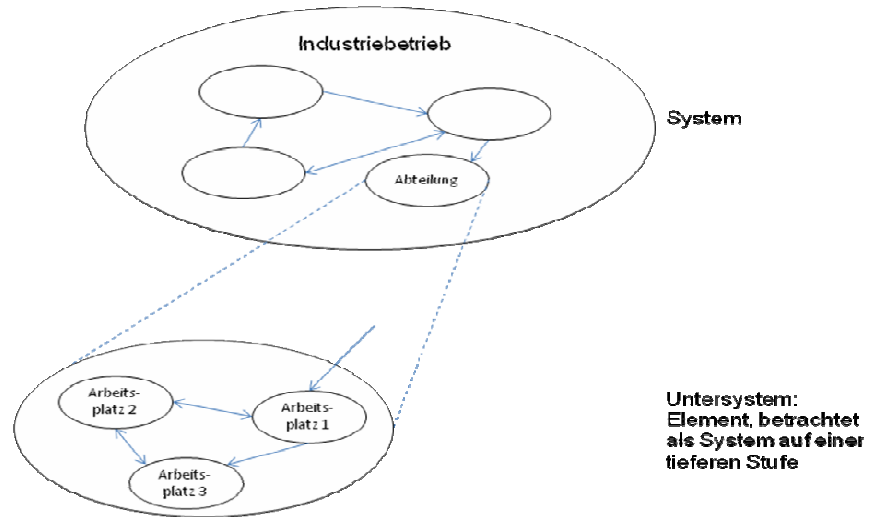
<sup>33</sup> Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 5

<sup>34</sup> Vgl. Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 5f

<sup>35</sup> Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 6



Mit „Umfeld“ wird die gesamte Umgebung in welcher sich das System befindet zusammengefasst. „Umsysteme“ und „Umfeldelemente“ befinden sich außerhalb der Systemgrenze des betrachteten Systems, stehen aber mit einem oder mehreren Elementen innerhalb des Systems, in Wechselwirkung.



**Abbildung 2: System und Untersystem (am Beispiel Industriebetrieb)<sup>36</sup>**

### 3.5.3. „Struktur“ eines Systems

Die „Struktur“ eines Systems, wird durch die Ordnung in welcher die Elemente und Beziehungen stehen, gebildet. Anordnungsmuster oder Ordnungsprinzipien sind in der Struktur erkennbar.

Hierarchische Struktur, Sternstruktur oder Netzwerkstruktur sind Beispiele für derartige Strukturformen.

<sup>36</sup> Vgl. Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 7

### 3.5.4. „Übersystem“ und „Systemhierarchie“

Werden mehrere Systeme zu einem umfassenderem System zusammengefasst, wird für dieses Objekt der Begriff „Übersystem“ verwendet. Beispielsweise ist das Übersystem eines Bataillons meist die Brigade oder in Bezug auf einen Industriebetrieb der Konzern, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

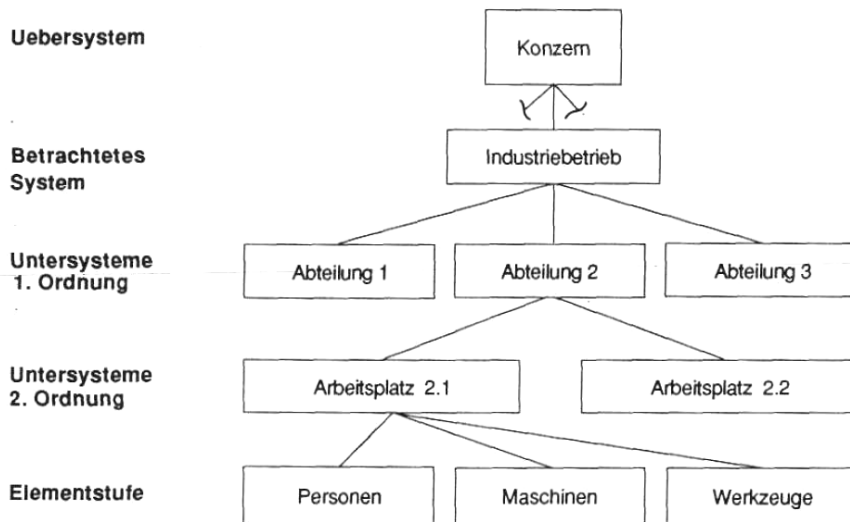


Abbildung 3: Systemhierarchie<sup>37</sup>

### 3.5.5. „Aspekte“ eines Systems

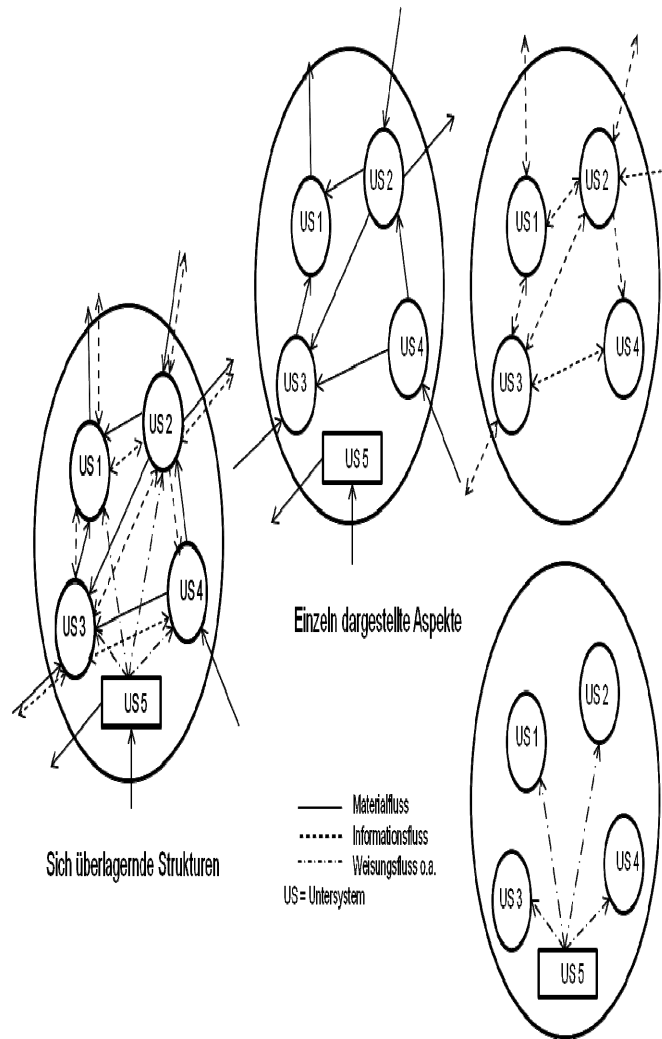
„Jedes System, bestehend aus Elementen und Beziehungen, lässt sich unter verschiedenen Gesichtspunkten (Filter) betrachten und beschreiben.“<sup>38</sup>

Somit treten bei unterschiedlichen Filtern verschiedene Elemente und Beziehungen einmal mehr oder weniger bzw. überhaupt nicht in Erscheinung. Diese unterschiedlichen Betrachtungen werden als

<sup>37</sup> Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 8

<sup>38</sup> Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 9

„Aspekte des Systems“ bezeichnet. In der nachfolgenden Abbildung sind beispielhaft mögliche Aspekte eines Industriebetriebes abgebildet.



**Abbildung 4: Aspekte eines Systems<sup>39</sup>**

<sup>39</sup> Becker, Büchel, Habermann, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 9

Daraus folgt, dass die Betrachtung von Systemen nur nach eingehender Feststellung und Beschreibung des „Was will ich“ möglich ist. Nur wenn die Aspekte eines Systems klar und eindeutig sind, kann die Betrachtung und Analyse erfolgen.

Die Idee des System Engineering ist es, entsprechend dem Top Down Prinzip an die Systemerstellung heranzugehen. Dabei ist es wesentlich, sich gerade zu Beginn nicht mit Detailfragen zu beschäftigen, sondern an die Lösung von komplexen und schwer fassbaren Problemen zu denken.

Der Gedanke dahinter ist die schrittweise Auflösung von einer „Blackbox“ in mehrere „Greyboxes“ mit unterschiedlichen „Graustufen“ bzw. das Vorgehen nach dem Prinzip von „Vom Groben zum Detail“.

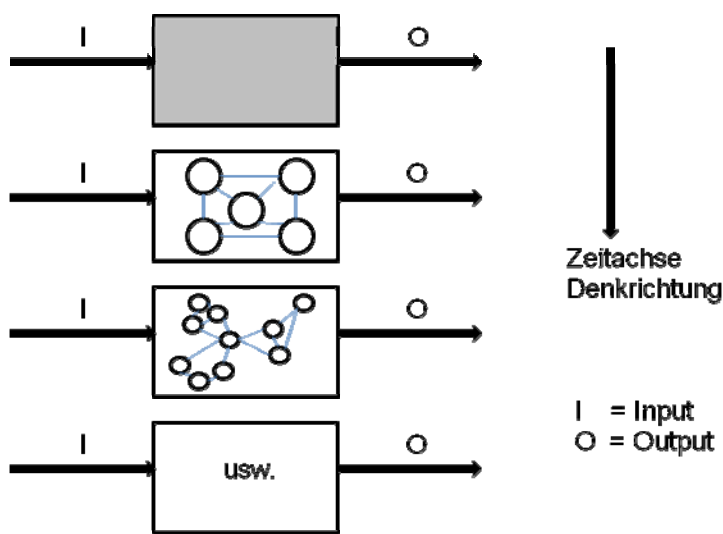


Abbildung 5: Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 31

### 3.5.6. Denkansätze zur Systembetrachtung<sup>41</sup>

Im Zusammenhang mit dem Systemansatz des „Systems Engineering“ gibt es verschiedene Denkansätze mit unterschiedlichen Bedeutungen. Diese sind:

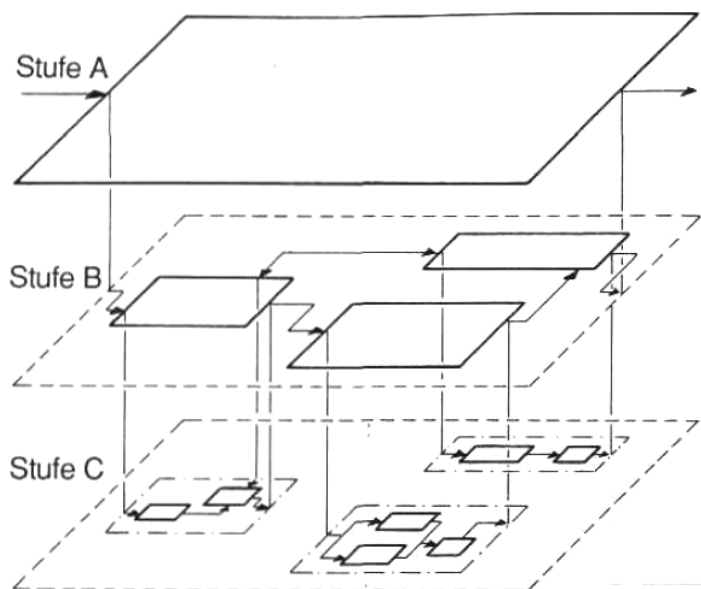
- Systemmodelle als Basis des Systemdenkens  
Durch modellhafte Abbildungen werden Systeme und komplexe Zusammenhänge veranschaulicht. Die Modelle müssen im Hinblick auf die Situation und die Problemstellung aussagefähig sein. Die Frage nach der „Zweckmäßigkeit“ und der „Problemrelevanz“ sind dabei wesentlich.
- Die umfeldorientierte Betrachtungsweise  
Das System wird hier vorerst vernachlässigt und die Konzentration der Betrachtung liegt auf den Zusammenhängen zwischen dem System und dessen Umgebung. Art und Umfang externer Faktoren, welche auf die Funktionsweise des Systems Einfluss nehmen sind anfangs zu bestimmen.
- Wirkungsorientierte Betrachtung  
Die Fragestellung hierbei zielt darauf ab, festzustellen, welche Einwirkungen aus dem Umfeld in Verbindung mit den Verhaltensmöglichkeiten des Systems, welche Auswirkungen auf das Umfeld zur Folge haben. Also eine Input-Output-Betrachtung bei der das System an sich nur als Blackbox<sup>42</sup> interessant ist und der Zustand sowie die „Qualität“ des Systems festgestellt werden kann.
- Strukturorientierte Betrachtung des Systems  
Bei der strukturorientierten Betrachtung sind die Elemente, Beziehungen, Wirkmechanismen und Abläufe eines Systems entscheidend. Dabei kann auch festgestellt werden, wie der Output aus dem Input entsteht oder im Falle eines Lösungsansatzes – wie der Input in den gewünschten Output umgewandelt werden soll.

---

<sup>41</sup> Vgl. Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 10 - 19

<sup>42</sup> Teilweise sind Abläufe innerhalb des Systems für die Betrachtung wesentlich. Diesbezüglich findet auch die Bezeichnung „Greybox“ Anwendung.

- Aspekte der Systembetrachtung  
Durch die Betrachtung der verschiedenen Aspekte ist es möglich ein System in sich überlagernden Strukturen zu beschreiben, unabhängig davon, dass dabei einzelne Aspekte in den Vordergrund gestellt und andere vernachlässigt werden.
- Anwendung des systemhierarchischen Denkens  
Das System wird grob strukturiert, indem eine überblickbare und bewusst beschränkte Anzahl von Untersystemen, als Blackboxes, gebildet werden und die wesentlich erscheinenden Beziehungen dargestellt. Sollten bei dieser groben Betrachtungsweise keine Aussagen erzielt werden, findet auch bei den Untersystemen die strukturorientierte Betrachtung statt. Auf diese Weise ist es möglich, zwischen den Bereichen des umfassenden Systems und der Untersysteme Betrachtungen anzustellen, ohne den Gesamtzusammenhang zu verlieren. Dieser Ansatz ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



**Abbildung 6: Stufenweise Auflösung eines Systems<sup>43</sup>**

<sup>43</sup> Becker, Büchel, Haberfellner, Nagel, von Massow: Systems Engineering, 2002, S. 18

Somit ist es in der Untersystem-Betrachtung mit dem systemhierarchischen Ansatz einerseits möglich festzustellen aus welchen Elementen sich ein System, Untersystem etc. zusammensetzt. Andererseits wird bei der Übersystem-Betrachtung festgestellt, welchem System oder welchen Systemen übergeordneter Art ein System angehört.

### 3.6. Systembegriffe nach SCHLIEßMANN

Ein System ist eine Einheit vernetzter Teile und vorerst weder komplex noch unkomplex.<sup>44</sup>

Systeme werden als „komplex“ bezeichnet, wenn der Zustand oder die Eigenschaft komplex ist, sich die Faktoren also komplex verhalten. Die Anzahl der Variablen eines Systems ist dabei kein Kriterium für Komplexität sondern alleine die Qualität der in einem System enthaltenen Informationen.

*„Eine wachsende Vielzahl von Elementen bis zur Unüberschaubarkeit ist Systemen immanent, machen aber selbst noch keine Komplexität aus.“<sup>45</sup>*

SCHLIEßMANN unterscheidet grundsätzlich zwischen „trivialen“ und „nichttrivialen“ Systemen, wobei es sich bei Systeme welche synthetisch vorhersehbar, analytisch bestimmbar, vergangenheitsunabhängig und in ihrer Funktion und Entwicklung vorhersagbar sind um „triviale“ Systeme handelt. Beispielsweise handelt es sich dabei um einfache oder komplizierte technische Geräte. Bei allen anderen Systemen handelt es sich um „nichttriviale“ Systeme, welche zu Komplexität neigen.

„Kompliziert“ ist etwas grundlegend anderes als „komplex“, da es eine völlig andere Risikoqualität beinhaltet. Komplizierte Systeme können ohne Verlust wichtiger Informationen in einfache Teilbereiche zerlegt

---

<sup>44</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 36

<sup>45</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 40

und unter verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Beinhaltet die „Interdependenzinformationen“<sup>46</sup>, eines Systems die Fähigkeit zu Überraschungen und zu unterwartbarem Verhalten, verursachen sie Komplexität.

Zum Erkennen von Komplexität kann gemäß SCHLIEßMANN folgender Raster herangezogen werden:

Qualität von Informationen in Elementen, Vernetzungen und Interdependenzen	Komplexität wird charakterisiert durch nicht mehr strukturierte, zum Chaos neigende Informationen und die Vielfalt der möglichen Informationen und Beziehungen, Interdependenzen und Kombinationen zwischen Elementen, sowie eine unmögliche Voraussagbarkeit eines bestimmten Systemverhaltens.
Zielbreite und Zielgenauigkeit; Eindeutigkeitsverlust	Verhaltensweise und Ziele können mangels klarer und eindeutiger Beziehungen und Wenn-Dann-Aussagen nicht scharf definiert werden. Zu viele Abweichungsmöglichkeiten im Systemverhalten können zu Zieländerungen führen.
Eigendynamik	Über die Zeitachse ändern sich laufend Elemente in Qualität und Quantität, sowie in ihrer Vernetzung und Bedeutung zueinander. Ein komplexes System kann nur verstanden werden, wenn es in seiner dynamischen Entwicklung beobachtet wird. Trotzdem lassen sich künftige Verhaltensweisen nur ungenau vorhersagen.

<sup>46</sup> „Interdependenz heißt „wechselseitige Abhängigkeit“.“ nach Schimmelfennig: Internationale Politik, 2008, S. 92



Selbstorganisation und spontane Ordnungsbildung	Komplexe Systeme können spontane Ordnungen bilden und sind im Sinne der Biokybernetik <sup>47</sup> in der Lage sich flexibel-evolutorisch anzupassen und zu organisieren.
Nichtlinearität	Komplexe Systeme kennen keine Linearität. Jede Situation entscheidet neu.

**Tabelle 1: Raster zum Erkennen von Komplexität<sup>48</sup>**

Das nachfolgende „Prof. Schließmann Komplexitätsmanagement-Modell“ visualisiert die Gesamtmethodik zur Erfassung und Auswertung komplexer Systeme.

Das Modell<sup>49</sup> wird hier nicht näher erläutert, stützt sich aber grundsätzlich auf das „Sensitivitätsmodell“ von VESTER ab. Die Wirkungsgefüge werden dabei aber mit einem zusätzlichen Tool dargestellt. Es handelt sich dabei um das Softwareprogramm „OntoSpace“ mit welchem eine quantitativ digitale Analyse durchgeführt werden kann.<sup>50</sup>

<sup>47</sup> Der Begriff der Biokybernetik wird im Kapitel 3.8.3. näher beschrieben.

<sup>48</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 40f

<sup>49</sup> Für weitere Informationen siehe auch Göllner, J., Meurers, C., Peer, A., Povoden, G.: Systemdefinition, Systembeschreibung und Systembegrenzung zur Szenarioentwicklung und Szenariomodellierung, Teil 2: Darstellung von ausgewählten Methoden, 2010, o.S.

<sup>50</sup> Die Wirkungsweise von OntoSpace wird im Kapitel 6.3. näher beschrieben.

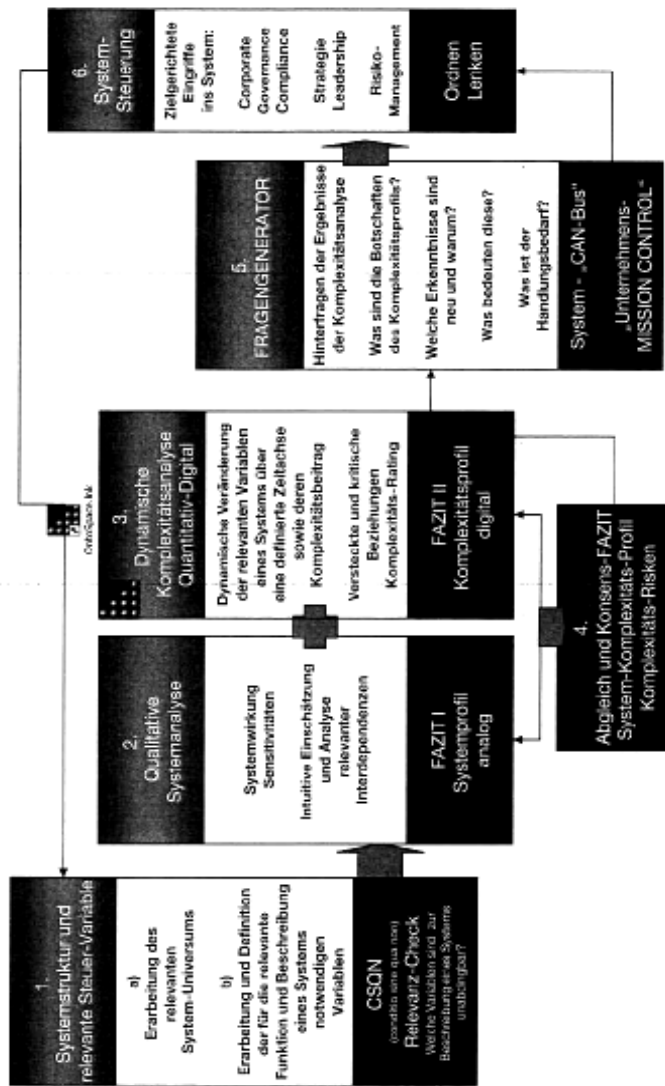


Abbildung 7: Prof. Schießmann Komplexitätsmanagement-Modell<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Schießmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 97

### 3.7. Systembegriffe nach BOSSEL

Nach BOSSEL gibt es grundsätzlich keinen fixen Satz von Definitionen, sondern vielmehr soll darauf hingewiesen werden, dass *„Lernen über Systeme immer ein Lernen von Systemen in einem interaktiven Rückkopplungsprozess sein muss.“*<sup>52</sup>

#### 3.7.1. Systemmerkmale

„Objekte“ welche auf uns bzw. auf unsere Umwelt Einfluss nehmen bezeichnen wir als „System“.

BOSSEL bringt noch eine zusätzlich zu beachtende Qualität, - die Systemmerkmale-, in die Diskussion ein, da nicht alle „Objekte“ von sich aus ein System bilden.<sup>53</sup>

BOSSEL legt folgende Merkmale fest, welche ein „Objekt“ ausweisen muss, um ein System zu sein:

1. *Das Objekt erfüllt eine bestimmte Funktion, d.h. es lässt sich durch einen Systemzweck definieren, den wir als Beobachter in ihm erkennen.*
2. *Das Objekt besteht aus einer bestimmten Konstellation von Systemelementen und Wirkungsverknüpfungen (Relationen, Struktur), die seine Funktionen bestimmen.*
3. *Das Objekt verliert seine Systemidentität, wenn seine Systemintegrität zerstört wird. Ein System ist daher nicht teilbar, d.h. es existieren Elemente und Relationen in diesem Objekt, nach deren Herauslösung oder Zerstörung der ursprüngliche Systemzweck, d.h. die Systemfunktion nicht mehr erfüllt werden*

---

<sup>52</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 34

<sup>53</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 34f

*kann: Die Systemidentität hätte sich verändert oder wäre gänzlich zerstört.<sup>54</sup>*

Generell sind alle Systeme dynamische Systeme, gerade wenn sich die Beobachtung über einen längeren Zeitraum erstreckt. In weiterer Folge sind aber nur diese dynamischen Systeme relevant, welche in einem „interessierenden“ Zeitraum ihren Zustand ändern und damit ein dynamisches Verhalten zeigen.

Selbstverständlich sind dabei die Auswirkungen, welche ein System auf die Umwelt (Systemumwelt) hat, interessant. Zusätzlich jedoch kann das System an sich nur verstanden werden, wenn die inneren Abläufe sichtbar, d.h. analysiert werden. Deshalb ist also für eine umfassende Beschreibung eines Systems mehr erforderlich, als die äußerliche Betrachtung in Form einer Blackbox.

### **3.7.2. Systemzustand**

Stellt man sich ein System im eingefrorenen Zustand vor, kommen alle Vorgänge zum Erliegen und potentielle Zustandsgrößen (Messgrößen) kristallisieren sich heraus.<sup>55</sup>

Für die Systemdarstellung ist es enorm wichtig, dass zwischen verschiedenen Systemgrößen und ihren funktionalen Abhängigkeiten unterschieden wird. Hauptsächlich gilt es dabei zu unterscheiden zwischen:

1. **Vorgabegrößen** wie feste Systemparameter oder von der Systementwicklung unabhängige exogene Einwirkungen aus der Systemumwelt.
2. **Zustandsgrößen** (Speichergrößen), die zu jedem (Rechen- oder Mess-) Zeitpunkt den Zustand eines Systems angeben.

---

<sup>54</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 35

<sup>55</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 36 - 40

*Sie sind nicht durch andere Systemgrößen ausdrückbar oder ersetzbar. Die Zustandsgrößen geben die „Koordinaten“ des Verhaltensraums eines Systems an.*

- 3. **Zwischengrößen und Hilfsgrößen (Wandler).** Diese Größen sind direkt aus den momentanen Werten der Zustandsgrößen oder aus vorgegebenen Parametern und/oder exogenen Einwirkungen berechenbar.<sup>56</sup>*

Die essentiellen, den tatsächlichen Systemzustand vollständig beschreibenden Größen werden Zustandsgrößen genannt.

Mit ihnen lässt sich zu jeder Zeit der Zustand eines Systems beschreiben. Somit können Zustandsgrößen als das Gedächtnis des Systems bezeichnet werden, welche zu jeder Zeit messbar sind.

### **3.7.3. Systemgrenzen**

Für die weitere Betrachtung bzw. Analyse von Systemen ist es notwendig eine Systemgrenze festzulegen bzw. zu definieren, welche das System klar von seiner Umwelt abtrennt.

Gerade das ist aber schwierig da entweder ein System auf die Umwelt wirkt oder umgekehrt Auswirkungen der Umwelt auf ein System Einfluss nehmen.

Deshalb hat BOSSEL folgende Kriterien festgelegt welche einzeln oder in Kombination für Systemgrenzen gelten:

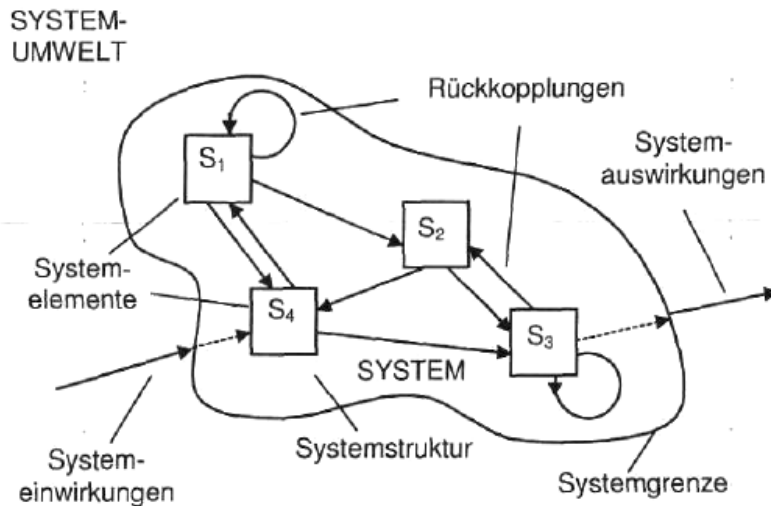
- 1. Systemgrenze dort, wo die Kopplung zur Umwelt sehr viel schwächer ist als die Binnenkopplung im System (z.B. Organismus: Haut)*
- 2. Systemgrenze dort wo vorhandene Umweltverkopplungen noch funktionsrelevant sind. Beispiel: Um die Körperfunktionen einer Ameise zu untersuchen, kann sie als isoliertes Individuum betrachtet werden. Ist aber ihre soziale Funktion im*

---

<sup>56</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 84

*Ameisenhaufen von Interesse, muss sie als Teil dieses größeren Systems betrachtet werden.*

3. Systemgrenze dort ziehen, wo Umwelteinwirkungen auf das System nicht durch das System selbst bestimmt oder durch Rückkopplungen von Systemauswirkungen verändert werden können (bei Ökosystemen z.B.: Einstrahlung, Temperatur, Niederschlag).<sup>57</sup>



**Abbildung 8: Bestandteile von Systemen<sup>58</sup>**

### 3.7.4. Systemdynamik

Der Zustand eines Systems, welches aus einer einzigen „Zustandsgröße“ ohne Rückkopplung besteht, ändert sich einzig durch einen Zugang und einem Abgang. Bereits hier ist es zwingend erforderlich über die entsprechenden Informationen zu verfügen um das System betrachten zu können. Dazu gehören neben einem Anfangswert für die „Zustandsgröße“ die Zugangs- und Abgangswerte über eine gewisse Zeit.

<sup>57</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 38

<sup>58</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 36

Für den Betrachter wird es ungleich komplizierter wenn nun auch noch Rückkopplungen hinzukommen, welche innerhalb des Systems „Eigendynamiken“<sup>59</sup> hervorrufen. Dadurch werden auch relativ einfache Systeme rasch nicht mehr überschaubar und nicht mehr analysierbar.

Die Auswirkungen solcher „Eigendynamiken“ können dabei erheblich sein und unterschiedlichen zeitlichen Maßstäben folgen. Die Reaktion von Systemen auf Einwirkungen auf ihre Umwelt hängt sowohl von den Einwirkungen als auch von der Eigendynamik ab. Die genaue Reaktion ergibt sich aus den Systemelementen, der strukturellen Verknüpfung und den äußeren Einwirkungen.

### **3.7.5. Teilsysteme und Modularität**

Komplexe Systeme bestehen fast immer aus abgrenzbaren, autonomen Teilsystemen, welche einzeln betrachtet und analysiert werden können.<sup>60</sup> Die Dynamik von Systemen mit mehreren Zustandsgrößen ist nicht mehr überschaubar oder vorhersehbar. Es bietet sich daher an, nach der jeweiligen Festlegung der Systemgrenzen, diese Teilsysteme und ihr Verhalten getrennt zu untersuchen.

Sind aus den Systemgrößen des zu betrachtenden Systems die Vorgabegrößen, Zustandsgrößen und Zwischengrößen identifiziert worden, werden entsprechend den Teilsystemen Teilmodelle gebildet. Diese Teilmodelle werden überprüft und dann wieder zusammengefasst betrachtet.<sup>61</sup>

---

<sup>59</sup> Rückkopplungen können ein eigenständiges, von der Systemstruktur selbst bestimmtes Verhalten erzeugen, dass mit Einwirkungen auf das System nicht mehr in Verbindung gebracht werden kann.

<sup>60</sup> Dieser Satz scheint augenscheinlich im Widerspruch zum Kapitel 3.6. zu stehen. Schließmann unterscheidet dabei aber die Begriffe „Komplexität“ und „Kompliziertheit“, während Bossel diese Abgrenzung nicht trifft.

<sup>61</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S 85f

### **3.8. Systembegriffe nach VESTER**

Grundsätzlich gilt es bei VESTER zu klären ob es sich bei dem betrachteten System um ein komplexes System, um Systemteile oder nur um Einzelmechanismen handelt.

Ein komplexes System besteht aus mehreren verschiedenen Teilen welche in einer bestimmten Ordnung zueinander stehen. Wird in diese Ordnung eingegriffen, wirkt sich dieser Eingriff natürlich auch auf alle Teile des Systems und somit den Gesamtcharakter aus.<sup>62</sup>

#### **3.8.1. Systemrelevanter Variablensatz**

Gemäß VESTER lässt sich auch ein hoch komplexes System<sup>63</sup> mit wenigen „Variablen“<sup>64</sup> beschreiben und in weiterer Folge betrachten und analysieren. Wichtig dabei ist nur, die entscheidenden Variablen zu finden und abzugrenzen. Erst wenn das System definiert und als Modell besteht, geht VESTER daran, das Gesamtsystem in Teilbereiche zu zerlegen und zu überprüfen.<sup>65</sup>

Bei der Generierung dieser systemrelevanten Variablen ist die Datenreduktion auf die wesentlichen Schlüsselkomponenten wichtig. Die Variablen stellen die Knoten eines Systems dar und können objektive Fakten oder auch reine Erfahrungswerte ausdrücken und sowohl einen quantitativen als auch qualitativen Charakter aufweisen.<sup>66</sup>

#### **3.8.2. Systemkriterien**

Die Reduktion der Variablen auf ein überschaubares Maß ist gemäß VESTER unabdingbar. Eine aussagekräftige Zusammenstellung der Variablen ist aber möglich, wenn der Variablensatz auf die wichtigsten Systemkriterien überprüft wird. Einseitige Betrachtungsweisen und für

---

<sup>62</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 24f

<sup>63</sup> Grundsätzlich gleich bedeutend einem komplexen System. VESTER unterscheidet nicht zwischen komplexen und hoch komplexen Systemen.

<sup>64</sup> VESTER bezeichnet „Einflussfaktoren“ als „Variablen“.

<sup>65</sup> Mit der Software „Sensitivitätsmodell“ von Frederic Vester besteht die Möglichkeit Teilsysteme auf die Funktionsweise hin zu überprüfen.

<sup>66</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 215f



die Systembetrachtung unerwünschte Schwergewichtsbildungen können dadurch vermieden werden. Dabei wird der Variablensatz so lange überarbeitet, bis er sämtliche Aspekte und Kriterien, die zur Abbildung der Realität notwendig sind, einigermaßen wiedergibt.

Insgesamt werden dabei 18 Kriterien, welche im Variablensatz eines systemrelevanten Modells vertreten sein sollen, und aus den Bereichen  
 Lebensbereiche,  
 physikalische Entität,  
 Systemdynamik und  
 Systembeziehung  
 kommen betrachtet.

<b>Lebensbereich</b>	<b>Grundfrage</b>
Die Beteiligten	Wer ist alles da?
Die Tätigkeiten	Was machen die?
Der Raum	Was passiert wo?
Das Befinden	Wie fühlen die sich?
Die Umweltbeziehung	Wie funktioniert der Ressourcenhaushalt?
Die inneren Abläufe	Welche Kommunikationswege bestehen?
Die innere Ordnung	Wie ist das geregelt?

**Tabelle 2: Definition der 7 Lebensbereiche<sup>67</sup>**

<b>physikalische Entität</b>	<b>Beschreibung</b>
Materie	Variablen, die vorwiegend <b>materiellen</b> Charakter haben (z.B. Gebäude, Rohstoffe, Produktionsmittel, Menschen, Tiere, Pflanzen, Fahrzeuge)
Energie	Variablen, welche vorwiegend <b>Energiecharakter</b> haben (z.B. Stromverbrauch, Arbeitskräfte, Energieträger)

<sup>67</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 219f

Information	Variablen mit vorwiegend <b>Informations- und Kommunikationscharakter</b> (z.B. Medien, Aufklärung, Informationsaustausch, Anordnungen, Wahrnehmung)
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Tabelle 3: Definition der physikalischen Grundkriterien<sup>68</sup>**

<b>Dynamik</b>	<b>Beschreibung</b>
Flussgröße	Variablen, die vorwiegend Materie- Energie- oder Informationsflüsse innerhalb des Systems ausdrücken (z.B. Stromverbrauch, Verkehr, Pendler)
Strukturgröße	Strukturbestimmende Variablen (z.B. Grünflächen, Bevölkerungsdichte, Verkehrsnetz, Erreichbarkeit, Hierarchie)
Zeitliche Dynamik	Variablen, welche sich am gleichen Standort zu gegebener Zeit verändern oder denen eine zeitliche Dynamik innewohnt (z.B. Saisonbetrieb, Wahlversammlung, Klimaforschung, Fahrpläne, Steuerprüfung)
Räumliche Dynamik	Variablen, welche zu gegebener Zeit von Standort zu Standort verschieden sind (z.B. Verkehrsaufkommen, Abwässer, Naturschutzgebiet, Strukturförderung)

**Tabelle 4: Definition der dynamischen Grundkriterien<sup>69</sup>**

<b>Systembeziehung</b>	<b>Beschreibung</b>
Öffnet das System durch „Input“	Variablen, welche das System durch Einwirkung von außen öffnen (z.B. Niederschläge, Deponien, Importe)
Öffnet das System durch „Output“	Variablen, die in umgebende Systeme hineinwirken (z.B. Abflüsse, Exporte, Image,

<sup>68</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 220

<sup>69</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 221

	Werbung)
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.
Von außerhalb steuerbar	Variablen, welche Entscheidungsprozessen unterliegen, die außerhalb des betrachteten Systems stattfinden. Sie sind unter anderem ein Maß für die Dependenz des Systems.

**Tabelle 5: Definition der Systembeziehung<sup>70</sup>**

### 3.8.3. Grundregeln der Biokybernetik<sup>71</sup>

*„Dort, wo Kybernetik seit jeher funktioniert, im biologischen Geschehen, bedeutet sie keineswegs detaillierte Vorprogrammierung oder zentrale Steuerung...“<sup>72</sup>*

VESTER orientiert sich dabei an der Natur, die die Abläufe zwischen den einzelnen Teilen so gestaltet, dass sie sich automatisch in Gang halten und steuern.

Insgesamt definiert VESTER dabei acht Grundregeln der Biokybernetik welche der Lebensfähigkeit von Systemen zugrunde liegen. Diese acht Grundregeln können auch als Fähigkeiten zur Selbstorganisation lebensfähiger Systeme bezeichnet werden.

Nr	Grundregel	Beschreibung
1	Negative Rückkopplung muss über positive Rückkopplung dominieren.	Eine positive Rückkopplung bringt die Dinge durch Selbstverstärkung zum Laufen. Eine negative

<sup>70</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 221f

<sup>71</sup> Unter Kybernetik versteht man die Erkennung, Steuerung und selbststättige Regelung ineinander greifender, vernetzter Abläufe bei minimalem Energieaufwand. Somit hat sie gemäß VESTER nichts mit Computern an sich, sondern vielmehr hat sie ihren Ursprung im Bereich des Lebendigen. Demzufolge spricht VESTER hier von der „BIOkybernetik“.

<sup>72</sup> Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 154

		Rückkopplung sorgt dann für Stabilität gegen Störung und Grenzüberschreitungen.
2	Die Systemfunktion muss vom quantitativen Wachstum unabhängig sein.	Der Durchfluss an Energie und Materie in lebensfähigen Systemen ist langfristig konstant. Das verringert den Einfluss von Irreversibilitäten und das unkontrollierte Überschreiten von Grenzwerten.
3	Das System muss funktionsorientiert und nicht produktorientiert sein.	Eine entsprechende Austauschbarkeit des Angebotes erhöht Flexibilität und Anpassung. Das System überlebt auch bei veränderter Nachfrage.
4	Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip statt Bekämpfung nach der Boxer-Methode.	Fremdenergie wird genutzt (Energiekaskaden, Energieketten), während eigene Energie vorwiegend als Steuerenergie dient. Die Nutzung vorhandener Kräfte profitiert von vorliegenden Konstellationen und fördert die Selbstregulierung.
5	Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationsstrukturen.	Mehrfachnutzung reduziert den Durchsatz, erhöht den Vernetzungsgrad und verringert den Energie-, Material- und Informationsaufwand.
6	Recycling: Nutzung von Kreisprozessen zur Abfall- und Abwasserverwertung.	Ausgangs- und Endprodukte verschmelzen. Materielle Flüsse laufen kreisförmig. Irreversibilitäten und Abhängigkeiten werden gemildert.
7	Symbiose. Gegenseitige Nutzung von Verschiedenartigkeit durch	Symbiose begünstigt kleine Abläufe und kurze Transportwege. Sie verringert Energieverbrauch,

	Kopplung und Austausch.	Durchsatz und externe Dependenz, erhöht stattdessen interne Dependenz.
8	Biologisches Design von Produkten, Verfahren und Organisationsformen durch Feedback-Planung.	Biologisches Design berücksichtigt endogene und exogene Rhythmen, nutzt Resonanz und funktionelle Passformen, harmonisiert die Systemdynamik und ermöglicht organische Integration neuer Elemente nach den acht Grundregeln.

**Tabelle 6: Die acht Biokybernetischen Grundregeln<sup>73</sup>**

### 3.8.4. Rückkopplung

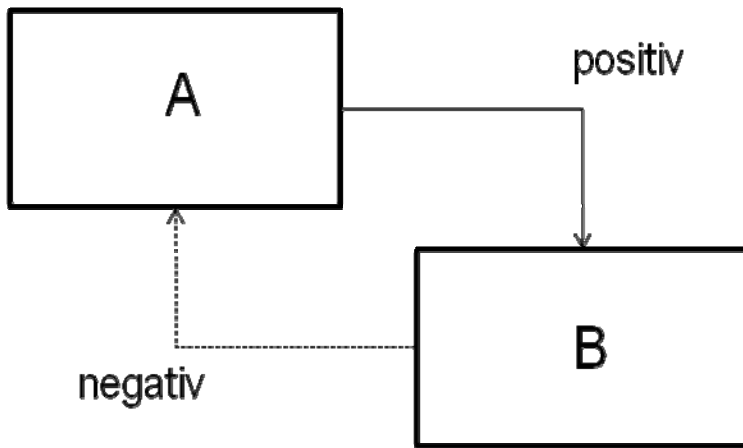
Im Rahmen der Biokybernetik gelten die acht Grundregeln wobei die Erste davon die Rückkopplungen anspricht. Negative Rückkopplungen sorgen demnach für ein stabiles System, da sie selbstregulierend durch Kreisprozesse gegen Störungen und Grenzüberschreitungen wirken. Positive hingegen bringen Dinge durch Selbstverstärkung zum Laufen.<sup>74</sup> In der nachfolgenden Abbildung ist die negative Rückkopplung<sup>75</sup> von B auf A abgebildet. Andererseits kann daraus auch die positive Rückkopplung<sup>76</sup> von A auf B ersehen werden.

<sup>73</sup> Quelle: Autor, nach Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 158 - 171

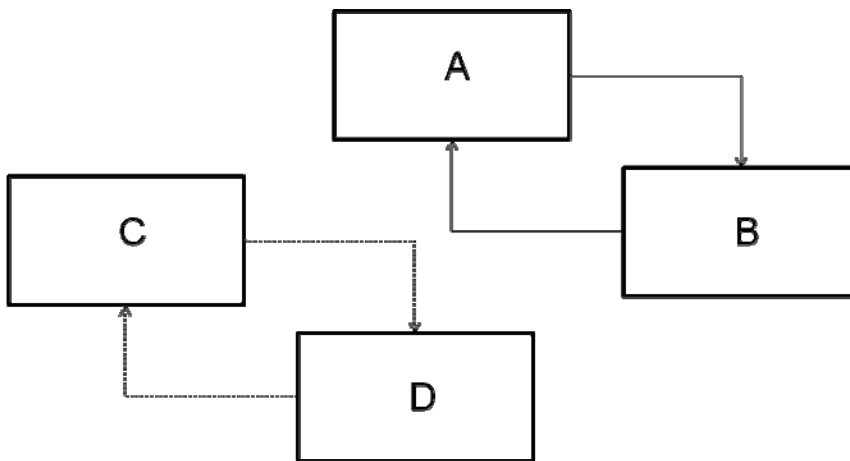
<sup>74</sup> Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 158

<sup>75</sup> Die negative Rückkopplung wird strichliert dargestellt und bedeutet, dass sich eine Erhöhung von B reduzierend auf A auswirkt.

<sup>76</sup> Die positive Rückkopplung wird durchgezogen dargestellt und bedeutet, dass sich eine Vergrößerung (Verstärkung) von A vergrößernd (verstärkend) auf B auswirkt.



**Abbildung 9: Prinzip der Rückkopplung**



**Abbildung 10: Zwei Arten positiver Rückkopplungen<sup>77</sup>**

Die Rückkopplung zwischen A und B symbolisiert, dass sich die beiden Variablen gegenseitig in der gleichen Richtung verstärken und zwar je nach Anfangsimpuls sowohl in der einen (Aufschaukeln) als auch in der anderen Richtung (Schrumpfen). Im Fall der Variablen C und D handelt

<sup>77</sup> Quelle: Autor nach Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 241

es sich um Rückkopplung zweier gegenläufiger Beziehungen, welche ebenso instabil sind. Auch hier handelt es sich um eine sich selbst verstärkende Rückkopplung.<sup>78</sup>

### 3.8.5. Systemgrenze

Da ein System immer Bestandteil eines Übersystems ist bzw. mehrere Untersysteme besitzt, gibt keine klare oder scharfe Abgrenzung des Systems. Die Trennung für die Betrachtung erfolgt gemäß VESTER am ehesten entlang der „*Minima bereichsüberschreitender Flüsse*“<sup>79</sup>. Dort wo die geringsten Flüsse, seien es Material-, Informations- oder Energieflüsse sind, ist die Trennung zu vollziehen.

Die Festlegung der Systemgrenze verlangt zum einen die Ausklammerung benachbarter ähnlicher Systeme, also eine Abgrenzung zur Seite, zum anderen aber auch eine Differenzierung nach oben und nach unten, also gegenüber dem übergeordneten System und den in dem betrachteten System enthaltenen Untersystemen oder Subsystemen.

---

<sup>78</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 242f

<sup>79</sup> Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 209

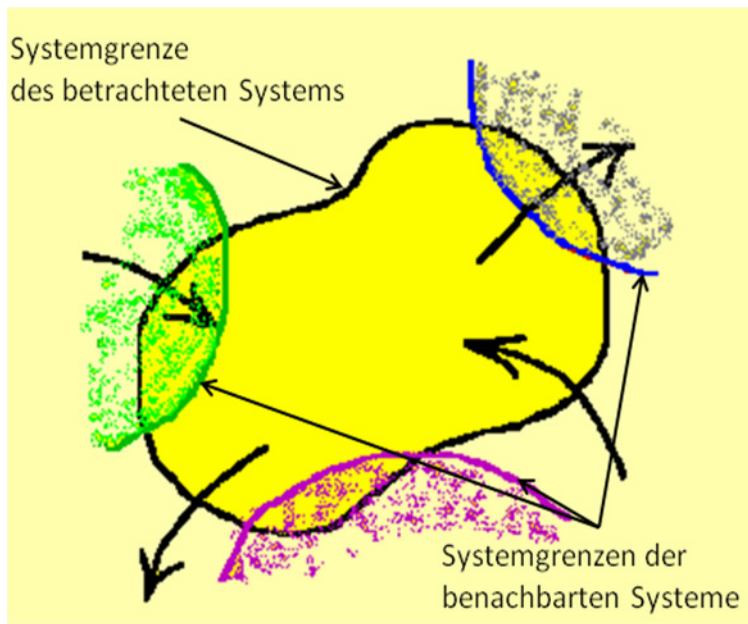


Abbildung 11: Systemgrenzen gemäß Vester<sup>80</sup>

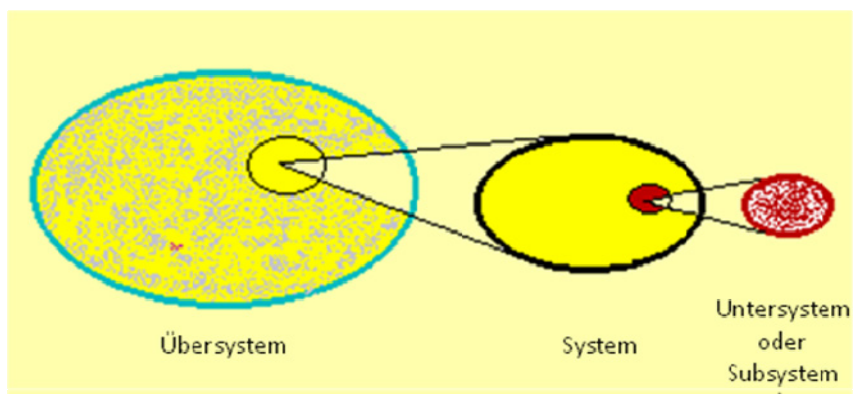


Abbildung 12: Systemabgrenzung gemäß Vester<sup>81</sup>

<sup>80</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester

<sup>81</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester

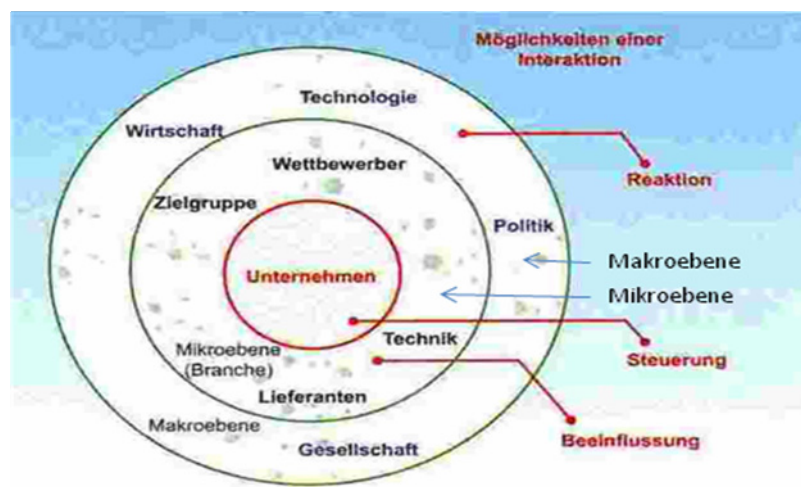


### 3.9. Systembegriffe nach PILLKAHN

PILLKAHN orientiert sich bei dieser Begriffsbestimmung allgemein am Unternehmensumfeld. Alles was nicht innerhalb des Unternehmens abläuft wird als Unternehmensumfeld bezeichnet. Das Problem dabei ist die Fokussierung auf das Wesentliche, um aus der Fülle an Informationen die relevanten für die Unternehmensanalyse herauszufiltern. Die entscheidende Frage lautet also:

*„Was sind im konkreten Fall die wichtigen Informationen?“<sup>82</sup>*

Als sehr vorteilhaft empfiehlt es sich, eine Strukturierung des Unternehmensumfeldes vorzunehmen. Dabei kommt es bei der Abgrenzung zwischen Unternehmen und ihrer Umwelt zu zwei verschiedenen Einteilungen, welche nachfolgend beschrieben werden.



**Abbildung 13: Das Unternehmensumfeld: Mikro- und Makroebene<sup>83</sup>**

<sup>82</sup> Pillkahn: Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung, 2007, S. 84

<sup>83</sup> Pillkahn: Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung, 2007, S. 85

### 3.9.1. Die „Makroebene“<sup>84</sup>

Unter „Makroebene“ wird gemäß PILLKAHN die „weitere Unternehmensumwelt“ bezeichnet. Darunter fallen alle Bereiche, welche keinen unmittelbaren Einfluss auf das Unternehmen haben. Vielmehr bezeichnet das Makroumfeld *„den generellen Kontext des Unternehmens – den Teil der Umwelt, dem sich das Unternehmen im Wesentlichen anzupassen hat.“*<sup>85</sup>

Interaktionen finden hier überhaupt nicht oder nur in sehr beschränktem Ausmaß statt. Deshalb ist es für Unternehmen unter dem Gesichtspunkt der „Reaktionsfähigkeit“ wesentlich, die Makroebene kontinuierlich zu betrachten.

Für die Analyse der Makroebene hat sich die STEEP-Methodik durchgesetzt. Diese Methodik findet auch unter anderen Bezeichnungen Anwendung, wobei die ursprünglichen Segmente um L (Legal) und V (Values) erweitert werden. Die Methode geht davon aus, dass sich die Umwelt in Segmente aufteilen und beschreiben lässt.

---

<sup>84</sup> Unter „Makroebene“ werden nach PILLKAHN auch die Begriffe „Makrowelt“ und „Makroumfeld“ verstanden.

<sup>85</sup> Pillkahn: Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung, 2007, S. 86

<b>S</b>	Social	Gesellschaftliche Themen
<b>T</b>	Technological	Wissenschaftliche und technologische Themen
<b>E</b>	Economic	Wirtschaftliche Themen
<b>E</b>	Environmental or Ecological	Umwelt, Lebensraum und Nachhaltigkeitsthemen
<b>P</b>	Political	Politische Themen
<b>V</b>	Values	Wertebetrachtungen
<b>L</b>	Legal	Rechtliche Themen

**Abbildung 14: Die Segmente der erweiterten STEEP-Methode<sup>86</sup>**

### 3.9.2. Die „Mikroebene“<sup>87</sup>

Die „engere Unternehmenswelt“ wird nach PILLKAHN als „Mikroebene“ verstanden.

*„Das Unternehmen interagiert mit dem Mikroumfeld.“<sup>88</sup>*

Das Mikroumfeld wird durch die direkte Einflussnahme und die Interaktion mit dem Unternehmen recht intensiv beobachtet wobei das Unternehmen verschiedenste Informationen erhält. Diese Informationen sind wichtig, um den Steuerungsprozess des Unternehmens zu ermöglichen.

<sup>86</sup> Quelle: Autor nach Pillkahn: Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung, 2007, S. 427

<sup>87</sup> Unter „Mikroebene“ werden nach PILLKAHN auch die Begriffe „Mikrowelt“ und „Mikroumfeld“ verstanden.

<sup>88</sup> Pillkahn: Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung, 2007, S. 85

### **3.10. Fazit / Kapitelzusammenfassung**

Verschiedenste Definitionen und Begriffsbestimmungen sind im gegenwärtigen Kapitel angeführt. Die Parallelen sind rasch erkennbar und „unter dem Strich“ haben die diversen Definitionen grundsätzlich dieselbe Bedeutung.

Am Anfang einer Systemanalyse gilt es, die Struktur eines Systems und seiner Subsysteme zu definieren und zu beschreiben. Aus welchen Teilen besteht das System und wie wirken diese Elemente zusammen. Die hierarchischen Ebenen und die verschiedenen Aspekte eines Systems sind zu erfassen, um das System als solches weiter betrachten zu können. Gerade die Aspekte von Systemen bekommen bei der Festlegung von Systemgrenzen eine besondere Bedeutung. Werden doch dadurch die diversen Vernetzungen unterschiedlicher Betrachtungsperspektiven erkennbar.

Systemgrenzen, ob klar oder „schwammig“ formuliert sind notwendig um die Umwelt oder Umgebung eines Systems von diesem trennen zu können. Die Unterscheidung und Einteilung was innerhalb der Systemgrenze liegt und was der Mikro- bzw. Makroumwelt angehört ist festzulegen, kann aber in Laufe der Analyse adaptiert und verändert werden. Wesentlich dabei ist, dass die Funktion und die Identität des betrachteten Systems erhalten bleiben.

Komplexe Systeme unterscheiden sich von komplizierten dadurch, dass sich komplizierte Systeme in ihre Einzelteile zerlegen lassen, wobei der Systemcharakter an sich nicht verändert wird. Bei komplexen Systemen funktioniert das nicht. Wird ein Elefant in zwei Teile zerlegt, kommen nicht 2 kleinere Elefanten heraus.<sup>89</sup> Diese beiden Hälften können auch für sich alleine nicht als System bestehen.

---

<sup>89</sup> Vgl. Sherwood: Den Wald vor lauter Bäumen sehen, 2003, S. 30

Systemkriterien dienen dazu, dass mögliche Überhänge bzw. fehlende Elemente eines Systems frühzeitig erkannt werden. Grundsätzlich richten sich diese Systemkriterien gemäß VESTER nach der Erfüllung von Forderungen aus den verschiedensten Bereichen um der Realität bei der Systembeschreibung so nahe als möglich zu kommen.

## 4. Stabilität von Systemen

*„Stabilität (von lat. stabilis = standhaft, stabil) ist die Fähigkeit eines Systems, nach einer Störung wieder in den Ausgangszustand zurückzukehren. Das Gegenteil der Stabilität ist die Instabilität. Ein schwacher Zustand der Stabilität wird als Metastabilität bezeichnet.“<sup>90</sup>*

### 4.1. Stabilität von Netzwerken<sup>91</sup>

Die Soziale Netzwerkanalyse ist *„eine umfassende integrative, transdisziplinäre Disziplin, welche es VertreterInnen der unterschiedlichsten Forschungsbereiche wie Soziologie, Ökonomie, Informatik, Psychologie, Betriebswirtschaft, Biologie, Mathematik, Urbanistik ebenso wie Consultern, KünstlerInnen oder KunsttheoretikerInnen ermöglicht, Probleme in ihren jeweiligen Feldern in einer gemeinsamen Sprache, der Sprache der Mathematik und der Algorithmik, zu formulieren und zu bearbeiten“<sup>92</sup>* und findet unter anderem Verwendung für die Darstellung und Analyse von:

- Kommunikationsbeziehungen,
- Kooperationsbeziehungen,
- Formelle Beziehungen,
- Wirtschaftliche Beziehungen und
- Teilnahme an Ereignissen und Mitgliedschaften.

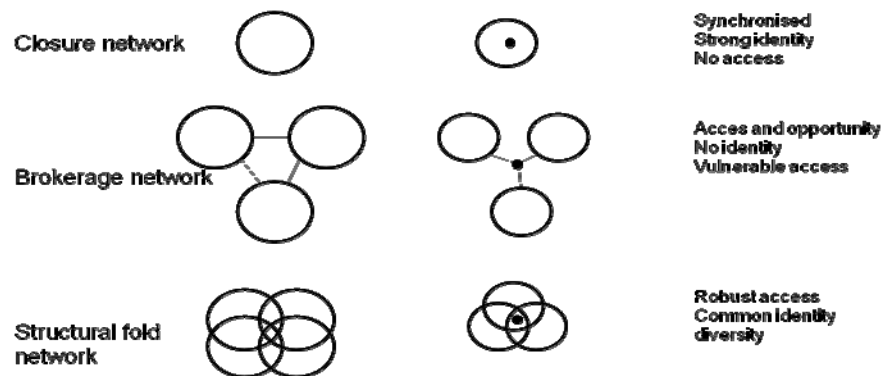
---

<sup>90</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Stabilit%C3%A4t>, (06.10.10)

<sup>91</sup> Dieses Kapitel gibt unter anderem die Zusammenfassung des Workshops im Rahmen des Projektes „Szenarioentwicklung und Wissensmanagement im ÖBH“ wieder, welcher mit Dr. KATZMAIR von FAS research bezüglich „Soziale Netzwerkanalyse“ mit Bezug auf die Stabilität von Netzwerken stattgefunden hat, wieder.

<sup>92</sup> Katzmaier, H., Social Network Analysis – Die Wissenschaft von der Messung, Visualisierung und Simulation sozialer Beziehungen;  
[http://90.146.8.18/de/archiv\\_files/20041/FE\\_2004\\_katzmair\\_de.pdf](http://90.146.8.18/de/archiv_files/20041/FE_2004_katzmair_de.pdf) (19.10.2010)

Systeme werden dabei wie Netzwerke betrachtet und verstanden. Grundsätzlich werden dabei drei Arten von Netzwerken unterschieden, welche in der nachfolgenden Abbildung dargestellt sind.



**Abbildung 15: Arten von Netzwerken**<sup>93</sup>

Der erste Typus von Netzwerken, das sogenannte „Closure Network“ bildet ein in sich geschlossenes System, das nach außen keine Verbindungen hat und auf das daher nicht zugegriffen werden kann. Es zeichnet sich durch eine starke Identität und Synchronisation seiner Elemente aus.

*Beispiel:*

*Ein Kleinunternehmen hat die wenigen Mitarbeiter in ganz Österreich verteilt eingesetzt. Die Mitarbeiter wissen generell nichts von den Anderen und werden nur durch einen Manager geführt und koordiniert, d. h. das sämtliche Informationen über den Manager gehen. Wenn nun dieser Manager ausfällt, können die Mitarbeiter nicht mehr miteinander kommunizieren und bekommen keine Aufträge mehr.*

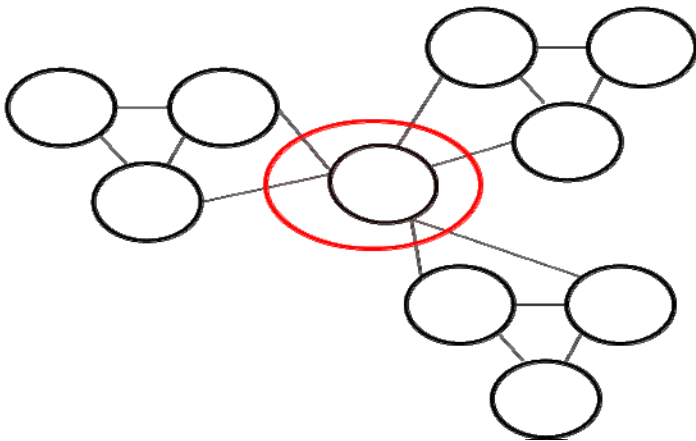
Das „Brokerage Network“ konzentriert sich demgegenüber auf Knoten, die solche abgeschlossenen Systeme, Netze oder Teilnetzwerke miteinander verbinden. Über bestimmte Knoten, welche auch „Broker“

<sup>93</sup> Visualisierung im Zuge des Workshops vom 01.06.2010 bei FAS research Europe mit Dr. KATZMAIR

genannt werden, läuft die gesamte Kommunikation zwischen den Teilnetzwerken. Daraus ergibt sich eine hohe Verletzlichkeit des gesamten Systems. Fällt ein „Broker“ aus, dann gibt es keine Verbindung mehr zwischen den Teilnetzwerken und eine Kommunikation und Zusammenarbeit ist nicht mehr möglich.

*Beispiel:*

*Für das bereits angeführte Kleinunternehmen würde das bedeuten, dass Abteilungen in den Bundesländern installiert sind, welche die Mitarbeiter führen. Somit sind diese Bundesländerabteilungen in sich geschlossen arbeitsfähig. Die Koordinierung und Steuerung der Abteilungen erfolgt von einem Manager der die Position des „Broker“ einnimmt. Fällt der „Broker“ aus, können die Abteilungen zwar noch weiterhin arbeiten, aber die Kommunikation zwischen Ihnen ist nicht mehr möglich.*



**Abbildung 16: „Brokerage Network“<sup>94, 95</sup>**

Das „Structural Fold Network“ stellt im Gegensatz ein stabiles Netzwerk dar. Wie bereits beim „Brokerage Network“ sind Knoten als Verbindung

<sup>94</sup> Quelle: Autor in Anlehnung an Workshop

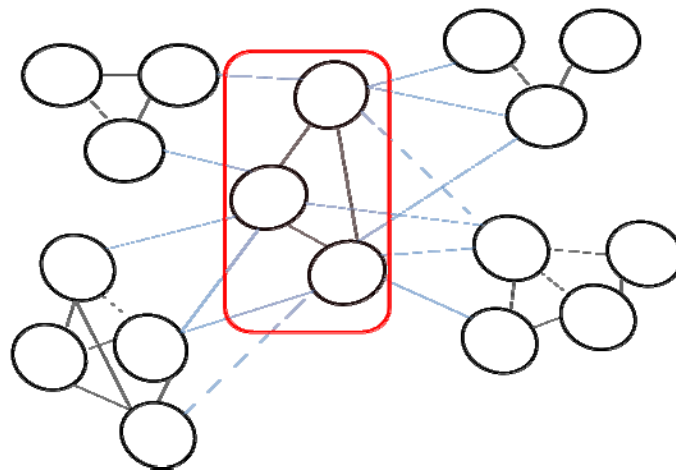
<sup>95</sup> Fällt hier der „Broker“ aus, haben die einzelnen, an sich selbst stabilen Netzwerke, untereinander keine Verbindung mehr, d.h. es findet keine direkte Kommunikation, Austausch, usw. mehr statt.



zwischen Teilnetzwerken eingefügt. Allerdings stellt niemals ein Knoten allein diese Verbindung her, was zur Ausfallsicherung und Erhöhung der Redundanz beiträgt. Fällt ein Knoten aus, sind die Teilnetzwerke immer noch über einen Anderen miteinander verbunden. Diese Knoten stellen für das Netzwerk die sogenannte „strukturelle Falte“ dar.

*Beispiel:*

*Die Bundesländerabteilungen werden im Kleinunternehmen nicht mehr durch einen Manager, sondern durch mehrere Manager gesteuert und koordiniert. Fällt nun einer dieser Manager aus, werden die Aufgaben von einem anderen Manager wahrgenommen.*



**Abbildung 17, „Structural Fold Network“<sup>96</sup>**

---

<sup>96</sup> Quelle: Autor in Anlehnung an Workshop

## 4.2. Komplexitätsverständnis nach SCHLIEßMANN

*„Für Komplexität gibt es offensichtlich keine objektive Definition. Was als Komplexität angesehen wird, ist vielschichtig und hängt sehr von der jeweiligen Situation und dem Blick der Involvierten ab.“<sup>97</sup>*

Wird Stabilität über den Begriff der Komplexität definiert bzw. versucht zu erklären ergibt sich gemäß SCHLIEßMANN, dass Komplexität über die Varietäten der unterscheidbaren Elemente bzw. Zustände eines Systems vermessen wird. Der Rahmen für Komplexität ist begrenzt, d.h. Komplexität kann nicht unbegrenzt wachsen. Nähert sich ein System seinem individuellen Maximum an, wird es chaotisch, brüchig und extrem verletzlich. Natürliche Systeme reorganisieren sich in dieser Phase durch evolutionäre Anpassung und verfallen beispielsweise in weniger grenzkomplexe Teile.<sup>98</sup>

Komplexität ist nicht mittels Bekämpfen von Komplexität mit Komplexität beizukommen. Vielmehr ist es notwendig die Konzentration auf die entscheidenden Hebel eines Systems zu fokussieren. Dabei darf ein System aber in seinem Gehalt nur soweit reduziert werden, dass es seine übergeordnete Botschaft noch verinnerlicht. Gerade Systeme welche in ihre Grenzbereiche gebracht werden, bzw. die Schwelle erreichen, ab der sie sich reorganisieren, sind kaum mehr zu steuern und stellen ein hohes Risiko dar. Effektive Eingriffe sind nicht mehr möglich.<sup>99</sup>

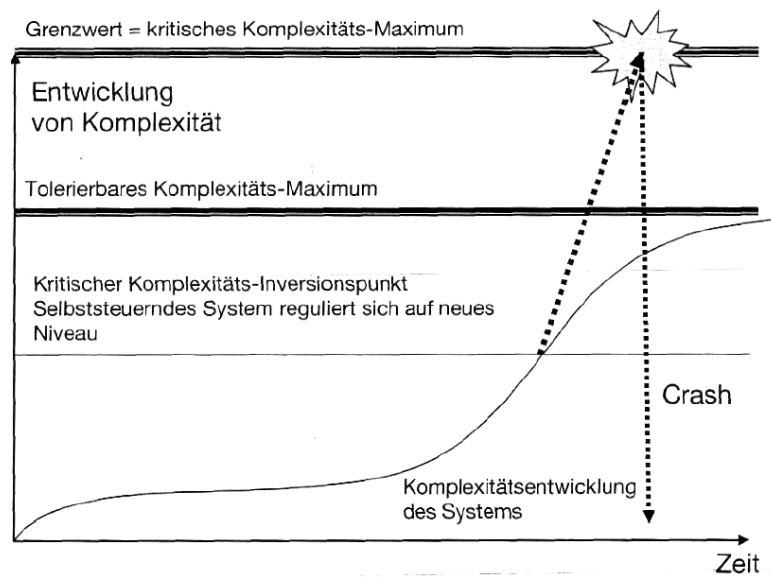
Es ist daher wichtig, ein System hinsichtlich der Extremen und Spitzen zu untersuchen.

---

<sup>97</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 36

<sup>98</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 41

<sup>99</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 42f



**Abbildung 18: Fehlgesteuerte Entwicklung<sup>100,101</sup>**

Aus dieser Betrachtung lässt sich folgende Formel aufstellen.

Formel 1:

„Komplexität = Qualität und Quantität der Informationen des Systems  
 beziehungsweise der Variablen  $x$   
 Interpretationsspielraum  $x$   
 Dynamische Vielfalt  $x$   
 Operationsfülle  $x$   
 Unvorhersehbarkeit“<sup>102</sup>

<sup>100</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 44

<sup>101</sup> Darstellung einer fehlgesteuerten Entwicklung bis über die kritische Komplexität hinaus mit der Folge des Kollaps bzw. Crash.

<sup>102</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 44

Wird die „Robustheit eines Systems“ als grundsätzlich steuerbarer Faktor betrachtet, dann lässt sich das komplexitätsbedingte Risiko folgendermaßen definieren:

Formel 2:

$$\text{"Systembedingter Risikograd"} = \frac{\text{Komplexität}}{\text{Robustheit des Systems}} \quad 103$$

Je höher also die Komplexität und je geringer die Robustheit eines Systems sind, desto größer werden die komplexitätsbedingten Risiken.

Zusammengefasst sind gemäß SCHLIEßMANN folgende grundsätzlichen Risiken im Umgang mit komplexen Systemen zu vermeiden:<sup>104</sup>

Fehleranalyse ohne Systemkenntnis	Probleme und Missstände werden gesucht, ohne „das große Bild“ zu betrachten und Wirkungszusammenhänge zu beachten; kein systemischer Ansatz
Falsche Datenqualität und –menge	Variablen werden zu sehr reduziert und vereinfacht → relevante Parameter und die daraus folgenden Risiken werden übersehen; Variablen werden erschöpfend erfasst → unübersichtlich, nicht bewältigbare Menge
Kurzsichtige Momentaufnahme und unerkannte Evolutionsdynamik	Komplexitätsprofile werden für den „Augenblick“ erstellt; quantitative und qualitative Veränderungen werden nicht erfasst oder erkannt

<sup>103</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 44

<sup>104</sup> Schließmann orientiert sich insgesamt stark an Frederic Vester. Parallelitäten sind entsprechend erkennbar in Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 36ff

Fehlende Interdependenzen	Analyse der Systemvariablen untereinander und deren Wirkung nach außen fehlt → unvernetzte Systeme sind instabil; keine Kybernetik
Falsche Interdependenzen	Beziehungen werden zwar erkannt, aber nicht die Wirkungsqualität und –quantität
Falsche Ziele	„Big is beautiful“ ist der falsche Ansatz; Quantitative Maximierung von Kenngrößen ohne Beachtung der nachhaltigen Wirkung → Risiken bleiben verborgen → Kritische Komplexitätsgrenze wird erreicht
Falsche Konzentration	Prioritäten werden zu schnell auf die falschen Hebel gelegt → zu einseitig; falsches Schwergewicht
Trägheit von Systemen und Fehlsteuerung	Eingriffe haben eine verzögerte Wirkung, welche nicht erwartet wird. Die Ungeduld ist zu stark ausgeprägt und verleitet zum frühzeitigen wiederholten Eingreifen → Übersteuerung
Falscher Glaube an die Steuerbarkeit und Planbarkeit	Komplexe Systeme haben eigene Pläne und sind nur begrenzt steuerbar und planbar. Je mehr mathematische Systeme verwendet werden, desto größer werden die zusätzlich geschaffenen Risiken.

**Tabelle 7: Risiken im Umgang mit komplexen Systemen<sup>105</sup>**

Die gezielte oder gesteuerte Attacke des Systems kann gemäß SCHLIEßMANN ein möglicher Weg zur Entschlüsselung von komplexitätsbedingten Risiken sein. Ein weiterer Lösungsansatz besteht in der künstlichen Evolution auf Basis möglicher Szenarien. Dies entspricht wiederum einer Attacke des Systems, hier jedoch mit zukunftsgerichteten Annahmen und Simulationen.

<sup>105</sup> Quelle: Autor nach Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 54 - 56

Nach SCHLIEßMANN sind drei wesentliche Schritte erforderlich, um aus der Risikofalle komplexer Systeme herauszufinden:

1. *Ein jeweiliges Risikoszenario im Sinne der Formel*  
*Systembedingter Risikograd = Komplexität / Robustheit des Systems*  
*Muss im Hinblick auf seine Grundstruktur, seine dynamische Entwicklung und Veränderung sowie Lebensfähigkeit analysiert werden.*
2. *Schwachstellen müssen aus den Interdependenzen und Risiken eines Systems sowie aus seiner Elastizität gegenüber Risikoeinflüssen heraus entwickelt werden.*
3. *Letztlich muss der Kern der Lösung in der Gestaltung der Organisation und der damit einhergehenden Ordnung liegen. Unter Ordnung ist dabei zu verstehen, dass Elemente eines Systems derart in Beziehung stehen beziehungsweise gestellt werden, dass es möglich ist, aus bestimmten Verhaltensweisen des Systems wahrscheinliche Erwartungen auf das mögliche Verhalten anderer Teile abzuleiten.<sup>106</sup>*

Ein „robustes System“ verlangt also

- Reflexions- und Erkenntnisfähigkeit,
- Abpufferungsfähigkeit,
- Anpassungs- und Änderungsfähigkeit,
- Flexibilität,
- Steuerbarkeit und
- die Fähigkeit zur Balance.

Diese Bedingungen zusammen machen ein System erst lebensfähig, wobei Robustheit nicht mit Starrheit interpretiert werden darf.

---

<sup>106</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 57

Somit gilt die

Formel 3:

*„Robustheit des Systems = Lebensfähigkeit“<sup>107</sup>*

### **4.3. Die Wirkungsstruktur bewirkt Änderungen**

Gemäß BOSSEL lassen sich prinzipiell zwei Ursachen angeben, die Zustandsänderungen bewirken können:

- Einwirkungen von außen und
- Prozesse im System.

Demzufolge ist es die Wirkungsstruktur eines Systems selbst, die Zustandsänderungen und damit die Zustandsgrößen und das Systemverhalten bestimmt.<sup>108</sup>

Beide Gruppen von Wirkungen, nämlich sowohl die von außen als auch die Rückwirkungen im System selbst, werden durch die systeminterne Wirkungsstruktur weitergegeben und verändert.

Wichtig ist, dass Systeme mit verschiedener Systemstruktur gleiches oder fast gleiches Verhalten erzeugen können. Somit bestimmt die Systemstruktur das Verhalten, umgekehrt lässt sich aber die Systemstruktur aus dem Verhalten nicht eindeutig bestimmen.<sup>109</sup>

Besteht ein System aus einer einzigen Zustandsgröße ohne Rückkopplung, so ändert sich der Zustand allein durch justieren der Zu- oder Abgänge. Die Betrachtung und Analyse ist dabei relativ einfach und auch leicht verständlich.

Nehmen jedoch Zustandsgrößen auf Zustandsveränderungen innerhalb des Systems Einfluss, sind Entwicklung und Verhalten solcher Systeme nicht zuverlässig abschätzbar.<sup>110</sup>

---

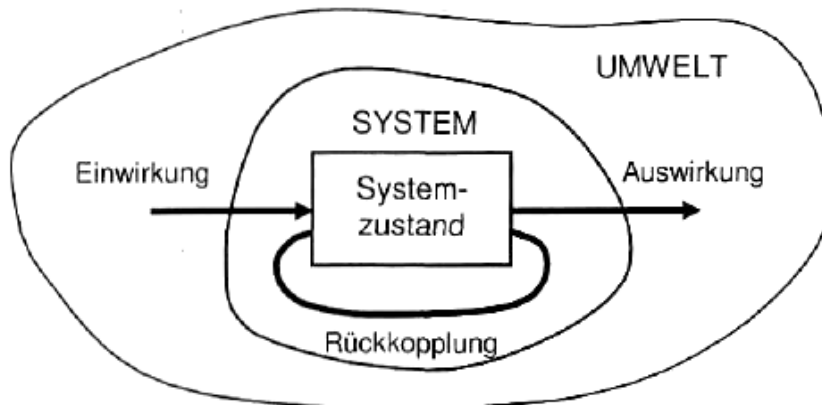
<sup>107</sup> Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 64

<sup>108</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 40

<sup>109</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 40f

<sup>110</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 41f

Rückkopplungen im System können also ein eigenständiges Verhalten bewirken, dass durch Einwirkungen auf das System kaum noch oder nicht mehr in Verbindung gebracht werden kann. Dieses Phänomen wird als „Eigendynamik“ bezeichnet. Systeme können also bei verschiedenen Eigendynamiken unterschiedlich auf Einwirkungen aus der Umwelt reagieren. Die Wirkungen können dabei von beinahe nicht feststellbar bis hin zur Systemzerstörung durch Aufschaukeln reichen.<sup>111</sup>



**Abbildung 19: Systemdynamik**<sup>112, 113</sup>

Bei negativem Gesamtvorzeichen einer Rückkopplungsschleife ist der Wirkungssinn umgekehrt worden. Somit weist eine negative Rückkopplung tendenziell auf eine Stabilisierung, eine positive Rückkopplung auf eine Destabilisierung hin.<sup>114</sup>

Von außen betrachtet, kann ein System in seiner Systemumwelt langfristig nur überleben, sich entwickeln und entfalten, wenn es

<sup>111</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 42f

<sup>112</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 41

<sup>113</sup> Systemdynamik kann zwei unterschiedliche Ursachen haben:

- 1 Einwirkungen aus der Systemumwelt und
- 2 Rückkopplungseffekte der Systemzustände.

<sup>114</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 74



entweder während seiner Evolution in dieser Umwelt gelernt hat mit den Bedingungen zurechtzukommen, oder wenn es bereits in seiner Konstruktion an diese Bedingungen angepasst wurde.<sup>115</sup>

#### **4.4. Grundregeln der Biokybernetik**

Die im Kapitel 3.8.3. bereits angeführten Biokybernetischen Grundsätze werden nachfolgend zusammengefasst unter dem Aspekt der „Stabilität von Systemen“ näher betrachtet und beschrieben.

##### **4.4.1. Erste Biokybernetische Grundregel**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 1: Negative Rückkopplung muss über positive Rückkopplung dominieren.*

Gemäß VESTER bedeutet eine „positive Rückkopplung“ einen sich selbst verstärkenden Regelkreis auf dem Weg zur Instabilität. Denn jede weitere Verstärkung führt zur Disbalance und Risikoerhöhung. Positive Rückkopplungen sind zwar in lebendigen Beziehungen seltener, bringen Ereignisse aber zum Laufen.

Für das System an sich ist eine „negative“ Rückkopplung dagegen grundsätzlich als positiv anzusehen, da sie auf die Möglichkeit der Selbstregulierung hinweist. Wird das System von außen betrachtet, kann das positive aber wiederum als negativ empfunden werden, wenn sich ein System versucht auf einem unerwünschten Niveau immer wieder einzupendeln.

Über ein System lassen sich aufgrund der Art und Anzahl der Rückkopplungen sehr viele Aussagen treffen<sup>116</sup>:

- Wenige Rückkopplungen weisen auf ein „Durchflusssystem“<sup>117</sup> hin, welches von äußeren Faktoren abhängig ist.

---

<sup>115</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 238

<sup>116</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 240 - 245

- „Lange“ Rückkopplungen bedeuten Rückwirkungen mit Zeitverzögerungen welche gefährlich sein können, da sie erst spät bemerkt werden.
- „Kurze“ Regelkreise zwischen zwei oder drei Variablen bedeuten dabei meist eine rasche Reaktion. Entweder das Einstellen auf ein Gleichgewicht bei negativer Rückkopplung oder rasches Aufschaukeln bei positiver Rückkopplung.
- Aus der Anzahl der Variablen, der Knotenpunkte und der Rückkopplung lässt sich auf den Komplexitätsgrad des Systems schließen. Vernetzungsgrad, Durchflüsse und Abhängigkeiten sind dabei grundlegende kybernetische Kenngrößen, die Hinweise auf die Überlebensfähigkeit des Systems geben.
- Aus dem Wirkungsgefüge der Beziehungen lässt sich erkennen, ob es sich um ein geschlossenes System oder um mehrere Teilsysteme handelt, die mit Wechselwirkungen zusammenhängen oder nicht.

#### 4.4.2. Zweite Biokybernetische Grundregel<sup>118</sup>

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 2: Die Systemfunktion muss vom quantitativen Wachstum unabhängig sein.*

Wenn ein System wachsen und überleben will, muss es Metamorphosen durchmachen. So wäre eine Raupe ab einer gewissen Größe nicht mehr lebensfähig, da sie weder ihre Funktion wahrnehmen noch sich fortpflanzen könnte. Stattdessen schaltet sie auf Nullwachstum um, verpuppt sich und wird zum Schmetterling.

Somit kann Wachstum an sich bei komplexen Systemen nicht Metamorphose und Umstrukturierung ersetzen. Der Vernetzungsgrad ist für die Stabilität und Überlebensfähigkeit eines Systems von

---

<sup>117</sup> Unter „Durchflusssystem“ versteht VESTER hier, dass in einem System wenig bis keine Rückkopplungen vorhanden sind und damit das Verhalten einzig von äußeren Einflüssen abhängt.

<sup>118</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 160ff

entscheidender Bedeutung. Komplexe Systeme sind stabiler als einfache Systeme. Nimmt das Wachstum aber stetig zu und wird der Vernetzungsgrad immer größer, dann nimmt die Stabilität wieder ab.

#### **4.4.3. Dritte Biokybernetische Grundregel<sup>119</sup>**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 3: Das System muss funktionsorientiert und nicht produktorientiert sein.*

Die Funktionsorientierung von Systemen ermöglicht es flexibel auf die Veränderungen der Umwelt zu reagieren. Im Gegensatz zu Funktionen ändern sich Produkte ziemlich rasch und können dabei auch am momentanen Markt vorbeigehen. Somit erhöht eine entsprechende Austauschbarkeit des Angebotes die Stabilität des Systems, da es flexibel auf Veränderungen reagieren und sich rasch anpassen kann.

#### **4.4.4. Vierte Biokybernetische Grundregel<sup>120</sup>**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 4: Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip statt Bekämpfung nach der Boxer-Methode.*

Vorhandene Kräfte werden nicht, entsprechend dem Vorgang im Boxring, erst mit gleich hoher Gegenkraft bekämpft um dann noch einmal Kraft für die eigentliche Zielerreichung aufzuwenden. Bereits existierende Kräfte werden dabei, mit geringer Steuerkraft, in die gewünschte Richtung umgelenkt.

Einerseits wird dadurch der eigene Energieaufwand gesenkt, Fremdenergie wird andererseits genutzt und die Selbstregulation wird gefördert.

---

<sup>119</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 162ff

<sup>120</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 164f

#### **4.4.5. Fünfte Biokybernetische Grundregel<sup>121</sup>**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 5: Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationsstrukturen.*

Der Vernetzungsgrad und damit die Stabilität erhöhen sich entsprechend dieser Grundregel. Durch die Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationsstrukturen wird ein multifunktionales System gebildet. Dies setzt natürlich fächerübergreifendes Denken von der Forschung über die Entwicklung bis zum Endprodukt voraus.

#### **4.4.6. Sechste Biokybernetische Grundregel<sup>122</sup>**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 6: Recycling: Nutzung von Kreisprozessen zur Abfall- und Abwasserverwertung.*

Die Natur kennt grundsätzlich keine Abfälle. Alles unterliegt einem Wiederverwertungsprozess in einem geschlossenen Materialverwertungskreislauf. Für das Verstehen der Wirkungsweise des Recyclings ist es erforderlich, vom eindimensionalen Denken weg und hin zum Denken in biokybernetischen Kreisprozessen zu gelangen. Dabei liegt der Fokus nicht auf spezifischen Branchen, sondern vielmehr hat dabei der gesamtheitliche Ansatz Erfolg, da Recyclingmaßnahmen beispielsweise innerhalb eines Betriebes weit weniger funktionieren als zwischen verschiedenen Branchen, wo die vorliegende Diversität Austauschmöglichkeiten bietet.

---

<sup>121</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 166f

<sup>122</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 167f

#### **4.4.7. Siebente Biokybernetischen Grundregel<sup>123</sup>**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 7: Symbiose. Gegenseitige Nutzung von Verschiedenartigkeit durch Kopplung und Austausch.*

Symbiosen sind interessante Lösungen, welche weg von der „Kurzfristigkeit“ und vielmehr hin zur „langfristigen stabilen Kooperation“ gehen.

Monostrukturen können nie von diesem Prinzip profitieren, da die Symbiose eine gewisse Kleinräumigkeit, dezentrale Strukturen und Diversität, also Funktionsmischung, verlangt.

Gleichartige Systeme, welche in einer Monokultur nebeneinander liegen, können untereinander nichts austauschen. Alle benötigen dieselben Ressourcen und haben denselben Output. Somit weist das System oder die Systeme eine größere Abhängigkeit und damit eine geringere Stabilität auf.

#### **4.4.8. Achte Biokybernetische Grundregel<sup>124</sup>**

*Zur Erinnerung:*

*Grundregel 8: Biologisches Design von Produkten, Verfahren und Organisationsformen durch Feedback-Planung.*

Diese Grundregel besagt, dass sich die Struktur von Produkten, Funktionen und Organisationen an der Biologie des Menschen und der Natur ausrichten soll, also an der Struktur von überlebensfähigen Systemen orientiert. VESTER nimmt erklärend Bezug auf die elektronischen Kommunikationsformen. Dabei birgt die unstrukturierte Vernetzung der Informationssysteme ein erhebliches Risikopotential, da alles mit jedem verbunden ist. Somit wirken sich Störungen und Fehler an einer Stelle auf alle vernetzten Stellen aus.

---

<sup>123</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 168f

<sup>124</sup> Vgl. Vester: Die Kunst vernetzt zu denken, 2007, S. 170f

#### **4.5. Fazit / Kapitelzusammenfassung**

Grundsätzlich kann von einem Netzwerk gesprochen werden, wenn zumindest zwei Knoten vorhanden sind. Für ein annähernd stabiles Netzwerk müssen dementsprechend mindestens drei „Netzwerkpartner“ miteinander vernetzt sein. Je vernetzter daher ein System ist, desto stabiler ist es auch. Fällt in einem stabilen Netzwerk eine Verbindung oder sogar ein Knoten aus, gibt es noch genügend redundante Möglichkeiten und Verbindungen. Der Fluss von Informationen, Materialien oder ähnlichem funktioniert zwar möglicherweise langsamer, aber es handelt sich nach wie vor um ein stabiles System.

Nach SCHLIEßMANN verlangt ein „robustes System“ verschiedene Eigenschaften und Fähigkeiten. Erst durch das Vorhandensein dieser Eigenschaften und Fähigkeiten ist ein System lebensfähig.

Zustandsänderungen können nach BOSSEL von außen oder von innen, auf das System bezogen, kommen. Die Eigendynamik bewirkt, dass Einwirkungen von außen verstärkt, bis hin zur Zerstörung, oder negiert werden. Daraus folgt, dass ein System langfristig nur überleben kann, wenn es gelernt hat mit den Bedingungen der Umwelt zurechtzukommen, oder durch seine Konstruktion an diese Bedingungen angepasst wurde.

Die Biokybernetik orientiert sich an der Natur, am Lebendigen. Nach VESTER sind Systeme nur lebensfähig, wenn sie sich an den von ihm entwickelten acht biokybernetischen Grundregeln orientieren.

## 5. Systembeschreibungen

### 5.1. Der systemrelevante Variablensatz

VESTER entwickelte aufgrund seiner interdisziplinären Forschungen das Sensitivitätsverfahren welches ein Instrumentarium für Erfassung, Analyse, Planung und Mediation komplexer Systeme darstellt.

Für ein aussagekräftiges kybernetisches Modell ist es erforderlich die systemrelevanten Variablen zu definieren. Dabei können Variablen objektive Fakten oder reine Erfahrungswerte ausdrücken und dabei qualitativen als auch quantitativen Charakter aufweisen.

Anfangs werden spezifische Fragestellungen in den Raum gestellt, welche einer ersten Systembeschreibung dienen.

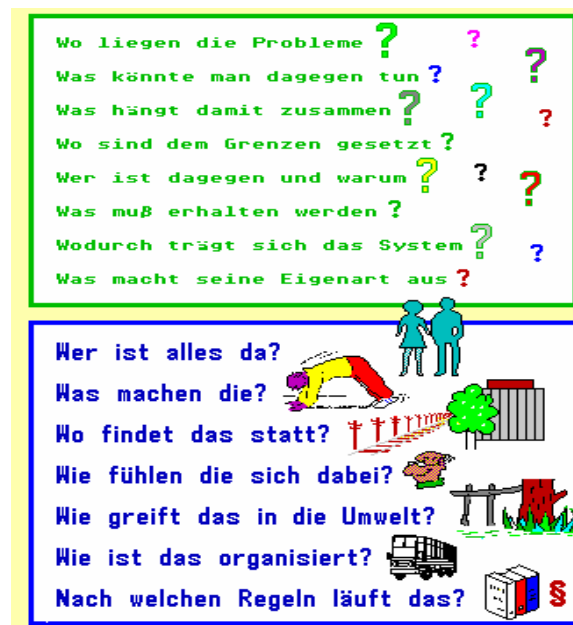


Abbildung 20: Fragestellungen für die Systembeschreibung<sup>125</sup>

<sup>125</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester

Die erkannten Variablen werden nachfolgenden Überprüfungen unterzogen um die „Systemrelevanz“ festzustellen:<sup>126</sup>

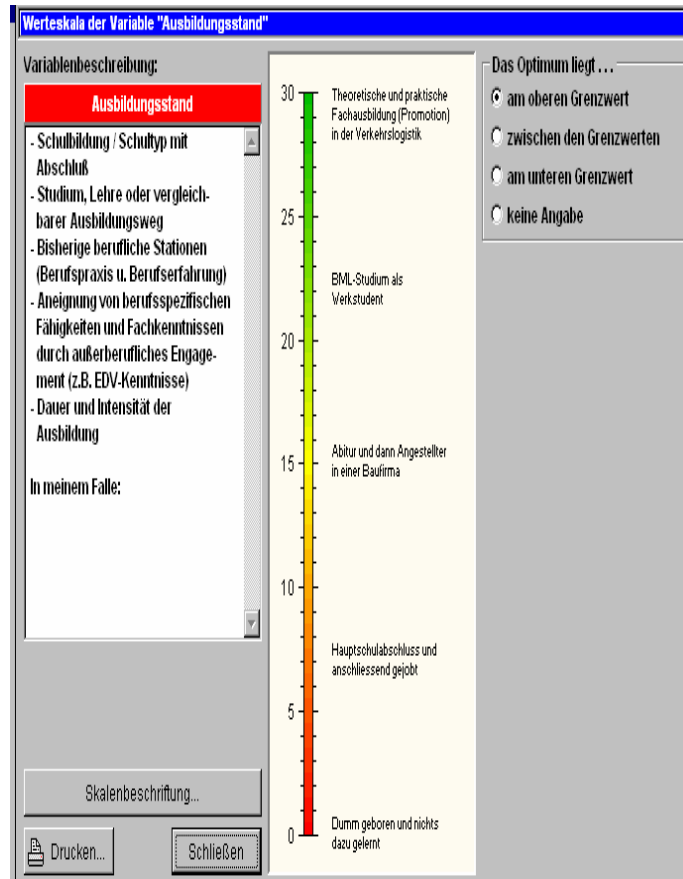
1. Überprüfung auf Doubletten:  
Variablen, welche gleiche oder sehr ähnliche Einflussgrößen beschreiben, können oft zusammengefasst werden.
2. Überprüfung der Aggregationsebene:  
Variablen, welche aufgrund des Detailierungsgrades einem Subsystem angehören, können in die Beschreibung einer höher aggregierten Variable übernommen werden. Umgekehrt sollten hochaggregierte Variablen, welche eigentlich einem höhergestellten System angehören, nicht als eigene Variable im Variablensatz erscheinen.
3. Gerichtete Definition:  
Eine Variable muss beweglich, d.h. veränderlich sein, also eine qualitative oder quantitative Richtung aufweisen. Diese Werte können in Form einer Skalierung ihren Niederschlag finden
4. Überprüfung auf Vollständigkeit der Systemebene:  
In Form einer „Kriterienmatrix“ werden verschiedenen Lebensbereiche abgefragt und den Variablen zugeordnet. Einerseits sind dabei wesentliche Kriterien durch die Variablen zu erfüllen, andererseits dienen andere rein erklärenden oder beschreibenden Zwecken.
5. Überprüfung auf Einseitigkeit:  
Übertriebene Schwergewichtsbildungen hinsichtlich der Lebensbereiche werden ebenfalls mit der „Kriterienmatrix“ erkannt. Durch Zusammenfassen von Variablen kann dem entgegengewirkt werden um den Charakter des Systems nicht zu widersprechen.

---

<sup>126</sup> Malik management zentrum st. gallen: Sensitivitätsmodell Prof. Vester, S. 3f



Diese Überprüfung findet nicht nur einmalig am Anfang statt, sondern läuft prozessbegleitend mit, um das gegebenenfalls erforderliche Nachsteuern zu ermöglichen. Zusätzlich wird die Zahl der Variablen auf 20 – 40 festgelegt, da diese Anzahl gemäß VESTER ausreichend für eine Systembeschreibung ist.



**Abbildung 21: Variablenbeschreibung und Skalierung**<sup>127, 128</sup>

<sup>127</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester

<sup>128</sup> Sämtliche Eigenschaften, Merkmale, Zahlen, Daten, Fakten, etc. welche für die Beschreibung der systemrelevanten Variable wesentlich sind, können in der Software dokumentiert werden.

	Kriterien	LEBENSBEREICHE						PHYS. KAT.			DYN. KATEGORIE				SYSTEMBEZIEHUNG				
		Wirtschaft	Beteiligte	Raumnutzung	Befinden	Umweltbezug	Infrastruktur	Regeln u. Gesetze	Materie	Energie	Information	Flussgröße	Strukturgröße	zeitliche Dynamik	räumliche Dynamik	öffnet durch Input	öffnet durch Output	von Innen beeinflussbar	von Außen beeinflussbar
1	Ausbildungsstand				●		○												
2	Interessen und Vorstellung			○	●		○			●			●	●			●		○
3	wirtschaftliche Situation	●						●	○			●	●	●					○
4	persönl. Möglichkeiten	○	○		●				○	●		●	●	●					○
5	günstiger Wohnort		○	●		○	○	●				●	●	○					○
6	Kontakte		●		●					●		●	●	○					○
7	Psychische Stabilität				●				●			●	●	○					○
8	Fähigk.u.deren Anwendg.	●		○					●	○		●	○				●	●	
9	Gesundheit				●	○		●				●	●			●			○
10	Wohnqualität und Komfort	○		●	○	○	○	●				●	●	○		○	○	○	○
11	Mobilität u.Beweg.freiheit		○		○			●				●	●						○
12	Umweltqualität				●		○	○	○	○		○	●	●	●	●			●
13	Verträge und Regeln						●			●		●	●	●	●	●			○
14	Angebote u.Möglk.v.außen	●								●		●	●	○					●
15	Ausfüllende Tätigkeit	●		○	○			●	●	●		●	○	○			●	○	○
16	Zukünftige Weiterbildung	○			●		○		○	●		●	●						○
<b>Summe:</b>		5,5	2,5	3,5	8,5	2,5	3,0	4,5	6,5	7,0	9,5	7,5	13,0	11,0	3,5	8,5	4,5	6,5	8,5

Abbildung 22: Kriterienmatrix<sup>129,130</sup>

Für die Kriterienmatrix gilt:

Wenn in den Spalten ein aufgefüllter Punkt vergeben wird, berührt die jeweilige Variable einen bestimmten Lebensbereich voll. Ein leerer Punkt wird vergeben, wenn sie ihn teilweise und kein Punkt wird vergeben, wenn sie ihn gar nicht berührt. So geben die Spaltensummen (ausgefüllter Punkt entspricht 1; leerer Punkt entspricht 0,5; kein Punkt entspricht 0) Hinweis darauf, ob alle Schlüsselbereiche durch die Variablen gleichmäßig berücksichtigt werden.

<sup>129</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester

<sup>130</sup> Diese Kriterienmatrix stammt aus dem Übungsbeispiel, mit dem die Software „Sensitivitätsmodell“ einführend erklärt wird. Die 18 Systemkriterien sind dabei auf der waagrechten Ordinate abgebildet und die Variablen (im Übungsbeispiel nur 16 und nicht 20) auf der senkrechten Ordinate dargestellt.

## 5.2. Das Wortmodell / der Wirkungsgraph

Jede Systemdarstellung wird wesentlich davon bestimmt welcher Zweck mit dem System erfüllt werden soll. Deshalb ist es wichtig den Sinn und Zweck vor jeder Systemuntersuchung zu klären und sich daran zu orientieren.

BOSSEL schlägt demzufolge folgende Vorgehensweise<sup>131</sup> vor:

1. Modellzweck festlegen  
Sinn, Zweck und Ziel der Systembetrachtung werden festgelegt.
2. Wortmodell<sup>132</sup> generieren  
Der darzustellende Sachverhalt wird verbal festgestellt. Keinesfalls reicht dieses Wissen für die Darstellung eines Systems aus, sondern muss in weiterer Folge mit zusätzlichen Informationen ergänzt werden. Aber für die Festlegung von bestimmten Größen, mit denen weitergearbeitet werden kann, ist diese Methode sehr gut geeignet. Die Vielzahl der Größen im realen Raum müssen dabei auf eine kleine Zahl von stellvertretenden Größen reduziert werden, wobei verhaltensentscheidende Größen auf alle Fälle beibehalten werden müssen.
3. Wirkungsbeziehungen feststellen  
Für die Erstellung der Wirkungsbeziehungen zwischen den Systemgrößen ist besonders zu beachten, dass nur direkte Wirkungen betrachtet werden und dass jede Wirkungsbeziehung isoliert betrachtet wird.

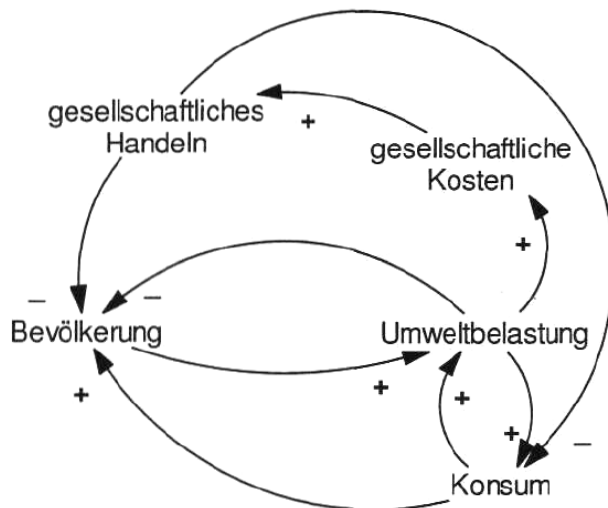
---

<sup>131</sup> Vgl. Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 65 - 74

<sup>132</sup> Das Wortmodell des „Vereinfachten Weltmodells“ ist – da für die weitere Modellbildung relevant – näher beschrieben und abgebildet in Göllner, Meurers, Peer, Povoden: Systemdefinition, Systembeschreibung und Systembegrenzung zur Szenarioentwicklung und Szenariomodellierung, Teil 2: Darstellung von ausgewählten Methoden, 2010, o.S.

#### 4. Wirkungsgraphen erstellen

Die Wirkungsbeziehungen, welche aus dem Wortmodell gewonnen wurden, lassen erkennen, dass die verschiedenen Systemgrößen relativ komplex miteinander verknüpft sind. Durch den Wirkungsgraphen kann das System relativ einfach dargestellt werden, indem die Systemgrößen und ihre Wirkungsbeziehungen graphisch visualisiert werden. Dabei bilden die Systemgrößen die „Knoten“ und die Wirkungsbeziehungen die „Kanten“ des Graphen.



**Abbildung 23: Wirkungsgraph für das einfache „Weltmodell“<sup>133</sup>**

Somit kann ein System relativ einfach und strukturiert dargestellt und für die weitere Analyse bearbeitet werden. Dazu werden die einzelnen Systemgrößen genauer definiert und abgegrenzt.

<sup>133</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 71

## **6. Struktur und Mechanismen von Systemen**

### **6.1. Sensitivitätsmodell**

Während des ersten Schrittes der Systembeschreibung werden die relevanten Variablen auch gleich in Bezug zueinander gebracht. Dies erfolgt in Form eines „brainstorming“-Verfahrens. Anhand eines FlipChart werden die voraussichtlich relevanten Variablen miteinander in Beziehung gebracht.

Für die IT-gestützte Betrachtung und Analyse in der Softwareanwendung „Sensitivitätsverfahren“ wird dieses Abhängigkeitsmodell visualisiert dargestellt. Bereits zwischen wenigen Einflussgrößen werden Beziehungen erkennbar, welche Wirkungen oder Rückwirkungen haben.

Systemkomponenten werden sichtbar, welche mit anderen einen hohen Grad an Wechselwirkung aufweisen und wiederum andere, die nur wenige oder gar keine Beziehungen aufweisen. Von einigen Einflussgrößen gehen nur Wirkungen aus, auf andere gehen nur Wirkungen ein. Folglich ergibt sich daraus ein erstes komplexes Bild der verschiedenen Systemkomponenten welche miteinander in Wechselbeziehung stehen.

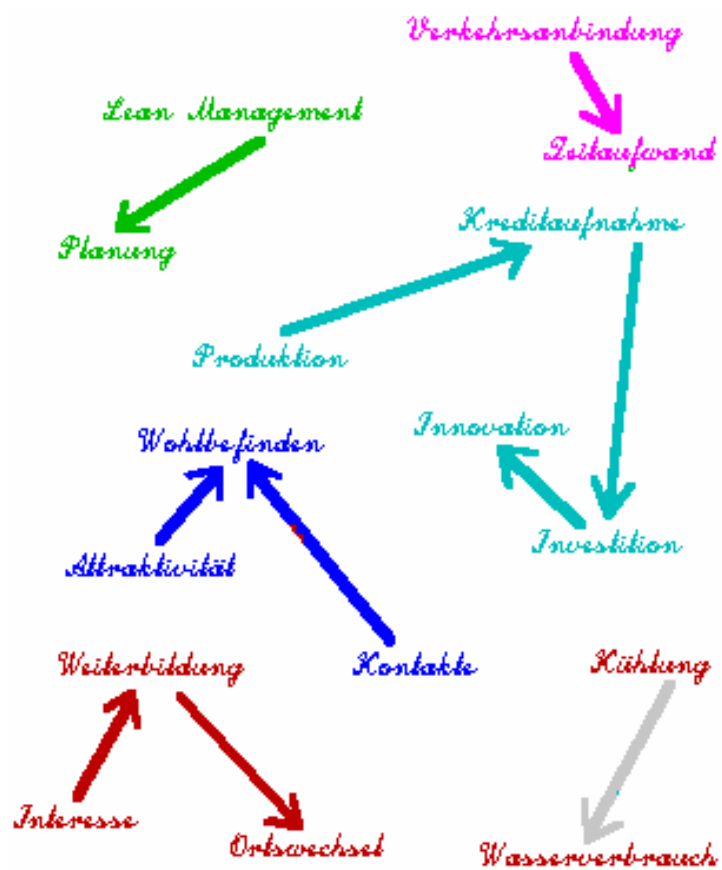
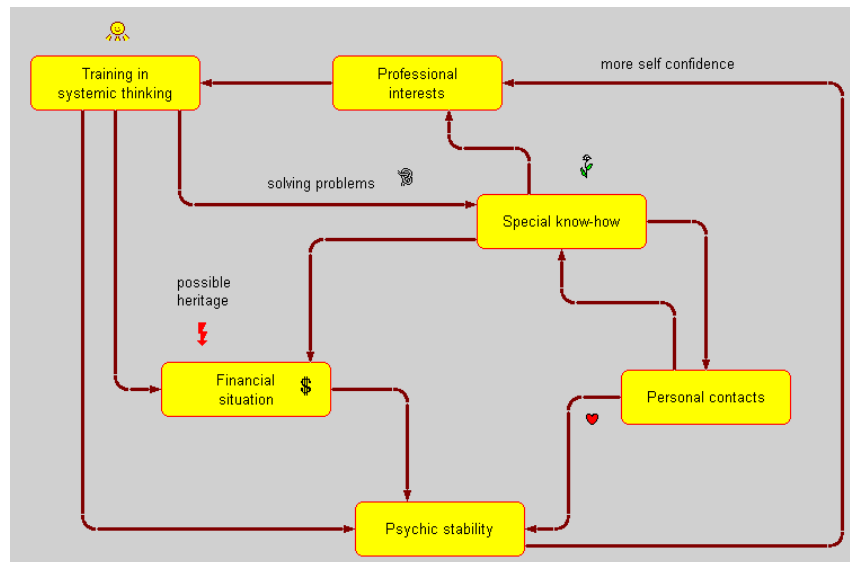


Abbildung 24: Wechselwirkung der Variablen<sup>134</sup>

<sup>134</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester



**Abbildung 25: Vorläufiges Wirkungsgefüge<sup>135</sup>**

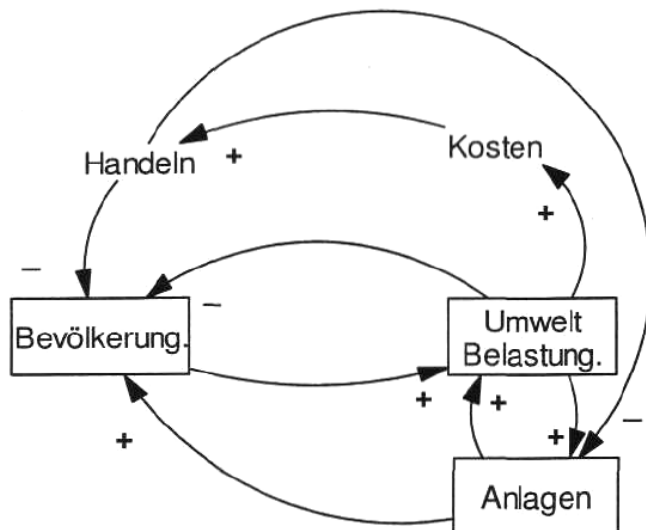
Die Darstellung der Verknüpfungen und der Wechselwirkung erfolgt im „Sensitivitätsmodell“ in Form von Kästen, damit werden die festgestellten Variablen dargestellt, und von gerichteten Linien, mit denen die Einflussrichtung dargestellt wird. Voll ausgezogene Linien stellen dabei eine positive Wirkung dar, negative Einflussnahmen werden strichliert dargestellt.

## 6.2. nach BOSSEL

Ausgehend vom Systemzweck wurde das Wortmodell und der Wirkungsgraph erzeugt. Aus dem Wirkungsgraphen kann die Struktur des Systems entwickelt werden, um die weitere Systemanalyse durchführen zu können.

Dabei werden die Systemgrößen entsprechend Ihrer Eigenschaften unterschieden und grafisch im Systemdiagramm dargestellt.

<sup>135</sup> Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester



**Abbildung 26: Die Struktur des vereinfachten „Weltmodell“<sup>136</sup>**

Für die weitere Analyse ist die Aufteilung des bisher generierten Systemdiagrammes erforderlich. Für jede Zustandsgröße wird ein Teilsystem entwickelt und geprüft. Erst wenn für jede der Komponenten dieser Teilsysteme eine gültige Formulierung und jedes Teilmodell einzeln überprüft worden ist, wird das Gesamtmodell wiederum betrachtet.

Die grafische Gestaltung und Darstellung spiegelt sich dabei in der Vorstellung einer Zustandsgröße als „Speicher“ mit Zu- und Abflüssen wider. Zustandsgrößen werden als Kästen und Zu- und Abflüsse als „Leitungsrohre“ mit „verstellbaren Ventilen“ dargestellt. „Vorgabegrößen“, auf die das System selbst keinen Einfluss hat, werden mit Großbuchstaben dargestellt. Die sich ständig veränderbaren „Zustandsgrößen“ werden durch Kästen dargestellt. „Zwischengrößen“ werden durch Funktionen von Zustandsgrößen, Vorgabegrößen und/oder anderen Zwischengrößen wiedergegeben. Im

<sup>136</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 86



Simulationsdiagramm werden sie als Größen in Kleinschreibung dargestellt.

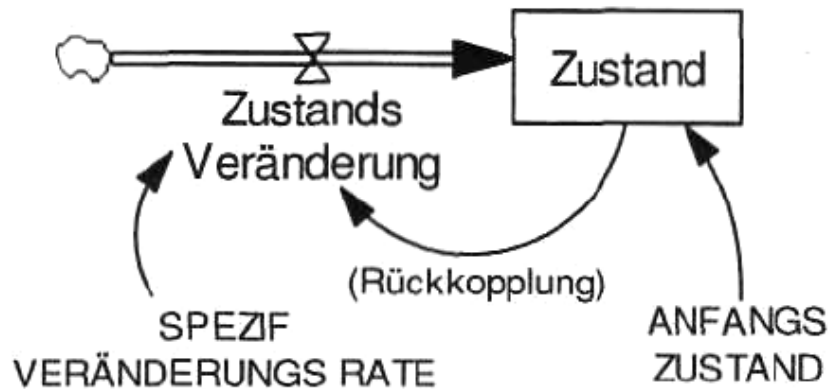


Abbildung 27: Graphische Darstellung dynamischer Systeme<sup>137</sup>

### 6.3. nach SCHLIEßMANN

Wie bereits im Kapitel 3.4. vorgestellt verwendet SCHLIEßMANN für das „Prof. Schließmann Komplexitätsmanagement-Modell“, ein sechstufiges Verfahren und lehnt sich dabei stark an das „Sensitivitätsverfahren“ von Frederic VESTER an. Der größte Unterschied liegt dabei in der „quantitativ-digitalen“ Analyse. Dabei wird ein innovatives Instrumentarium, das aus den Erkenntnissen der Hochrisikoindustrie entwickelt wurde, verwendet. Mit „OntoSpace“ in Verbindung mit dem „Prof. Schließmann Komplexitäts-Modell“ ist Folgendes feststellbar:<sup>138</sup>

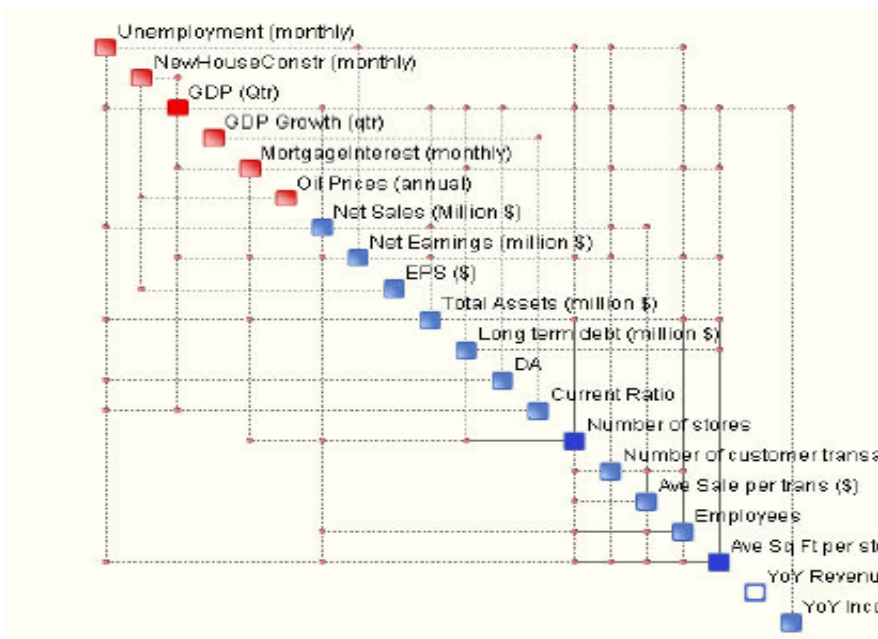
- Komplexitäts-Systemzustand im Hinblick auf interne und externe Variablen und Erfolgsfaktoren mit dem jeweiligen

<sup>137</sup> Bossel: Systeme, Dynamik, Simulation, 2004, S. 87

<sup>138</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 113f

Komplexitätsbeitrag, dem Vernetzungsgrad und der entsprechenden Relevanz für das System.

- Ein statisches oder dynamisches Komplexitäts-Risiko-Expose und –Rating über verschiedene Zeitperioden hinweg mit Hinweisen auf kritische Komplexitätsbereiche des Systems
- Eine Risikolandkarte, aus der hervorgeht, an welchen Vernetzungspunkten und Variablen hohe Komplexitätsgefahren und –risiken liegen.
- Ein grundlegendes komplexitätsbasiertes Frühwarnsystem für ein systemisch-komplexitätsorientiertes Controlling.



**Abbildung 28: Generelle System-Map mit „OntoSpace“<sup>139</sup>**

<sup>139</sup> Ontonix Srl: OntoSpace™ v3.0 Data Sheet, S. 1

[http://www.ontonix.com/OntoSpace\\_DataSheet\\_v3.pdf](http://www.ontonix.com/OntoSpace_DataSheet_v3.pdf) (09.11.2010)

Alle untersuchten Variablen sind dabei auf der Diagonalachse aufgereiht und farblich hinterlegt, wenn sie aktiv systemrelevant sind, dargestellt. Inaktive Variablen sind nicht farblich unterlegt.

Weisen Variablen einen sehr hohen Vernetzungsgrad auf werden sie als Punkte dargestellt. Zusätzlich kann aus der Farbe der Interdependenzlinien (Linien zwischen den Variablen) auf den Komplexitätsgrad geschlossen werden. Eine rote Färbung impliziert eine eher chaotische Informationsquelle in Verbindung mit einem hohen Beitrag zur Komplexität, wohingegen eine blaue Färbung auf eine stabile Verbindung hinweist.<sup>140</sup>

---

<sup>140</sup> Vgl. Schließmann: Interdependency, Systeme verstehen - Dominoeffekte vermeiden, 2009, S. 190

## 7. Zusammenfassung

Verschiedene Anwendungen und Betrachtungsperspektiven ergeben eine hohe Anzahl von Beschreibungen und Definitionen was ein „System“ ist und was es ausmacht. Verschiedene Teile und Elemente, Komponenten, etc. hängen direkt oder indirekt, innerhalb der Systemgrenze miteinander und/oder mit der Systemumwelt zusammen, wobei es Über- bzw. Metasysteme oder Unter- bzw. Subsysteme geben kann. Die Teile außerhalb der festgelegten Systemgrenze können dabei ebenfalls Elemente von – anderen – Systemen also von Neben- oder Umsystemen, sein.

Abhängig von der Fragestellung

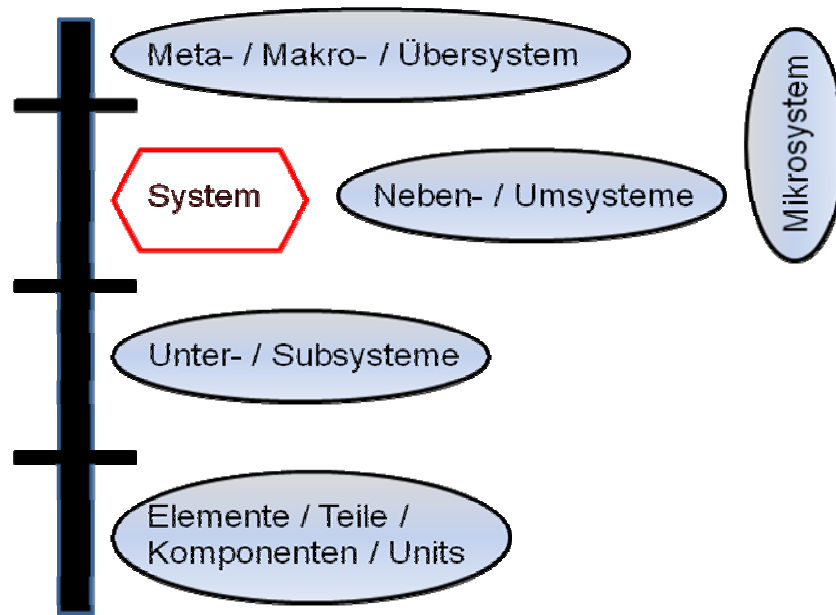
„Was will ich:

- *Betrachten?*
- *Erreichen?*
- *Verbessern?*
- *Kompensieren?*
- *...?“*

ergeben sich die diversen Teile o.ä. und das Über- sowie die Untersysteme, also die Systemstruktur.

Die Aggregation von Systemen ist also für die weitere Betrachtung, Analyse und Modellbildung wesentlich. Sie stellt eine verschiebbare Messlatte entlang der dynamischen Systemhierarchie dar.

Die Gemeinsamkeiten von den diversen Beschreibungen und Definitionen finden sich also in der Aggregation von Systemen.



**Abbildung 29: Messlatte für Aggregation<sup>141</sup>**

In Abhängigkeit der Fragestellung ergibt sich der Detaillierungsgrad der Aggregation und damit auch die Genauigkeit für die weitere Betrachtung und/oder Analyse.

Davon ist in weiterer Folge abhängig welche Methoden für die Systembeschreibung herangezogen werden.

Besteht also die Möglichkeit, komplexe Systeme zu beschreiben, zu analysieren und darzustellen ergibt sich die Möglichkeit, verschiedenste komplexe Systeme als Teilsysteme zu einem Metasystem zusammenzufassen und wiederum zu analysieren.

---

<sup>141</sup> Quelle: Autor

Das ist die Grundlage für „Systems of Systems“ (SoS) Engineering mit dem Ziel:

*„The aim is to develop novel methodologies and advanced engineering approaches for desinging, developing and executing/running, complex/large scale, distributed, and cooperating systems.“<sup>142</sup>*

“Systems of Systems” selbst wird im amerikanischen Verteidigungsministerium definiert als

*“a set or arrangement of systems that results when independent and usefull systems are integrated into a larger system that delivers unique capabilities.“<sup>143</sup>*

---

<sup>142</sup> European Commission: ICT-Information and communication technologies, Luxembourg, 2010, S. 46

<sup>143</sup> Office of the Deputy Under Secretary of Defence für Acquisition and Technology, Systems and Software Engineering: Systems Engineering Guide for Systems of Systems, 2008, S. 4 [www.acq.osd.mil/se/docs/SE-Guide-for-SoS.pdf](http://www.acq.osd.mil/se/docs/SE-Guide-for-SoS.pdf) (11.11.2010)

## 8. Begriffserklärungen

### Aspekte eines Systems:

Jedes System, bestehend aus Elementen und Beziehungen, lässt sich unter verschiedenen Gesichtspunkten (Filter) betrachten und beschreiben. Somit treten bei unterschiedlichen Filtern verschiedenen Elemente und Beziehungen einmal mehr oder weniger bzw. überhaupt nicht in Erscheinung. Diese unterschiedlichen Betrachtungen werden als „Aspekte des Systems“ bezeichnet.

### Biokybernetik:

Die Biokybernetik beruht auf der Lebensfähigkeit von Systemen und ist durch acht Grundregeln definiert:

Nr	Grundregel
1	Negative Rückkopplung muss über positive Rückkopplung dominieren.
2	Die Systemfunktion muss vom quantitativen Wachstum unabhängig sein.
3	Das System muss funktionsorientiert und nicht produktorientiert sein.
4	Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip statt Bekämpfung nach der Boxer-Methode.
5	Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationsstrukturen.
6	Recycling: Nutzung von Kreisprozessen zur Abfall- und Abwasserverwertung.
7	Symbiose. Gegenseitige Nutzung von Verschiedenartigkeit durch Kopplung und Austausch.
8	Biologisches Design von Produkten, Verfahren und Organisationsformen durch Feedback-Planung.

### **„Brokerage Network“:**

Das „Brokerage Network“ konzentriert sich auf Knoten, die abgeschlossene Systeme, Netze oder Teilnetzwerke miteinander verbindet. Über bestimmte Knoten, welche auch „Broker“ genannt werden, läuft die gesamte Kommunikation zwischen den Teilnetzwerken.

### **„Closure Network“:**

Das sogenannte „Closure Network“ bildet ein in sich geschlossenes System, das nach außen keine Verbindungen hat und auf das daher nicht zugegriffen werden kann. Es zeichnet sich durch eine starke Identität und Synchronisation seiner Elemente aus.

### **Dynamik<sup>144</sup>:**

Dynamik bedeutet unter anderem

- die Lehre von der Bewegung von Körpern unter dem Einfluss von Kräften oder
- die Eigenschaft, sich aus inneren Ursachen und nach eigenen Gesetzen zu verändern od. zu entwickeln

### **Eigendynamik:**

Rückkopplungen können ein eigenständiges, von der Systemstruktur selbst bestimmtes Verhalten erzeugen, das mit Einwirkungen auf das System nicht mehr in Verbindung gebracht werden kann. Die Auswirkungen solcher Eigenschwingungen können dabei erheblich sein und unterschiedlichen zeitlichen Maßstäben folgen.

### **Kinetik<sup>145</sup>:**

Kinetik bedeutet unter anderem

- die Lehre des Zusammenhangs zwischen den Kräften und den daraus folgenden Bewegungen eines Körpers oder
- ein Gebiet der Physik, das sich mit den Bewegungen der Körper beschäftigt.

---

<sup>144</sup> <http://de.thefreedictionary.com/Dynamik> (09.11.10)

<sup>145</sup> <http://de.thefreedictionary.com/kinetik> (09.11.10.)



**Komplizierte Systeme:**

Komplizierte Systeme können ohne Verlust wichtiger Informationen in einfache Teilbereiche zerlegt und unter verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden.

**Makroebene / Makroumfeld:**

Unter „Makroebene“ wird die „weitere Unternehmensumwelt“ bezeichnet. Darunter fallen alle Bereiche, welche keinen unmittelbaren Einfluss auf das Unternehmen haben. Vielmehr bezeichnet das Makroumfeld den generellen Kontext des Unternehmens – den Teil der Umwelt, dem sich das Unternehmen im Wesentlichen anzupassen hat.

**Mikroebene / Mikroumfeld:**

Die „engere Unternehmenswelt“ wird als „Mikroebene“ verstanden. Das Mikroumfeld wird durch die direkte Einflussnahme und die Interaktion mit dem Unternehmen recht intensiv beobachtet, wobei das Unternehmen verschiedenste Informationen erhält. Diese Informationen sind wichtig um den Steuerungsprozess des Unternehmens zu ermöglichen.

**„OntoSpace“:**

Softwareprogramm mit dem Wirkungsgefüge dargestellt und einer quantitativen digitalen Analyse unterzogen werden können.

**Stabilität:**

Stabilität (von lat. stabilis = standhaft, stabil) ist die Fähigkeit eines Systems, nach einer Störung wieder in den Ausgangszustand zurückzukehren. Das Gegenteil der Stabilität ist die Instabilität. Ein schwacher Zustand der Stabilität wird als Metastabilität bezeichnet.

**Statik<sup>146</sup>:**

Statik bedeutet unter anderem die Kräfte, die bewirken, dass ein Gebäude fest steht und nicht einstürzt.

---

<sup>146</sup> <http://de.thefreedictionary.com/statik> (09.11.10)

### **„Structural Fold Network“:**

Das „Structural Fold Network“ stellt ein stabiles Netzwerk dar. Wie bereits beim „Brokerage Network“ sind Knoten als Verbindung zwischen Teilnetzwerken eingefügt. Allerdings stellt niemals ein Knoten allein diese Verbindung her, was zur Ausfallsicherung und Erhöhung der Redundanz beiträgt. Diese Knoten stellen für das Netzwerk die sogenannte „strukturelle Falte“ dar.

### **System:**

*(einige Systemdefinitionen bzw. Begriffserklärungen)*

Gemäß der ONorm-Regel für Risikomanagement wird unter einem System ein Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen verstanden.

A functionally, physically, and/or behaviorally related group of regularly interacting or interdependent elements; that group of elements forming a unified whole.

Eine Sammlung (oder eine Menge) von Elementen, die in einer bestimmten Umgebung oder in einem bestimmten Kontext eine Einheit bilden oder als Einheit aufgefasst werden (→ Funktionseinheit)

Anmerkung: Ein System besteht aus

- Gegenständen, Subjekten oder Objekten
- Relationen zwischen Gegenständen
- Aktionen die von Subjekten ausgehen oder auf Objekte ausgeübt werden können.

Ein System stellt eine Gruppe von Komponenten dar, die miteinander interagieren, miteinander verknüpft oder unabhängig voneinander sein können. Egal, wie sie miteinander gekoppelt sind, sie formen gemeinsam ein vereinheitlichtes Ganzes, funktionieren für einen bestimmten Zweck zusammen.

**Systemdiagramm:**

Ausgehend vom Wirkungsgraphen werden die Systemgrößen entsprechend ihrer Eigenschaften unterschieden und grafisch dargestellt.

**Systemgrenze:**

Unter einer „Systemgrenze“ wird diesbezüglich die Abgrenzung zwischen dem System und seiner Umgebung bzw. seinem Umfeld verstanden. Die Beziehungen innerhalb von Systemgrenzen sind wichtiger, größer und werden verstärkt wahrgenommen als zwischen System und Umfeld.

**Systemmerkmale:**

Folgende Merkmale muss ein „Objekt“ ausweisen, um ein System zu sein:

1. Das Objekt erfüllt eine bestimmte Funktion, d.h. es lässt sich durch einen Systemzweck definieren, den wir als Beobachter in ihm erkennen.
2. Das Objekt besteht aus einer bestimmten Konstellation von Systemelementen und Wirkungsverknüpfungen (Relationen, Struktur), die seine Funktionen bestimmen.
3. Das Objekt verliert seine Systemidentität, wenn seine Systemintegrität zerstört wird. Ein System ist daher nicht teilbar, d.h. es existieren Elemente und Relationen in diesem Objekt, nach deren Herauslösung oder Zerstörung der ursprüngliche Systemzweck, d.h. die Systemfunktion nicht mehr erfüllt werden kann: Die Systemidentität hätte sich verändert oder wäre gänzlich zerstört.

**„Systems of Systems“:**

A SoS is defined as a set or arrangement of systems that results when independent and useful systems are integrated into a larger system that delivers unique capabilities.

**Triviale Systeme:**

Systeme welche synthetisch vorhersehbar, analytisch bestimmbar, vergangenheitsunabhängig und in ihrer Funktion und Entwicklung vorhersagbar sind, sind „triviale“ Systeme. Beispielsweise handelt es sich dabei um einfache oder komplizierte technische Geräte.

**Umfeld:**

Mit „Umfeld“ wird die gesamte Umgebung in welcher sich das System befindet zusammengefasst. „Umsysteme“ und „Umfeldelemente“ befinden sich außerhalb der Systemgrenze des betrachteten Systems, stehen aber mit einem oder mehreren Elementen innerhalb des Systems, in Wechselwirkung.

**Übersystem:**

Werden mehrere Systeme zu einem umfassenderem System zusammengefasst wird für dieses Objekt der Begriff „Übersystem“ verwendet.

**Vorgabegrößen:**

Vorgabegrößen sind feste Systemparameter oder von der Systementwicklung unabhängige exogene Einwirkungen aus der Systemumwelt.

**Wirkungsgefüge:**

Darstellung von verschiedenen Systemkomponenten welche miteinander in Wechselbeziehung stehen. Das Wirkungsgefüge ist vergleichbar mit dem Wirkungsgraphen.

**Wirkungsgraph:**

Durch den Wirkungsgraphen kann das System relativ einfach dargestellt werden, indem die Systemgrößen und ihre Wirkungsbeziehungen graphisch visualisiert werden. Dabei bilden die Systemgrößen die „Knoten“ und die Wirkungsbeziehungen die „Kanten“ des Graphen. Der Wirkungsgraph ist vergleichbar mit dem Wirkungsgefüge.

**Zustandsänderung:**

Zustandsänderungen werden durch Einwirkungen von außen oder Prozesse im System bewirkt. Demzufolge ist es die Wirkungsstruktur eines Systems selbst, die Zustandsänderungen und damit die Zustandsgrößen und das Systemverhalten bestimmt.

**Zustandsgrößen:**

Zustandsgrößen (Speichergrößen) geben zu jedem (Rechen- oder Mess-) Zeitpunkt den Zustand eines Systems an. Sie sind nicht durch andere Systemgrößen ausdrückbar oder ersetzbar. Die Zustandsgrößen geben die „Koordinaten“ des Verhaltensraums eines Systems an.

**Zwischengrößen:**

Diese Größen sind direkt aus den momentanen Werten der Zustandsgrößen oder aus vorgegebenen Parametern und/oder exogenen Einwirkungen berechenbar.

## 9. Index

### A

Aggregation 73, 74  
Aggregation von Systemen 73  
Arten von Netzwerken 44  
Aspekte 4, 15, 16, 17, 19, 30, 41, 76

### B

Biokybernetik 22, 32, 34, 54, 59, 76  
Blackbox 17, 18, 25  
Brokerage Network 44, 45, 77, 79

### C

Closure Network 44, 77

### D

Dynamik 5, 11, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 52,  
53, 54, 64, 65, 69, 70, 77, 85, 87

### E

Eigendynamik 21, 28, 53, 59, 77  
Elemente 4, 12, 14, 15, 18, 21, 24, 34, 41,  
42, 44, 47, 51, 73, 76, 77, 80

### F

Frühwarnsystem 71

### G

Grundregel 32, 54, 55, 56, 57, 58, 76

### I

Interdependenz 21  
Interdependenzen 21, 50, 51

### K

komplexe Systeme 5, 12, 74  
Komplexität 7, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 47,  
48, 49, 51, 72, 85  
Komplexitätsgrad 55, 72  
Komponenten 4, 10, 12, 69, 73, 80  
Konnektivität 12  
Kriterienmatrix 61, 63

### M

Makroebene 38, 39, 78  
Makroumfeld 39, 78  
Metasystem 4, 74  
Mikroebene 40, 78  
Mikroumfeld 40, 78

### N

Netzwerkanalyse 43, 87

### O

OntoSpace 22, 70, 71, 78, 86

### R

robustes System 51, 59  
Robustheit 49, 51, 52  
Rückkopplung 27, 32, 34, 35, 52, 53, 54,  
55, 76  
Rückkopplungsschleife 53

### S

Selbstregulierung 33, 54  
Sensitivitätsmodell 22, 29, 37, 60, 61, 62,  
63, 66, 67, 68, 86, 87

Stabilität 32, 43, 47, 54, 55, 56, 57, 58, 78  
Steuerung von Systemen 5  
Structural Fold Network 45, 46, 79  
Struktur 9, 14, 24, 41, 58, 66, 68, 69, 80  
Subsystem 4, 12, 61  
System Engineering 12, 85  
Systembegriffe 4, 12, 20, 24, 29, 38  
Systembeschreibung 22, 42, 60, 62, 64,  
66, 74, 85  
Systemdefinitionen 4, 7, 9, 79  
Systemdenkens 13, 18  
Systeme 5, 6, 8, 9, 11, 12, 15, 18, 20, 22,  
23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 36, 41, 44,  
47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 58, 59,  
60, 64, 65, 69, 70, 72, 74, 77, 78, 81, 85,  
86  
Systemgrenze 13, 14, 26, 27, 36, 41, 73,  
80, 81  
Systemgrenzen 13, 26, 28, 37, 41, 80  
Systemhierarchie 15, 73  
systemhierarchischen Denkens 19

## T

Teile 4, 9, 12, 20, 29, 41, 47, 51, 73  
Trägheit von Systemen 50

## U

Umfeld 13, 14, 18, 80, 81  
Umfeldelemente 14, 81  
Umsysteme 13, 14, 81  
Umwelt 5, 24, 25, 26, 28, 38, 39, 41, 53,  
54, 56, 59, 78

## V

Variablen 12, 20, 29, 30, 31, 32, 35, 48,  
49, 55, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71,  
72  
Vorgabegrößen 25, 28, 69, 81

## W

Wechselwirkungen 55  
Wirkungsgraph 64, 65, 68, 82  
Wortmodell 64, 65, 68

## Z

Zustandsgrößen 25, 26, 28, 52, 69, 82  
Zwischengrößen 26, 28, 69, 82

## **10.Literaturverzeichnis**

### **10.1. Bücher**

Bandte H., Komplexität in Organisationen, Wiesbaden, 2007, Deutscher Universitäts-Verlag, ISBN 978-3-8350-0578-5

Becker M., Büchel A., Haberfellner R., von Massow H., Nagel P., System Engineering, Zürich, 2002, ISBN 3-85743-998-X

Bossel H., Systeme, Dynamik, Simulation, Norderstedt, 2004, Books on Demand GmbH, ISBN 3-8334-0984-3

Ebel N., ITIL V3 Basis-Zertifizierung, München, 2008, Addison-Wesley Verlag, ISBN 978-3-8273-2599-0

European Commission, ICT-Information and communication technologies, Luxembourg, 2010, ISBN 978-92-79-16623-5

Göllner J., Meurers C., Peer A., Povoden G., Systemdefinition, Systembeschreibung und Systembegrenzung zur Szenarioentwicklung und Szenariomodellierung, Teil 2: Darstellung von ausgewählten Methoden, Wien, 2010, LVAk Schriftenreihe

Malik F., Unternehmenspolitik und Corporate Governance, Frankfurt/Main, 2008, Campus Verlag GmbH, ISBN 978-3-593-38286-9

Senge P. M., Die fünfte Disziplin, Stuttgart, 2008

Schließmann Ch., Interdependency, Systeme verstehen – Dominoeffekte vermeiden, Köln, 2009, Bank-Verlag, ISBN 978-3-86556-236-4

Pillkahn U., Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung, Wie Sie die unternehmerische und gesellschaftliche Zukunft planen und gestalten, Erlangen, 2007

Sherwood D., Den Wald vor lauter Bäumen sehen, Weinheim, 2003, Wiley Verlag, ISBN 3-527-50057-X



Schimmelfennig F., Internationale Politik, Paderborn, 2008, Verlag Ferdinand Schöningh, ISBN 978-3-506-76581-9

Vester F., Die Kunst vernetzt zu denken, München, 2007

### **10.2. Zeitschriften und Journale**

Austrian Standards Institute: ON-Regel ONR 49000, Risikomanagement für Organisationen und Systeme, 01.06.2008

Malik management zentrum st. gallen, Sensitivitätsmodell Prof. Vester (Beilage zum Softwarepakete Sensitivitätsmodell Prof. Vester)

### **10.3. Online Quellen**

Bützer P, Vernetztes Denken –Ein altes Ausbildungsprinzip?, Altstedten 2006, [http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Vernetztes\\_Denken.pdf](http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Vernetztes_Denken.pdf) (08.10.10)

Dierstein, R.S.M., Begriffe – Definitionen und Erklärungen, Oberpfaffenhofen, 2003, <http://www.bayer.in.tum.de/lehre/WS2003/ITS-dierstein/DefDV03.pdf>, (08.10.10)

Katzmair, H., Social Network Analysis – Die Wissenschaft von der Messung, Visualisierung und Simulation sozialer Beziehungen; [http://90.146.8.18/de/archiv\\_files/20041/FE\\_2004\\_katzmair\\_de.pdf](http://90.146.8.18/de/archiv_files/20041/FE_2004_katzmair_de.pdf) (19.10.2010)

Office of the Deputy Under Secretary of Defence für Acquisition and Technology, Systems and Software Engineering, Systems Engineering Guide for Systems of Systems, [www.acq.osd.mil/se/docs/SE-Guide-for-SoS.pdf](http://www.acq.osd.mil/se/docs/SE-Guide-for-SoS.pdf) (11.11.2010)

Ontonix Srl: OntoSpace™ v3.0 Data Sheet, [http://www.ontonix.com/OntoSpace\\_DataSheet\\_v3.pdf](http://www.ontonix.com/OntoSpace_DataSheet_v3.pdf), (09.11.2010)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Stabilit%C3%A4t>, (06.10.10)

[http://www.aphorismen.de/display\\_aphorismen.php?search=9&sav=212&hash=1534b76d325a8f591b52d302e7181331](http://www.aphorismen.de/display_aphorismen.php?search=9&sav=212&hash=1534b76d325a8f591b52d302e7181331), (28.09.2010)

<http://de.thefreedictionary.com/Dynamik>, (09.11.10)

<http://de.thefreedictionary.com/kinetik>, (09.11.10.)

<http://de.thefreedictionary.com/statik>, (09.11.10)

#### **10.4. Multimediaquellen**

Malik Management Zentrum: Simulationsspiel Ecopolicy (CD-Rom),  
Rombach Verlag 2. Auflage 2005

Software: Sensitivitätsmodell Prof. Vester

#### **10.5. Sonstige Quellen**

Workshop-Ergebnisse mit Dr. Harald KATZMAIR, FAS.research  
Europe, Wien vom 01.06.2010 zum Thema „Soziale Netzwerkanalyse“

## 11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundbegriffe des Systemdenkens.....	13
Abbildung 2: System und Untersystem (am Beispiel Industriebetrieb). 14	
Abbildung 3: Systemhierarchie .....	15
Abbildung 4: Aspekte eines Systems .....	16
Abbildung 5: Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“ .....	17
Abbildung 6: Stufenweise Auflösung eines Systems.....	19
Abbildung 7: Prof. Schließmann Komplexitätsmanagement-Modell ....	23
Abbildung 8: Bestandteile von Systemen .....	27
Abbildung 9: Prinzip der Rückkopplung .....	35
Abbildung 10: Zwei Arten positiver Rückkopplungen .....	35
Abbildung 11: Systemgrenzen gemäß Vester .....	37
Abbildung 12: Systemabgrenzung gemäß Vester .....	37
Abbildung 13: Das Unternehmensumfeld: Mikro- und Makroebene ....	38
Abbildung 14: Die Segmente der erweiterten STEEP-Methode.....	40
Abbildung 15: Arten von Netzwerken .....	44
Abbildung 16: „Brokerage Network“ .....	45
Abbildung 17: „Structural Fold Network“ .....	46
Abbildung 18: Fehlgesteuerte Entwicklung .....	48

Abbildung 19: Systemdynamik' .....	53
Abbildung 20: Fragestellungen für die Systembeschreibung .....	60
Abbildung 21: Variablenbeschreibung und Skalierung' .....	62
Abbildung 22: Kriterienmatrix' .....	63
Abbildung 23: Wirkungsgraph für das einfache „Weltmodell“ .....	65
Abbildung 24: Wechselwirkung der Variablen.....	67
Abbildung 25: Vorläufiges Wirkungsgefüge .....	68
Abbildung 26: Die Struktur des vereinfachten „Weltmodell“ .....	69
Abbildung 27: Graphische Darstellung dynamischer Systeme.....	70
Abbildung 28: Generelle System-Map mit „OntoSpace“ .....	71
Abbildung 29: Messlatte für Aggregation.....	74

## **12.Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Raster zum Erkennen von Komplexität .....	22
Tabelle 2: Definition der 7 Lebensbereiche .....	30
Tabelle 3: Definition der physikalischen Grundkriterien.....	31
Tabelle 4: Definition der dynamischen Grundkriterien .....	31
Tabelle 5: Definition der Systembeziehung.....	32
Tabelle 6: Die acht Biokybernetischen Grundregeln .....	34
Tabelle 7: Risiken im Umgang mit komplexen Systemen.....	50

### 13. Autoren

Dipl.-Ing. Johannes GÖLLNER, M.Sc., Ltr WM/ZentDok  
Leiter Referat Risikomanagement & höhere Fachausbildung und  
Referent Wissensmanagement/Abteilung Weiterentwicklung und höhere  
Fachausbildung an der ABC-Abweherschule und derzeit:  
Leiter Referat Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
[johannes.goellner@bmlvs.gv.at](mailto:johannes.goellner@bmlvs.gv.at)  
*Lektor und Externer Lektor für Risiko- und Wissensmanagement sowie  
Supply Chain Networks an der Landesverteidigungsakademie und ABC-  
Abweherschule des ÖBH, der Universität für Bodenkultur Wien, der  
Universität Wien und Donau Universität Krems.*

Dipl.-Ing. Christian MEURERS  
Referent Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
[christian.meurers@bmlvs.gv.at](mailto:christian.meurers@bmlvs.gv.at)

Hptm Mag. (FH) Andreas PEER, MBA  
Kdt ABCAbwKp/StbB6, derzeit:  
Projektoffizier Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
[andreas.peer@bmlvs.gv.at](mailto:andreas.peer@bmlvs.gv.at)

Dipl.-Ing. Günter POVODEN  
Referatsleiter Grundlagen (Chemie)/Abteilung Weiterentwicklung und  
höhere Fachausbildung an der ABC-Abweherschule  
[abcabws.chemie@bmlvs.gv.at](mailto:abcabws.chemie@bmlvs.gv.at)

## **14.Lektorat**

Karl STOLZLEDERER, Bea  
Referent Wissensmanagement an der  
Zentraldokumentation/Landesverteidigungsakademie  
[karl.stolzleder@bmlvs.gv.at](mailto:karl.stolzleder@bmlvs.gv.at)