

**Die Sensitivitätsanalyse nach Prof. Vester
als Verfahren zur Abschätzung der**

Resilienz und Vulnerabilität von Systemen

18.01.2016

**Fachvortrag für den Fachbereich Sicherheitstechnik
an der Universität Wuppertal
Herrn Prof. Barth**

Dr.-Ing. Detlef Mamrot

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Vorbeugenden Brandschutz
Staatlich anerkannter Sachverständiger für die Prüfung des Brandschutzes
Psychologischer Berater / Personal Coach
Burn-Out Berater

HEBEWERK

Schule für Vernetztes Denken
02509 993 8787
Laerbrockweg 13
43801 Nottuln

0. Einführung
1. Die Sprache der Systemics
2. Bezug zu Resilienz und Vulnerabilität
3. Wirkung eines vernetzten Denkens
4. Biokybernetischen Grundregeln
5. Wirkungsgefüge - Ein Modell der Systemics
6. Prinzip der Rückkopplung
 - 6.1 Positive Rückkopplung
 - 6.2 Negative Rückkopplung
 - 6.3 Rückkopplungen – Nutzen und Gefahr
 - 6.4 Analyse separierter Rückkopplungen
 - 6.5 Interaktion von Rückkopplungen
 - 6.6 Bekannte Rückkopplungen
7. Erläuterung Biokybernetische Grundregeln
8. Sensitivitätsanalyse Prof. Vester
 - 8.1 Arbeit im Vorfeld einer Untersuchung
 - 8.2 Systemabgrenzung
 - 8.3 Variablensatz
 - 8.4 Kriterienmatrix
 - 8.5 Einflussmatrix
 - 8.6 Rollenverteilung
 - 8.7 Wirkungsgefüge
 - 8.8 Teilszenarien und Simulation
 - 8.9 Biokybernetische Systembewertung
9. Komplexität, Resilienz und Vulnerabilität
 - 9.1 Objekt – Subjekt – Kybernetik 2. Ordnung
 - 9.2 Gefahren gesteuerter Systeme
 - 9.3 Rekursion dieses Skriptes
 - 9.4 Ausblick
10. Schlussbemerkung

Legende:

An den mit Fragezeichen gekennzeichneten Stellen des nachfolgenden Textes lade ich Sie herzlich ein, sich eigene Gedanken zu machen.



Textpassagen, deren Verständnis mir besonders wichtig erscheint, kennzeichne ich mit einem Ausrufezeichen.



Passagen, die dem Versuch dienen, sie auf besondere Zusammenhänge hinzuweisen, die mitunter auch erheitern können, sind mit einem Smiley gekennzeichnet.

Und noch ein Hinweis:

Geschlechtsspezifische Ausdrucksformen werden im Allgemeinen hier im Maskulinum verwendet. Wir bitten darum, darin keine Frauen diskriminierende Absicht zu vermuten.

0 Einführung

Bereits der Kybernetiker William Ross Ashby¹ stellte fest, dass Schwierigkeiten bei der Steuerung komplexer Systeme immer dann mit hoher Wahrscheinlichkeit auftreten, wenn das lenkende System weniger vielfältige Verhaltensmöglichkeiten besitzt, als das zu lenkende. Basis der Vielfalt des Verhaltens eines Systems ist die **Komplexität**, auf die ich weiter unten noch näher eingehen möchte.



Um hier einen thematischen Einstieg zu finden, beziehen wir diese Gedanken zunächst auf die Feuerwehr-Dienstvorschrift 100 (FWDV-100)², die Ihnen vielleicht bekannt ist.

Dort heißt es:

*„2.2 Führungspersönlichkeit
Führung ist abhängig von der Persönlichkeit, dem Können und der **geistigen Kraft der Führenden**. ...*

Fähigkeiten der
Führungspersönlichkeit

2.3 Führungsverhalten

*Das Führungsverhalten wird durch das Verhalten der Führungskraft zu ihren zu Führenden beschrieben. Da das Führungsverhalten vorwiegend im zwischenmenschlichen Bereich stattfindet, hat jedes Verhalten - **auch das unbewusste** - Auswirkungen auf die zu Führenden.*

Einfluss unbewussten Verhaltens

2.3.1 Führungsstile

Die unterschiedlichen Möglichkeiten des Führungsverhaltens werden in den Führungsstilen zum Ausdruck gebracht. Führungsstile mit eindeutigen und unveränderlichen Merkmalen kommen in der praktischen Anwendung kaum vor. Die Vielfalt der Führungsstile lässt sich im Wesentlichen durch zwei entgegenstehende idealtypische Führungsstile begrenzen:

Autoritärer Führungsstil mit den Merkmalen:

- *schnelle Entscheidungen und Maßnahmen notwendig;*
- *unterordnen unter den Willen der Vorgesetzten;*
- *ausgeprägte Amtsautorität;*
- *geringer Ermessensspielraum bei der Umsetzung von Befehlen;*
- *engmaschige Kontrolle der Auftrags erledigung.*

¹ Ashby, W. R.; Einführung in die Kybernetik; 1. Auflage, Suhrkamp Taschenbuch-Verlag

² FwDV 100 Feuerwehr-Dienstvorschrift 100 Führung und Leitung im Einsatz – Führungssystem, Ausgabe: März 1999, Bundesministerium des Inneren

Kooperativer Führungsstil mit den Merkmalen:

- *heranziehen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und Fachleuten zur Beratung und Beteiligung an Entscheidungen;*
- *delegieren von Verantwortung und Aufgabenerledigung mit eigener Handlungsfreiheit;*
- *informieren über Lage und Absicht der Führenden;*
- *beteiligen an der Entscheidungsfindung und am Ergebnis der Maßnahmen.*

*Die Führungskraft soll zur Vertrauensbildung und Motivation der Geführten **überwiegend kooperativ** führen. Die Einsatzkräfte sollen deshalb auch im Einsatz - wenn immer möglich - an der Entscheidungsfindung beteiligt werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass beispielsweise bei akut auftretenden Gefahrensituationen die Führungskraft in Form eines schnellen Entschlusses und eines knappen Befehls reagieren muss.*

Hierarchische Führungssysteme sind wenig komplex, sie funktionieren eher linear. Wirkungen aus einer hierarchischen Steuerung folgen jedoch schnell und effektiv. Ist **Dynamik** das die Komplexität der Gefahrensituation bestimmende Maß, ist hierarchisch-direktives Führen deshalb die richtige Wahl.

Bei Gefahrenlagen aber, die weniger durch die Zeit als vielmehr durch die Art- und Besonderheit der Geschehnisse komplex sind bzw. dies erst in ihrem Verlauf werden (Loveparade 2010³, Flughafenbrand Düsseldorf, viele der von Charles Perrows geschilderten Katastrophen⁴), beraubt sich ein Führungssystem, das weitestgehend autoritär-linear agiert hingegen weiter Teile der in den Persönlichkeiten der Führungs- und Einsatzkräfte, ihren persönlichen Vernetzungen, ihren unterschiedlichen Erfahrungen und ihrem unterschiedlichem Können liegenden Potentiale.

2.3.2 Auftragstaktik als Führungskonzeption

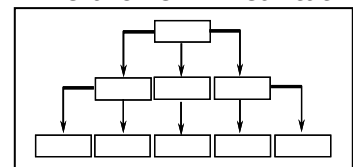
Auftragstaktik ist eine Führungskonzeption, die den Einsatzkräften möglichst viel Freiraum bei der Auftragserfüllung lässt. Bei der Führungskraft und bei den Einsatzkräften wird daher ein hohes Maß an fachlichen Fähigkeiten und verantwortungsbewusster Selbständigkeit vorausgesetzt.

Auftragstaktik erfordert gleichzeitig aber auch, dass die Einsatzkräfte ihrer Informationspflicht gegenüber den Führenden nachkommen. Der Auftrag kann sich bei Anwendung der Auftragstaktik auf eine eindeutige Formulierung des Ziels

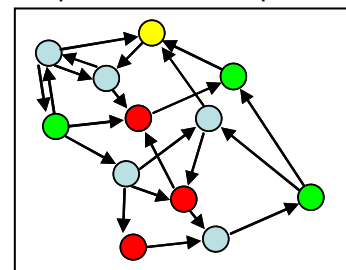
Grundsatz:
Kooperativ - Komplex

Wenn erforderlich:
Autoritär - Linear

Hierarchie - Linearität



Kooperation - Komplexität



Der Komplexität der Situation durch Redundanz und Feed-Back begegnen.

³ Blätte, H.J.; Mamrot, D.; Loveparade Duisburg 2010, Vorschlag zu einer neuen Planungsmethode für Veranstaltungen mit Katastrophenpotential, vfdb-Zeitschrift 4/2010; S. 193ff

⁴ Perrows, Ch.; Normale Katastrophen; Campus-Verlag; 1989

beschränken, wobei er verschiedene Wege zum Erreichen dieses Ziels offen lässt. Bei der Auftragsdurchführung besteht eine möglichst große Handlungsfreiheit und somit für die Einsatzkräfte auch die Möglichkeit, auf neue Erkenntnisse oder Ereignisse selbständig, schnell und flexibel zu reagieren.

Entscheidend ist das Erreichen des vorgegebenen Ziels.“

Von Ihnen wird, bei der Feuerwehr und auch anderswo, in Zukunft also erwartet, dass Sie kooperativ führen können und die mögliche Komplexität ihrer Organisation bestmöglich zum Erreichen des Zieles nutzen.

Erwartungen an Sie

Dazu sind Fähigkeiten erforderlich, die Sie mit einem technischen Verständnis von Prozessen und aufbauend auf einer formalen Logik alleine nicht erreichen werden.

Deshalb lade ich Sie herzlich ein, ergänzend eine Sichtweise, Denkweise und praktische Methode kennen zu lernen, die Ihre Fähigkeiten zur Analyse komplexer Fragestellungen und Aufgaben fördern kann, die Menschen zusammenführt auch wenn diese unterschiedliche Interessen haben und die Ihnen helfen kann, ihre Systeme fehlertolerant, also resilient auszurichten. Im Beruf, wie auch im privaten Bereich.

Resilienz

Eine Frage vorab, deren Antwort Sie bitte für später notieren:

Welches ist das System auf dieser Erde, das Ihnen gegenüber Störungen am tolerantesten erscheint?

?

1. Sensitivitätsanalyse als eine „Sprache der Systemics“

Vielleicht erstaunt es Sie, dass ich hier mit „Sprache“ beginne (das würde mich freuen) ☺.

Mit „Systemics“ (siehe Überschrift) wird einem Vorschlag des Physikers und Philosophen Heinz von Foerster folgend eine wissenschaftliche Sichtweise bezeichnet, die weniger vom Prozess des Zergliederns in immer feinere Betrachtungsgegenstände ausgeht, sondern das Augenmerk mehr auf die Verbindungen zwischen den Betrachtungsgegenständen richtet. Näheres dazu siehe Fussnote ⁵.

⁵ Foerster, H.v.; Pörksen, B.; Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners; Carl-Auer-Verlag; 10. Auflage, 2013, S. 150: „Ich möchte vorschlagen, zwischen science und systemics zu differenzieren. Das sind zwei Weisen zu denken, zwei Formen der Wahrnehmung, zwei Denkstile. Die indoeuropäischen Wurzel von „scientia“ ist „ski“, sie weist auf Bedeutungen hin wie: trennen, separieren, unterscheiden. Das ist die westliche Tradition des Denkens, die auf dem Reduktionismus und dem Glauben an die Kausalität basiert: Man entwirft Taxonomien, zergliedert ein Problem so lange, bis es behandelbar erscheint, unterscheidet die Wirkung von der Ursache und hofft, die Regeln der Transformation zu finden, die die Wirkung zu einer Ursache werden lässt. Den anderen Weg, Wissen zu schaffen, nenne ich „systemics“. Wer ihm folgt, der trennt und separiert nicht, sondern versucht, zu verbinden, zu vereinen und zu vergleichen. Es ist ein Denken, dem es um Bezüge geht, um Bezüglichkeit, sogar um die logisch hochgefährliche Selbstbezüglichkeit. Die beiden

Wozu dient eine Sprache?

1. Begriffe zu bilden, um ein inneres Abbild einer äußeren Realität zu erzeugen (Bilden mentaler Modelle).
2. Mit ihrer Hilfe über Fragen und Lösungen nachdenken zu können (Logik).
3. Sich untereinander zu verstehen, abzustimmen und mit anderen in Resonanz treten zu können (Kommunikation).
4. Informationen zu speichern, also zum Aufbau und Abruf von Gedächtnisinhalten.
5. Unterbewusstes (siehe oben zur FWDV-100) nach außen zu transportieren.⁶

Funktion von Sprache

Der Biologe, Anthropologe und Psychologe Gregory Bateson stellte dazu fest, dass ein Großteil unseres Denkens im „Sinne der Sprachlogik“ strukturiert sei, heisst: Die (hier: deutsche) Sprache beeinflusst das Denken. Zunächst ist dabei nicht so sehr an die fachbezogenen Sprachen gedacht (die das aber auch ausgeprägt machen), sondern an unsere Umgangssprache⁷

Bewusstes Denken und Sprache

Unsere westlichen Sprachen sind sehr am Substantiv orientiert. Wir einigen uns darauf, als was ein Ding, welches „so wie es ist“ vor uns steht, zu benennen ist und ordnen es Kategorien zu: ein Stuhl ist ein Möbel, eine Tasse gehört zur Gruppe „Geschirr“, ein Eimer eventuell zur Kategorie „Hilfsmittel beim Fensterputzen“. Beim Wort „Schlauch“ denken Sie als Studenten der Sicherheitstechnik wahrscheinlich an etwas anderes als eine Krankenschwester oder ein Reifenhersteller. Also: Sprache formt das Denken.

Versachlichung der Sprache

Ein Kind denkt und äußert sich oftmals noch fern dieser klassifizierenden Logik eher funktionsorientiert: „Ein Stuhl ist etwas, auf das ich mich setzen kann.“

Was unterscheidet die Sprach- und Denkweise voneinander, was sieht das Kind, auf das Erwachsene weniger fokussieren?

Denken Sie bitte darüber einen Moment nach.

?

Wege, die beiden Denkstile, science und systemics können komplementär verwendet werden. Ein guter Wissenschaftler, der zu unterscheiden versteht, wird sich immer fragen: Was habe ich durchschnitten, was habe ich getrennt?

⁶ Letzteres ist ein hochinteressanter Aspekt, führt uns hier jedoch zu weit vom Thema fort. Für einen thematischen Einstieg, was Sprache so alles Unbewusstes transportiert, empfehle ich im Internet nach Friedemann Schulz von Thun und dem „Vier-Seiten-Modell“ zu suchen.

⁷ Bateson, Gregory; Ökologie des Geistes, Suhrkamp; 1. Auflage, 1985, S. 196

Das Kind sieht Zusammenhänge, die Erwachsene nach der Klassifizierung oft nicht mehr in den Vordergrund ihrer Betrachtung rücken. Es betrachtet den Stuhl in der Beziehung zu sich selbst und erschließt so seine eigene Welt, bis wir ihm beibringen, dass der Stuhl ein Möbelstück ist.

Wir reden lieber von den „Dingen“.

Noch einmal sinngemäß Gregory Bateson dazu: „Da Zusammenhänge das Wesentliche in der Welt des Lebendigen sind, wäre es das Beste, zu ihrer Beschreibung eine Sprache von Zusammenhängen zu verwenden.“⁸ Bateson schlug vor, für diese Sprache verstärkt Metaphern zu verwenden (und praktizierte das selbst zur Erbauung seiner Studenten sehr ausgeprägt ☺).⁹

„Sprache von Zusammenhängen“

Nun ist die Möglichkeit sich in Metaphern auszudrücken Tänzern, Musikern, Poeten, Philosophen, Politikern und Theologen meist eher gegeben, als Verwaltungsfachleuten, Ingenieuren und Steuerberatern.

Personen mit technischer Ausprägung ist es häufig zudem suspekt, sich mit den Sprachgebilden der Geisteswissenschaft einzulassen. Was anders herum übrigens ebenso gilt.

Deshalb möchte ich Ihnen hier eine „Sprache“ der Systemics vorstellen, die den Fokus auf die Beziehungen zwischen den „Dingen“ richtet (ohne diese aus den Augen zu verlieren) und gleichzeitig das babylonische Sprachgewirr zwischen Menschen unterschiedlicher Profession vermeidet (was ein wesentlicher Aspekt ist, auf den ich weiter unten noch einmal eingehen werde).

Sie heißt ganz unpoetisch:

„Sensitivitätsanalyse Prof. Vester“.

Gerne möchte ich Ihnen hier im Folgenden darstellen, dass sich mit Anwendung dieser Sprache der Systemics unter anderem folgende Punkte erreichen lassen (vgl. dazu oben die Punkte 1-5):

⁸ Capra, Fridjof; Das neue Denken; Scherz-Verlag; 1. Auflage 1987; S. 85

⁹ „Die Moldau“ von Smetana ist eine musikalische Metapher für die Harmonie und Kraft des strömenden Flusses. Ist diese erkennbare Verbindung zwischen Musik und Natur irgendwie nutzbar? Was meinen Sie? Warum kann uns das eine wie das andere im Tiefsten berühren? Und was ist die Grundlage dieser Verbindung? Resonanz? Wie entsteht sie? Und wie ist diese Grundlage der Resonanz nun wiederum auf Ihre Arbeit gewinnbringend anzuwenden? Ob als Koch, Architekt, Maschinenbauingenieur, Student oder Psychologe.

1. Entwicklung konsensualer mentaler Modelle (Mentale Modelle als „unsere persönliche Sicht der Wirklichkeit“, konsensual = Mentale Modelle in übereinstimmender Auffassung der diese gemeinsam entwickelnden Personen).
2. Analyse hochgradig vernetzter Systeme auch im Hinblick auf ihre Widerstandsfähigkeit und vorhandener Selbstheilungskräfte (Resilienz) aber auch bzgl. drohender Gefahren (Vulnerabilität).
3. Kooperatives Arbeiten auch bei divergierenden Interessenlagen der an der Anwendung Beteiligten (die Sensitivitätsanalyse ist auch als Mediationsverfahren einsetzbar).
4. Informationsspeicher und dauerhafte Unterstützung für erfolgreiches Changemanagement und
5. Förderung kreativer Lösungsansätze¹⁰ für konkrete Detailfragen und Steuerungsansätze.

Ihre wiederholte Anwendung führt insgesamt zur Verbesserung der Fähigkeit des Denkens in vielfachen Abhängigkeiten (Vernetztes Denken).

2. Bezug zu Resilienz und Vulnerabilität

Frederic Vester, zu dessen Person weiter unten einige Ausführungen folgen, äußerte sich etwa wie folgt¹¹:

„Ziel der Anwendung des Verfahrens auf komplexe Systeme ist es letztlich, diese mittels kybernetisch intelligenter Einflussnahme derart anpassen zu können, dass sie der Zukunft geneigt sind.“

Womit die Anknüpfung an die Vorlesungsreihe gegeben ist: Denn ein System „der Zukunft geneigt“ auszurichten heißt nichts anderes, als Resilienz zu stärken und Vulnerabilität zu mindern.

Das Ziel kybernetisch intelligenter Einflussnahme Hohe Resilienz und geringe Vulnerabilität des Systems.
--

¹⁰ Kreativ ist der, der etwas denkt, was er vorher noch nicht wusste.

¹¹ Frederic Vester in einer persönlichen Mitteilung im Jahr 1994

3. Wirkung eines vernetzten Denkens

Mark Twain zeigt uns in seiner Geschichte des „Tom Sawyer und Huckleberry Finn“, wie ungewöhnliche Sicht- und Denkweisen Wirklichkeiten verändern können.

Erzählen wir zunächst eine eigene Version einer Ihnen vielleicht bekannten Episode. Bitte beachten Sie die Randbemerkungen, die bereits kybernetische Aussagen beinhalten.



Tante Jolly verlangt von Tom, den Gartenzaun zu streichen. Es ist heiß und Tom hat so gar keine Lust. Er streicht dennoch; gezwungenermaßen, mühsam und unordentlich. Er flucht, schwitzt und ärgert sich.

Jim kommt vorbei und Tom versucht ihn für den Lohn einer Glaskugel dazu zu bewegen, an seiner Stelle zu arbeiten, was Jim allerdings ablehnt und verschwindet.

Tom's Freund Ben kommt hinzu, setzt sich auf eine Mauer, isst einen Apfel und beginnt Tom zu ärgern. „Och, der arme Tom, kann gar nicht mit zum Schwimmen kommen. Arbeiten ist ja auch viel schöner! Hihhi ... “

Toms Laune sinkt auf den Nullpunkt, was sich auf die Arbeitsergebnisse ebenso auswirkt wie auf das Verhältnis zu seinem „Freund“.

Ein Wort gibt das andere, schließlich platzt Tom der Kragen und er verprügelt den Spötter. Ein Farbeimer fällt um. Tante Jolly hört das Geschrei und stürzt auf die Straße, tritt in die Farbe, fasst Tom an den Haaren und schleift ihn unter lautem Geschrei ins Haus.

Das Ergebnis: Der Zaun ist nicht gestrichen, die Farbe vergeudet, Tante Jolly ist wütend, ihre Schuhe sind verdorben, Tom bekommt Hausarrest, Ben hat Schmerzen und alle sind fürchterlich wütend und zerstritten.

Störgröße
Einfluss von außen

Scheitern einer
linearen Einfluss-
nahme

Destabilisierung
des labilen Systems

Eskalationsprozess

Systemversagen;
Folge- oder
Kollateralschäden

→ Ziel verfehlt
Alle verlieren.

Nun Mark Twains bekannte Version. Angewendet wird eine der von Frederic Vester dargestellten „Biokybernetischen Grundregeln“ (siehe unten), das so genannte Jiu-Jitsu-Prinzip. Es beschreibt die Umwandlung vorhandener Kräfte zum eigenen, wie hier manchmal auch zum Nutzen aller Beteiligten.

Jiu-Jitsu-Prinzip

Tom streicht zunächst lustlos wie oben beschrieben. Jim kommt vorbei und verschwindet - nach dem nicht erfolgreichen Versuch Toms, ihn für das Arbeiten zu gewinnen - wieder. Tom denkt nach.

Scheitern einer linearen Einflussnahme

Als kurz darauf Ben am Ort des Geschehens eintrifft, täuscht Tom rasch vergnügliche, konzentrierte Akribie vor. Bens süffisante Sticheleien hört er scheinbar gar nicht. Er scheint so fasziniert von der Arbeit, dass Ben neugierig wird.

Beginn der Umkehr der einwirkenden Kraft

Das Verlangen, es Tom nachzutun wächst nach und nach bei Ben. Nach langem, vorgetäuschem Zögern und dem Hinweis, dass es eine besonders anspruchsvolle Arbeit sei, die er eigentlich nicht in fremde Hände geben dürfe, gibt Tom Bens Wunsch „nach“ und lässt ihn den Zaun streichen, verlangt jedoch dafür einen angemessenen Obolus in Form eines Apfels, den er auch erhält.

Kreisprozess wachsender Begehrlichkeiten

Nach und nach treffen weitere Freunde ein, erleben denselben Prozess, entrichten ihre Beiträge und „dürfen“ nun ebenfalls mit am Zaun arbeiten.

Vervielfältigung des Kreisprozesses

Das Ergebnis: Tom sitzt auf der Mauer, ist „reich“ und isst seinen Apfel, seine Freunde streichen den Zaun mit viel Freude daran und Tante Jolly ist anschließend glücklich über den mehrfach überstrichenen Zaun. Keine Farbe wurde verschüttet, kein Auge ist blau, die Schuhe von Tante Jolly sind nach wie vor in Ordnung.

Ziel erreicht →
Multi-Win-Situation

Eine „Multi-Win-Situation“, jeder profitiert (vielleicht mit Ausnahme des Eisverkäufers am Badestrand).

Was ist gleich, was unterscheidet die beiden Szenarien?
Bitte denken Sie kurz nach und notieren Sie Ihre Antworten.

?

Vielleicht antworten Sie in folgender Weise oder ähnlich?

Worin entsprechen sich die Szenarien? Die materiellen Randbedingungen sind unverändert: Die Sonne brennt in beiden Fällen gleich stark, die anstehende Arbeit ist dieselbe, der Apfel ist und bleibt lecker und der Zaun in beiden Fällen anfangs ungestrichen.

Es entsteht jedoch, bewirkt durch informatorische Anreize, eine veränderte Weltsicht bei nahezu allen Beteiligten. In der Managementlehre nennt sich das, was Tom getan hat, „Kontextsteuerung“.

Kontextsteuerung

Er wirkt indirekt, sozusagen „um die Ecke“. Er aktiviert einen Kreisprozess wachsender Begehrlichkeiten, der latent immer vorhanden ist und dessen Aktivierung insbesondere unsere Wirtschaftsfachleute in Zeiten des Wirtschaftswachstums und zum Erreichen desselben gut beherrschen.

Was wäre dem gegenüber eine direkte Intervention mittels eines eher technischen Ansatzes gewesen? Denken Sie bitte darüber nach.

?

Vielleicht: Einen Sichtschutz aufzustellen, so dass die Freunde Tom nicht hätten sehen können? Hätte das so wirksam geholfen wie vorgenannte Kontextsteuerung? Wohl kaum, denn dann wäre die Arbeit dennoch bei Tom verblieben, der Zaun wäre eher fleckig, Tante Jolly unzufrieden und die Freunde hätten „nur“ einen ganz normalen Badetag erlebt.

Technisch direkte Intervention

Vielleicht wäre es heutzutage eine Lösung, ein Air-Brush-System bereitzustellen, mit dem Tom einfacher arbeiten könnte und das gleichzeitig die anderen Jungs technisch interessiert? Ein erster guter, wenn auch gegenüber Toms Lösung erheblich aufwändigerer Ansatz.

Technisch angeregte Kontextsteuerung

Das Entwickeln kreativer Ansätze, das „um die Ecke denken“, das planmäßige in Anspruchnehmen von Kreisprozessen, das Wissen um Erfolg versprechende „Angriffspunkte“, das Wissen um Risiken unserer Einflussnahmen aber auch unseres untätig Bleibens, all das kann trainiert werden und ist eine gute Voraussetzung, um unsere Systeme gezielt fehlertolerant auszurichten und unsere Ziele zu erreichen.

4. Biokybernetische Grundregeln

Welche Antwort haben Sie auf die Frage nach dem fehler-tolerantesten System gegeben? Die Natur? Das kann ich unterstützen. Windows ? Eher nicht ☺.

?

Sie haben soeben eine der biokybernetischen Grundregeln kennen gelernt. Das Jiu-Jitsu-Prinzip. Eine Grundregel von mehreren, die Frederic Vester herausgearbeitet und zusammengestellt hat. Auch auf Ihnen gründet das Verfahren der Sensitivitätsanalyse. Hier zunächst einiges zur Person von Frederic Vester und den Hintergründen seiner Arbeit.

Biokybernetik

Frederic Vester ist 2003 im Alter von 78 Jahren gestorben. Er war zunächst Biochemiker und als solcher im Bereich der Krebsforschung tätig¹², später Professor für Interdependenz an der Hochschule der Bundeswehr in München. Er war technikbegeisterter Autor von Sachbüchern über Verkehr, Stress, Lernen, Kernenergie, und vieles mehr. Zudem Umweltexperte und Fernsehmoderator. Vester wurde 1993 in den „Club of Rome“ aufgenommen und vielfach für seine Arbeiten im Umweltbereich ausgezeichnet. Ich durfte ihn persönlich kennen lernen und verdanke ihm viel. Gemeinsam führten wir einen Workshop zur Untersuchung der Zukunft des bundesdeutschen Brandschutzes¹³ durch und er unterstützte auch meine Arbeit zur Komplexität des Verlaufs von Bränden in Bauwerken¹⁴.



Frederic Vester

Kernpunkte aus dem biokybernetischem Paradigma des Vester'schen Denkens waren unter anderem:

- Die Natur ist die älteste Organisationsform der Erde und noch nie „pleite gegangen“. Dafür muss es Gründe geben, die sich vielleicht auf menschliche Organisationen übertragen lassen.
- Die Natur ist verschwenderisch mit Varianten und sparsam mit Prinzipien.

Vester fragte, anders als die Bioniker es zu seiner Zeit taten, nicht nach den Ausformungen in der Natur, die unmittelbar und sehr konkret Übertragungen in die Technik erlauben (wie beispielsweise der Lotusblüteneffekt Einfluss auf die Nano-Technologie hatte oder die Struktur der Haifischhaut in Folien geprägt die Reibungswiderstände von Flugzeugen senken soll), er fragte vielmehr nach den kybernetischen Grund-



¹² Vester, F, Henschel, G.; Krebs – Fehlgesteuertes Leben, dtv, 5. Auflage, 1991

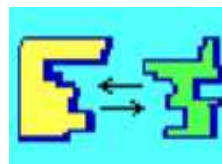
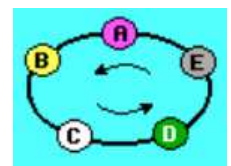
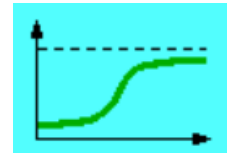
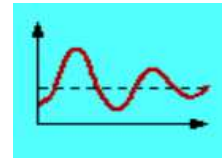
¹³ <http://www.hebewerk.net/seite%2010.htm> und <http://www.frederic-vester.de/eng/sensitivity-model/projects/>

¹⁴ Mamrot, D.; Zur Komplexität des Verlaufs von Bränden in Bauwerken – Sensitivitätsanalyse, Dissertation Bergische Universität/GH Wuppertal, 1998 und <http://www.frederic-vester.de/eng/sensitivity-model/projects/>

prinzipien, die die Natur realisiert; er fragte nach den Grundprinzipien der Biokybernetik und fand acht Regeln.

Grundregeln der Biokybernetik:

1. Dominanz negativer Rückkopplungen über positive.
2. Unabhängigkeit der Systemfunktion vom quantitativen Wachstum.
3. Ausrichtung an der Funktion und nicht am Produkt.
4. Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip (statt sie zu bekämpfen).
5. Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationen (Synergie).
6. Verwertung von Abfällen einer Prozessstufe für ankoppelbare Prozesse (auch anderer Systeme).
7. Symbiotische Nutzung von Verschiedenartigkeit durch Kopplung und Austausch.
8. Nutzung von Feedback-Mechanismen zur Ausbildung eines biologischen Designs von Produkten, Verfahren und Organisationsformen.



Hypothese: Systeme, die diese Regeln beherzigen, sind hochgradig resilient, wie es die Natur zeigt.

Tja, das ist erklärungsbedürftig, nicht wahr? Um das zu versuchen, bedarf es einiger weiterer Erläuterungen und dann werden wir auf die gezeigten Regeln zurückkommen.

5. Wirkungsgefüge – Grundmodell der Systemics

Bitte überlegen Sie die folgende Frage kurz:

?

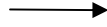
Wie könnte ein allgemeines Modell für die grafische Darstellung von „Systemen“ aussehen und welche Bestandteile sollte es beinhalten?

Wir gehen von folgendem Grundmodell aus und nennen es ein „Wirkungsgefüge“:

Knotenpunkte



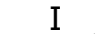
Latente Wirkungspfade



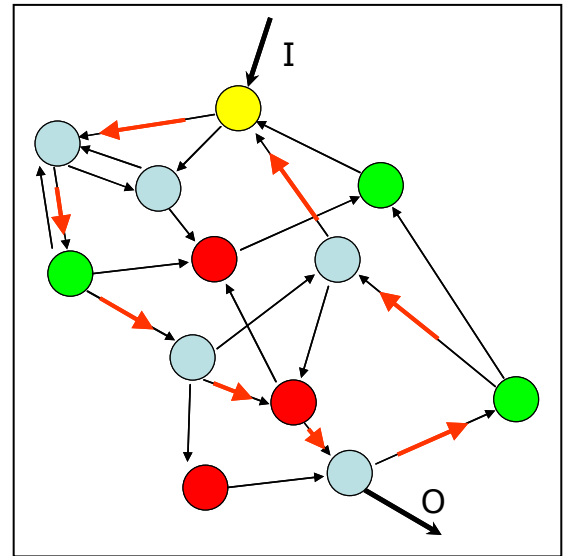
Vorhandene Wirkungen



Inputwirkungen



Outputwirkungen



Zur Verdeutlichung:

Übertragen wir diese Anschauung beispielsweise auf den Zugverkehr, so ergeben sich folgende Zuordnungen:

- Elemente = Bahnhöfe (Hagen, Köln, ...)
- Wirkungspfade = Schienennetz
- Wirkungen = Züge
- Inputwirkung = Einsteiger
- Outputwirkung = Aussteiger

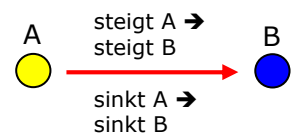


Wichtige Vereinbarung zum Terminus der „Wirkung“:

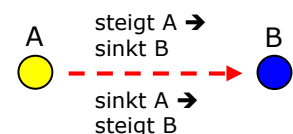


Werden die Wirkungen und Wirkungspfade im Folgenden mit

durchgezogenen Linien dargestellt, dann bewirkt eine Steigerung der Ausgangsgröße eine Steigerung der Zielgröße und ein Absinken der Ausgangsgröße ein Absinken der Zielgröße,



mit gestrichelten Linien dargestellt, dann bewirkt eine Steigerung der Ausgangsgröße ein Absinken der Zielgröße und ein Absinken der Ausgangsgröße eine Steigerung der Zielgröße.



Diese Festlegung ist neben anderen bei der Definition von Variablen einzuhalten!

Übertragen wir dieses Prinzip auf eher virtuelle Systeme unserer Vorstellung, wie beispielsweise der Annahme über Elemente und Zusammenhänge einer Lehrer-Schüler-Beziehung, so können folgende Zuordnungen gefunden werden:

- Elemente
1. Motivation Lehrer
 2. Lernerfolg Schüler
 3. Motivation Schüler

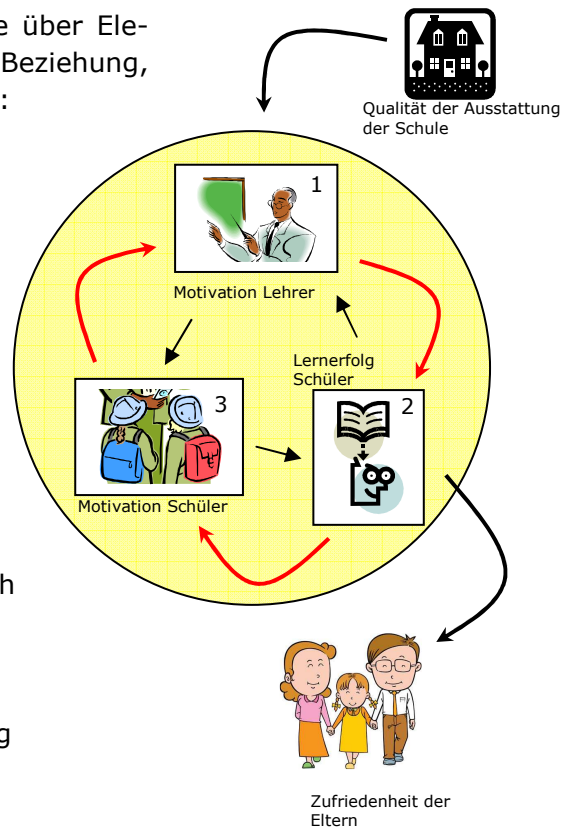
(Latente) Wirkungspfade= $1 \rightarrow 2, 1 \rightarrow 3$
 $2 \rightarrow 1, 2 \rightarrow 3$
 $3 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 2$

Wirkungen (hier) = $1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 1$

Beispiel: $1 \rightarrow 2$ bedeutet: Wird der Lehrer motiviert, verbessert sich der Lernerfolg der Schüler z.B. durch eine verbesserte Präsentation des Lehrinhalts. Und umgekehrt.

Inputwirkungen = Qualität der Ausstattung der Schule $\rightarrow 1$

Outputwirkungen = $2 \rightarrow$ Zufriedenheit der Eltern



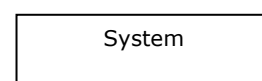
Bitte berücksichtigen Sie, dass dieses Beispiel lediglich die Bestandteilen eines Systemmodells verdeutlichen soll, eine abgesicherte relevante Aussage zum Inhalt des gewählten Beispiels ist jedoch hier und auch bei anderen Beispielen weiter unten zunächst nicht beabsichtigt.



Natürlich ließen sich auch weitere Wirkungspfade mit anzunehmenden Wirkungen füllen, natürlich gibt es weitere Variable und weitere Input- und Outputwirkungen.

So wirkt die hier als externe Größe angenommene „Zufriedenheit der Eltern“ auch auf die „Motivation der Schüler“ und müsste so aufgrund der anzunehmenden engen Wechselwirkung eventuell sogar als eine dem System zugehörige Variable betrachtet werden (was zur Frage der Systemabgrenzung führt, die weiter unten beantwortet wird).

Sie merken, ich schreibe auch hier von einem „System“, obgleich der Betrachtungsgegenstand, im Gegensatz zum Beispiel der Bahn, doch eher virtueller, also nicht gegenständlicher Natur ist.



6. Prinzip der Rückkopplung

Das im Folgenden dargestellte Prinzip der Zirkularität wurde unter anderem Heinz von Foerster als fundamentales Prinzip der Natur bewertet¹⁵.

Fundamentales Prinzip der Natur

1) Bitte gehen Sie folgender Frage nach: Was passiert in dem oben benanntem Beispiel einer Lehrer-Schüler-Interaktion, wenn die „Motivation Lehrer“ (aus welchen Gründen auch immer) steigt?

?

„Motivation Lehrer“ steigt → „Lernerfolg Schüler“ steigt → „Motivation Schüler“ steigt → „Motivation Lehrer“ steigt.

2) Was passiert wenn die „Motivation Schüler“ sinkt?

„Motivation Schüler“ sinkt → „Motivation Lehrer sinkt“ → „Lernerfolg Schüler“ sinkt → „Motivation Schüler“ sinkt.

?

Die Vernetzung der Variablen führt zu Kreisprozessen. Die als Beginn des Prozesses angenommene Wirkung wird zurückgeleitet zum Punkt ihrer angenommenen Entstehung. Im ersten Fall eskaliert die Entwicklung in Richtung einer Verbesserung aller dreier Variablen, im zweiten Fall in die Richtung einer Verschlechterung aller dreier Größen.

!

Kreisprozess

Bitte beantworten Sie die Frage, ob es für das Verhalten eines solchen Kreisprozess letztlich maßgebend ist, an welcher Stelle des Kreises ein sich fortpflanzender Impuls entstanden ist? Was ist hier Ursache, was ist Wirkung?

?

Ursache und Wirkung

Wenn Sie zu dem Schluss gelangt sind, dass der Impuls an jeder Variablen eintreten kann, so liegen Sie völlig richtig.

!

Oft bleibt dieser Sachverhalt, sogar trotz guter Analyse der sonstigen Gegebenheiten, unerkant (siehe Fußnote).¹⁶

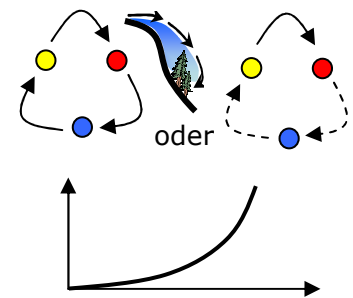
Mittels der Darstellung eines Wirkungsgefüges lassen sich grafisch rasch zwei verschiedene Arten von Kreisprozessen unterscheiden (hier der Einfachheit halber nur an drei Variablen verdeutlicht).

¹⁵ Foerster, H.v.; Pörksen, B.; Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners; Carl-Auer-Verlag; 10. Auflage, 2013, S. 105ff

¹⁶ Wie reduziert auch Fachleute oft denken, sehen sie hier: „Ein wesentliches Element für das Versagen komplexer Systeme lässt sich in jeder Kantine studieren, man muss sie lediglich mit einer randvollen Tasse Kaffee und dem eisernen Vorsatz durchqueren, nichts zu verschütten. Wer dabei seinen Blick auf den Kaffeespiegel heftet, wird versucht sein, jedes Schwappen durch eine Gegenbewegung auszugleichen, und das geht bei vielen schief: Fällt die Gegenbewegung nur ein bisschen zu energisch aus, schwappt der Kaffee stärker, wird die Gegenbewegung heftiger, die Hand kommt ins Flattern, der Kaffee schwappt über. Fachlich ist das System Mensch/Kaffeetasse einer Selbsterregung durch positive Rückkopplung zum Opfer gefallen. Vordergründige Ursache kann eine winzige Störung gewesen sein, **der Hintergrund ist natürlich: Die Tasse war zu voll.**“ !!! Aus dem Programm der Bundesregierung zur Forschung für die zivile Sicherheit, BMBF, 2007, S. 35.

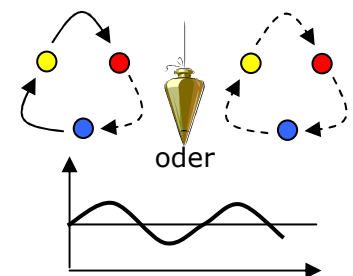
6.1 Positive Rückkopplung

Die positive Rückkopplung beinhaltet keine oder eine gerade Anzahl gestrichelter Linien. Als die ihre eskalierende Wirkung symbolisierendes Zeichen verwende ich die „Lawine“.¹⁷



6.2 Negative Rückkopplung

Die negative Rückkopplung beinhaltet eine ungerade Anzahl gestrichelter Linien. Als die ihre dämpfende Wirkung symbolisierendes Zeichen verwende ich das „Pendel“.



6.3. Rückkopplungen - Nutzen und Gefahr



Die positive Rückkopplung führt ungebremst für alle beteiligten Variablen zu einer exponentiellen Steigerung über alle Grenzen. Sie ist ein Motor im System.

Sie kann gefährlich für den Fortbestand des Systems werden, wenn sie nicht intern durch negative Rückkopplungen oder extern durch kontinuierliche steuernde Eingriffe kontrolliert wird.

Die negative Rückkopplung dämpft Entwicklungen und ist eine Bremse im System. Sie stabilisiert das System.

Gefährlich wird die negative Rückkopplung dann, wenn erwünschte Veränderungen an der Rückstellwirkung der negativen Rückkopplung scheitern bzw. durch den Zeitbedarf nicht schnell genug erkennbar sind und steuernde Einwirkungen von außen deshalb zunehmend verstärkt werden. Das kann dazu führen, dass die Systembremse versagt und die positiven Rückkopplungen ein das System gefährdenden Einfluß erlangen.

Siehe dazu auch Kap. 9.2.

	Nutzen	Gefahr
	Motor	Eska- lation
	Bremse	Über- steuern

¹⁷ Ein kleines Steinchen rollte munter, von einem hohen Berg herunter. Und als es durch den Schnee so rollte, ward es viel größer als es wollte. Da sprach der Stein mit stolzer Miene: "Jetzt bin ich eine Schneelawine." Er riss im Rollen noch ein Haus und sieben große Bäume aus. Dann rollte er ins Meer hinein und dort versank der kleine Stein. Joachim Ringelnatz, Der Stein ☺.

6.4 Analyse separierter Rückkopplungen

Was kann man bereits auf dieser Basis mit in der Realität erkannten, einzelnen, also nicht weiter vernetzten Rückkopplungen anfangen? Ein Beispiel:

Im Nachgang eines meiner Seminare zum „Vernetzten Denken“ befuhr ein bis dahin fachlich eher „skeptischer“ Seminar Teilnehmer (Student der Sicherheitstechnik) die Autobahn. Es war Winter, die linke Spur verschneite zunehmend, die rechte war relativ „freigefahren“. Da kam dem jungen Mann der Gedanke, dass (bei kontinuierlichem Schneefall):

1. die linke Spur mit zunehmender Schneehöhe auch zunehmend weniger befahren wird und daraus folgt, dass der Schnee dort liegen bleibt, was
2. dazu führt, dass dort weniger KFZ fahren, was dazu führt, dass die linke Spur ... siehe 1.

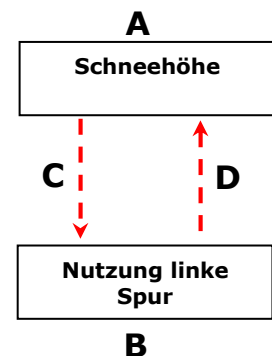


Sein erster, aufgrund erhöhter Sensibilisierung auf Zusammenhänge in seiner Wirklichkeit eigenständig erkannter Kreisprozess, der erklärt, warum die linke Spur zunehmend rasch nicht mehr genutzt wird.¹⁸

Eine neue Sicht auf die Wirklichkeit

Stellen wir den Prozess in einem Wirkungsgefüge dar, so ergeben sich hier vier Größen, über deren Beeinflussbarkeit wir nun, bspw. im Sinne einer Verkehrsflussoptimierung, separiert und dennoch im Zusammenhang, gewissermaßen auf einer ersten Metaebene, nachdenken können.

- A) Variable „Schneehöhe“
- B) Variable „Nutzung der linken Spur“
- C) Wirkung der Schneehöhe auf die Spurnutzung
- D) Wirkung der Spurnutzung auf die Schneehöhe



Zu A) Die „Schneehöhe“ wird steuerbar durch Tauanlagen (auf Brücken), durch den Räumdienst und nicht steuerbar durch den hier im Beispiel als kontinuierlich angenommenen Schneefall beeinflusst. Weitere sinnvolle Beeinflussungsmöglichkeiten fallen mir nicht ein. Ihnen vielleicht?

?

Zu B) Die „Nutzung der linken Spur“ könnte durch Verkehrsregelanlagen beeinflusst werden. Wo diese vorhanden sind, ist es also überlegenswert, bei beginnendem Schneefall die Nutzung beider Spuren zu „erzwingen“. Was meinen Sie dazu?

?

¹⁸ Sein bares Erstaunen über diese neue Fähigkeit freute mich sehr, zeigte sie doch, dass Seminarinhalte den Blick auf die Welt zu ändern vermögen ©.

Zu C) Die Wirkung der „Schneehöhe“ auf die „Nutzung der linken Spur“ könnte durch das verbesserte Können der Kraftfahrer (Training) aber auch durch die Fahrzeugtechnik (ASR, ABS, ESP) sowie den Zwang zur Winterbereifung positiv beeinflusst werden. Finden wir hier einen Ansatzhebel?

?

Zu D) Könnte die Wirkung der „Nutzung der linken Spur“ auf die „Schneehöhe“ (also die Intensität des „Freifahrens“) dadurch verbessert werden, dass der Anteil von Fahrzeugen mit breiter Bereifung (also der LKW-Anteil) auf der linken Spur gezielt erhöht wird? Beispielsweise durch explizite Erlaubnis für LKW bei Schneefall auf das Rechtsfahrgebot zu verzichten?

?

Wäre eine Kombination der Veränderung mehrerer Elemente zielführend (konzertierte Aktion)?

?

Konzertierte Aktion

An dieser Stelle kommt in Seminaren oft der Einwand, es kämen ja auch andere Faktoren, insbesondere die Unfallgefahr, ins Spiel. Das ist an dieser Stelle völlig berechtigt. Der hier aufgeführte Kreisprozess ist ja nur einer von vielen, die für eine ganzheitliche Betrachtung aneinander zu koppeln sind.

Wie diese Kopplung unterschiedlicher Kreisprozesse im Prinzip funktioniert, wird nun ansatzweise dargestellt.

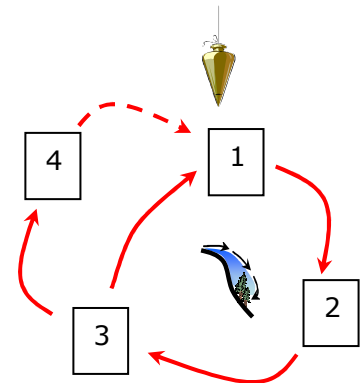
6.5 Interaktion von Rückkopplungen

Gehen wir zurück zum Beispiel der Lehrer-Schüler-Beziehung und fügen wir der positiven Rückkopplung eine negative hinzu.

Annahme: Sehr hoch motivierte Schüler führen dazu, dass im Unterricht viele Fragen gestellt werden und hohe Ansprüche an die Qualität und den Umfang des dargebotenen Lehrstoffs entstehen. Damit erhöht sich der Arbeitsaufwand des Lehrers. Definieren wir also eine vierte Variable „Arbeitsaufwand Lehrer“.

!

1. Motivation Lehrer
2. Lernerfolg Schüler
3. Motivation Schüler
4. Arbeitsaufwand Lehrer



Hier stellt die gestrichelte Linie die Annahme dar, dass der höhere Arbeitsaufwand demotivierend wirkt, aber geringerer Arbeitsaufwand die Motivation wieder steigert (bspw. durch nun besseren Freizeitausgleich).

Die Ihnen bereits bekannten positiven Rückkopplung

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$$

interagiert nun mit der negativen Rückkopplung

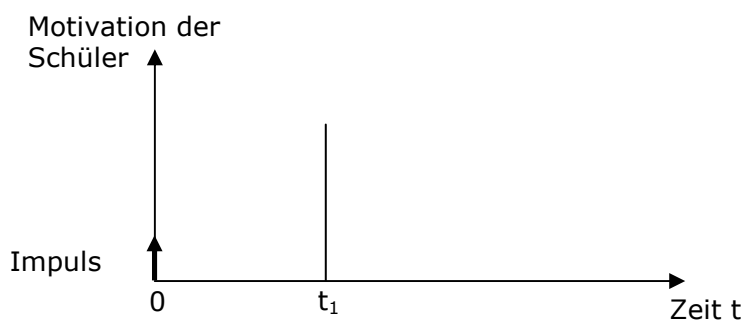
$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$$

(nur eine gestrichelte Linie = ungerade Anzahl = negative Rückkopplung (siehe oben)).

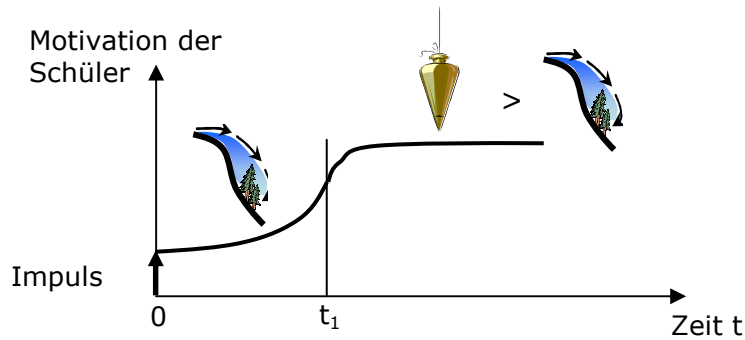
Was passiert generell, wenn sich die positive Rückkopplung zunächst entwickelt und dann verzögert an der Stelle $t = x$ Wochen zusätzlich die negative Rückkopplung dominant zum Tragen kommt?

Zeichnen Sie bitte eine Kurve, die ausgehend von „Motivation der Schüler = 0“ die Entwicklung der „Motivation der Schüler“ bei einem einmaligem positiven Impuls in der im Diagramm angegebenen Stärke auf diese Variable und bei zunächst alleiniger Wirkung der positiven Rückkopplung von $t = 0$ bis $t = t_1$ darstellt. Ergänzen Sie das Diagramm um einen möglichen Verlauf der Kurve ab $t = t_1$ bei dann erfolgreicher „Zuschaltung“ der negativen, dominanten Rückkopplung.

?



Die Lösung könnte in etwa wie unten dargestellt angegeben werden.



Michael Senge hat „Archetypen“ von Systemverhalten aufgestellt, von denen das hier gezeigte als „Grenzen des Wachstums“ benannt wird.¹⁹ (siehe auch Kap. 6.5, Back-Draft).

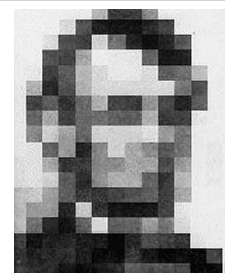
Wenn Sie nun meinen,

das sei doch für eine genaue Prognose des Systemverhaltens eine sehr vereinfachte Darstellung und man müsse zur Bestimmung des genauen Verlaufs der Kurve doch unter der Beachtung der wissenschaftlichen Kriterien von Objektivität, Reliabilität, Validität, Standardisierbarkeit und Unverfälschbarkeit genaue Werte ermitteln und diese dann mittels statistisch-mathematischer Verfahren, wissenschaftlich korrekt unter Anwendung weiterer Regeln für ein wissenschaftliches Arbeiten ...

Wissenschaftlichkeit

gebe ich Ihnen nachdrücklich Recht. Ja, das stimmt. Das wäre für eine wissenschaftlich haltbare, genaue Prognose alles erforderlich.

Mustererkennung



Dieses Muster wird besser erkennbar, wenn Sie durch die fast geschlossenen Augenlider blinzeln und eben nicht so „genau“ hinschauen.

Sie ahnen, es folgt ein „aber“. ☺ Aber: Die Qualität eines Modells bemisst sich im praktischen Leben, in dem Menschen interagieren, nicht an seiner **Korrektheit**, sondern an seiner **Nützlichkeit** im Hinblick auf die Erreichung von Zielen (vgl. Einleitung zur FWDV-100). Die Kenntnis über den „genauen“ Verlauf der Kurve ist dann eben nicht erforderlich, wenn es dem Lehrer hier eher daran gelegen ist überhaupt (wenn auch nicht im Detail) zu erkennen, welche Entwicklungen denkbar sind und welche Vorbeugemaßnahmen erforderlich sein könnten, also eher ein **Muster** zu erkennen als genaue Prognosen anzustellen. Zum Beispiel eben das Muster, dass die Steigerung der Lernleistung in seiner Klasse eventuell an Grenzen stößt, die bei ihm selbst liegen. Er könnte hier nun beispielsweise beschließen, kontinuierlich sehr bewusst seine Arbeitsbelastung zu kontrollieren.

¹⁹ Vgl. Senge, M.; Die fünfte Disziplin; S. 456

Für eine genaue und wissenschaftlich zu begründende Aussage könnten Sie jedoch Wirkungsgefüge gut als eine erste Arbeitshypothese sehen, die sich zunächst im Rahmen der Sensitivitätsanalyse, bei Bedarf aber auch mittels wissenschaftlich genauer Methoden, weiter verfeinern und ggf. absichern lässt.²⁰

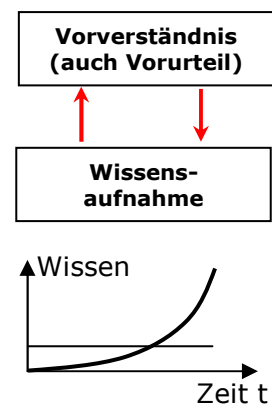
6.6 Bekannte Rückkopplungen

Um Ihnen zu verdeutlichen, wie Kreisprozesse in der Vergangenheit als „besondere Erkenntnisse“ gewertet wurden, möchte ich Ihnen einige dieser „sonderbaren Wesen“, auch aus dem nicht technischen Bereich, vorstellen.

Das Prinzip des hermeneutischen Zirkels

wurde von Friedrich Ast 1808 veröffentlicht: Beim Lernen bewirkt das Vorverständnis über einen Sachverhalt (und sei es ein Vorurteil), dass an diesem vorhandenen Wissen neue Zusammenhänge und Fakten gut angekoppelt werden können, was wiederum das (Vor-) Verständnis erhöht.

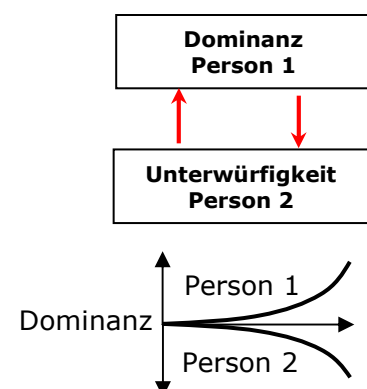
Heute weiß man, dass dieser Prozess des Lernens, wie bei einer positiven Rückkopplung zu erwarten, im Prinzip exponentiell verläuft, was sich aber erst nach einer Weile des oft quälend geringen Lernfortschritts bemerkbar macht²¹. Manche Kritiker behaupten, dieser Übergang ins exponentielle Geschehen begänne zum Zeitpunkt, da die Universitäten verlassen würden. ☺



Das Prinzip der komplementären Schismogenese²²

wurde von Gregory Bateson in den 1930er Jahren entwickelt.

Es besagt, dass es bei der Kommunikation zweier Menschen vorkommen kann, dass einer dominant, der andere eher unterwürfig ist und diese Eigenschaften sich jeweils durch die Wirkung der anderen exponentiell verfestigen und verschlimmern. Mit derartigen Erkenntnissen begann die systemische Psychologie.



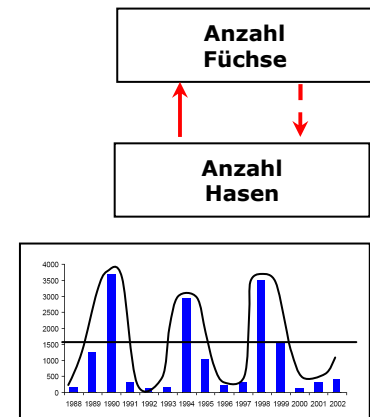
²⁰ Eine hinreichend ausführliche Darstellung der außerordentlich guten Nutzbarkeit der Sensitivitätsanalyse zur wissenschaftlichen Hypothesenbildung und zur Entwicklung und Begleitung von Forschungsdesigns bedarf eines gesonderten Rahmens und wird deshalb hier nicht vorgenommen.

²¹ siehe Vera F. Birkenbihl auf https://www.youtube.com/watch?v=5EF8K0_LnNw

²² Schisma = Spaltung, Genese = Entstehung

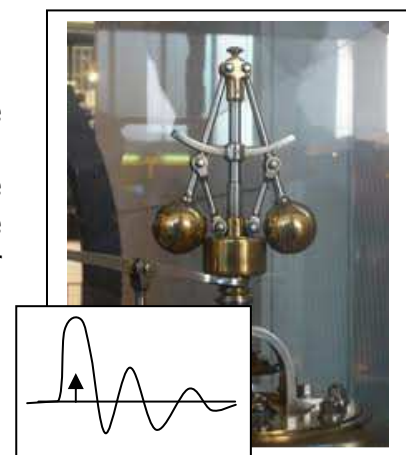
Das Räuber-Beute-System

Die Darstellung rechts ist (wie die anderen auch) sehr vereinfacht, reicht aber aus um zu erkennen, dass es sich um eine negative Rückkopplung handelt. Je mehr Füchse es gibt, umso weniger Hasen wird es geben, je weniger Hasen es gibt, umso weniger Füchse wird es geben, je weniger Füchse es gibt, umso mehr Hasen wird es geben, je mehr Hasen es gibt, umso mehr Füchse ... Diese negative Rückkopplung pendelt zyklisch um einen Mittelwert. Dass diese Zyklen in der Natur zu beobachten sind, belegt exemplarisch nebenstehende Grafik der Anzahl der Schneeeulen in NO-Grönland zwischen 1988 und 2002.



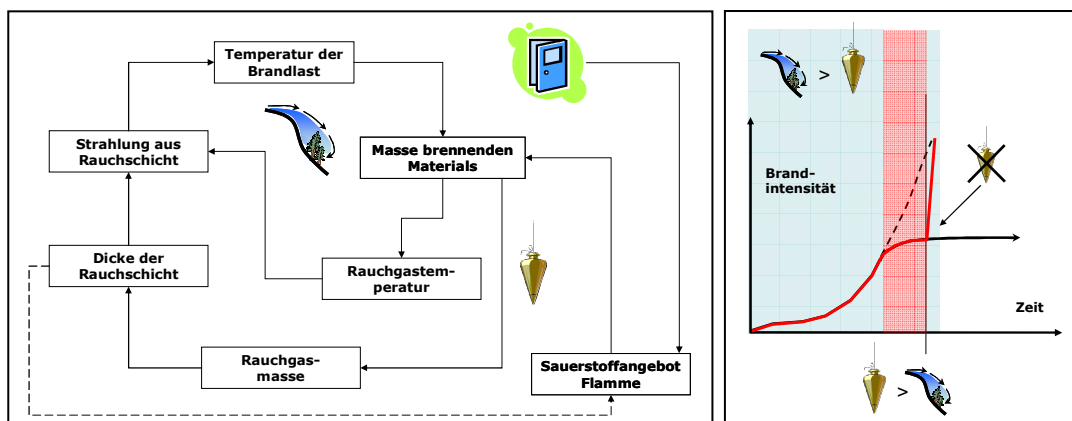
Der Fliehkraftregler

Zur Regelung des gleichmäßigen Laufs von Dampfmaschinen setzte James Watt den Fliehkraftregler ein. Je schneller die Maschine läuft, desto weiter entfernen sich die Gewichte von der Drehachse, desto weiter geschlossen wird eine Klappe, die die Dampfzufuhr sinkt, die Maschine läuft langsamer, die Gewichte nähern sich der Drehachse, die Klappe wird weiter geöffnet, die Dampfzufuhr steigt, die Maschine läuft schneller, ... Dies stellt eine negative (dämpfende) Rückkopplung dar, die sich auch nach Auslenkung auf einen Wert einpendelt.



Der Back-Draft

Im Falle des Back-Draft während eines Brandereignisses existieren u.a. zwei positive Rückkopplungen über die Rauchschichthöhe und die Rauchgastemperatur und eine verzögert wirksam werdende dämpfende Rückkopplung aus der Sauerstoffunterversorgung (Übergang in die ventilationsgesteuerte Phase). Vorausgesetzt wird geringes Abströmen von Rauch aus einem geringfügig geöffnetem Fenster. Wird die negative Rückkopplung aufgelöst (z.B. durch öffnen der Tür), ist diese „Bremse“ nicht mehr wirksam und es werden die positiven Rückkopplungen wieder aktiviert.



7. Erläuterung „Biokybernetische Grundregeln“

Zurück zu den Grundregeln der Biokybernetik (siehe oben).
Die Natur weist nach Vester folgende Eigenschaften auf:

1. Dominanz negativer Rückkopplungen über positive. → Die Bremsen müssen besser sein, als der Motor eines Systems.

Ungebremstes
Wachstum ver-
hindern

2. Unabhängigkeit der Systemfunktion vom quantitativen Wachstum. → Ist Wachstum zwingend erforderlich um ein System „lebendig“ zu halten, muss es früher oder später versagen, denn dauerhaftes Wachstum gibt es nicht.

Qualitativ statt
quantitativ
wachsen

3. Ausrichtung an der Funktion und nicht am Produkt. → Natürliche Systeme sind fehlertolerant, weil sie die Funktion aufrechterhalten können, auch wenn die Mittel dazu sich verändern. Der Heizungsbauer sollte vielleicht besser Räume warm halten, nicht ausschließlich Heizungen bauen. Werden keine Heizungen mehr benötigt, ist er ansonsten vielleicht arbeitslos.

Funktions-
orientierung

4. Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip (statt sie zu bekämpfen). → Siehe oben, die Geschichte von Tom Sawyer, ansonsten wie unten unter 5. und 6.

Vorhandene
Kräfte nutzen

5. Mehrfachnutzung von Produkten, Funktionen und Organisationen (Synergie). → Die limitierte Ressource „Energie“ „zwingt“ natürliche Prozesse zur Optimierung durch parallele Resonanz-Prozesse.

Resonanz-
Prozesse nutzen

6. Verwertung von Abfällen einer Prozessstufe für ankopelbare Prozesse (auch anderer Systeme). → Siehe 5., hier als Kaskaden-Prozesse.

Kaskaden-
Prozesse nutzen

7. Symbiotische Nutzung von Verschiedenartigkeit durch Kopplung und Austausch. → $1 + 1 \gg 2$ (Prinzip der Emergenz)

Emergenz
nutzen

8. Nutzung von Feedback-Mechanismen zur Ausbildung eines biologischen Designs von Produkten, Verfahren und Organisationsformen. → Die Rückwirkungen sind es, die die Natur harmonisieren, also Resonanz in die Systeme bringen. Der Mensch ist Teil der Natur und fühlt sich besonders wohl, wenn er und seine Wirklichkeit in Resonanz sind.

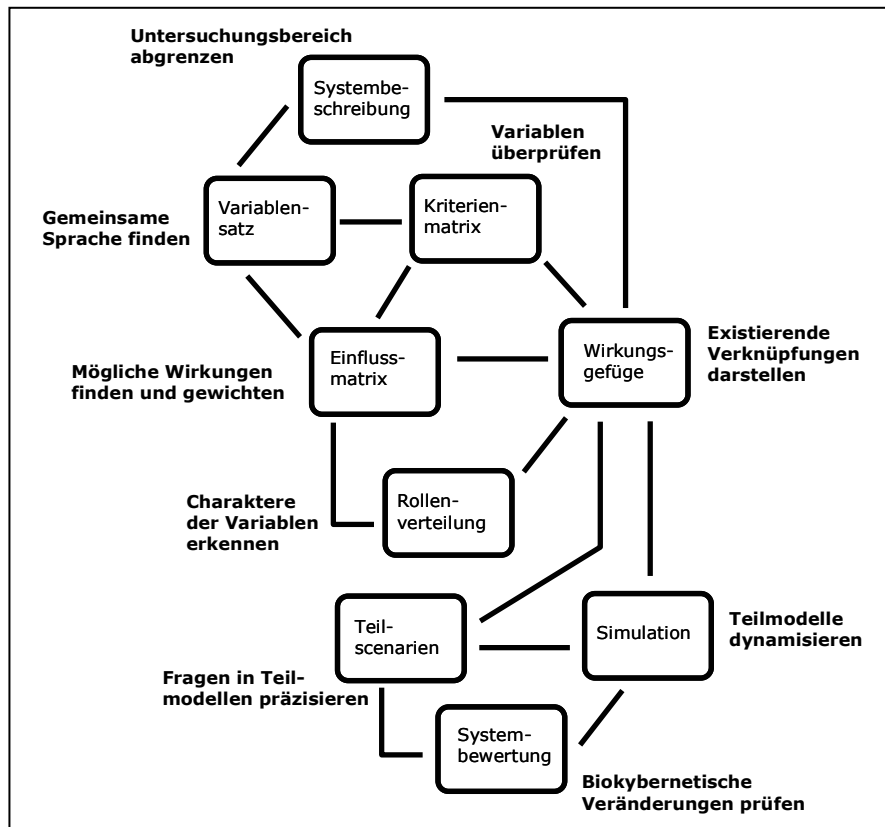
Feedback
für das
Design nutzen

Wer sich für weitere Grundprinzipien lebender Systeme (dazu gehören selbstorganisierende biologische Systeme ebenso wie auch von Menschen geschaffenen Organisationen) interessiert, sei auf das Grundprinzip der Autopoiese²³ hingewiesen.

²³ Maturana, H.; Varela, F.; Der Baum der Erkenntnis, Fischer Taschenbuch

8. Sensitivitätsanalyse Prof. Vester

Die Sensitivitätsanalyse besteht aus neun Verfahrensteilen, die miteinander verknüpft sind, also in Wechselwirkung miteinander stehen. Der Verfahrensablauf folgt selbst dem oben postulierten Prinzip der Rekursivität, nutzt also Feedback-Prozesse zwischen den Verfahrensteilen.



Folgende Themenauswahl durchgeführter Untersuchungen allein aus dem Bereich „Sicherheit und Risiko“ möge Ihnen einen Einblick in das Anwendungsspektrum geben²⁴:

- Geschäft mit dem Risiko - Brüche und Umbrüche in der Industrierversicherung.
- Das Nachfrageverhalten von Versicherungs- und Bankkunden aus ganzheitlicher Sicht - Konsequenzen für den Finanzdienstleistungsgedanken.
- "Innere Sicherheit" als öffentliche und private Aufgabe - Eine vernetzte Darstellung.
- Sicherheit für das System Schweiz - ein Konzept einer ganzheitlichen Sicherheitspolitik aus dem Blickwinkel des Risiko-Managements.
- Zielgruppenmarketing für das Gewerbe im Spannungsfeld von Personen- und Unternehmensgeschäft der Versicherung. Konzeptionelle und praktische Ansätze.
- Sensitivitätsanalyse zur Risikolandschaft eines Gewerbebetriebs: Ein praktischer Fall.
- Betriebssicherheit - ein vernetztes System.
- Risiko-Management in einem vernetzten Ansatz bei mittelgroßen Unternehmen.
- Zur Komplexität des Verlaufs von Bränden in Bauwerken - Sensitivitätsanalyse.
- Unternehmenskultur bei Alcatel Schweiz AG.
- Analyse und Konzeptentwicklung eines Frühwarnsystems für die Bahntransporte ab den Basellandschaftlichen Rheinhäfen.
- Zukunftsworkshop und Analyse des bundesdeutschen Brandschutzes.

²⁴ Weitere Projekte und genaue Quellenangaben finden Sie auf <http://www.frederic-vester.de/deu/sensitivitaetsmodell/publikationen-projekte/> sowie <http://www.hebewerk.net/seite%2010.htm>

8.1 Arbeit im Vorfeld einer Untersuchung

Komplexe Fragen²⁵ des praktischen Lebens, aber auch im Bereich der Wissenschaft überschreiten oft die Fachgebiete einzelner Personen. Dann ist es sinnvoll, eine Arbeitsgruppe zu bilden, die alle relevanten Sichtweisen auf das System sicherstellt.

Nur welche Personen sind einzuladen? Welche Blickrichtung ist wesentlich, welche nicht? Zur Klärung dieser Frage, hilft ein erstes grobes Wirkungsgefüge bzw. ein Mind Map²⁶, was am Günstigsten gemeinsam mit dem Auftraggeber der Untersuchung entwickelt wird.

Die zu beteiligenden Personen sollten über die Möglichkeit verfügen, die Ergebnisse in die von Ihnen vertretenen Organisationen zu spiegeln und/oder selbst in der Lage sein, konkrete Umsetzungen veranlassen zu können. Sie sollten zudem Interesse an der Lösung der Fragestellung haben.

Die Personen werden zu einem gemeinsamen Termin eingeladen und bilden eine erste Arbeitsgruppe. Zur Information der Beteiligten wird die Frage schriftlich erläutert und dieses Papier wird ihnen im Vorfeld des ersten Treffens zur Verfügung gestellt.

8.2 Systemabgrenzung

Im Rahmen der ersten Sitzung der Arbeitsgruppe werden alle Beteiligten um Stellungnahme zur Fragestellung gebeten. Da darf gepöbert und geschimpft, kritisiert und gelobt werden. Dieser Teil der Veranstaltungen ist als einziger darauf angelegt, dass der Einzelne seine Meinung darstellt und die Kontroversen bei divergierenden Interessen deutlich werden. In den folgenden Verfahrensstufen wird er zwar seine Blickrichtung beibehalten, aber vom Disput mehr und mehr zur Debatte geleitet.

Aus diesen ersten Stellungnahmen werden erste Kenngrößen abgeleitet. Im Beispiel einer Schule (ich bitte darum, wieder zu beachten, dass es nicht um die inhaltliche Korrektheit der im Beispiel vorgenommenen Aussagen geht, sondern nur zur Verdeutlichung der Verfahrensweise), bei der ansteigender

Arbeitsgruppe



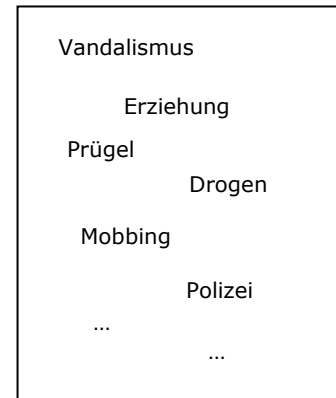
²⁵ Beispiele für Fragen innerhalb komplexer Systeme: A) Wie wirkt es sich auf die Sicherheit einer Gemeinde aus, wenn die Feuerwehr mehr Geld erhält? B) Welche Möglichkeiten gibt es, die neuen EU-Arbeitszeitregeln sozialverträglich im Bereich der Feuerwehren umzusetzen? C) Wie können wir an unserer Schule die Aggressionen in den Griff bekommen? D) Was müssen wir als Prävention gegen Amokläufe unternehmen? E) Soll mein Kind die Schule wechseln? F) Welche Wechselwirkungen sind im Rahmen des Planungsprozesses für eine Großveranstaltung besonders zu beachten?

²⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Mind-Map>

Aggressivität begegnet werden soll, könnten Begriffe wie Vandalismus, Erziehung, Prügel, Drogen, Angst, Mobbing, Polizei, .. etc. fallen, die zunächst einmal auf einem Flipchart notiert würden.

Aus diesen Begriffen lässt sich eine erste Systemabgrenzung vornehmen. Was gehört zum System, was nicht?

Hier könnte sich herausstellen, dass eine spezielle Schule gemeint ist (Raum), eben nicht „alle Schulen der Stadt“ und, dass das Ganze auf der Ebene des alltäglichen Schulbetriebes mit Blick auf eine mittelfristige Entwicklung stattfindet (Zeit).



Unterstützt wird dieser Klärungsprozess durch Fragen des Moderators wie:

- Wo findet das statt?
- Wer ist daran beteiligt?
- Was machen die eigentlich?
- Wie geht es denen dabei?
- Nach welchen Regeln läuft das ab?
- Wie ist das mit der Umwelt (dem Umfeld) verknüpft?

Diese Fragen leiten schon darauf hin, dass in komplexen Systemen immer bestimmte Systemfunktionen auftreten, die durch die zu entwickelnden Variablen abgebildet sein sollen (siehe dazu weiter unten „Kriterienmatrix“).

Ergebnis dieses Prozesses ist die Abgrenzung des betrachteten Systems gegenüber benachbarten und gegenüber darüber und darunter liegenden Ebenen²⁷ sowie eine erste Sammlung von Begriffen.

8.3 Variablensatz

Nun werden die Variablen aus den Flipchart-Aufzeichnungen abgeleitet. Im Falle der Schule könnten beispielsweise „Vandalismus“, „Prügel“ und „Mobbing“ zu einer Variablen „Gewalt durch Schüler“ aggregiert werden, wobei diese „Gewalt“ dann bspw. Schweregrade von „Friedliche Koexistenz“ bis „Schwerste körperliche Übergriffe“ annehmen könnte.

Die Variablen werden sprachlich definiert und in ihrer Öffnung nach außen durch Input und Output sowie in Bezug auf die Frage, woran man das Verhalten dieser Variablen erkennen kann (Indikatoren) bewertet.

1. Gewalt durch Schüler

Definition: Die Variable kennzeichnet die Intensität, mit der Übergriffe von Schülern auf andere Personen stattfinden.

Input: Sie wird beeinflusst von dem sozialen Status der Familie.

Output: Sie wirkt nach außen durch die Reputation unserer Schule.

Indikatoren: Man erkennt ihren Stand an den Protesten aus der Elternschaft und der Anzahl von Eintragungen.

²⁷ Die Systemabgrenzung soll nach Vester an den Minima der die Bereiche überschreitenden Flüsse stattfinden. Eine Abgrenzung, die durch die Vorgehensweise im Verfahren begünstigt wird. Sie korrespondiert mit der Annahme, dass die Komplexitätsunterschiede innerhalb und außerhalb von Systemen diese Grenze erkennbar werden lassen.

So entsteht ein erster Satz von 20-30 Variablen. Mit diesen wird nun weiterhin gearbeitet und – und das ist ein Kern des Verfahrens – sie werden im laufenden Prozess immer wieder überarbeitet und verfeinert, gegebenenfalls auch zusammengefasst oder aufgesplittet.

Vom Groben ins Feine, Top-Down ergibt sich so nach und nach ein Variablensatz, der zunächst einmal all das beinhaltet, was die Beteiligten zu Beginn für relevant hielten und nach und nach auch das, was zunehmend als wichtig empfunden wird.

- | | |
|-----|--------------------------|
| 1. | Gewalt durch Schüler |
| 2. | Aufsichtspersonal |
| 3. | Intens. Wertevermittlung |
| 4. | Stringenz Konsequenzen |
| 5. | Vertrauen von Schülern |
| 6. | Kenntnis von Übergriffen |
| 7. | Gewalt durch Lehrer |
| 8. | Qualität des Bauwerks |
| 9. | Beteiligung der Eltern |
| 10. | Reputation der Schule |
| 11. | ... |

8.4 Kriterienmatrix

Alle natürlichen Systeme beinhalten Größen, die in der Lage sind, die internen Prozesse zu organisieren (siehe unten zu: „Lebensbereiche“). Dies auf physikalischer Grundlage (s.u. „Physikalische Merkmale“), unter Beachtung dynamischer Gesetzmäßigkeiten (s.u.: Dynamik) und unter Aufrechterhaltung der Verbindung zu anderen Systemen (s.u. Systembeziehungen). Daraus ergeben sich insgesamt 16 Merkmale, über die auch unsere Variablen etwas aussagen sollten, denn sie sollen ja die Funktionen, die ein lebendes (und deshalb nachhaltiges) System erfüllt, abbilden können.

	<u>Merkmale</u>
Lebensbereiche:	
Wer ist alles da?	→ Beteiligte
Was tun die ?	→ Wirtschaft
Wie geht es denen?	→ Humanökologie
Worüber läuft das?	→ Strukturen
Nach welchen Regeln?	→ Regeln und Gesetze
Wo findet das statt?	→ Raum
Unter welchen Bedingungen?	→ Umwelt
Physikalische Merkmale	→ Information Materie Energie
Dynamik	→ Flussgröße Strukturgröße
Systembeziehungen	→ Input Output Von innen steuerbar Von außen steuerbar

Ob die Variablen diese Merkmale abbilden können, wird durch Ausfüllen der Kriterienmatrix überprüft.

Als Beispiel hier eine Kriterienmatrix aus dem Bereich einer Fragestellung die Feuerwehr betreffend.

Kriterien →	LEBENSBEREICHE							PHYS. KAT.			DYN. KATEGORIE				SYSTEMBEZIEH.			
	Wirtschaft	Beteiligte	Raumnutzung	Befinden	Umweltbezug	Infrastruktur	Regeln u. Gesetze	Materie	Energie	Information	Flussgröße	Strukturgröße	zeitliche Dynamik	räumliche Dynamik	öffnet durch Input	öffnet durch Output	v. Innen beeinflusst	v. Außen beeinfl.
1 Technische Ausstattung FW	●		●			○		●		○		●	○	○	●		○	●
2 Personenschäden		●		●			○		○	○	○	○	○		●		○	●
3 Finanzielle Schäden	○	○		○					○	●	●		○	○		●	●	○
4 Pers. Leistungsfähigkeit FW		●		○			○		●	●	●		○	○				●
5 Risikobereitschaft d. Verantw.	○	○		○			○		●	●	●	○	○		○			○
6 "Katastrophen"angst i. d. Bev.		●		○					●	●	●		●	●	●	●	○	○
7 Verfügbare Mittel	●						●		●	●		●		○	●		○	●
8 Private Vorsorge		●						○	○			●			○			
9 Anzahl Brände	○				○					○	●		●		○	○	○	○
10 Öffentliche Vorsorge	○					●	●	○		○		●	○		●		○	○
11 Vertrautheit mit Risiken				●						○	●		●	●	○			○
12 Qualität des VB						○	●	●		○		●						○
13 Int. der BS-Aufklärung d. FW		○			○					●	○							●
Summe:	4,0	5,5	1,0	4,5	1,0	2,0	4,5	3,0	4,5	9,0	7,0	6,0	7,0	4,5	6,0	3,5	8,5	7,0

In einer seitens der vfdb (Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.) in Auftrag gegebenen Studie gingen wir der Frage nach, wie sich eine Verbesserung der Ressourcen bei den Berufsfeuerwehren auf die Sicherheit gegenüber Brandgefahren in den Städten auswirken würde. Diese Untersuchung wähle ich hier als Beispiel, da sie mit 13 Variablen sehr überschaubar ist.

Abgrenzung: Auch anhand dieses Beispiels möchte ich lediglich die Vorgehensweise verdeutlichen, eine inhaltliche Aussage den Gegenstand der Untersuchung betreffend wird hier nicht angestrebt.



In diesem Fall waren bspw. in der Kriterienmatrix die Bereiche „Raumnutzung“ und „Umweltbezug“ schwach abgebildet (Spaltensumme = 1,0) und es wurde überlegt, ob, ergänzende Variablen erforderlich wären. Da es jedoch nachvollziehbare Begründungen gab, warum die beiden Merkmale nur schwach abgebildet sind, blieben die Variablen unverändert.

Um im nächsten Schritt damit zu beginnen, die Variablen miteinander zu verknüpfen, stelle ich Ihnen als eines von zwei Instrumenten hierzu die Einflussmatrix vor.

8.5 Einflussmatrix

Die Einflussmatrix wird von der Arbeitsgruppe (bzw. bei genügend großer Zahl der Mitglieder der Arbeitsgruppe in drei Untergruppen) ausgefüllt.

Insbesondere dieser folgende Schritt hebt das Vestersche Verfahren der Sensitivitätsanalyse von anderen Modellbildungsverfahren (meist reine Simulationsverfahren) ab, die nur relativ wenige Beziehungen berücksichtigen.



Jede Variable wird gegenüber jeder anderen dahingehend überprüft, ob es eine real derzeit existierende oder aber auch latent vorhandene Wirkung von A (Zeile) auf B (Spalte) gibt.

Erst die Einbeziehung latenter Wirkungen gibt uns später Auskunft über die latente Komplexität, die sich in Abhängigkeit bestimmter Randbedingungen realisieren kann (näheres dazu siehe unten zur „Rollenverteilung“). Erst diese Einbeziehung der latenten Komplexität lässt eine Aussage zur „Vulnerabilität“ und umgekehrt zur „Resilienz“ unseres Systems zu.

**Vulnerabilität
und
Resilienz**

- Eine überproportionale Wirkung ist denkbar → 3
- Eine proportionale Wirkung ist denkbar → 2
- Eine unterproportionale Wirkung ist denkbar → 1
- Eine Wirkung ist nicht vorstellbar → 0

Die Abbildung zeigt die Einflussmatrix für die Frage der Wirkung zusätzlicher Ressourcen bei der Feuerwehr.

Wirkung von ↓ auf →		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	AS	P
1	Technische Ausstattung FW	X	0	0	3	2	1	2	1	0	1	0	0	0	10	100
2	Personenschäden	1	X	0	2	3	2	0	1	0	3	1	2	2	17	170
3	Finanzielle Schäden	1	0	X	1	1	1	0	1	0	1	1	2	1	10	110
4	Pers. Leistungsfähigkeit FW	2	1	2	X	2	1	1	0	0	1	0	2	3	15	270
5	Risikobereitschaft d. Verantw.	2	0	0	2	X	1	3	0	0	3	0	2	1	14	224
6	"Katastrophen"angst i. d. Bev.	0	0	0	1	1	X	0	2	0	1	1	1	1	8	104
7	Verfügbare Mittel	2	0	0	2	1	0	X	0	0	2	0	0	1	8	72
8	Private Vorsorge	0	3	3	0	1	1	0	X	1	1	2	1	1	14	196
9	Anzahl Brände	0	2	2	3	2	2	0	2	X	2	1	1	1	18	108
10	Öffentliche Vorsorge	2	0	0	2	1	1	2	1	1	X	1	2	1	14	238
11	Vertrautheit mit Risiken	0	2	2	0	0	1	0	2	2	0	X	0	0	9	90
12	Qualität des VB	0	2	2	2	1	0	0	2	2	1	0	X	0	12	156
13	Int. der BS-Aufklärung d. FW	0	0	0	0	1	2	1	2	0	1	3	0	X	10	120
Konsens		10	10	11	18	16	13	9	14	6	17	10	13	12	PS	
Vergleich mit		100	170	91	83	88	62	89	100	300	82	90	92	83	Qx100	
Gruppe A																
Gruppe B																
Gruppe C																

Bsp.:
„Personenschäden“
wirkt überproportional
auf „Risikobereitschaft
der Verantwortlichen“

Bsp.:
„Verfügbare Mittel “
wirkt gering auf „Inten-
sität der Brandschutz-
aufklärung“

Bitte beachten Sie die Kennzeichnungen AS/PS/P und Q*100 in der Matrix.

AS = Aktivsumme → Diese Größe sagt uns, wie stark die Zeilen-Variable insgesamt alle anderen Variablen beeinflusst und damit insgesamt auf das System einwirkt.

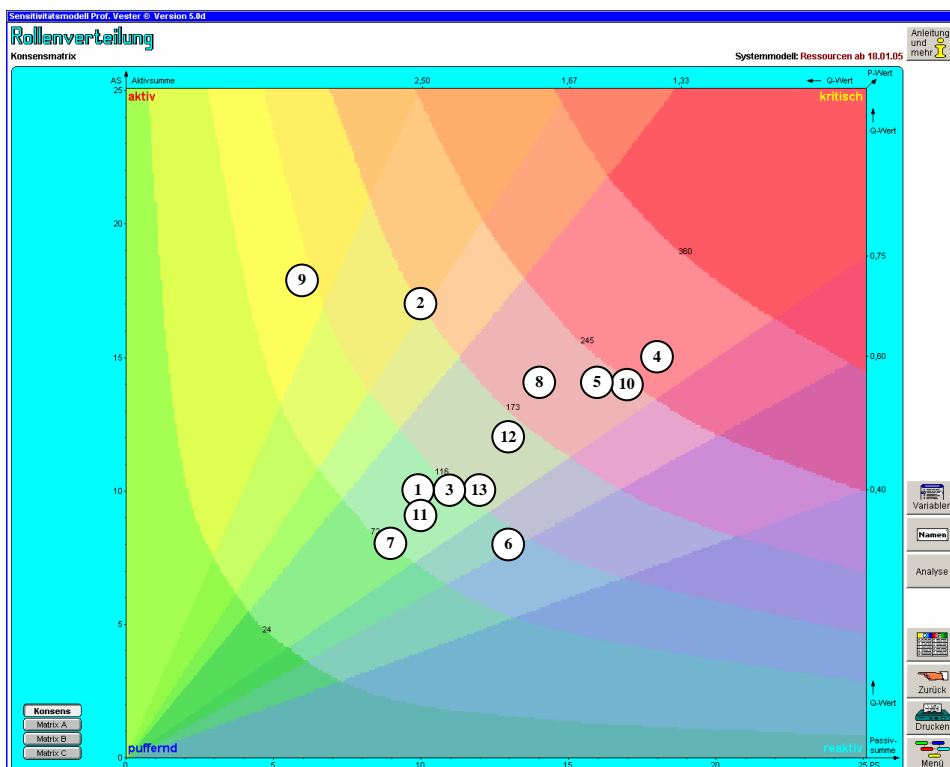
PS = Passivsumme → Diese Größe sagt uns, wie stark das gesamte System auf die Spalten-Variable einwirkt.

P = Produkt aus Passivsumme und Aktivsumme (diese Größe wird zum Unterteilen der Darstellung der Rollenverteilung (siehe unten) benötigt).

Q*100 = Quotient aus Aktivsumme und Passivsumme * 100 (diese Größe wird ebenfalls zum Unterteilen der Darstellung der Rollenverteilung benötigt).

Anhand der Rollenverteilung möchte ich Ihnen nun erläutern, was diese Zahlen zu bedeuten haben.

8.6 Rollenverteilung



Im Beispiel abgebildet die RV aus der Frage des Ressourceneinsatzes bei der Feuerwehr:

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1: Technische Ausstattung Feuerwehr | 8: Private Vorsorge |
| 2: Personenschäden | 9: Anzahl Brände |
| 3: Finanzielle Schäden | 10: Öffentliche Vorsorge |
| 4: Personelle Leistungsfähigkeit FW | 11: Vertrautheit mit Risiken |
| 5: Risikobereitschaft der Verantwortlichen | 12: Qualität des vorb. Brandsch. |
| 6: Katastrophenangst in der Bevölkerung | 13: BS-Aufklärung durch FW |
| 7: Verfügbare Mittel | |

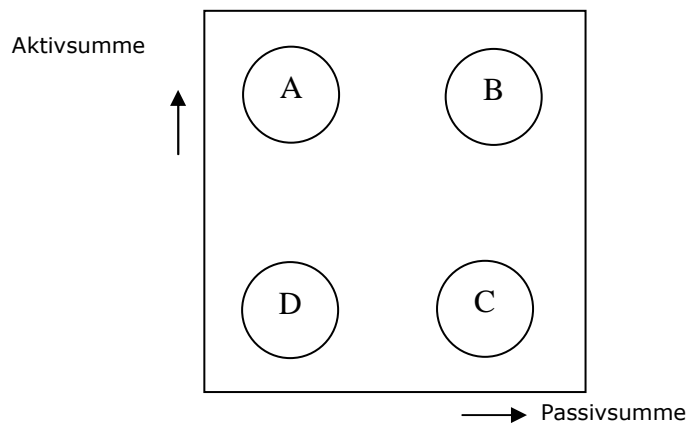
Die Rollenverteilung ist eine Grafik, die auf der Abszisse die Passivpunkte und auf der Ordinate die Aktivpunkte abbildet.

Sie erkennen zudem die farbig angelegten Felder, die sich durch die Schnitte der linearen Linien gleicher Quotienten (Q) mit den Hyperbeln als Linien gleicher Produkte (P) ergeben.

Jedem dieser Felder ist eine kybernetische Erläuterung zugeordnet, was mit einer Variablen „angestellt“ werden kann, die im Bereich dieses Feldes liegt. Also welche Rolle diese Variable aus kybernetischer Sicht zu spielen vermag.

Alle diese Erläuterungen darzustellen, sprengt den Rahmen dieses Skriptes. Aber vielleicht so viel zum Verständnis:

Versehen wir die Darstellung mit vier Sektoren,



so können wir nun folgende Unterscheidung vornehmen.

- A) Hohe Aktivsumme, Geringe Passivsumme
- B) Hohe Aktivsumme, Hohe Passivsumme
- C) Niedrige Aktivsumme, Niedrige Passivsumme
- D) Niedrige Aktivsumme, Hohe Passivsumme

Bitte überlegen Sie, was die Lage einer Variablen im Sektor A, B, C oder D für diese Variable bedeuten könnte.

Welche Lage scheint Ihnen günstig zu sein für eine Variable, an der man das Systemverhalten gut ablesen kann, die aber gleichzeitig nicht so stark in das System eingreift?

?

Wozu könnten Variablen nutzbar sein, die im Sektor A zu liegen kommen?

?

Sektor A (Aktiver Sektor): Hier liegen Variablen, bei denen man über die Initiierung von Steuerungsimpulsen nachdenken sollte. Sie haben eine große Wirkung in das System, werden aber vom System nicht so stark beeinflusst. Damit bleiben Rückkopplungsprozesse (siehe dazu unten „Wirkungsgefüge“) in ihrer Wirkung begrenzt und die Steuerung ist voraussichtlich kontrolliert und effektiv möglich.

Erhöhung der Resilienz und Optimierung des Mitteleinsatzes zur Systembeeinflussung durch die Verwendung kybernetisch sinnvoller Steuerungsgrößen.

Sektor B (Kritischer Sektor): Wird auf diese Variablen Einfluss genommen, ist mit starken Bewegungen im System zu rechnen, denn sie wirken stark und die Wirkungen aus dem System heraus sind ebenfalls stark. Wenn Variablen, die hier liegen zudem in positive Rückkopplungen (siehe oben) eingebunden werden, können sich hier Motoren im System ergeben. Eine Einflussnahme sollte aber sehr vorsichtig erfolgen. Die Vulnerabilität eines Systems steigt, wenn Variablen des Bereiches B in positive Regelkreise (auch latente) eingebunden und keine domierenden negativen Rückkopplungen vorhanden sind. Sie sinkt, wenn die Einbindung in negative Regelkreise erfolgt.

Erhöhung der Resilienz durch Einbindung kritischer Variablen in negative Regelkreise. Einstufung eines Systems als „**vulnerabel**“, wenn kritische Variablen in positive Rückkopplungen (siehe Wirkungsgefüge) eingebunden sind.

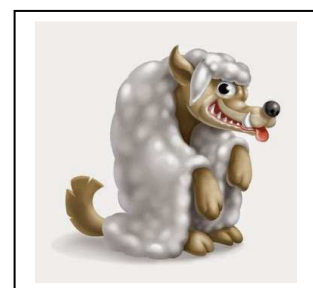
Sektor C (Indikatoren): Hier liegen Größen, die wenig in das System hinein wirken, aber vielen Einflüssen unterliegen. Das sind klassische Indikatoren. An ihnen ist schnell zu erkennen, wenn sich eine Veränderung im System stattfindet. Finanzmittel zu ihrer Beeinflussung aufzuwenden, bietet sich hier erst einmal nicht an (Symptombehandlung).

Erhöhung der Resilienz durch Einbindung puffernder Variablen in kritische Rückkopplungen aufgrund daraus folgender Reduktion der Systemdynamik.

Sektor D (puffernder Sektor): Hier liegen Größen, die allgemein im System wenig ausrichten. Wenn aber über sie Wirkungspfade verlaufen (siehe unten zu „Wirkungsgefüge“), so kommt es oft zu einer Zeitverzögerung und damit zu einer Verzögerung der Dynamik im System.

Erhöhung der Resilienz durch kontinuierliche Beobachtung der Indikatorgrößen und daraus abgeleiteter Steuerungseingriffe.

Die Größen aus Sektoren C, D aber auch aus dem zentralen Mittelbereich des Quadrates können dann großen Einfluss erlangen, wenn es Wirkungen auf Variablen in die Sektoren A oder B hinein gibt. Dann verhalten sie sich wie ein „Wolf im Schafspelz“.

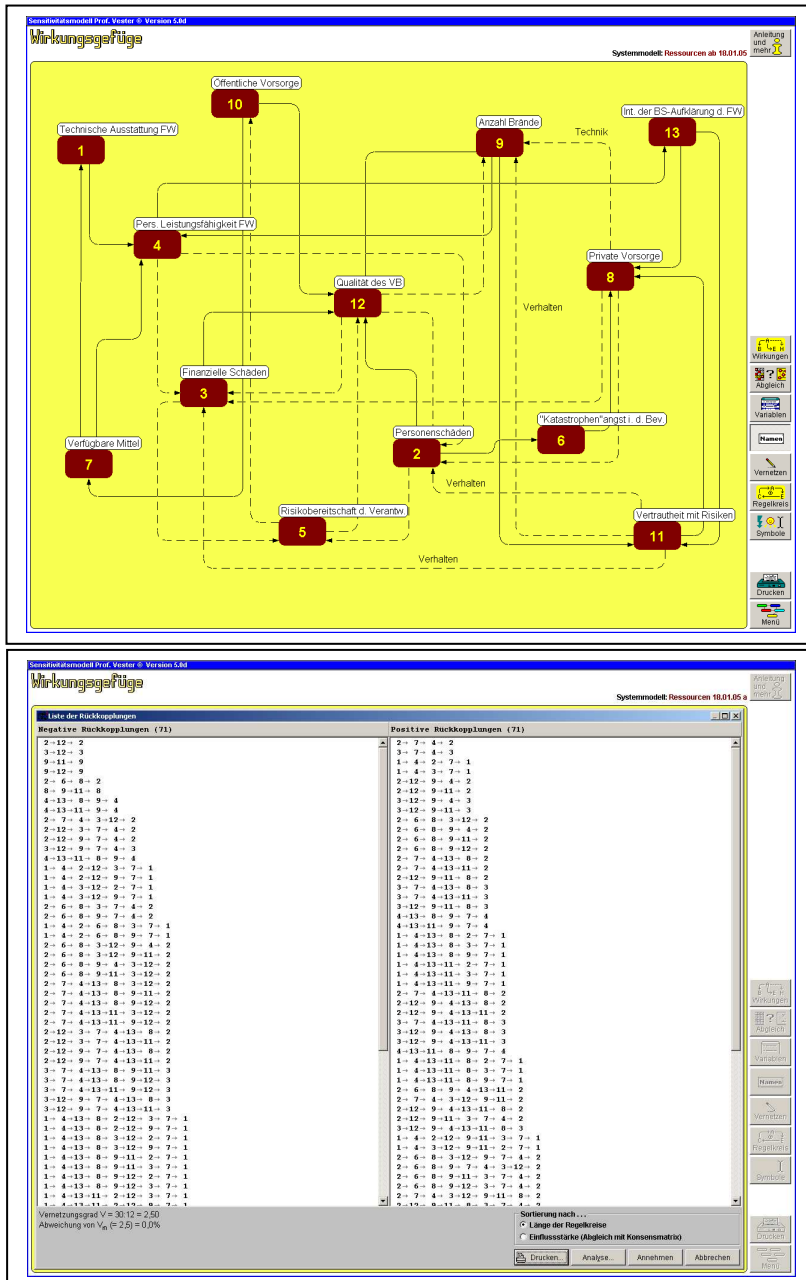


Die hier genannten Zusammenhänge liefern zunächst grobe Anhaltswerte für die genauere kybernetische Analyse vor allem der latenten und real bereits existierenden Regelkreise, für die die Einflussmatrix, die Rollenverteilung und das Wirkungsgefüge (s. u.) gemeinsam betrachtet werden.

Erst auf der Basis dieser weiteren Analysen lassen sich Aussagen entwickeln, die für das Changemanagement genutzt werden können.

8.7 Wirkungsgefüge

Im Wirkungsgefüge werden zunächst die zum Zeitpunkt der Modellerstellung real vorhandenen Wirkungsbeziehungen dargestellt, um den IST-Zustand des Systems abzubilden und um die sich ergebenden Rückkopplungen (siehe untere Abbildung) im Zusammenhang mit der Einflussmatrix und der Rollenverteilung untersuchen zu können.



Bereits die Analyse der Anzahl der positiven und negativen Rückkopplungen, der Länge der Wirkungsketten, deren Verteilung auf negative und positive Rückkopplungen, der Häufigkeit des Vorkommens einzelner Variablen, usw. lässt viele Rückschlüsse auf das Systemverhalten zu.

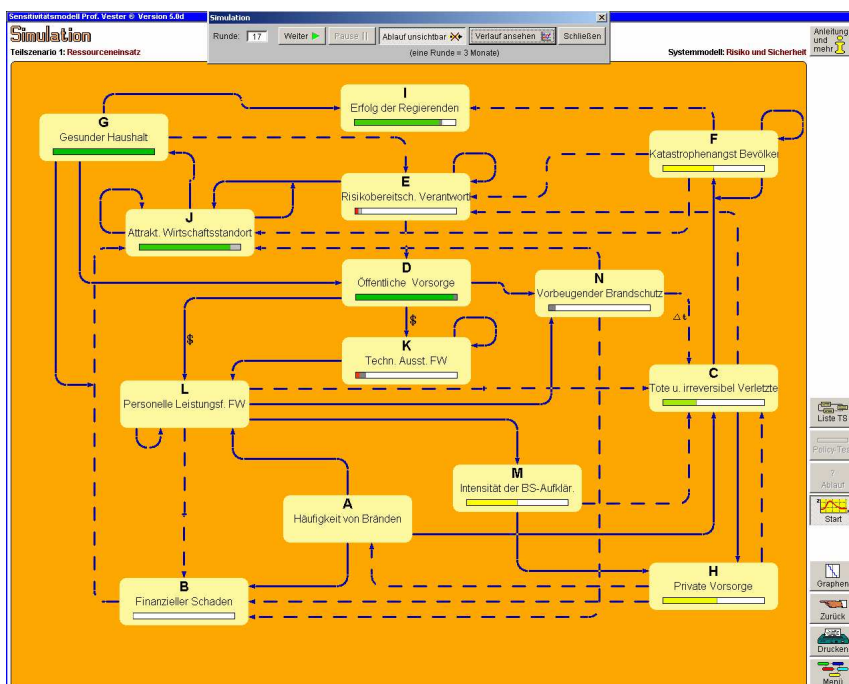
Bindet man zudem die Ergebnisse der Rollenverteilung und der Einflussmatrix ein, so können nun Möglichkeiten eruiert werden, Motoren im System die eine gewünschte Entwicklung befördern kontrolliert zu aktivieren, negative Rückkopplungen als Systembremsen abzusichern, über Strukturveränderungen (also der Beeinflussung nicht alleine der Variablen, sondern derer Verbindungen) nachzudenken, und vieles andere mehr.

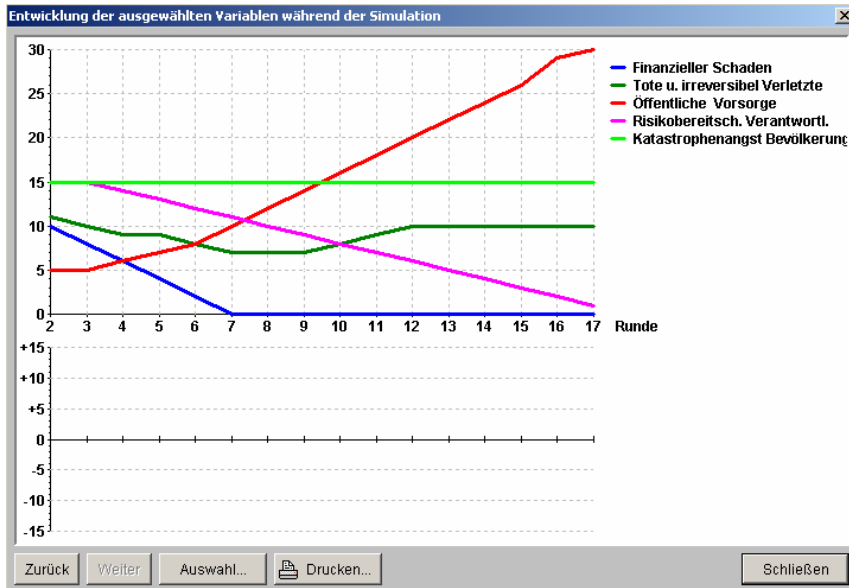
In einem zweiten Schritt können zur Abschätzung der dem System innewohnenden Komplexität auch die bei der Entwicklung der Einflussmatrix gefundenen, latent vorhandenen Wirkungen eingebunden werden.

Erst die Einbeziehung der so erkennbar werdenden Komplexität eines Systems lässt Rückschlüsse auf seine Vulnerabilität zu. Keinesfalls ist es ausreichend, den IST-Zustand eines Systems ohne die Beachtung latenter Wirkungen dafür zugrunde zu legen, denn nicht die Komplexität der „im Alltag“ funktionierenden Systeme ist es, die sie verletzlich macht, sondern die sich im Ereignisfall verändernde Komplexität, die erst unter bestimmten, aufgrund ihrer vielfältigen Kombinationsmöglichkeit kaum vorab zu determinierenden Randbedingungen zutage tritt und sich dann häufig rasch weiterentwickelt (siehe dazu Kap. 9).

8.8 Teilszenarien und Simulation

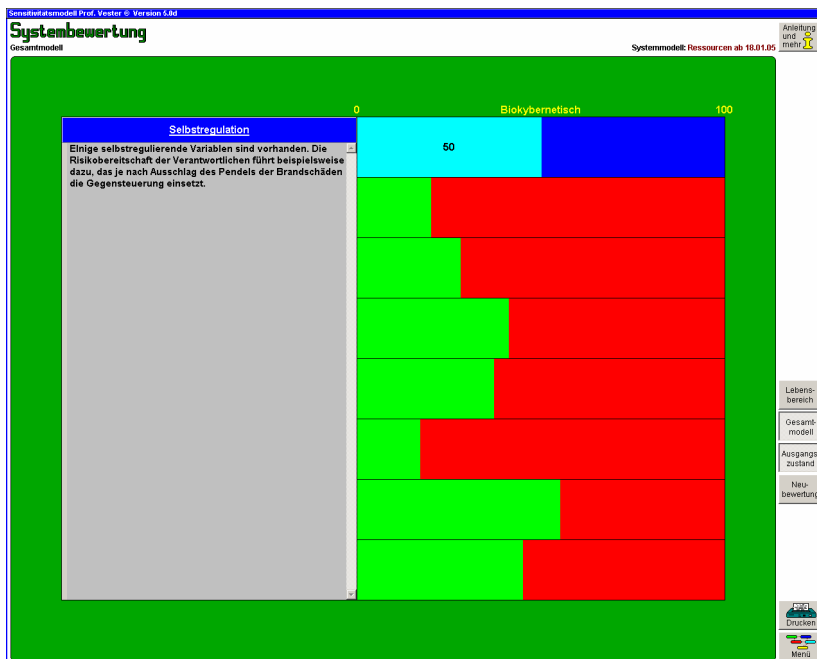
Aus dem bestehenden Wirkungsgefüge können Teile entnommen, ggf. unter Ergänzung weiterer Variablen in einem Teilszenario dargestellt und einer Simulation zugeführt werden.





8.9 Biokybernetische Systembewertung

Mit Hilfe dieses Tools wird der Ausgangszustand eines Systems und sein Zustand nach vorgenommenen Veränderungen hinsichtlich der Erfüllung der biokybernetischen Grundregeln gegenüber gestellt.

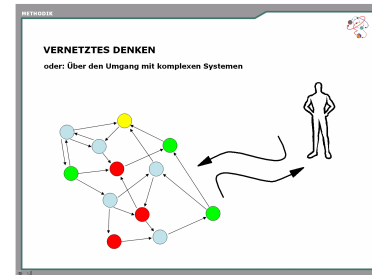


Hier wird also die Aussage abgeleitet, wie weit geplante Systemveränderungen die Resilienz des Systems erhöhen oder vermindern werden.

9 Komplexität, Resilienz und Vulnerabilität

9.1 Objekt – Subjekt – Kybernetik 2. Ordnung

Komplexität wird nur dann als Basisgröße sinnvoll in Bezug zur Vulnerabilität eines Systems zu setzen sein, wenn wir eine Betrachtung der Kybernetik 2. Ordnung²⁸ vornehmen. Dies bedeutet, dass wir bei der Analyse die Komplexität eines Objektes (des zu steuernden Gegenstandes bspw. eine Firma, eine Behörde, eine Großveranstaltung, ein Brandereignis, ...) und die Komplexität eines Subjektes (der steuernden Person(en) bspw. die Manager, die Verwaltungsspitze, die Einsatzleitung, die Einsatzkräfte, ... und deren Mittel) in ihrer Interaktion betrachten müssen.



Formalisiert könnte man den Begriff einer „resultierenden Komplexität“ zur Verdeutlichung so definieren:

$$K = O - S$$

K = Resultierende Komplexität

O = Komplexitätsbeitrag des zu steuernden Systems

S = Komplexitätsbeitrag des steuernden Systems

Dann ist ein System (vergleiche Kap. 0, Ashby)

Mit großer Wahrscheinlichkeit sicher zu steuern, wenn: $K < 0$

Nicht ausreichend sicher zu steuern wenn: $K \approx 0$

Nur mit viel Glück überhaupt zu steuern, wenn: $K > 0$

Wissen Sie noch, wie es beim Erlernen des Autofahrens war? Die Anforderungen an Sie (rote Ampel, auskuppeln, bremsen, blinken, hören was der Fahrlehrer sagt, das Kind rechts auf dem Bürgersteig im Auge behalten, ...) waren hoch. Wie oft haben Sie den Motor abgewürgt? Die Komplexität war groß oder manchmal auch zu groß, oder?

$$K > 0$$

Die Anforderungen nach einigen Jahren Fahrpraxis des Objekts O (das Auto, der Beifahrer und alles was sich ausserhalb des Autos abspielt) an Sie sind im Wesentlichen unverändert und dennoch ist es Ihnen heute vielleicht sogar möglich, Ihre Konzentration bei einem Gespräch mit ihrem Beifahrer zu halten oder eine SMS zu schreiben. Durch Lernen haben Sie S gesteigert²⁹ und damit K gesenkt.

$$K \ll 0$$

²⁸ Begriff von Heinz von Foerster (vgl. Foerster, H.v.; Pörksen, B. in „Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners“, Carl-Auer-Verlag, 2013, S. 115).

²⁹ Nach Dietrich Dörner (Die Logik des Misslingens – strategisches Denken in komplexen Systemen, rororo, 7. Auflage; 2008, S. 62) ist dieses Lernen als Entwicklung eines „Superzeichens“ zu sehen. „Superzeichen reduzieren Komplexität. Aus vielen Merkmalen wird eins.“

Wenn es nun zu schneien beginnt, kann es sein, dass Sie in den Grenzbereich Ihres Könnens gelangen (O steigt).

$$K \approx 0$$

Vielleicht ziehen Sie rasch Schneeketten auf (O sinkt)?

$$K < 0$$

Vielleicht stellen Sie aber auch zunächst das Gespräch mit ihrem Beifahrer eine Zeitlang ein (S steigt)?

$$K < 0$$

Vielleicht entschließen Sie sich zu beidem?

$$K \ll 0$$

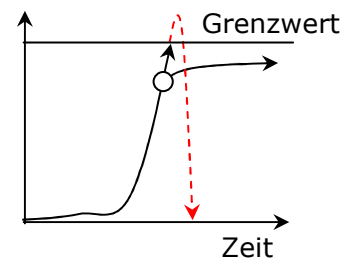
Ein Beispiel für Nicht-Autofahrer: Haben Sie schon einmal beim Gehen intensiv mit jemandem anderem gesprochen und gemeinsam über eine wirklich schwierige Fragestellung nachgedacht? Wie verhalten Sie sich, wenn Sie kurz vor der Lösung des Problems stehen?

?

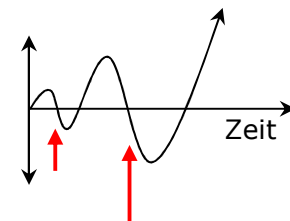
Reduzieren Sie vielleicht Ihre Geschwindigkeit oder bleiben gar gänzlich stehen um Ihre Gedanken auszuformulieren? Mir geht das zumindest oft so. Die Aufgabe (das Objekt) vor ihrem „inneren Auge“ ist dann auch hier so komplex, dass ihre gesamte Subjektkomplexität darauf verwandt wird, sie zu lösen. Noch nicht einmal für das scheinbar so einfache Laufen ist dann noch Platz. Also auch hier Komplexitätsreduktion durch Fokussierung.

9.2 Gefahren gesteuerter Systeme

Positive Rückkopplungen sind Motoren im System, können aber auch eskalieren. Ihre Wirkung ist zunächst kaum zu bemerken. Wird der Inflektionspunkt (Zeitpunkt des „Point of no Return“) verpasst, kommt die Wirkung der exponentiellen Entwicklung oft nahezu ungebremst zum Tragen und Schäden sind unvermeidlich.



Negative Rückkopplungen stabilisieren Systeme, hindern sie andererseits aber auch an einer eventuell gewünschten Entwicklung. Sie werden dann gefährlich für das System, wenn sie versagen. Dies kann geschehen, wenn in das System gegebene Veränderungsimpulse nicht rasch genug die gewünschte Wirkung erzeugen (nach dem Irrglauben „viel hilft viel“) und die Stärke des Impulses deshalb zu sehr erhöht wird. Dabei wird oft außer acht gelassen, dass in das System eingespeiste Impulse erst zeitverzögert wirksam werden und es erfolgt die Übersteuerung.



Wenn es Sie weitergehend interessiert, welche Fehler Menschen bei der Steuerung komplexer Systeme typischerweise machen, so empfehle ich Ihnen [30].

³⁰ Dörner, D.; Die Logik des Misslingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen; rororo; 7. Auflage; 2008

Bei Vorüberlegungen zu dieser Grundlagenforschung zeigte sich, dass diese Einflussfaktoren³¹ der Komplexität selbst miteinander wechselwirken und in ihrer Gesamtheit wiederum ein komplexes System, allerdings auf einer höheren Ebene, erzeugen. Das System „Komplexität“.

Das die Zirkularität auslösende Element (Komplexität) ist selbst zirkulär³² und lässt sich unter Umständen zunächst mit derselben Methode untersuchen, die auch auf Systeme unterer Ebenen angewendet werden kann, eben mittels der Sensitivitätsanalyse Prof. Vester.

Wenn Sie mögen, können Sie erste Ausführungen zu den diesbezüglichen Vorbereitungen unter

<http://www.hebewerk.net/seite%2010.htm>

downloaden. Der Artikel lautet: Komplexität und Katastrophe.

10 Schlußbemerkung

Mit einem auf eine konkrete Frage bezogenen Systemmodell, wie in den in den Beispielen des Skriptes angedeuteten, lässt sich Komplexität als Basis der Resilienzbeurteilung und -absicherung bereits dann gut abbilden, bewerten und damit auch kontrollieren, wenn latente Wirkungen zwischen den mit einem abgesicherten Verfahren als relevant ermittelten Variablen einbezogen und bei der Bewertung und Planung von Maßnahmen berücksichtigt werden. Dies ermöglicht das Vester-Verfahren.

Letzlich entscheidend wäre es, darüber hinaus die Möglichkeit zu entwickeln, den Grad und die Entwicklungsgeschwindigkeit der Komplexität von Systemen generell abschätzbar zu machen, denn die Komplexität selbst resultiert aus einem komplexen System wechselwirkender Einflüsse und ihre Veränderlichkeit ist es, die uns bspw. in Katastrophen so schwer zu schaffen macht.

Ich möchte mit einem Brief von Prof. Vester an mich enden:

³¹ Als Einflussfaktoren (Variablen der Komplexität) habe ich derzeit für Objekt und Subjekt 25 Variablen herausgearbeitet: Varietät, Vernetzungsgrad, Diversität, Dynamik, Sprunghaftigkeit, Belastbarkeit, Durchsatz, Strukturdynamik, Öffnungsgrad Input, Öffnungsgrad Output, Vielfalt der Eingriffsmöglichkeiten, Vernetzungsgrad Steuerung, ...

³² Zur Anwendung des Denkens in Kreisprozessen auf den eigenen Gegenstand, also auf sich selbst, wie hier im zitierten Artikel dargestellt vgl. Foerster, H.v.; Pörksen, B. in „Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners“, Carl-Auer-Verlag, 2013, S. 114: „... ich habe versucht, ..., darauf aufmerksam zu machen, dass das Konzept der Zirkularität auch in erkenntnistheoretischer Hinsicht fundamental ist und sehr weitgehende Konsequenzen hat.“

studiengruppe
für biologie und umwelt GmbH
Systemorientierte Forschung, Entwicklung und Beratung

studiengruppe für biologie und umwelt · Nußbaumstraße 14 · 80336 München

Herrn
Dipl.-Ing. D. Mamrot
Baustofftechnologie u. Brandschutz
Baustoffprüfstelle
Bergische Universität Wuppertal
Pauluskirchstr. 7 (Laborgebäude)
42285 Wuppertal

Prüfstelle Labor
F K I
EINGANG: 05. DEZ. 1996
Verfügung:

Geschäftsführer: Prof. Dr. Dr. h.c. F. Vester
Eingetragen im Handelsregister München
Abt. B, Nr. 42
USt-IdNr. DE 129467760
Bankkonto:
Bayerische Vereinsbank München
Filiale Kapuzinerplatz
Konto-Nr. 643 385 (BLZ 700 202 70)
Postbank München
Konto-Nr. 446 44-806 (BLZ 700 100 80)
Nußbaumstraße 14
80336 München
Telefon (089) 53 50 10/53 53 45
Telefax (089) 53 28 004
3.12.1996

Lieber Herr Mamrot,

haben Sie herzlichen Dank für Ihr Fax vom 2. Dezember mit den hochinteressanten Unterlagen und Literaturhinweisen.

Für mich ist es ganz klar, daß die ganze Anlage des Sensitivitätsverfahrens auf die Untersuchung der von Ihnen erwähnten Risikosysteme (wie sie ja schon Charles Perrow in "Normale Katastrophen" beschrieben hat) bestens zugeschnitten ist. So hat ja

Ich finde, da hatte Prof. Vester wirklich Recht !! ☺