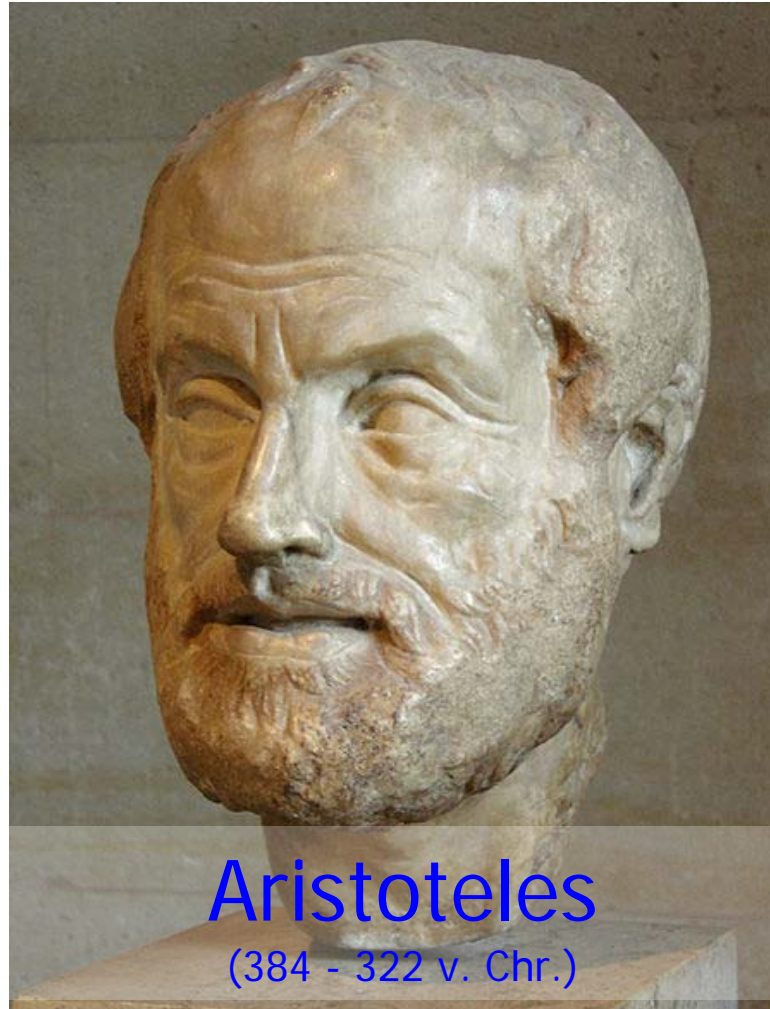


Systems Engineering – Ansätze zur Systemanalyse und Systemgestaltung

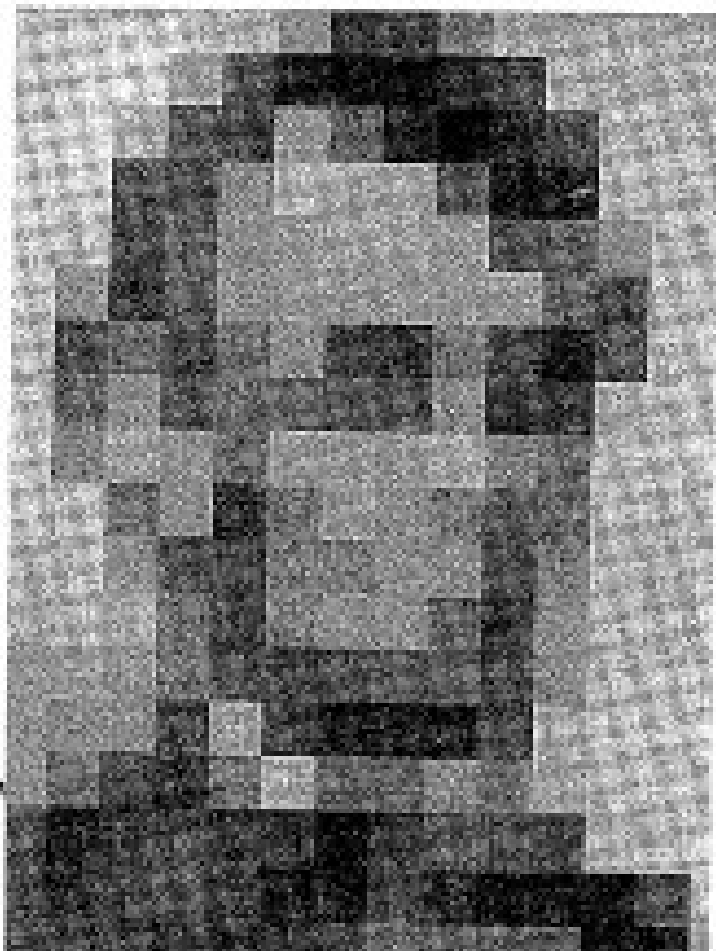
Johannes Fresner

STENUM GmbH, Geidorfgürtel 21, 8010 Graz
www.stenum.at

„Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile ...“



Aristoteles
(384 - 322 v. Chr.)



Abraham Lincoln



- geboren 1809
- 1860 zum
16. Präsidenten der
USA gewählt,
- 1864 wiedergewählt
- Pionier der
Sklavenbefreiung

Zitate von Abraham Lincoln

Wer anderen die Freiheit verweigert, verdient sie nicht für sich selbst.

Man hilft den Menschen nicht, wenn man für sie tut, was sie selbst tun können.

Willst du den Charakter eines Menschen erkennen, gib ihm Macht.

Immer wenn ich höre, dass jemand für die Sklaverei eintritt, fühle ich das starke Bedürfnis, sie an ihm selbst auszuprobieren.

Die Wahlversprechen von heute sind die Steuern von morgen.

Wer im Leben kein Ziel hat, verläuft sich.

- **Erkennen wir das Bild anhand der Details?
Anhand der Zahl, Größe, des Grautons der
Quadrate?**
- **Oder anhand der Beziehungen wesentlicher
Elemente, Rollen (als Teil von Auge, Mund, ...)?**

Mustererkennung =

☺ **Datenreduktion auf die wesentlichen
Schlüsselemente**

☺ **Vernetzung der Komponenten**

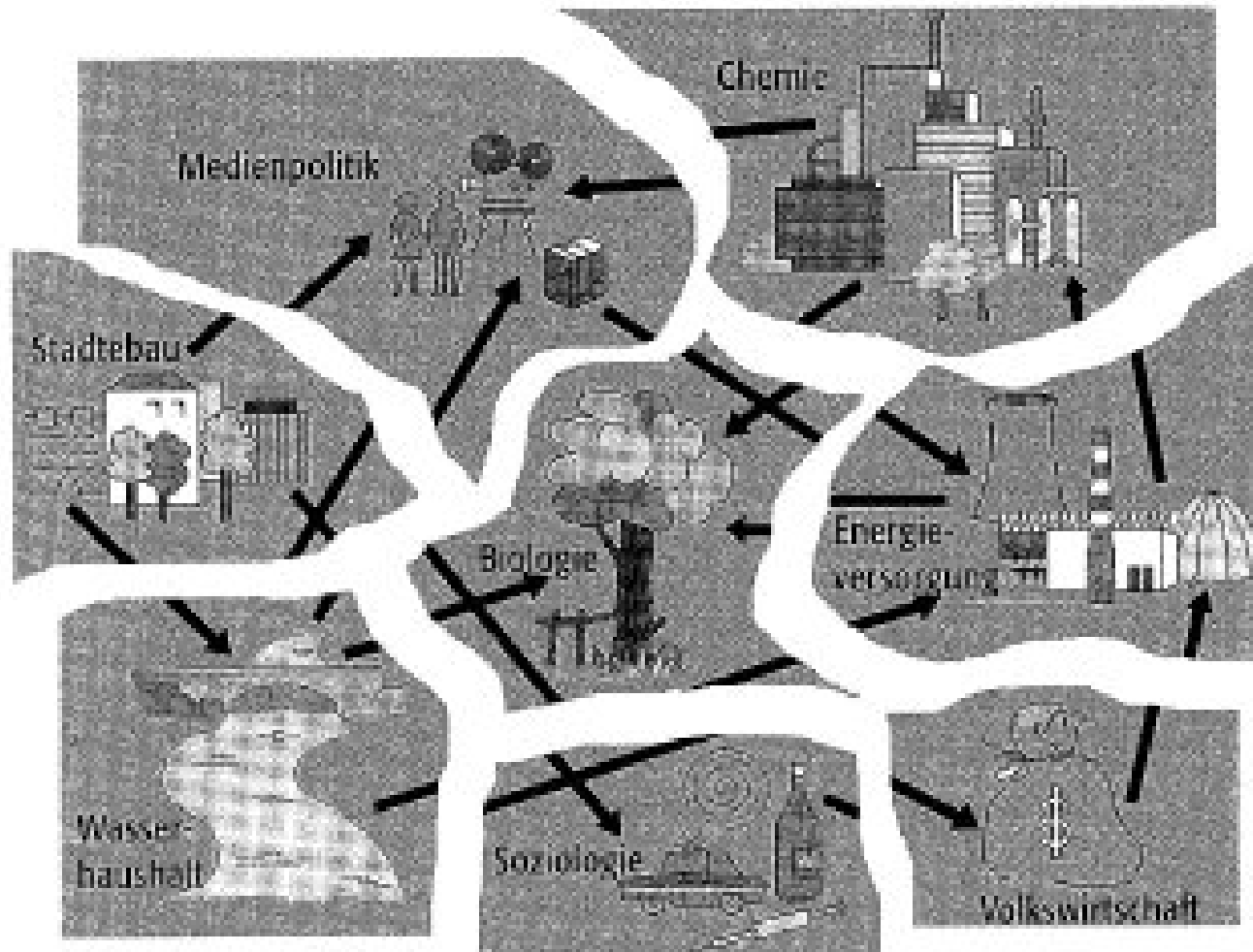


Abb. 3: Zerrissenes Netz. Wir sind zwar darin geübt, die einzelnen Dinge sauber getrennt nach Fach- und Lebensbereichen zu beschreiben, jedoch nicht die sie in Wirklichkeit verbindenden Beziehungen.

Systemdenken

(Auszug)

- Systeme bestehen aus einer **Vielzahl von Einheiten**
- **In Prozessen denken**, nicht in Zuständen.
- Systemgrößen existieren nur in **Abhängigkeit**, als Produkt von anderen Größen, die fördernd oder hemmend bezüglich dieser sind.
- **Regelkreise**, Produktkreise, Wirkungskreise, Prozesskreisläufe produzieren wiederkehrend bestimmte Eigenschaften.
- Alle **Systemteile sind selbst Systeme** (oft Subsysteme genannt)
- **Innen und Außen**. Die Unterscheidung zwischen dem Systeminnern und der Außenwelt und die Beziehung zwischen beiden ist ein wesentlicher Punkt

Systemdenken

(Auszug - 2)

- Jeder Systemteil ist meistens Teil mehrerer Systeme, in denen er unterschiedlichste Funktionen ausführt
- Klassische und fachliche Sichtweisen können als Mittel zur Reduktion von Komplexität in größeren Systemen angesehen werden
- In vielen Fällen ist jedoch eine vielgestaltigere, dynamischere Sichtweise angebracht (ohne dabei jedoch Effektivitätsprinzipien zu vernachlässigen)

Elemente des Systems Engineering Ansatzes

- **Systemdenken**
- **Das Vorgehensprinzip**
„Vom Groben zum Detail“
- **Das Prinzip der Variantenbildung**
- **Das Prinzip der Phasengliederung**
(Anstoß, Situationsanalyse, Zielformulierung, Lösungssynthese, Analyse, Bewertung, Entscheidung, Ergebnis)

- Der erste bedeutende Einsatz von „Systems Engineering“ fand in der Telefonie statt.
- Bei der Entwicklung der Ariane-Rakete wurde Systems Engineering intensiv eingesetzt, was schließlich zu einem großen Erfolg der Rakete führte.
- Durch immer komplexer werdenden Flugzeuge wird seit kurzem Systems Engineering auch im Flugzeugbau eingesetzt

Frederic Vester

- Frederic Vester studierte Chemie, war Postdoktorand in Yale, Saarbrücken und München und habilitierte sich 1969 in Biochemie.
- Er gründete die "Studiengruppe für Biologie und Umwelt Frederic Vester GmbH" in München
- Mitglied Club of Rome
- Gestorben 2003
- seit Januar 2006 werden alle Projekte und Produkte Frederic Vesters und der frederic vester GmbH vom Malik Management Zentrum St. Gallen weitergeführt.



Systemanalyse

- Festlegen der **Systemgrenzen** zur Unterscheidung von System und Umwelt.
- Feststellen der **Systemelemente**, die für die Fragestellung als relevant betrachtet werden.
- Feststellen der **Beziehungen** zwischen den Systemelementen, die für die Fragestellung als relevant betrachtet werden.
- Feststellen der **Systemeigenschaften** auf der Makroebene (analog Fuzzy Logic).
- Feststellen der **Beziehungen** des Systems zur **Umwelt** bzw. zu anderen Systemen
- Interpretation
- Strategiebildung

Systembeschreibung

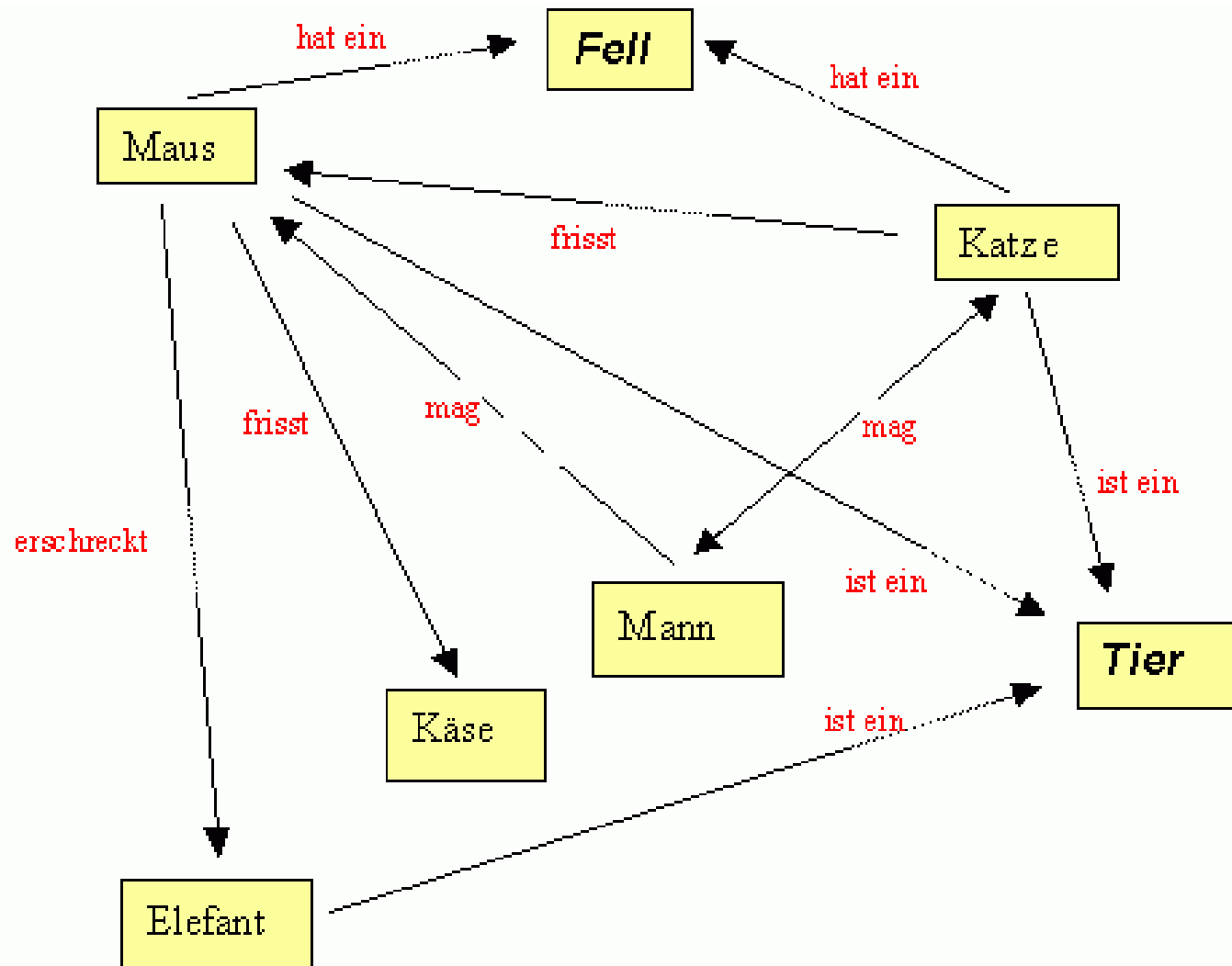
- **Wo liegen die Probleme?**
- **Was könnte man dagegen tun?**
- **Was hängt damit zusammen?**
- **Wodurch sind dem Grenzen gesetzt?**
- **Wer ist dagegen und warum?**
- **Was muss erhalten werden?**
- **Wodurch trägt sich das System?**
- **Was sind seine Besonderheiten?**

Was sind „Variable“?

- Knotenpunkte des Systems
- Fakten oder Erfahrungswerte
- können qualitativen oder quantitativen Charakter haben
- möglichst homogen bezüglich Aggregationsebene
- weder zu ausladend noch zu knapp
- pro Problem 20 - 40

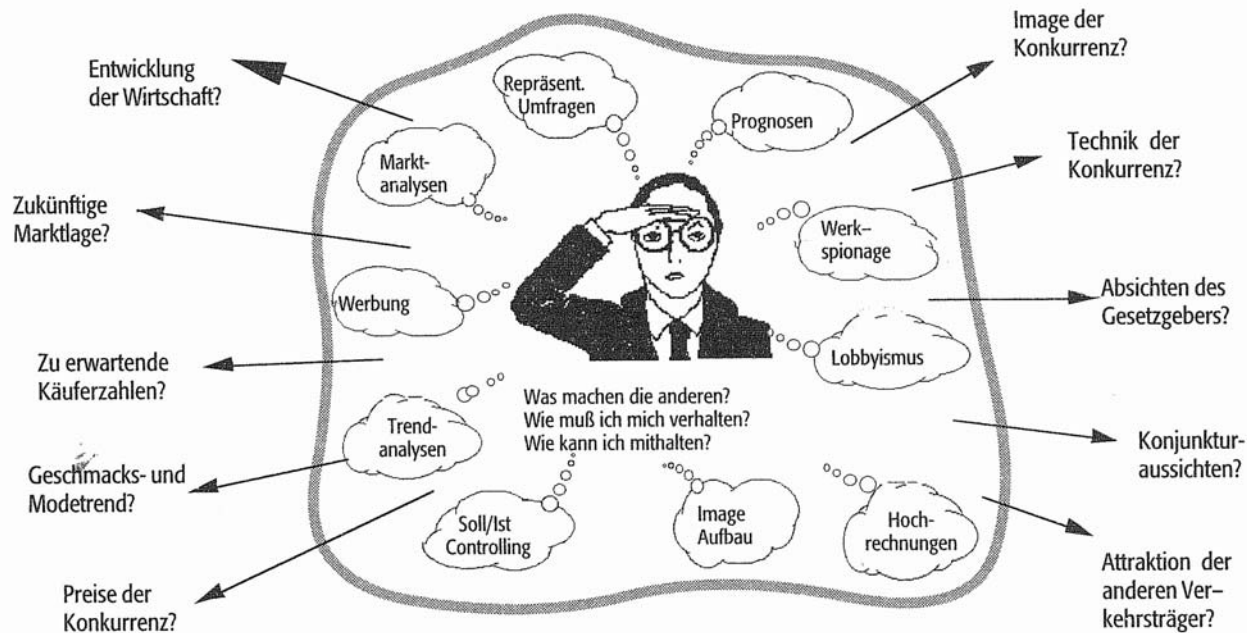
Was sind „Variable“?

- **Materie (Gebäude, Rohstoffe, Menschen, ...)**
 - **Energie (Stromverbrauch, Arbeitskräfte, ...)**
 - **Information (Medien, Entscheidungen, ...)**
-
- **Öffnet das System durch Input oder Output**
 - **Flussgröße/Strukturgröße**
 - **Von innen/von aussen steuerbar**



Übliche un-systemische Sichtweise

Blickrichtung: Ich stehe innen und schaue nach außen



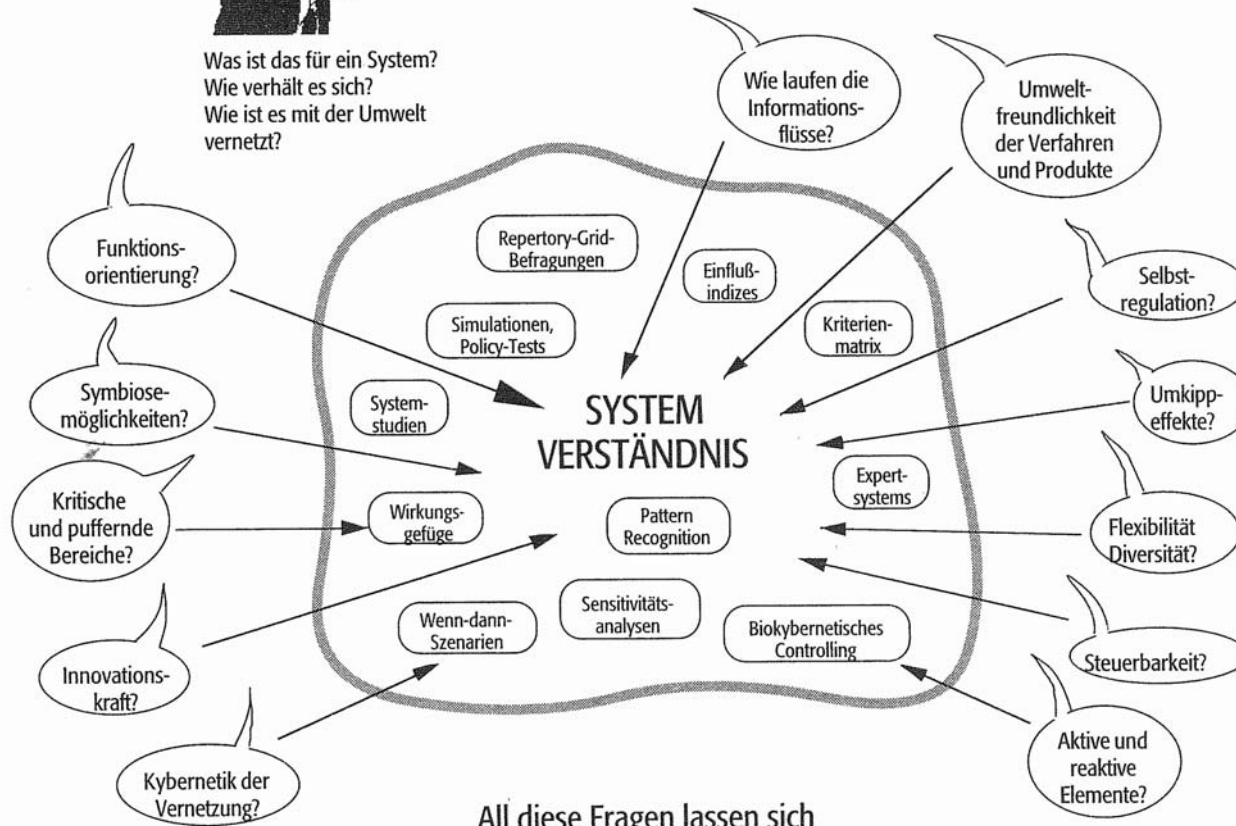
So erfahre ich nichts über mein System.
(Über die anderen Dinge nebenbei auch nichts !)
Also sollte ich meine Betrachtungsweise umstülpen.

Neue systemische Sichtweise



Was ist das für ein System?
Wie verhält es sich?
Wie ist es mit der Umwelt
vernetzt?

Blickrichtung: Man steigt heraus
und schaut nach innen

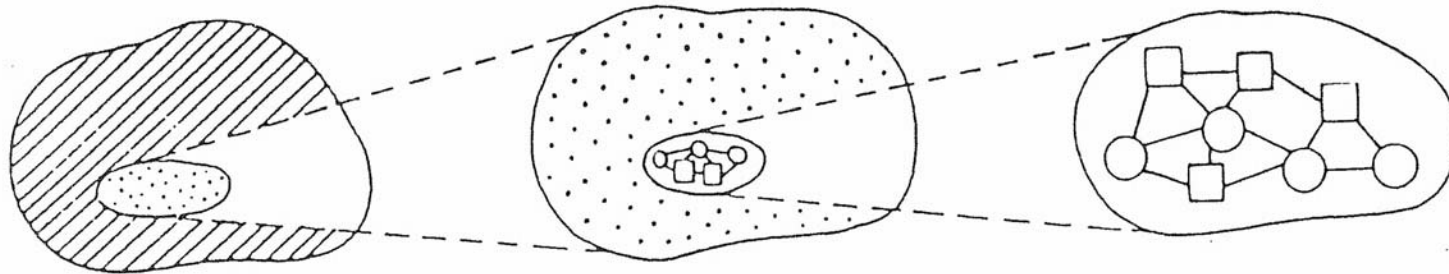


All diese Fragen lassen sich
durch geeignete Instrumente beantworten.
Nun kenne ich mein System und kann sinnvoll handeln.

Bundesebene

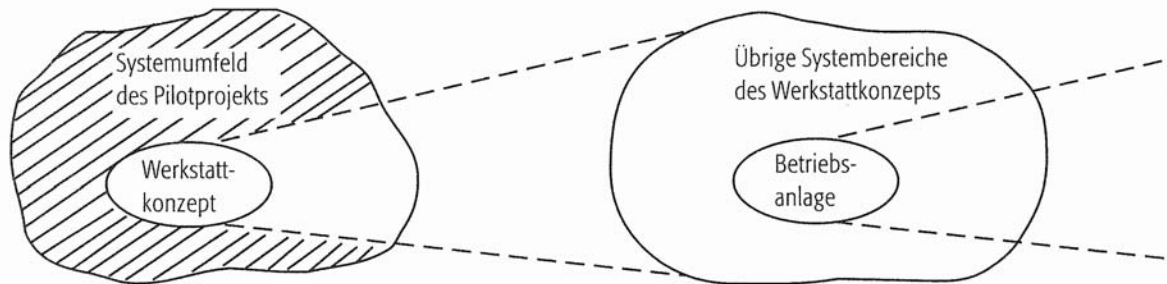
Genossenschaftsebene

Betriebsebene



Externes Wirkungsgefüge
Einzugsbereich als System

Internes Wirkungsgefüge
Pilotprojekt als System



Orientierungsmodell
Inhaltliche Bezüge und
generelle Wirkungen

Arbeitsmodell
Eingabe der recherchierten Unterlagen
und speziellen Wirkungen

Fuzzy Logic

- Lotfy Zadeh (1965)
- Anwendung in der Roboterprogrammierung, Prozeßsteuerung chemischer Verfahren, Autofokus bei Kameras, Bremsen von Aufzügen und U-Bahnen
- statt klassischer Regelalgorithmen Steuerung über qualitative Begriffe („etwas größer“, „etwas niedriger“, „etwas schneller“, „viel schneller“, ...)

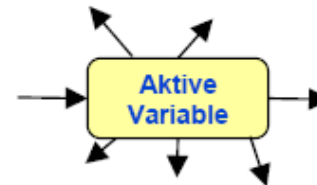


Wirkungen

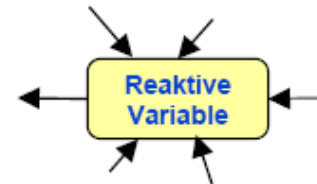
- verändere ich A und B ändert sich daraufhin stark, ist eine 3 angebracht (starke, überproportionale Beziehung)
- muss ich A stark verändern, um bei B eine gleich starke Veränderung zu erzielen: 2 (mittlere, proportionale Beziehung)
- ändert sich auf eine starke Veränderung von A hin B nur schwach: 1 (schwache Beziehung)
- bei gar keiner, schwacher, oder mit großer Zeitverzögerung erfolgender Wirkung: 0

Arten von Variablen

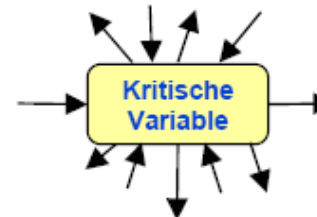
Welche Variablen beeinflussen alle anderen am stärksten, werden aber von ihnen am schwächsten beeinflusst (aktive Elemente)?



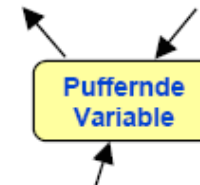
Welche Variablen beeinflussen die übrigen am schwächsten, werden aber selbst am stärksten beeinflusst (reaktive Elemente)?



Welche Elemente beeinflussen die übrigen am stärksten und werden gleichzeitig von ihnen am stärksten beeinflusst (kritische Elemente)?



Welche Elemente beeinflussen die übrigen am schwächsten und werden von ihnen am schwächsten beeinflusst (puffernde Elemente)?



Wirkungsmatrix

(Beispiel aus Ford Systemstudie, F. Vester)

Wirkung von ↓ auf →

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AS	Q	P
Gesellschaft und Politik													
1. Akzeptanz des herkömmlichen Automobils	•	1	3	2	1	3	3	2	1		29	153	551
2. Kritisches Verhalten der Bevölkerung	2	•	2	1	2	1	1	2			17	155	187
3. Zukunftsorientierte Verkehrs- und Umweltpolitik	2	2	•	3		1	1	2		1	21	150	294
Führung und Wirtschaftsweise des Unternehmens													
4. Beitrag von Ford zu zukunftsorientierten Lösungen	2	2	1	•	2	2	3		2	1	33	106	1023
5. Offene Information und Werbung nach außen	2	1	1	1	•	2	2				13	76	221
6. Vertrieb, Verkauf, Service	1			1		•	2		2	1	15	48	465
7. Image des Unternehmens und seiner Produkte	2		1		1	2	•		2		15	42	540
8. Zukunftsorientiertes Management	1		1	2	2	2	1	•	2	1	36	180	720
9. Solidität des Unternehmens			1	1			1	1	•		15	56	405
10. Herstellungskosten der Produkte	1			1		1	1		2	•	14	58	336
Stuktur und Produktionsweise													
11. Qualität der Produkte	1	1		1	1	2	3		2	2	17	106	272
12. Automatisierungsgrad				1		1	1	1	1	1	22	157	308
13. Flexibilität in der Produktion und Handlungsspielraum				1		1	2	1	2	1	21	81	546
14. Diversität der Fertigkeiten, Verfahren, Produkte,...				1		2	2	1	2	2	29	171	493
15. Stoff- und Energiedurchsatz und Schadstoffausstoss		1		3	1		2		1	2	16	133	192
16. Umwelt- und recyclinggerechtes Produzieren	1	1	1	2	1	1	1			1	21	117	378
17. Produktion funktionsorientierter Fahrzeuge	2	1	2	3	2	3	3	1	2	2	32	123	832
18. Kybernetische Struktur und Kommunikation	1			1	1	2	1	2	1	2	27	117	621
Der Mensch im Unternehmen Ford													
19. Beschäftigte der Ford-Werke, Zulieferer, Händler								1	2	2	12	57	252
20. Arbeitsplatzqualität							1	1		1	11	92	132
21. Bezahlung						1	1			2	8	133	48
22. Identifikation mit dem Unternehmen, Motivation	1	1		1	1	2	1	2	1	1	24	71	816
23. Ausbildung und Information im Unternehmen				2	1	2	1	2	1	1	26	173	390
24. Innovationsfähigkeit des Unternehmens			1	3	1		2	1	1	1	26	87	780
Passivsumme	19	11	14	31	17	31	36	20	27	24			

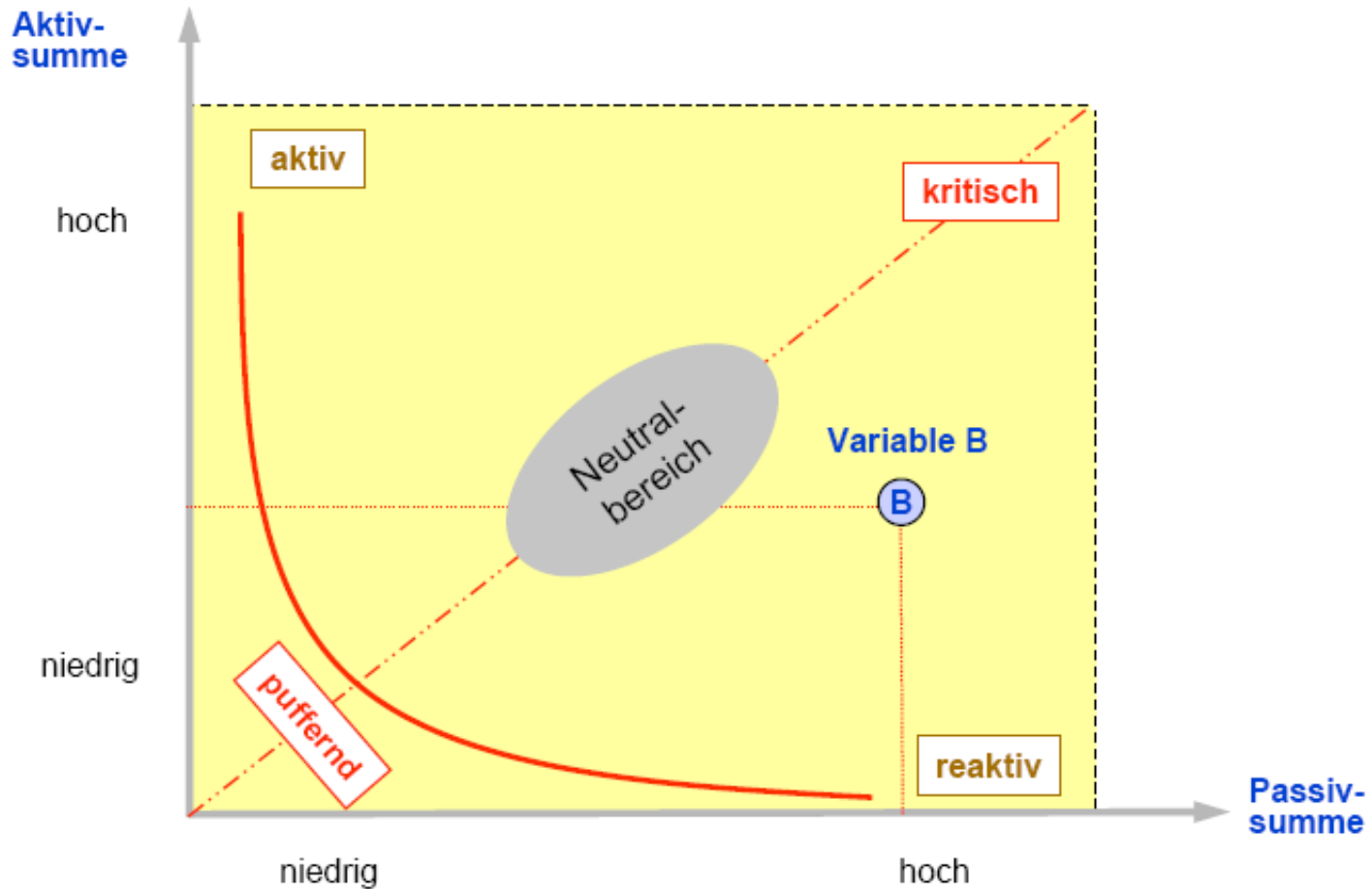
1 = schwache Wirkung
2 = mittlere Wirkung
3 = starke Wirkung

AS = Aktivsumme PS = Passivsumme
Q = Quotient AS:PS P = Produkt AS x PS

Einflussindex

- **Berechnung der Aktivsumme jeder Variable**
- **Berechnung der Passivsumme**
- **Verhältnis Aktiv- zu Passivsumme**
- **Produkt Aktiv- mal Passivsumme**

Einordnung der Variablen



Einflüsse im Einzelunternehmen

<p>AKTIV – REAKTIV (Q-Werte)</p> <p>HOCHAKTIV (>225)</p> <p>AKTIV (161-225)</p> <p>8 Zukunftsorientiertes Management (180) 23 Ausbildung/ Information bei Ford (173) 14 Diversität der Fertigkeiten (171)</p> <p>LEICHT AKTIV (131-160)</p> <p>12 Automatisierungsgrad (157) 2 Kritisches Verhalten der Bevölkerung (155) 1 Akzeptanz des herkömmlichen Autos (153) 3 Zukunftsorient. Verkehr-/Umweltpolitik (150) 15 Stoff-/Energiedurchsatz, Schadstoffe (133) 21 Bezahlung (133)</p> <p>NEUTRAL (76-130)</p> <p>17 Produktion funktionsorient. Fahrzeuge (123) 16 Umwelt- u. recyclingger. Produzieren (117) 18 Kybernet. Struktur u. Kommunikation (117) 4 Beitrag zu zukunftsorient. Lösungen (106) 11 Qualität der Produkte (106)</p> <p>----- Neutrallinie -----</p> <p>20 Arbeitsplatzqualität (92) 24 Innovationsfähigkeit d. Unternehmens (87) 13 Flexibilität und Handlungsspielraum (81) 5 Offene Info./Werbung nach außen (76)</p> <p>LEICHT REAKTIV (63-75)</p> <p>22 Identifikation mit der Firma, Motivation (71)</p> <p>REAKTIV (45-62)</p> <p>10 Herstellungskosten der Produkte (58) 19 Beschäftigte der Fordwerke, Zulieferer (57) 9 Solidität des Unternehmens (56) 6 Vertrieb, Verkauf, Service (48)</p> <p>STARK REAKTIV (<45)</p> <p>7 Image d. Unternehmens u. d. Produkte (42)</p>	<p>KRITISCH – PUFFERND (P-Werte)</p> <p>HOCHKRITISCH (>1322)</p> <p>KRITISCH (900-1322)</p> <p>4 Beitrag zu zukunftsorient. Lösungen (1023)</p> <p>LEICHT KRITISCH (635-899)</p> <p>17 Produktion funktionsorientier. Fahrzeuge (832) 22 Identifikation mit Ford, Motivation (816) 24 Innovationsfähigkeit d. Unternehmens (780) 8 Zukunftsorientiertes Management (729)</p> <p>NEUTRAL (423-634)</p> <p>18 Kybernet. Struktur u. Kommunikation (621) 1 Akzeptanz des herkömmlichen Autos (551) 13 Flexibilität und Handlungsspielraum (546) 7 Image d. Unternehmens u. d. Produkte (540)</p> <p>----- Neutrallinie -----</p> <p>14 Diversität der Fertigkeiten (493) 6 Vertrieb, Verkauf, Service (465)</p> <p>SCHWACH PUFFERND (264-422)</p> <p>9 Solidität des Unternehmens (405) 23 Ausbildung/ Information bei Ford (390) 16 Umwelt- und recyclingger. Produzieren (378) 10 Herstellungskosten der Produkte (336) 12 Automatisierungsgrad (308) 3 Zukunftsorient. Verkehrs-/Umweltpolitik (294) 11 Qualität der Produkte (272)</p> <p>PUFFERND (85-263)</p> <p>19 Beschäftigte der Fordwerke, Zulieferer (252) 5 Offene Info./Werbung nach außen (221) 15 Stoff-/Energiedurchsatz, Schadstoffe (192) 2 Kritisches Verhalten der Bevölkerung (187) 20 Arbeitsplatzqualität (132)</p> <p>STARK PUFFERND (<85)</p> <p>21 Bezahlung (48)</p>
--	---

Grundregeln der Biokybernetik

(nach Vester)

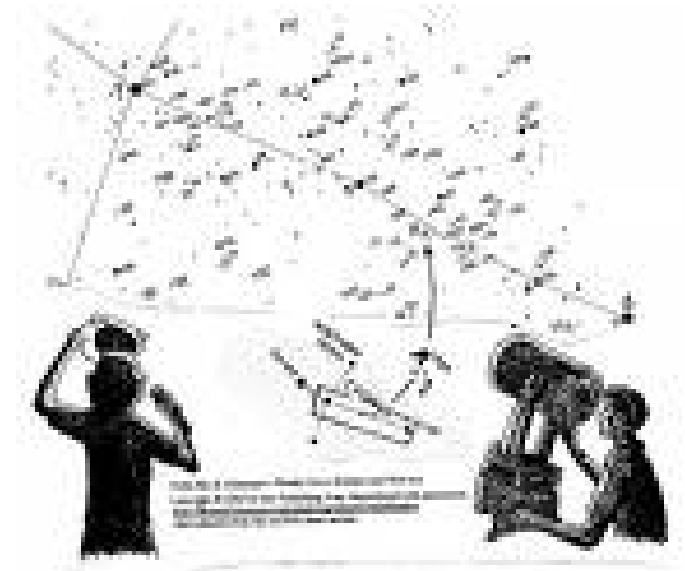
1. Negative Rückkoppelung muss über positive Rückkoppelung dominieren
2. Die Systemfunktion muss von quantitativem Wachstum unabhängig sein
3. Das System muss funktionsorientiert und nicht produktorientiert arbeiten
4. Nutzung vorhandener Kräfte nach dem Jiu-Jitsu-Prinzip (anstelle der Boxer-Methode)
5. Mehrfachnutzung
6. Recycling
7. Symbiose
8. Biologisches Design durch Feedback

Anwendung bei:

- Leitbilder für Regionen und Städte (Schaffhausen, Kuala Lumpur, Tianjing)
- Abfallwirtschaft, Energie, Umwelt (Schweiz, Daimler)
- Verkehrsplanung (Obersdorf, Region Rhein/Main)
- Unternehmensstrategie
- Risikomanagement

Der Systemanalyseansatz bewirkt:

- ganzheitliche Erfassung
- Reduktion der Datenflut
- „Fuzzy Logic“ als Basis



➤ **Interaktive Arbeitsweise**

➤ **Permanentes
Arbeitsinstrument**

➤ **Argumentationshilfe**



- **neuartige Lösungen**
- **erweiterter Handlungsspielraum**
- **keine Nonsense-Prognosen**
- **Denkhilfe, nicht Denkersatz**
- **Rückhalt für vernetztes Denken**

Ziele des Praktikums

- Zur Unterstützung der geplanten nachhaltigen Autarkisierung der Region Obersteiermark West im Energiebereich
- Untersuchung der Wertschöpfungsgenerierung auf regionaler Ebene mit Bezug auf die Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Rohstoffe zur Erzeugung von Ökostrom und Wärme
- interdisziplinäre Analyse des Potenzials für den Aufbau von lokalen Energienetzwerken in dieser Region

Ziele des Praktikums - 2

- Dabei sollen die relevanten **Akteure**, der Energieeinsatz, die Energiebereitstellung und der Ansatz für eine zukünftige **Zusammenarbeit** im Energiebereich beschrieben werden.
- Zusätzlich soll durch die Analyse der Rahmenbedingungen für eine regionale Energieautarkisierung in **Slowenien** die Ausgangslage für eine angestrebte interregionale Kooperation bei der Realisierung der Energievision für die Obersteiermark West ausgelotet werden

Literatur

- Daenzer, W. F.; Huber, F. (Hrsg.): **Systems Engineering**. Methodik und Praxis, 10. Auflage, Zürich: Verlag Industrielle Organisation 1999, ISBN: 3-85743-998-X
- Rainer Züst, **Systems Engineering, kurz und bündig**, 1999, ISBN 3857439998
- John C. Ballamy, **Digital Telephony** (Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing), 2000, ISBN 0471345717
- Frederic Vester, **Unsere Welt - ein vernetztes System**, dtv, 2002, ISBN 3423330465
- Frederic Vester, **Die Kunst vernetzt zu denken - Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität**, dtv, 1999, ISBN 3423330775, 5. Auflage 2005