Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 106 (1988)
Heft: 49

Artikel: Papiercomputer als Hilfsmittel zur Systembeurteilung
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85861

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

der Überlebensfähigkeit angestrebt. Diese Grundlinie des evolutionären Managements zeigt, dass Überleben weit mehr bedeutet als blosses Vegetieren. Es schliesst spontane Weiterentwicklung, Entfaltung und Evolution eines Systems wie auch seiner Glieder mit ein.

Spontane Ordnungsbildungen

Was liegt dem naturwissenschaftlich zugrunde? Nun, schon die Existenz von Atomen und Molekülen und deren spontane Bildung zeigen ja, dass sich hier aus ungeordneten Ansammlungen von Teilchen oder Wellen eine höher strukturierte Energie bzw. ein komplexes System aus unterschiedlichen Teilchen formiert, die in starker dynamischer Wechselwirkung stehen. Der klassische Entropiesatz gilt aber streng genommen nur für schwache Wechselwirkungen statistisch grosser Teilchenmengen und nicht für eine kleine Zahl intensiv kommunizierender Partner, die sich sozusagen «kennen», man könnte auch sagen «lieben», und sozusagen eine höhere Einheit bilden, die mehr als die Summe der Teile ist.

Im einen Fall haben wir also statistische Vorgänge. Bei denen ist der wahrscheinlichere Zustand derjenige einer grösseren Unordnung. Im andern Fall haben wir das Zusammenspiel einer kleinen Teilchengruppe, einiger Komponenten, zwischen denen zum Beispiel Symbiose möglich ist und sich eine kybernetische Wechselwirkung ausbilden kann. In diesem Moment ist aber nicht mehr Unordnung, sondern Ordnung der wahrscheinlichere Zustand, dem das System spontan zustrebt. Wir brauchen also eigentlich nur die Entropiegesetze wieder auf die ursprüngliche Aussage zurückzuführen, dass lediglich der wahrscheinlichere Zustand angestrebt wird – ganz gleich, ob dieser Ordnung oder Unordnung heisst, dann wäre sogar in diesem Bereich der Thermodynamik die Welt wieder in Ordnung. Wir sind gerade dabei, die Gültigkeit dieser Aussage zu prüfen.

Was kommt nun bei der spontanen Ordnungsbildung heraus? Bei lebenden Systemen, die vernetzte Strukturen während des Wachstums ausbilden (also nicht wie eine Maschine aus fertigen Teilen zusammengesetzt werden), wirken nun Erbanlagen und Umwelt so zusammen, dass zwar feste Strukturen entstehen, aber gleichzeitig ein dynamisches Fliessgleichgewicht herrscht. In jedem von uns entstehen laufend neue Zellen und vergehen wieder – und doch bleibt der Mensch der gleiche. Man kennt ihn sogar nach Jahren wieder, obwohl nur noch ein Bruchteil der damaligen Zellen vorhanden sind.

Dasselbe gilt für grössere Organisationen, wie etwa eine Baustelle, ein Unternehmen oder ein Gewerbegebiet. Denn all diese sind genauso wie eine lebende Zelle Organismen, in denen Lebewesen (insbesondere Menschen) und anorganische Maschinen zusammenarbeiten. Auch die Zelle arbeitet ja nicht nur mit dem lebenden Genmaterial, sondern mit daneben angeordneten winzigen Kraftwerken, Produktionsstätten, Membranpumpen und einer Menge sozusagen toter Moleküle und den aus ihnen entstandenen Strukturen. Trotzdem ist es eine lebende Zelle.

Fazit

Die Lehre daraus ist einfach: Das Wirkungsgefüge von Systemen muss so strukturiert werden, dass spontane Ordnungen entstehen können. Und diese werden entstehen, wenn wir auf der Basis kybernetisch begründbarer Strukturkriterien die richtigen Bestandteile und Konstellationen dazu schaffen, zum Beispiel Selbstregulationskräfte in den kybernetisch richtigen Kontext setzen. Dann läuft auch auf einmal alles sehr viel leichter, der nötige Input schrumpft auf minimale Steuerenergie. Damit ist auch das Geheimnis der biokybernetischen Grundregeln geklärt. Sie führen das System durch Bildung starker Wechselwirkungen genau in diese Richtung.

Weitere Veröffentlichungen des Autors

Vester, Frederic: Neuland des Denkens, dtv Nr. 10220; Ein Weg aus den Sackgassen der Gegenwart mit Hilfe des «vernetzten» Denkens.

Vester, Frederic: Ballungsgebiet in der Krise, dtv Nr. 10080; Eine faszinierende Alternative zur Planung dichter Siedlungsgebiete, die den Aktivitäten und Bedürfnissen des Menschen als Teil einer lebensfähigen Umwelt gerecht wird.

Vester, Frederic: Denken, Lernen, Vergessen, dtv Nr. 1327: Der anschauliche Nachweis, dass alle Mühe umsonst ist, wenn man beim Lehren und Lernen gegen die biologischen Grundgesetze verstösst. Ein Testprogramm für jeden Lerntyp hilft dem Leser seinen «biologischen Computer» effektiver zu nutzen.

Vester, Frederic: Unsere Welt – ein vernetztes System, dtv Nr. 10118; Wie können wir grundlegende Gesetzmässigkeiten von Systemen verstehen, beurteilen und zur Lösung aktueller Probleme einsetzen?

Vester, Frederic: Phänomen Stress, dtv Nr. 1396; Das Buch geht nicht allein wissenschaftlich fundiert anhand von Beispielen aus dem täglichen Leben dem Phänomen Stress nach, sondern zeigt auch neue Möglichkeiten auf, mit oder trotz ihm zu leben.

Vester, Frederic: Ökolopoly, ein kybernetisches Umweltspiel, Otto Maier Verlag, Ravensburg; Ein typisches Industrieland, «Kybernetien», kann vom Spieler als «Steuermann» durch Investitionen von Geld, Einfluss, Ideen und Gesetzen gesteuert werden, um die Lebensqualität zu erhöhen und den Lebensraum zu stabilisieren.

Papiercomputer als Hilfsmittel zur Systembeurteilung

Mit Hilfe einer einfachen Einflussmatrix, des sogenannten «Papiercomputers» unseres Sensitivitätsmodells, kann die Rolle der Komponenten eines Systems unter dem Aspekt ihrer Dominanz bzw. Beeinflussbarkeit wie auch ihrer Beteiligung am Geschehen abgeschätzt werden.

Damit diese Rolle, die man nie aus einer auch noch so intensiven Detailbetrachtung der Komponenten selbst erfährt, sichtbar wird, lässt die Einflussmatrix die Daten der Komponenten selbst hinter den Beziehungen zwischen ihnen zurücktreten. Sie hinterfragt so bereits den Systemzusammenhang. Ausserdem wird man feststellen, dass sich beim Arbeiten mit der Matrix durch das lückenlose Abfragen jeder überhaupt möglichen Beziehung viele Fragen erst stellen, die selbst der Insider bisher verdrängt hat.

Mit etwas Grundschulmathematik ergibt sich dann aus der Matrix die Position der Systemkomponenten zwischen den Eigenschaften «aktiv-reaktiv» und zwischen «kritisch-puffernd» und damit eine erste Möglichkeit, komplexe Systeme zu durchleuchten und die eine oder andere entscheidende Systemeigenschaft zu erkennen.

Das Prinzip lässt sich am besten an einem praktischen Beispiel erklären.

Dazu ein Übungsbeispiel, das gleichzeitig die universelle Anwendbarkeit des Instrumentariums demonstriert.

Eine Anleitung zum Do-it-yourself-Computer

Da sich schon in kleinen Systemen, wie z.B. einer Familie oder einem einzelnen Menschen, die kybernetische Rolle einer Systemkomponente niemals aus ihr selbst ergibt – man kann sie noch so genau studieren, befragen, messen oder analysieren –, sondern auch hier ausschliesslich aus ihren Wechselwirkungen (Interdependenzen) mit den übrigen Komponenten, ist der erste Schritt zu ihrer sinnvollen Beschreibung eine Abschätzung der Einflüsse jeder Komponente auf jede andere (Bild rechts).

Das abgebildete Schema zeigt die Wechselbeziehungen der Komponenten: persönliche Fähigkeiten – berufliche und private Kontakte – wirtschaftliche Lage – psychisch-physische Stabilität – Mobilität/Ortsgebundenheit – berufliche Angebote/Aufträge – Erwartungen des Partners – aktuelle Tätigkeit. Eine Liste, die selbstverständlich noch viel weiter fortgeführt werden müsste.

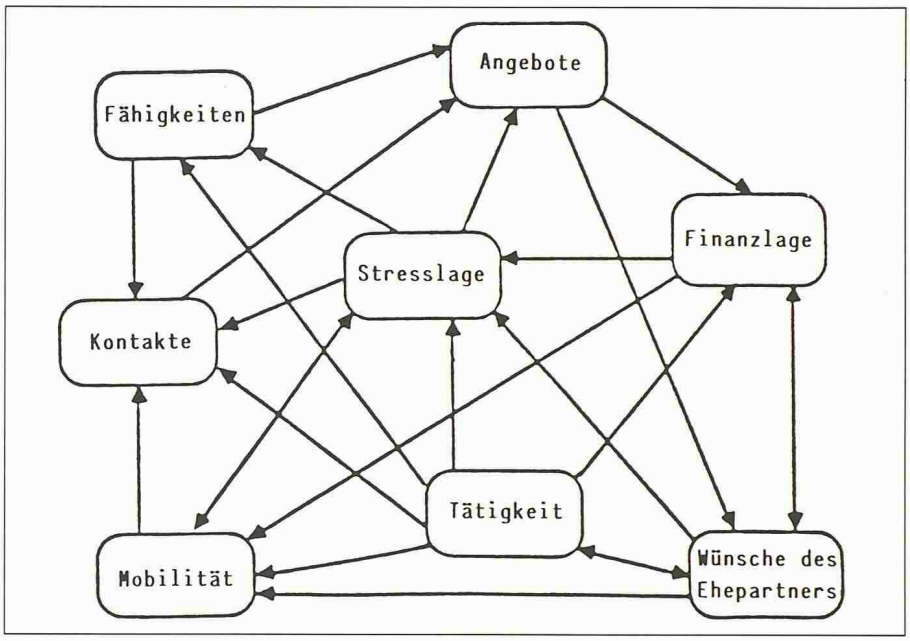
Jede dieser 8 Komponenten wird von anderen beeinflusst und übt ebenso einen Einfluss auf sie aus. Diese erste schematische Betrachtung gibt zwar einen Eindruck von der Vernetzung der Komponenten im Systemzusammenhang, sie sagt aber nichts aus über die Stärke der gegenseitigen Beeinflussungen. Sie kann uns auch folgendes noch nicht beantworten:

Welches Element beeinflusst alle anderen am stärksten, wird aber von ihnen am schwächsten beeinflusst (aktives Element)?

Welches Element beeinflusst die übrigen am schwächsten, wird aber selbst am stärksten beeinflusst (passives Element)?

Welches Element beeinflusst die übrigen am stärksten und wird gleichzeitig von ihnen am stärksten beeinflusst (kritisches Element)?

Welches Element beeinflusst die übrigen am schwächsten und wird von ihnen am schwächsten beeinflusst (ruhendes oder pufferndes Element)?



Um diese Fragen zu beantworten, greifen wir zur Einflussmatrix, dem sogenannten «Papiercomputer», wie ihn die nächste Abbildung darstellt (Bild unten links).

Die Komponenten sind dort von oben nach unten (Einwirkungen von) sowie von links nach rechts (Einwirkungen auf) angeordnet. Die Reihenfolge spielt dabei keine Rolle. Da sich in unserem Schema die Komponenten selber nicht beeinflussen können, sind alle Kästchen, in denen jedes Element auf sich selbst trifft, lediglich mit einem X markiert. Nun können wir sofort mit der Bewertung der einzelnen Wechselwirkungen anfangen. Zum Beispiel, indem wir in die Kästchen, so wie im folgenden Beispiel, die Zahlen von 0 bis 3 eintragen.

0 = keine Einwirkung
1 = schwache Einwirkung
2 = mittlere Einwirkung
3 = starke Einwirkung

Die Eintragungen nehmen wir einfach einmal so vor, wie wir nach einigem Nachdenken die relativen Wirkungen einschätzen. Natürlich können verschiedene Personen unterschiedliche Wertungen eintragen und so zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen (Bild unten rechts).

Wenn wir nun die Frage beantwortet haben, wie stark jede Komponente jede andere beeinflusst, und alle Kästchen ausgefüllt sind, ergeben bereits folgende simple Rechnungen eine Antwort auf unsere obigen Fragen: Alle neben einer der Komponenten von links nach rechts addierten Zahlen ergeben die sogenannte Aktivsumme (AS) dieser Komponente; die von oben nach unten addierten Zahlen einer Spalte die sogenannte Passivsumme. Diejenige Komponente, die die anderen am stärksten beeinflusst, also am stärksten agiert (ganz abgesehen davon, wie sie selber beeinflusst wird), hat dann die höchste Aktivsumme. Die Komponente, die am meisten beeinflusst wird, also am stärksten reagiert, erhält die höchste Passivsumme (PS).

Auswertung und Interpretation

Wollen wir nun die weiter oben erwähnten vier besonderen Elemente herausfinden, so geschieht das folgendermassen: Wir teilen die Aktivsumme jeder Komponente durch ihre Passivsumme (AS : PS = Quotient Q). Die Komponente mit der höchsten Q-Zahl ist dann das aktive Element, die mit der niedrigsten Q-Zahl das reaktive Element des betrachteten Systems.

	Wirkung von auf	A	B	C	D	E	F	G	H	AS
A	Fähigkeiten	X								
B	Kontakte		X							
C	Finanzlage			X						
D	Streßlage				X					
E	Mobilität					X				
F	Angebote						X			
G	Ehepartner							X		
H	Tätigkeit								X	
	PS									
	AS/PS x 10									
	AS x PS									

	Wirkung von auf	A	B	C	D	E	F	G	H	AS
A	Fähigkeiten	X	2	0	2	1	2	2	2	11
B	Kontakte	0	X	1	1	0	3	1	3	9
C	Finanzlage	1	1	X	2	2	0	2	2	10
D	Streßlage	3	3	0	X	1	0	2	2	11
E	Mobilität	0	3	0	1	X	1	1	1	7
F	Angebote	1	2	2	3	1	X	2	3	14
G	Ehepartner	1	1	0	3	0	0	X	2	7
H	Tätigkeit	2	3	3	3	1	2	2	X	16
	PS	8	15	6	15	6	8	12	15	
	AS/PS x 10	14	6	17	7,3	12	18	5,8	11	
	AS x PS	88	135	60	165	42	112	84	240	

Im nächsten Schritt multiplizieren wir die Aktivsumme einer jeden Komponente mit ihrer Passivsumme (AS × PS = Produkt P). Die Komponente mit der höchsten P-Zahl ist dann das kritische Element und die mit der niedrigsten P-Zahl das puffernde Element des betrachteten Systems.

Für die in unserem Schema benutzten acht Komponenten wurde mit den im Muster angegebenen Wirkungszahlen folgende Bewertung gefunden:

Aktives Element
(höchste Q-Zahl; 1,83)
F = Angebote

Reaktives Element
(niedrigste Q-Zahl; 0,54)
G = Wünsche des Partners

Kritisches Element
(höchste P-Zahl; 240)
H = derzeitig ausgeübte Tätigkeit

Pufferndes Element
(niedrigste P-Zahl; 42)
E = Mobilität

Die Interpretation dieser Zuordnung verlangt natürlich einiges weitere Nachdenken. Sie ergibt dann insbesondere im Hinblick auf Chancen und Risiken (kritische Elemente), auf geeignete Hebel zur Änderung der Situation (aktive Elemente), auf die Nutzung als Indikator (reaktive Elemente) und auf Bereiche, die ein Experimentieren erlauben, aber auch trügerisch sein können (puffernde Elemente), oft überraschende Hinweise.

Obwohl wir auch bei einer umfangreicheren Einflussmatrix nie alle beteiligten Elemente berücksichtigen können und obwohl die Wechselwirkungen feiner bewertet werden müssten, um eine stichhaltige Analyse und Entscheidungshilfe zu geben, öffnet die Denkhilfe «Papiercomputer» doch ein wichtiges Verständnis: die Einfühlung in die fluktuierenden Zusammenhänge und in das empfindliche Wechselspiel eines kybernetischen Systems, wie es z.B. unser berufliches Umfeld darstellt.

Für das obige Beispiel wurden bewusst nur wenige Komponenten ausgewählt. Das Resultat war zum Teil vorauszusehen. Aufschlussreicher und überraschend wird das Ergebnis dann, wenn noch weitere einschlägige Komponenten berücksichtigt werden. Zum Beispiel: Wohnort, Weiterbildung, Interessenlage, Sinnerfüllung, Ernährung, Arbeitskollegen, Familienbindung, Stressfaktoren etc., die wir deshalb auch in das folgende Do-it-yourself-Beispiel mit hineingenommen haben.

Viel Spass beim Ausfüllen und Analysieren.

A Lebensbereiche

A1 Wirtschaft
Industrie, Land- und Forstwirtschaft, Rohstoffe und Energie, Dienstleistungen, Kapital, Arbeitsplätze

A2 Bevölkerung
Geburten- und Sterberate, Struktur, Dynamik und Wanderung, Arbeitskräfte

A3 Flächennutzung
Brachland, land- und forstwirtschaftliche Flächen, Feuchtgebiete, besondere Biotope, Siedlungen, Gewerbe, Industrie, Verkehrsflächen

A4 Humanökologie
Lebensqualität, Wohlbefinden, Selbstverwirklichung, Zusammenleben, Sicherheit, Fürsorge, Bildung, Information

A5 Naturhaushalt
Luft/Wasser/Boden/Lebewelt, Ökologie, Leistung

A6 Infrastruktur
Verkehr, Tourismus, Kommunikation, Medien, Versorgung, Entsorgung

A7 Gemeinwesen
Regionaler und kommunaler Haushalt, Steuern, öffentliche Massnahmen und Leistungen, Verordnungen

A8 Randbedingungen
Grundangaben und Konstanten des Systems wie Klima, Geologie, Gebirgskunde, Gesamtfläche usw..., die gewissermassen das Konditionsgitter abgeben.

B Physikalische Grundkategorien

B1 Materie
Variable mit vorwiegend materiellem Charakter: Siedlungen, Menschen, in Produktionsmittel investiertes Kapital, Rohstoffe usw.

B2 Energie
Variable mit vorwiegendem Energiecharakter: Stromverbrauch, Arbeitskräfte, Energie, Rohstoffe usw.

B3 Information
Variable mit vorwiegendem Informations- und Kommunikationscharakter: Medien, Strassen, Kapitalfluss, Massnahmen, Attraktivitäten usw.

B4 Variable, die durch Zahlenwerte oder andere Vergleichswerte und Einheiten näher bestimmbar ist.

B5 Blockvariable
Aus mehreren Grössen zusammengesetzte Variable: Quoten wie Arbeitsplätze/investiertes Kapital, aus Einzelattraktivitäten gebildete Gesamtattraktivität eines Touristengebietes usw.

C Dynamische Grundkategorien

C1 Flussgrösse
Variable, die vorwiegend Flüsse innerhalb des Systems ausdrückt: Stromverbrauch, Verkehr, Pendler usw.

C2 Strukturgrösse
Variable, die mehr struktur- als flussbestimmend ist: Grünflächen, Bevölkerungsdichten, Verkehrsnetz, Erreichbarkeit, berufliche Diversität usw.

C3 Variable von vorwiegend zeitlicher Dynamik, die sich am gleichen Standort im Laufe der Zeit verändert.

C4 Variable von vorwiegend räumlicher Dynamik, die zu einer gegebenen Zeit von Standort zu Standort verschieden ist.

C5 Bezugsgrösse, «Konstante»
Im Betrachtungszeitraum unveränderliche Variable.

D Systembeziehung

D1 Öffnet das System vorwiegend durch Input:
Niederschläge, Importe, Bettenangebot für Fremdenverkehr, überregionale Erlasse und Entscheidungen usw.

D2 Öffnet das System vorwiegend durch Output:
Abflüsse, Auspendler, Exporte, überregionale Steuern usw.

D3 Durch innere Entscheidungsprozesse beeinflussbar

D4 Durch äussere Entscheidungsprozesse beeinflussbar

Tabelle 1. Beispiel von Kriteriengruppen eines Variablensatzes mit Erklärungen der einzelnen Kriterien für die Variablenzuordnung (nach Prof. Dr. F. Vester)

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *F. Vester*, Universität der Bundeswehr, München.