

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 98 (1980)  
**Heft:** 33-34

**Artikel:** Die technische Herausforderung der achtziger Jahre: unsere Welt - ein vernetztes System  
**Autor:** Vester, Frederic  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74164>

### **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:** 09.01.2026

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

# Die technische Herausforderung der achtziger Jahre

## Unsere Welt – ein vernetztes System

Von Frederic Vester, München

Wir scheinen zwischen Gegensätzen zu leben. In einer Welt voller Kollisionen: zwischen Technik und Natur, Industrie und Umwelt, Mensch und Maschine. Handelt es sich wirklich um Gegensätze? Prinzipiell wohl nicht. Die Industrie ist Teil der Umwelt, der Mensch in vielem Maschine, und auch die Technik wurde nicht erst von uns erfunden. Ihr Ursprung wurzelt tief im Schosse der Natur. Nicht zuletzt mit Hilfe seiner ausgeklügelten Techniken hat das Leben in der Welt immerhin vier Milliarden Jahre überlebt. Genug Garantiezeit also, dass wir Menschen uns nicht zu scheuen brauchen, von dieser «Firma» zu lernen, die sich über eine so lange Zeit über Wasser gehalten hat.

Sehr häufig werde ich gefragt, wieso ich mich als Biochemiker mit kybernetischen Technologien, mit Systemanalysen und Umweltforschung und auf der anderen Seite mit Lernbiologie, Zellvorgängen und sogar mit psychosomatischen Vorgängen wie dem Stressmechanismus befasste. Die Antwort liegt eigentlich genau in dem Titel meiner seit zwei Jahren laufenden internationalen Wanderausstellung, die als Sonderschau zum 75-Jahr-Jubiläum des Deutschen Museums Premiere hatte und ja auch hier in der Schweiz an verschiedenen Orten, darunter im Verkehrsmuseum Luzern, zu sehen war. Sie heisst: «Unsere Welt – ein vernetztes System» [1]. Und so ist es auch weniger ein bestimmtes Gebiet, mit dem ich mich in meinen Untersuchungen beschäftige, als ein ganz bestimmter Ansatz, auf den ich mich quasi spezialisiert habe (so paradox das Wort Spezialisierung klingen mag, wenn man damit so unterschiedliche Projekte angeht). Dieser Ansatz kommt aber nun wieder aus meinem eigentlichen Fach, der *Biochemie*: es ist die Biokybernetik, die Wissenschaft von den Steuerungsvorgängen in lebenden Systemen.

### Steuerungsvorgänge in lebenden Systemen

Von diesem Ansatz ausgehend studieren wir in meinem Institut vor allem das Systemverhalten auf bestimmte Eingriffe hin bzw. das Verhalten von einzelnen Technologien und Organisationsformen in Systemen. Dabei orientieren wir uns an den Gesetzmässigkeiten des

einzigsten lebensfähigen Systems, das es auf diesem Planeten gibt, nämlich des biologischen, von dem ja auch wir selbst ein Teil sind. Dies hat den Vorteil, dass Hinweise, die aus *dieser* Quelle stammen, weniger zu kurzfristigen Scheinlösungen, sondern eher zu wirklich lebensfähigen Lösungen führen dürften.

Schauen wir uns diese Quelle einmal näher an. Gerade in meinen letzten Publikationen habe ich in diesem Zusammenhang immer wieder betont, dass das biologische System nicht nur die *Fähigkeit*, sondern bisher auch die einzige vernünftige *Garantiezeit* des Überlebens, nämlich rund vier Milliarden Jahre aufzuweisen hat, und dass es sich sicher lohne, einiges von einer «Firma» zu lernen, die über eine so lange Zeit nicht Pleite gemacht hat [2].

Wer sich nun in der Biologie nicht gut auskennt, wird wahrscheinlich gleich fragen: was soll so ein System aus Algen, aus Plankton, verletzlichen Tieren und zarten Pflänzchen unseren Wirtschaftsbossen mit ihren gigantischen Technologien schon vormachen können? Nun, man kann ausrechnen, dass diese zarten Pflänzchen immerhin einen Jahresumsatz von 200 Milliarden Tonnen Kohlenstoffverbindungen machen, dass sie mit ihren subtilen Funktionen allein 100 Milliarden Tonnen Sauerstoff produzieren und selbst an Schwer- und Leichtmetallen wie Eisen, Vanadium und Kobalt, Magnesium, Natrium, Kalium und Kalzium Jahr für Jahr zusammengenommen weitere Milliarden Tonnen verarbeiten.

Wir haben es also hier durchaus mit einem Energie- und Stoffumsatz gewal-

tigen Ausmasses zu tun, mit einem technologischen Supersystem, das dazu noch mit einem traumhaften Wirkungsgrad von bis zu 98 Prozent arbeitet (unser Benzinmotor mit maximal 13 Prozent, ein Elektroherd mit vielleicht 10 Prozent). Das geschieht durch eine clevere Nutzung von Wirkungskoppelungen, Energiekaskaden und Energieketten, Symbiosen und Selbstregulationsprozessen, ganz gleich, wo wir auch hinschauen: sei es in winzigen Sonnenkraftwerken wie in den Chloroplasten eines jeden Blättchens oder wie in den energieliefernden Mitochondrien einer jeden Säugetierzelle. Ein System, das ausserdem weder Energie- noch Abfallsorgen hat, denn für jedes Abfallprodukt stehen Organismen und Enzyme bereit, die es gleich wieder in ein neues Ausgangsprodukt verwandeln. Ein System, das eine wahre Fundgrube an technischer Raffinesse, an energiesparenden Tricks und eleganten Kombinationen hochentwickelter Technologien darstellt [3].

### Gegensatz Natur – Technik?

Mit anderen Worten: der so oft zitierte Gegensatz zwischen Natur und Technik, etwa gegenüber einem Elektronen-Linearbeschleuniger, ist kein Gegensatz prinzipieller Art, sondern nur ein solcher in der Grösse und Menge der Einheiten und in der Qualität ihrer inneren Organisation – dies jedoch deutlich zugunsten der Natur. *Ihre* Technologien, z.B. die akustische Peilantenne einer Stechmücke (Bild 1) sind dem Zweck nach in der Tat ähnlich wie die unseres Industriezeitalters, aber sie sind viel ausgereifter, raffinierter und energiesparender. Kein Wunder, denn hier im biologischen Bereich ist letztlich jede Technik ursprünglich zuhause. Sie ist seit Urzeiten mit sämtlichen Lebensfunktionen untrennbar verbunden.

Lange bevor zum Beispiel die Schrift und der Buchdruck erfunden wurden, gab es dort

- die Speicherung komplizierter Nachrichten in den Molekularbuchstaben unserer Chromosomen und die Übertragung dieser Nachrichten bei jeder Zellteilung,
- die Vervielfältigung von in Molekülketten gedruckten Informationen und Betriebsanweisungen, wie bei der Transkription des genetischen Code,
- chemische Fabriken in Bakteriengrösse mit ausgereifter Katalysortechnik,

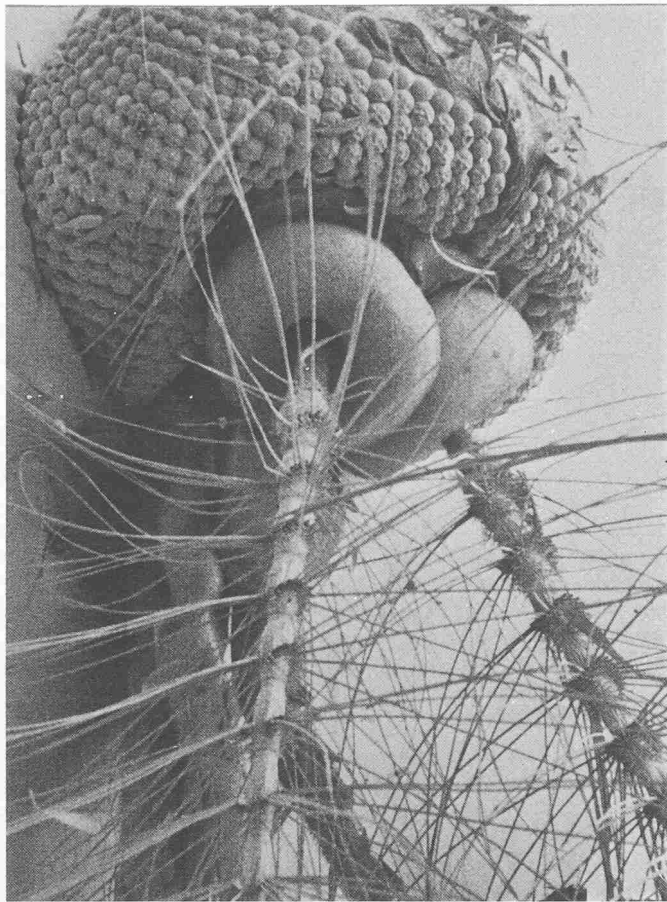


Bild 1. Akustische Peilantenne einer Stechmücke. Die Technologien der Natur sind ihrem Zweck nach ähnlich wie die unseres Industriezeitalters – nur viel ausgereifter, raffinierter und energiesparender [18]

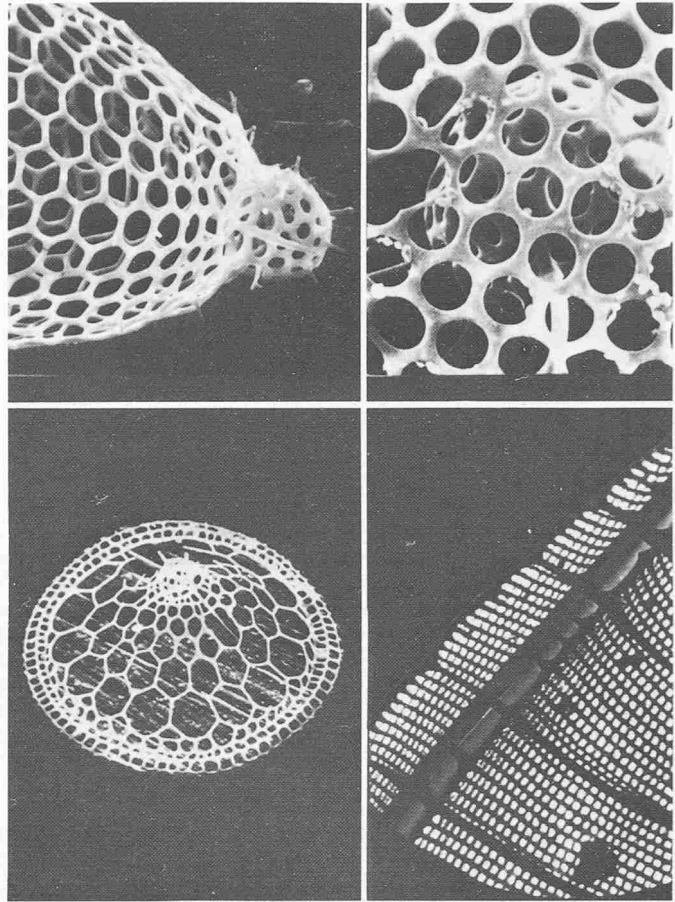


Bild 2. Winzige Diatomeen und Strahlentierchen in 10000facher Vergrößerung. Über Jahrmillionen entwickelte Konstruktionsprinzipien, die zunehmend als Vorbilder für Hohlraumstatik, Netz- und Überdachungskonstruktionen dienen

- hochstabile Netz- und Überdachungskonstruktionen bei winzigen Diatomeen und Strahlentierchen, deren geniale Statik erst jetzt erkannt wurde (Bild 2),
  - natürliche Pumpen, Filter und Mikrosiebe oder
  - codifizierte Regeltechniken in unseren Nervenzellen,
- all das existierte in der lebendigen Welt schon lange vor dem Auftauchen des Menschen auf diesem Planeten [4].

Wen aber demnach der Gegensatz zwischen Natur und Technik im Kern *nicht existiert*, so fragt man sich, warum es dann dort, wo Technik heute mit biologischen Strukturen und Funktionen zusammentrifft – das ist ja ständig der Fall, allein schon weil wir selbst biologische Wesen sind –, warum es dann überall dort ganz typische Schwierigkeiten in der beiderseitigen Anpassung gibt. Warum die von uns nach *aussen* projizierte Technik mit dem biologischen Urgrund, aus dem sie stammt, überhaupt in Kollision geraten konnte.

So habe ich mich dann etwas intensiver mit der Frage beschäftigt, was überhaupt Technik wirklich ist, nach welchen Grundregeln sie in den überlebensfähigen Systemen, aus denen sie stammt, eigentlich abläuft, was uns daran hindert, sie richtig, das heisst in *Übereinstimmung mit diesen Grundregeln* zu handhaben, wie wir sie mit un-

serer eigenen Natur vereinbaren können und natürlich auch *welche* Technologien vielleicht dieser biologischen Grundkonstruktion überhaupt nicht entsprechen und somit letztlich, selbst nach einem kurzen Boom, doch zum Scheitern verurteilt sind. Ein vielleicht nicht ganz üblicher Fragenkatalog, zu dem ich aber im folgenden ein paar Antworten geben möchte. Dass auch diese Antworten, die ich aus jener Bio-kybernetik herausgearbeitet habe, damit von einem ebenfalls nicht ganz üblichen *interdisziplinären Systemansatz* aus erfolgen, versteht sich von selbst.

### Die Lücke im Systemdenken

Zunächst einmal möchte ich vorausschicken, dass natürliche und künstliche Systeme, so wie es bei den *physikalischen* Grundgesetzen der Fall ist, auch in bezug auf die speziellen *Systemerhaltungssätze* genau denselben Regeln unterliegen. Bisher aber hat man sich kaum mit solchen Systemgesetzen befasst. Das liegt zum Teil daran, dass wir die Dinge, mit denen wir zu tun haben – Strassen, Häuser, Fabriken, Rohstoffe, Wälder, Kraftwerke, und natürlich auch uns selbst – immer nur als Strassen, Häuser, Fabriken, Rohstoffe, Wälder, Kraftwerke und Menschen sehen. Und so behandeln wir sie auch. Wir

kennen sie dagegen nicht in ihrer kybernetischen Funktion, nicht in ihrer jeweiligen Rolle in jenem grossen vernetzten System, das unsere Welt darstellt [5].

Diese *Systemrolle* geht über die naive Darstellung der Dinge, so wie sie durch ihre Wortbegriffe fixiert sind, weit hinaus. Es ist ihre Rolle als *Regler, Stellglied, Messfühler, Stauglied, Nachschubgrösse, Grenzwert* usw. Wie gesagt, diese Rolle ignorieren wir. Geschweige denn kennen wir den kybernetischen Charakter eines aus solchen Dingen gebildeten jeweiligen Systems: damit meine ich seine Stabilisierungstendenz, seine Störanfälligkeit, sein Fließgleichgewicht, seine Aussen- und Innenabhängigkeiten, die Verschachtelung seiner Regelkreise oder seine Diversität, den Grad seiner Vielfalt.

Wie gesagt, mit solchen Systemgesetzen hat sich die Wissenschaft bisher kaum befasst. Systeme waren uninteressant. Man konzentrierte sich auf ihre Teile, untersuchte und analysierte Details, aber scheute das Ganze. Denn um dieses zu erfassen, muss man in anderen Kategorien denken, sozusagen vernetzt denken, weniger die beteiligten Einzelobjekte als das Muster ihrer Verflechtungen, ihrer Wechselwirkung studieren. Wenn man dies jedoch tut, lassen sich daraus äusserst interessante Strategien entwickeln und anwenden, die, da



sie auch letzten Endes seit Millionen von Jahren von der Natur angewendet werden, immerhin, wie schon erwähnt, eine gewisse Erfolgsgarantie aufweisen.

In der Euphorie des Glaubens an einen unbegrenzten Fortschritt der herkömmlichen Techniken und Naturwissenschaften haben wir jedoch völlig unbekümmert um diese Zusammenhänge in das grosse bis dahin funktionierende System der Biosphäre eine Reihe künstlicher Systeme hineingesetzt. Wir taten es in der Annahme, dass sich das alles wohl schon von alleine regeln würde und wenn nicht, so doch entstehende Mängel sich durch entsprechende weiteren technischen Einsatz reparieren liessen. Etwa in der Energieversorgung, in der Bodenfruchtbarkeit, im Wasserhaushalt oder auch – durch Medikamente – im psychosozialen Bereich. Wir haben uns aber weder darum gekümmert, ob diese künstlichen Systeme selber überlebensfähig sind, noch ob sie mit den übrigen zu einer funktionierenden Einheit verbunden werden können. Ja, wir haben es getan, ohne überhaupt zu wissen, dass wir es mit Systemen zu tun haben, geschweige denn, dass es so etwas wie *Gesetzmässigkeiten* für das Überleben von Systemen gibt.

### Problematische Kurzzeitprofile

So kommt es, dass wir nun vor der Tatsache stehen, dass viele solche auf Kurzzeitprofit angelegten Eingriffe zunächst für die Umwelt, dann für unsere eigene Lebensqualität und im Endeffekt dann auch wirtschaftlich höchst problematisch wurden. Beispiele hierfür sind zur Genüge bekannt. Ich erinere nur an fünf Hauptaspekte:

1. Durch *energieverbrauchende Konsumgüter* wie elektrische Beleuchtung und Geräte, elektrisch aufgeheizte Wasch- und Spülmaschinen, idiotische Klimaanlage und einen unsinnig aufgebauchten Individualverkehr, der immaterielle Transportgüter, wie eine Unterschrift auf einem Amt, nicht nur mit der ganzen Person befördert, sondern auch noch mit einem Haufen Blech drumherum – durch all dies haben wir uns und unsere Teilsysteme in eine steigende Energieabhängigkeit hineinmanövriert. Das gleiche geschah durch die steigende Anwendung energieintensiver Werkstoffe und Herstellungsverfahren. Werkstoffe wie Aluminium, Stahl, Zement und Kunstdünger, Verfahren wie Galvanisieren, Elektrolyse statt Katalyse, Punktschweissen statt Nieten. (Ein Zweigwerk von VW, das 1978 von Nieten auf Punktschweissen umstellte, soll dadurch seinen Energieverbrauch schlagartig auf das Doppelte erhöht haben.)

Insgesamt ist diese Entwicklung unverantwortlich, da sie die Systemstabilität bedroht. Sie erzeugt einen für ein lebensfähiges System *viel zu hohen pro Kopf-Energiedurchsatz*, ein grundlegendes Systemproblem, das nicht dadurch gelöst wird, dass wir weitere neue Energiequellen eröffnen. Wir haben schon heute einen überhöhten Energiedurchsatz, der zudem noch die Arbeitsplätze teuer macht oder sie durch Strom ersetzt, dadurch zu weiterem Materialumsatz zwingt und sich wiederum dadurch bis zum Kollaps selbst multipliziert. Laut der energiewirtschaftlichen Statistik ist der Energieverbrauch pro geleisteter Arbeitsstunde von 1955 bis 1975 um das Sechsfache angestiegen (Bild 3). Gefährlich ist diese Entwicklung aber auch, weil uns all dies vielleicht schon in wenigen Jahren so festlegt, dass wir nicht mehr fähig sind, uns neuen Situationen anzupassen, ja unfähig sind, die effizienteren Technologien, die einem überlebensfähigen System adäquat sind, dann überhaupt noch zu entwickeln. Das wird gerade im

Blick auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit, vor allem auf den Export in die Dritte Welt, bedeutsam sein. Denn nur wer rechtzeitig auf jene adäquaten Technologien umschwenkt und hier innovativ ist, wird in Zukunft noch am Ball sein [6]. So viel zum ersten Hauptaspekt.

2. *Rohstoff- und Abfallsorgen*. Durch gewaltige Kapitalinvestitionen und die Festlegung auf grosstechnische Verfahren steigern wir dieses Abhängigkeit ausgerechnet bei den Rohstoffen, die in wenigen Jahrzehnten vom Markt verschwunden sind, wie Erdöl und Erdgas, Edelmetalle, Zinn, Wolfram, Quecksilber, Kupfer, Blei, Titan und andere, während die Natur mit ihren raffinierten Technologien ihren vorhin genannten gewaltigen Umsatz seit Äonen bewerkstelligt, ohne je Rohstoff- und Abfallsorgen zu kennen (Bild 4).

3. *Wir verändern willkürlich Landschaften*, treiben einen *forcierten, unökologischen Anbau*, der bei abnehmender Bodenvitalität immer weitere Landflächen

Energieverbrauch pro Arbeitsstunde

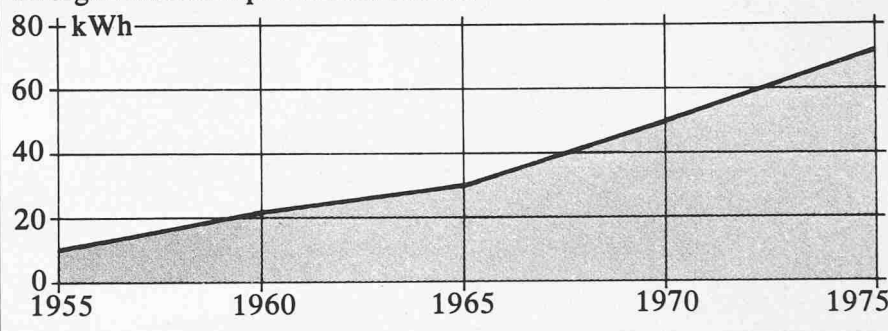


Bild 3. Unsere Wirtschaftsweise erzeugt einen für ein lebensfähiges System viel zu hohen Energiedurchsatz, der zu steigendem Materialumsatz und weiterer Rationalisierung zwingt, die Abhängigkeiten überproportional ansteigen lässt und so die Systemstabilität bedroht. Allein in den letzten 20 Jahren ist der Energieverbrauch pro geleisteter Arbeitsstunde in der Industrie um das 6fache (!) angestiegen [19]



Bild 4. Mit ihren raffinierten Recyclings- und Symbiosetechnologien bewerkstelligt die Biosphäre seit Äonen einen jährlichen Umsatz von mehreren hundert Milliarden Tonnen Materie – ohne je Rohstoff- oder Abfallsorgen zu kennen

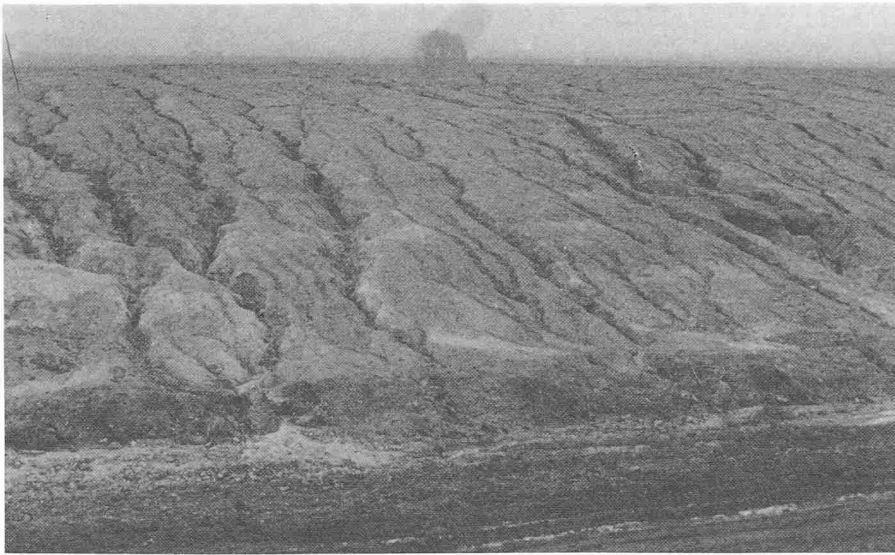


Bild 5. Die völlig inadäquate Industrialisierung der Landwirtschaft durch einen forcierten unökologischen Anbau führt zur Abnahme der Bodenvitalität und lässt immer weitere Landstriche erodieren – in manchen Kulturländern 1 Prozent pro Jahr. Der Weltverlust beträgt jährlich 2,5 Milliarden m<sup>3</sup> Mutterboden



Bild 6. Verstärkter Wohnungsbau und moderne Appartementshäuser heben nicht unbedingt die Lebensqualität einer Gemeinde. Oft entsteht gerade dadurch – bei wachsenden Folgekosten – eine rückläufige Nachfrage, sinkende Sozialstruktur und finanzieller Ruin

erodieren lässt (Bild 5). Das betrifft Agrarflächen ebenso wie Waldgebiete, ganz abgesehen davon, dass wir durch Monokulturen und Massenviehhaltung und entsprechend hohen Fleischkonsum einen *verschwenderischen Futteranbau* betreiben, der gerade in den Entwicklungsländern mit für deren Hungersnot verantwortlich ist [7]. Wir zerstören dabei profitable Gleichgewichte wie die Selbstreinigungskraft unserer Gewässer. Wir vernichten Vögel und Insekten, obgleich auch ihre Arbeit, die sie in einem funktionierenden Gleichgewicht leisten, uns Milliarden bringt [8].

Darüber gibt es jetzt ausführliche amerikanische Untersuchungen, die solche Leistungen in Dollar umgerechnet haben. Ein gesundes Feuchtgebiet z.B. bringt durch Einsparung von Klärwerken, Schädlingsbekämpfung, Bodenstabilität und Wasserrückhaltung rund

20 Millionen Dollar je Quadratkilometer [9]. Trotzdem holzen wir unbekümmert weiter riesige Urwälder ab, zur Zeit über 1000 Hektaren stündlich. Beim Bau der *Transamazonika* z.B. verändern wir Klima und Bodenstruktur, bis nach zwei bis drei Jahren auch davon überhaupt kein Nutzen mehr bleibt.

4. Mit ähnlichem Effekt bauen wir unbekümmert ganze Stadtteile auf, die oft nur kurzfristigen Kriterien gehorchen und die selbst heute, wo man von der autogerechten Stadt abgeht, für die Bewohner noch so ziemlich alles ausser acht lässt, was ihrer biologischen Struktur entspricht (Bild 6). Was von solchen sogenannten *Erschliessungen* dann übrigbleibt – man denke auch an die konjunkturellen Touristengebiete – sind dann vielfach nur noch soziale und finanzielle Folgekosten, die weder die Bürger noch die Gemeinden mehr tragen können.

5. Ebensovienig wie wir unsere Städte und Landschaften als System sehen, ebensovienig sehen wir aber auch den einzelnen Menschen als System. Die Medizin und Psychologie steuert teilweise in ein kopfloses *Reparaturdienstverhalten* (Bild 7) hinein, statt sich für das einzige Profitable, nämlich für die *Krankheitsvorbeugung* einzusetzen, für die *Vitalität* unterstützende Lebensbedingungen und nicht solche, die sie untergraben. Doch weit gefehlt: mit steigendem Stress und steigender Umweltbelastung, mit einer Lebensweise, die immer hektischer und immer motorisierter wird, steigern wir zur Zeit unsere Krankenzahlen und damit die Soziallasten in schwindelnde Höhen, so dass sie den wertschöpfenden Anteil unserer Volkswirtschaft zu dominieren beginnen. In der Bundesrepublik liegt die Zahl der Betriebskrankentage bei 0,5 Milliarden pro Jahr, und die jährliche Zuwachsrate der Soziallasten inklusive der Altersversorgung ist mit 27 Prozent die grösste Steigerungsrate, die unsere Volkswirtschaft überhaupt irgendwo aufzuweisen hat (was im übrigen auch das Bruttosozialprodukt ansteigen lässt! [10])

Diese zunehmenden Rückschläge, die wir durch unsere unverbundene Betrachtungsweise allmählich auf allen Gebieten erleben, können natürlich noch eine Zeitlang durch einen laufend erhöhten Einsatz von Energie und Kosten kompensiert werden. Mit diesem *Herumkurieren an Symptomen* ist es aber ebenso natürlich irgendwann einmal zu Ende. Deshalb brauchen wir dringend *neue Orientierungshilfen*, mit denen man das Verhalten von komplexen Systemen endlich beurteilen kann und die uns Hinweise geben, wie man die Lebensfähigkeit komplexer Systeme stabilisieren kann. Die offiziellen Bemühungen in dieser Forschungsrichtung, etwa des Bundesministeriums für Forschung und Technologie oder der Deutschen Forschungsgemeinschaft, sind, verglichen mit Forschungsvorhaben, die für die Probleme unserer Gesellschaft völlig irrelevant sind, beschämend gering. Sie sind praktisch gleich Null.

### Misswirtschaft und geistige Verengung

Die Ergebnisse sind entsprechend: wir werden mit Problemen konfrontiert, die wir nie erwartet hätten. Wir suchen nach Lösungen, die keine sein können. Wir arbeiten mit Technologien, die sich selbst ad absurdum führen – ich denke an die *Kernenergie* oder an die *Supertanker* – und entwickeln Organisationsformen (wie die *wuchernde Bürokratie* oder eine *zunehmende Zentralisierung in der Versorgung*), die an der Realität scheitern müssen.



Der Hauptgrund für diese Misswirtschaft liegt, wie gesagt, im mangelnden Verstehen der Zusammenhänge. Das heisst, er liegt in der Art unserer Denkweise und damit in der Art, wie uns unsere Schulen und Universitäten das Denken beibringen und wie sie uns die Wirklichkeit präsentieren: nämlich als ein *Sammelsurium unzusammenhängender Elemente* und nicht als das was sie ist, ein *vernetztes dynamisches System*.

Wir haben es hier mit einer *verhängnisvollen Entwicklung* zu tun. Nicht nur dass Dinge, die in der äusseren Realität zusammengehören, in Fächer, Ressorts und Branchen eingeteilt werden, auch unser eigener Organismus wird in Psyche, Körper und Geist auseinandergerissen, als wenn nicht auch das Denken und Fühlen auf körperlicher Basis und unter Mitwirkung jener kleinen grauen Zellen passierte, deren jede einzelne die Gestalt unseres gesamten Seins in ihrem genetischen Code beherbergt. Die Loslösung des Intellekts vom Organismus, in dem er wurzelt, aber auch die Loslösung des Intellekts von dem realen Geschehen, die Abstrahierung unserer Ausbildung von der Realität, die Erklärung von Begriffen durch andere Begriffe, anstatt durch die dynamische Wirklichkeit, all dies führte in den letzten Jahrzehnten auf einer Reihe von Gebieten zu einer zunehmenden geistigen Verengung, die dann das sinnvolle Umgehen mit dem gespeicherten Wissen kaum noch möglich macht. Die *Abstraktion*, zweifellos eine unserer wichtigsten intellektuellen Fähigkeiten, wurde nicht als wichtige Technik des geistigen Arbeitens gelehrt, als eine Technik unter mehreren, sondern sie wird zum Selbstzweck erhoben [11].

## Denken in grösseren Zusammenhängen

Wir brauchen mehr: wir brauchen ein Denken in einer neuen Dimension. Neben dem *einfachen Ursache-Wirkungs-Denken* der Vergangenheit, das sich an Einzelproblemen orientiert und dort auch beachtliche Erfolge erzielt hat, brauchen wir eine Hinwendung zu einem Denken in grösseren Zusammenhängen – zu einem Verständnis der *komplexen Systeme*, aus denen unsere Welt besteht [6]. Diese Forderung – und das berechtigt mich zu einiger Hoffnung – wird nicht nur in der Bevölkerung, sondern da und dort auch bis zu höchsten wirtschaftlichen und politischen Kreisen aufgegriffen. So sagte der vorige Bundespräsident *Walter Scheel*, der ja von Hause aus Wirtschaftler ist, in seiner bemerkenswerten Rede zum 75-Jahr-Jubiläum des Deutschen Museums, in der er besonders ausführlich auf den Inhalt meiner dort

als Sonderschau gezeigten und vom Gottlieb Duttweiler-Institut initiierten Ausstellung einging, folgendes:

«Heute beginnen wir wieder zu erkennen, dass Wissenschaft, Technik, Wirtschaft, Kultur, Gesellschaft, Politik, je einzelne sehr komplexe Systeme sind, die ein einziges grosses System bilden, das seinerseits mit der Natur ein Gesamtsystem bilden muss, soll die Lebensgrundlage des Menschen erhalten bleiben. Wir beginnen zu erkennen, dass wir kein einziges Problem lösen können, wenn wir es ausserhalb seines Gesamtzusammenhanges lösen wollen. Was also tun? Mit vielen nachdenklichen Menschen glaube ich, wir müssen unser Denken ändern. Wir müssen die Methode, ein Problem erst zu isolieren, bevor wir es lösen, aufgeben und zunächst den Gesamtzusammenhang, in dem es steht, zu erkennen suchen. Wir müssen in grösseren Einheiten denken lernen. Das gilt für alle Bereiche unseres Lebens: für die Wissenschaften, die Technik, die Wirtschaft, die Massenmedien und nicht zuletzt auch für die Politik. Das gilt für alle Gruppen der Gesellschaft. Ich bin fest davon überzeugt, dass keine Gruppe ihre Interessen noch richtig definiert, wenn sie *nur* ihre Partikular-Interessen im Auge hat und vergisst, dass die Lebensfähigkeit der Gesamtgesellschaft die erste und wichtigste Bedeutung ihrer *eigenen Existenz* ist».

Warum fällt es uns so schwer, in verflochtenen Zusammenhängen zu denken? Einmal natürlich, weil wir es in der Schule nicht üben. Zum andern aber, weil wir versuchen, dieses zusammenhängende Denken nicht mit den dafür geeigneten Gehirnpartien durchzuführen, nämlich jenen der *Intuition*, der *Mustererkennung* und *Strukturbeurteilung*, der *gefühlsmässigen Resonanz von Übereinstimmung* und den analog arbeitenden Partien, die geeignet sind, Konstellationen zu erfassen, sondern immer mit den Partien, die letztlich nur in kleinen Ursache-Wirkungs-Schritten vorgehen und daher vernetzte Vorgänge nur inadäquat erfassen. Für sie ergibt das unvernetzte Denken viel einfachere Antworten. Sie sind bequem, weil ungetrübt durch indirekte Folgen und Rückwirkungen im Gesamtsystem. Doch sie sind auch trügerisch und damit gefährlich, weil man auf diese Weise niemals ein zutreffendes Bild der vernetzten Wirklichkeit erhält. Ein aktuelles Beispiel bietet die *Kernenergie* [12]. Das meiner Meinung nach Tragische an diesem heute so umstrittenen Thema ist die Tatsache, dass es eigentlich in keinem der sich feindlich gegenüberstehenden Lager wirkliche Experten gibt. Experten, die von ihrem Wissen und diesem vernetzten Denkansatz her die Dinge beurteilen. So sagt der Physiker Prof. *Hans Peter Dürr* [13], der Nachfolger auf dem Lehrstuhl von *Werner Heisenberg*:

«Wenn ein Kernphysiker oder Elementarteilchenphysiker zum Thema «Fried-

liche Nutzung der Kernenergie» seine Meinung äussert, dann misst die breite Öffentlichkeit dieser Meinung automatisch ein besonderes Gewicht zu, da hier wie sie meint, ein Fachmann seine Meinung bekundet. Dies ist streng genommen falsch! Richtig ist, dass dieser Physiker aufgrund seiner speziellen Erfahrung bestimmte physikalische Fakten und Zusammenhänge umfassender, sicherer und tiefgründiger verstehen und würdigen kann. Solche Spezialkenntnisse befähigen ihn aber noch lange nicht dazu, in anderen, für das Kernenergieproblem *wesentlichen* Fragen, wie etwa wirtschaftlicher, soziologischer oder ökologischer Art, ein ähnlich sicheres Urteil zu erlangen. Darüber hinaus – und dies ist eigentlich der wesentliche Punkt – können Fragen, wie sie etwa im Kernenergieproblem zur Debatte stehen, überhaupt nicht «wissenschaftlich eindeutig» beantwortet werden, da hierbei notwendig eine Bewertung erfolgen muss, die aus einer umfassenderen menschlichen Erfahrung als der naturwissenschaftlich-technischen bezogen werden muss».

Und weiter heisst es bei *Dürr*:

«Ein Spezialwissen fördert das Urteilsvermögen nicht unmittelbar. Die Konzentration auf bestimmte Details kann im Gegenteil sogar ein ausgewogenes Urteil behindern».



Bild 7. Intensivbehandlung im Notarztwagen. Unser Gesundheitswesen steuerte in ein kostspieliges Reparaturdienstverhalten hinein, statt sich mehr für eine allein profitable Krankheitsvorbeugung durch eine gift- und stressfreie Umwelt und eine gesunde Lebens- und Ernährungsweise einzusetzen

## Die Fähigkeit der Mustererkennung

Wie wahr diese Aussage ist, und auch, dass der Mensch sein Denken ändern muss, *weil* er mit ganz verschiedenen Gehirnbereichen arbeitet, je nachdem, ob er sich für unzusammenhängende Details oder für ein Gesamtbild, für die Aussage eines Zusammenspiels im System interessiert, das möchte ich anhand von Bild 8 demonstrieren.

Schauen wir uns dazu die unterschiedlich hellen Quadrate des Bildes an, so lässt sich von nahem nicht einmal ohne weiteres erkennen, dass es sich hier um einen menschlichen Kopf handeln soll. Doch selbst diese paar Vierecke geben

ganz unverwechselbar die Gesichtszüge des amerikanischen *Präsidenten Lincoln* wieder, sobald man sie etwa aus grösserer Entfernung betrachtet oder aber das Bild unscharf stellt, vor allem, wenn man dann noch ein wenig blinzelt oder die Brille abnimmt [14].

Was will ich damit zeigen? Es geht hier um die Fähigkeit der Mustererkennung, der Erkennung des Wesentlichen. Unser Gehirn ergänzt hier durch die in unserer Erinnerung gespeicherten Urbilder, in diesem Fall durch den Archetyp des Gesichts an sich, die wahrgenommene Wirklichkeit trotz fehlender Teile zu einem Ganzen. Dieses Beispiel sagt eine Menge zu unserem Thema des Denkens in Zusammenhängen. Es sagt uns, dass eine noch so genaue Studie der einzelnen Vierecke unseres Bildes im Gegensatz zu dem unscharfen Gesamtmuster zwar den genauen Grauwert, die Abmessungen der Kanten oder eine Tabelle der nach Helligkeit geordneten Vierecke mit entsprechenden Prozentzahlen beschreiben kann. Sie wird uns jedoch nie erkennen lassen, dass es sich im Grunde um ein Porträt von Abraham Lincoln handelt. Das Studium der Quadrate ist also für das Erkennen des Systems die falsche wissenschaftliche Methode, die auch dadurch nicht richtiger wird, dass man sie mit besonders grosser Akribie betreibt. Wenn es um ein Erkennen des Systems geht, dann helfen uns die vordergründigen Details überhaupt nichts. Im Gegenteil, je unschärfer sie werden, um so mehr treten die Beziehungen *zwischen* ihnen hervor und um so deutlicher sagt uns das Bild, was es als Ganzheit darstellt. Und genauso müssen wir auch die Dinge, mit denen wir uns in unserer Umwelt beschäftigen, mit denen wir unseren Lebensraum planen, unsere Technik entwickeln, müssen wir auch sie erst miteinander verbinden. Wenn wir dies nicht tun, erfahren wir zwar sehr viel über diese Einzelobjekte, aber eben nichts über das System und sein Verhalten. Denn dieses ist, wie gesagt, durch die Vernetzungen *zwischen* den Dingen repräsentiert [5].

Auch das Problem Kernenergie ist natürlich weit davon entfernt gelöst zu sein – und zwar auf mehreren Ebenen weit davon entfernt, womit ich vor allem auch die wirtschaftlich-sozialen Konsequenzen meine, wie ich sie jetzt in meinem Energiebilderbuch «Das Ei des Kolumbus» dargestellt habe [12]. Und selbst, wenn heute noch ausstehende Lösungen, z.B. für die *Wiederaufbereitung* oder die *Endlagerung* gefunden sind, bleibt es wegen der von vornherein nur auf *wenige Jahrzehnte beschränkten Nutzungszeit* eine unsinnige, zudem noch veraltete und vor allem unkybernetische Technologie, die als Teilsystem praktisch allen Grundregeln eines überlebensfähigen Gesamtsy-

stems widerspricht, weil sie weiteren Energieverbrauch nach sich zieht, eine noch raschere Verschwendung unserer Rohstoffe und entsprechende Abfalllawinen ankurbelt (denn den Strom kann man ja nicht in die Tasche stecken, man muss etwas damit produzieren), das bedeutet weitere indirekte Umweltbelastung, erhöhte Kapitalfestlegung und damit Unflexibilität für die nötigen technischen Neuentwicklungen und weitere, erhebliche Verteuerung der Arbeitsplätze und somit deren weitere Dezimierung. Das Desaster ist abzulesen.

Dass wir in die heutigen Zwänge und zum Teil Sackgassen hineingeraten sind, ist dabei nicht einmal so sehr Unvernunft oder mangelndes Bemühen unserer Industrie und Wirtschaft gewesen, sondern deren, unter heutigen Verhältnissen nicht mehr funktionierende, unvernetzte Zielsetzung. Sie führte zu Zwängen (auch technischen), unter denen man Spätschäden wie auch katastrophale Rückwirkungen durch die nichtbeachteten vernetzten Regelkreise für *kurzfristige Scheingewinne* in Kauf nahm. Und dies zu einer Zeit, da die Voraussetzungen für Informationstechniken, mit denen die vernetzten Zusammenhänge erfasst werden können, längst gegeben waren [6]. Doch wofür hat man sie benutzt: um auf primitive Weise Daten zu speichern und abzurufen, um hochzurechnen und zu extrapolieren, zu klassifizieren und einzuteilen – statt um das wahre Spiel der Wirklichkeit zu durchschauen.

### Das Sensitivitätsmodell

Meine Arbeitsgruppe hat dazu jetzt im Auftrag des Umweltbundesamtes und in Zusammenarbeit mit der Regionalen Planungsgemeinschaft Untermain ein neuartiges Planungsinstrumentarium entwickelt, das Sensitivitätsmodell, das weit über die Aussagemöglichkeiten bisheriger Optimierungsmodelle und auch der Simulation nach der Systems Dynamics-Methode von Forrester langfristige Aussagen über das Systemverhalten erlaubt. Es handelt sich um ein *computer-manuelles Hybrid* aus 11 Teilmodellen, die von einer systembezogenen Datenerfassung über Simulations- und Interpretationsmodelle zu einer nicht deterministischen, biokybernetischen Bewertung von Stabilität, Flexibilität, Abhängigkeit und Risiken eines Systems gelangen, wobei der Benutzer in ständigem offenen Dialog mit dem Computer sich weniger eine *analytische* als die ja viel praxisnähere, *systemische* Erkenntnis von der untersuchten Wirklichkeit erarbeitet [5].

Das Paradoxe der Situation liegt also darin, dass wir z.B. nichts dringender als gerade jene computerunterstützen-

den Informations- und Entscheidungshilfen brauchen, damit sie uns in einer Art *negativer Rückkoppelung* Pannen der Zukunftsplanung (sogar in ihrem ur-eigensten Gebiet, der Elektronik) rechtzeitig vermeiden helfen, dass wir aber andererseits Gefahr laufen, gerade an diesem neuen kybernetischen Entwicklungsansatz vorbeizulaufen und die grossartigen, vielleicht sogar lebensrettenden Hilfen, die uns hier für die allernächste Zukunft geboten werden, dann, wenn sie einmal unumgänglich sind, gar nicht mehr nutzen zu können. Die immer noch andauernde Verschwendung von Rohstoffen durch veraltete Technologien wird in der nächsten Zukunft da und dort zu abrupten Verknappungen führen, die nicht nur für viele Endprodukte und ihre Zulieferungsindustrie zu plötzlichen Engpässen führen, sondern auch innerhalb mancher Produktionsverfahren selbst. Engpässe in bestimmten seltenen Metallen ziehen Engpässe entsprechender Halbleiter und Schaltelemente und damit z.B. auch in der Elektronik nach sich – und dies vielleicht gerade dann, wenn innovative Technologien, zu denen auch die *Mikroelektronik* gehört, besonders wichtig wären. In der Tat wäre es grotesk, wenn gerade jene Technik, die sich eben dadurch auszeichnet, dass sie ohne Lärm und Luftverschmutzung, mit minimalem Energieaufwand und geringster Raumbeanspruchung arbeitet und somit am allerwenigsten an jener letztlich auf den Müll wandernden Produktionslawine beteiligt ist, an solchen Engpässen zugrunde gehen würde, ehe man ihr Potential für ein neues Zeitalter sanfter Alternativtechnologien überhaupt richtig einsetzt.

### Vereinbarkeit mit lebenden Systemen

Eine der wesentlichsten Kriterien für die Entwicklung neuer Technologien ist ihre Vereinbarkeit, ihre *Kompatibilität mit den lebenden Systemen*. Und dafür gibt es eine Reihe von Regeln, die weniger Beschränkungen, weniger Verbote und Schutzmassnahmen, als vielmehr vor allem als Innovationsanreize zu verstehen sind.

Im Rahmen einer UNESCO-Studie im Auftrag des Bundesministers des Innern haben wir eine Art erste *Checkliste* ausgearbeitet, welche die wichtigsten Regeln eines überlebensfähigen Systems enthält. An solchen Regeln, man könnte sie *biokybernetische Grundregeln* nennen, kann man das, was man tut und plant, im Sinne eines überlebensfähigen Systems überprüfen. Diese Regeln sind in unserer zweisprachigen Broschüre «Ballungsgebiete in der Krise – eine Anleitung zum Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume mit



Hilfe der Biokybernetik» veröffentlicht [2]. Ich habe sie unter folgenden acht Punkten zusammengefasst:

1. *Negative Rückkoppelung in verschachtelten Regelkreisen.* Negative Rückkoppelung bedeutet Selbststeuerung in Kreisprozessen. Beispiele sind Steuerung der Hormonkonzentration durch unser vegetatives Nervensystem, die Regelung der Benzinzufuhr durch den Vergaserschwimmer, der Fliehkraftregler oder die Aufrechterhaltung ökologischer Gleichgewichte zwischen Tier- und Pflanzenarten. Nehmen wir das Beispiel von Raubtier und Beute, wo Körpergewicht, Laufgeschwindigkeit und Fanghäufigkeit einen Regelkreis bilden. Je schneller der Wolf läuft, desto mehr Hasen kann er fangen. Je mehr Hasen er fängt, desto dicker wird er, desto langsamer kann er laufen, desto weniger Hasen fängt er, desto dünner wird er wieder, um so schneller kann er wieder laufen, wieder mehr Hasen fangen und so fort [15].

Diese Selbststeuerung durch negative Rückkoppelung ist das wichtigste Organisationsprinzip eines Teilsystems, sobald dieses innerhalb des Gesamtsystems überleben will. Positive Rückkoppelung, also Vorgänge, in denen sich Wirkung und Rückwirkung verstärken, sind zwar ebenfalls notwendig, damit überhaupt Dinge in Gang kommen, sie schaukeln sich jedoch unweigerlich zu Teufelskreisen auf, wenn sie nicht durch eine übergeordnete negative Rückkoppelung kontrolliert werden.

2. *Unabhängigkeit der Funktion vom Wachstum.* Stabilität und Wachstum sind unvereinbar. Im Gegensatz zu dem, was manche leider immer noch massgebliche Wirtschaftspolitiker glauben, erlaubt das kontinuierliche Wachstum eines Teilsystems weit geringere Freiheit und somit auch für das Gesamtsystem und indirekt wieder für jedes Teilsystem keine sinnvolle, weder Qualität noch Stabilität aufbauende Funktion. Eine solche beginnt erst beim Einschaukeln eines Systems in ein stabiles Gleichgewicht. In lebenden Systemen finden wir daher immer nur Wachstum *oder* Funktion.

3. *Funktionsorientierung statt Produktorientierung.* Auch diese Regel zielt in Richtung einer optimalen Funktion und wird das betreffende Unternehmen weniger krisenanfällig machen. So wie sich eigentlich das Volkswagenwerk nicht als Autobauer verstehen darf, sondern als Unternehmen im Verkehrsgeschäft, das sowohl an die Entwicklung neuer Transportarten denkt als auch sich Gedanken über eine Städteplanung macht, die vielleicht generell weniger Verkehrsaufkommen benötigt. Ähnlich dürften sich auch Elektrizitätswerke nicht als Stromerzeuger betrachten, sondern als Energieversorger, was

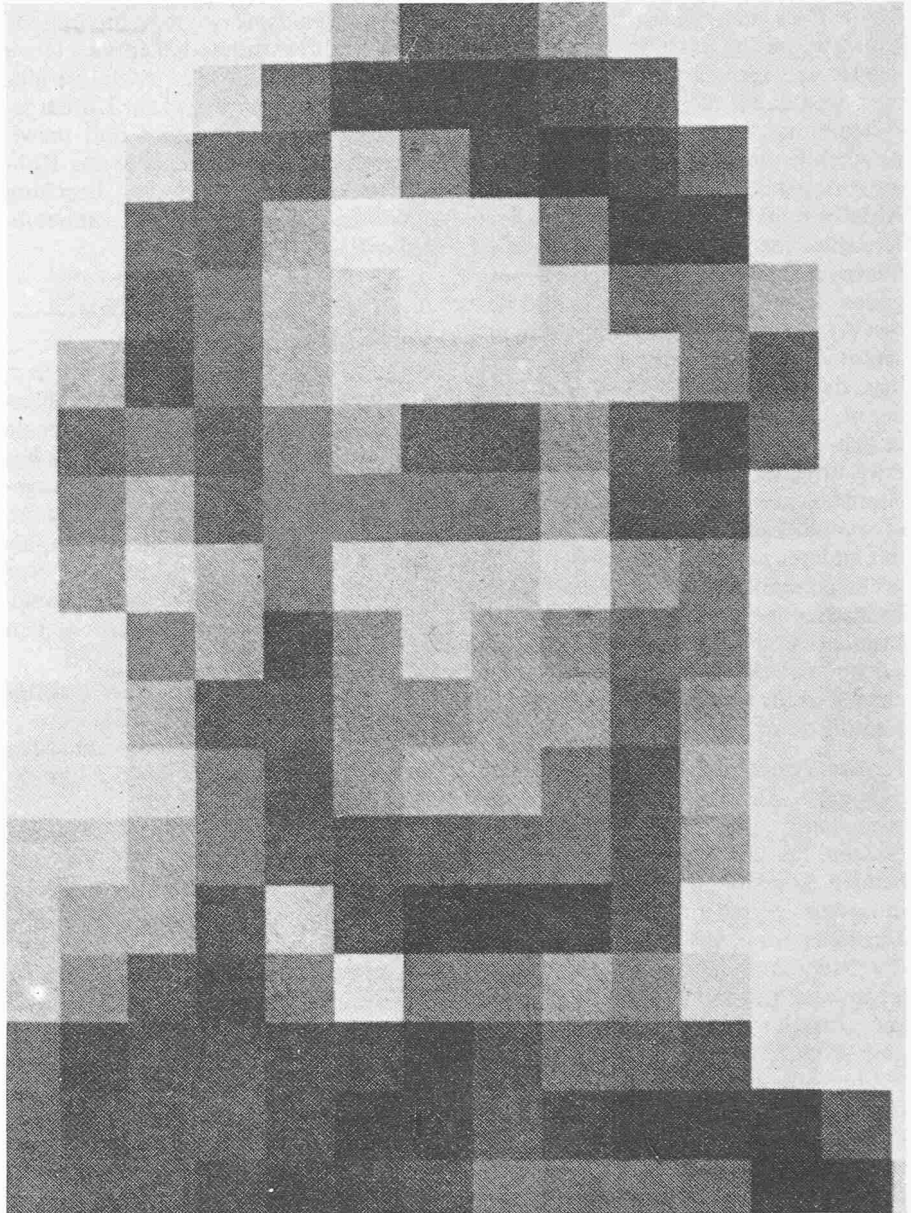


Bild 8. Aus den Vierecken dieses Computerbildes setzt unser Gehirn das Porträt von Abraham Lincoln zusammen, sobald man es aus grösserer Entfernung betrachtet oder unscharf macht, indem man blinzelt oder die Brille abnimmt. Um aus wenigen Daten ein «System» als Ganzes zu erkennen, müssen die Einzelkomponenten zurücktreten, damit die Beziehungen zwischen ihnen deutlich werden

auch darin bestehen kann, die Energienachfrage zu verringern und den Energieverbrauch durch alternative Technologien zu ersetzen [16].

4. *Das Jiu-Jitsu-Prinzip.* Lebende Systeme arbeiten generell nach dem Prinzip der asiatischen Selbstverteidigung. Damit meine ich die Ausnutzung bereits existierender Kräfte und deren Umlenkung im gewünschten Sinne durch geringfügige Steuerenergien – anstatt vorhandene Kräfte nach Boxermanier mit gleich hoher Gegenkraft zu bekämpfen und dann noch ein zweites Mal Kraft dafür aufzuwenden, was man eigentlich erreichen will. In der Wirtschaftspraxis hiesse das: Nutzung profitabler Selbstregulationen wie der Selbstreinigungskraft der Gewässer, der Produktionskraft vitaler Böden und anderer intakter Ökosysteme. So erreicht die Natur mit Energiekoppelungen, Energieketten und Energiekaskaden, von denen unsere Ingenieure nicht zu träumen wa-

gen, einen traumhaften Wirkungsgrad. Dieses Prinzip gilt natürlich nicht nur für den technischen Bereich, sondern ebenso für den organisatorischen und den psychosozialen Bereich.

5. *Das Mehrfachnutzungs-Prinzip.* Überlebensfähige Systeme bevorzugen Produkte und Vorgänge, bei denen mehrere Fliegen mit einer Klappe geschlagen werden – im Grunde eine Spielart des Jiu-Jitsu-Prinzips. Möglichst nichts, was wir schaffen oder tun, möglichst kein Produkt und kein Verfahren sollte nur für einen Zweck verwendbar sein. Dies verlangt natürlich eine gewisse fachüberschreitende Diversität und hat sehr unterschiedliche Implikationen für die Spezialisierungstendenzen in der Zulieferungsindustrie von Fertigteilen und andererseits der Anwendungspalette von Produkten, die hier ebenfalls meist nur in einer Ebene, etwa der technischen und nicht nur der psychosozialen Ebene gesehen wird.



6. *Das Recycling-Prinzip.* Es ist recht interessant, und man sollte es sich immer wieder vergegenwärtigen, dass die Natur – und damit meine ich stabile Ökosysteme und Biotope –, überhaupt keine Abfälle als solche kennt. Durch das nutzbringende Wiedereingliedern von Abfallprodukten in den lebendigen Kreislauf der beteiligten Systeme ist überhaupt nicht mehr zwischen Ausgangs- und Endprodukt zu unterscheiden. Wir müssen also auch hier von unserem eindimensionalen Denken abgehen, das immer nur Anfang und Ende kennt, und in kybernetischen Kreisprozessen denken. Jedoch auch hier nicht etwa unvernetzt innerhalb der eigenen Branche, sondern über diese hinausschauend, indem wir sie im Verbund mit anderen sehen. Denn profitable Recyclingsmöglichkeiten innerhalb eines Industrieunternehmens oder auch einer Branche sind weit weniger häufig als solche zwischen verschiedenen Branchen. Daraus ergibt sich eine starke Beziehung dieses Prinzips zum nächsten.

7. *Das Symbiose-Prinzip.* Symbiose ist das enge Zusammenleben grundverschiedener Arten zum gegenseitigen Nutzen. Sie ist die Grundlage aller lebenden Systeme und hat dort die vielfältigsten Erscheinungsformen; von Darmbakterien, die von der Nahrung des Menschen leben und ihm dafür lebenswichtige Vitamine aufbauen, bis zur grossen Symbiose zwischen Tier- und Pflanzenwelt (genauer zwischen Photosynthese und Atmung), die für den Kohlenstoffkreislauf auf diesem Planeten sorgt. Was ist der Vorteil? Symbiose führt immer zu einer beträchtlichen Rohstoff-, Energie- und Transportersparnis aller beteiligten Glieder und wird begünstigt durch Vielfalt auf kleinem Raum. Vielfalt nicht nur was die Art, sondern auch was die Grössenordnung betrifft. So leben kleine Teilsysteme immer auch mit grösseren gewissermassen in Symbiose und diese wiederum mit dem Gesamtsystem. Von dessen Stabilisierung profitieren daher auch immer seine Glieder (ich erinnere hier an die Worte von *Walter Scheel*).

8. *Befolgung eines biologischen Grunddesigns.* Die abschliessende Regel bedeutet, dass jedes Produkt, jede Funktion und jede Organisation, die zu einem Überleben unserer Spezies und nicht zu deren Aushöhlung und Vernichtung beitragen soll, mit der Biologie des Menschen und der Natur vereinbar sein muss, generell also mit der Struktur überlebensfähiger Systeme. Das ist nicht nur eine ökologische, sondern immer mehr auch eine ökonomische Frage. Das geht vom Design unserer Produkte über die Architektur unserer Städte bis zum weiten Feld der *Bionik*, also einer den biologischen Vorgängen nachempfundenen Technik wie auch

der *Biotechnologie*, wo man biologische Prozesse direkt industriell einsetzt (etwa Bakterien zur lautlosen Metallverhüttung wie bei den Anlagen zur Kupfergewinnung in Nordrussland und inzwischen auch in Kanada, oder zur Rohstoffrückgewinnung durch Leaching oder beim Einsatz von *Photosynthesefabriken*) [3].

## Verborgene Erfindungen

Allein in jeder grünen Zelle eines Blättchens ruhen über ein Dutzend epochale und bisher nicht nachgeahmte Erfindungen, nach denen sich unsere Ingenieurschulen die Finger lecken sollten, statt ihre Studenten so auszubilden, als gälte es immer noch den Otto-Motor und die Dampfmaschine zu erfinden. Ich will nur ein paar dieser verborgenen Erfindungen nennen [17]:

- das Prinzip der sich selbst verdoppelnden Informationsmatrix,
- das Prinzip der chemodynamischen und chemoosmotischen Energiegewinnung,
- das der universellen Energiewährung in Form von ATP,
- das Prinzip der kybernetischen Steuerung durch Induktion und Repression,
- das Prinzip des aktiven Transports,
- der photosynthetischen Antenne,
- der Wasserphotolyse
- des respiratorischen, d.h. atmenden Stickstoffkreislaufs und eine Reihe anderer.

Anstatt uns mit Feuereifer auf solche Entwicklungen zu stürzen, quälen wir uns immer noch weiter mit jenen groben ineffizienten Technologien herum, zu denen letztlich auch die Energieerzeugung aus fossilen oder Kernbrennstoffen oder etwa der Transport durch das Auto zählen. Techniken, die mit enormem Energieaufwand, mit ebenso enormen Energieverlusten und einer primitiven Organisation funktionieren und die für das, was sie leisten, einen viel zu hohen Input an Material, Energie, Sicherheit und Rohstoffen verlangen, und einen viel zu hohen Output an Abfällen, Abwärme, Stress und Umweltschäden ergeben [10]. Deshalb haben wir auch noch kaum Techniken im Verbund, kaum Symbiosen, kaum Recycling, Mehrfachnutzung und andere Arbeitsformen einer kleinräumigen Technologie, wie sie eigentlich doch einer Art Ökosystem der Wirtschaft zukämen. So kommt es auch, dass wir nicht wissen, wo wir vielleicht besser zentralistisch und wo wir besser mit Unterstrukturen arbeiten sollten, wo mit Feedback-Hierarchie und wo mit Selbstregulation zu organisieren ist, dass wir nicht wissen, wo und warum wir Regelkreise oder selbststeuernde Rückkoppelung aufbrechen, wo und

warum wir plötzlich an unerwartete Grenzwerte stossen oder mit unseren Planungen Schiffbruch erleiden.

## Thesen zu einer überlebensfähigen Technik

Abschliessend will ich das in bezug auf die Technik Gesagte noch einmal in vier Thesen zusammenfassen:

1. Es gibt keine ursprüngliche Technik ausser im biologischen Bereich.
2. Biosysteme mit ihrer Milliarden Jahre langen Erprobungszeit in Struktur, Funktion und Organisation bieten sich daher zwingend als Vorbilder an für eine zukünftige Technik des Überlebens.
3. Wir haben zwar im Laufe der Jahrtausende eine Reihe von Strukturen und in letzter Zeit auch von Funktionen der Lebewelt abgeschaut, aber kaum ihre kybernetische, das heisst auf der Selbstregulation komplexer Systeme beruhende Organisationsform.
4. Nur in einer solchen Organisationsform werden die bisher ja noch sehr groben Abbilder – sehr ineffiziente Abklatsche lebender Strukturen und Funktionen, also unsere Technik – in ein überlebensfähiges System der Gesellschaft integriert werden können.

Alle Bemühungen, eine stärkere Humanisierung des Lebens auf dem bisherigen technokratischen Wege zu erreichen, nämlich gegen die biologische Natur (und natürlich insbesondere gegen die biologische Natur des Menschen) dürften somit zum Scheitern verurteilt sein. Der Mensch ist und bleibt ein Teil der Natur, ein Teil eines biokybernetischen Systems namens Biosphäre. Sobald er diese Zugehörigkeit aufgibt, wird er nicht mehr lange existieren.

Nach einem Vortrag, gehalten an der 10-Jahre-Feier der *Schweizerischen Vereinigung für Zukunftsforschung* (SZF) in Basel (8./9. Mai). Die Vorträge werden demnächst in einem Sammelband mit dem Titel «Die Herausforderung der achtziger Jahre» erscheinen. Bezugsquelle: Sekretariat SZF, Postfach, 8035 Zürich

Adresse des Verfassers: PD Dr. F. Vester, Geschäftsführer der «Studiengruppe für Biologie und Umwelt», Nussbaumstrasse 14, D-8 München 2.

## Literaturhinweise

- [1] Vester, F.: «Unsere Welt ein vernetztes System». Klett-Verlag, Stuttgart 1978
- [2] Vester, F.: «Ballungsgebiete in der Krise – eine Anleitung zum Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume mit Hilfe der Biokybernetik». Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1976
- [3] Vester, F.: «Neuland des Denkens» (siehe Kap. 7 «Mikrobiologie» und Kap. 8 «Bionik»). Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1980
- [4] Tributsch, H.: «Wie das Leben lernte – Physikalische Technik in der Natur». Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1976
- Bogen, H.J.: «Gezähmt für die Zukunft – Leistungen und Perspektiven der Biotechnik». Droemer-Knaur, München 1973
- Paturi, F.R.: «Geniale Ingenieure der Natur – wodurch uns Pflanzen technisch überlegen sind». Econ, Düsseldorf 1974
- Nachtigall, W.: «Biotechnik». Quelle & Meyer, Heidelberg 1971; vgl. auch Anm. 3
- [5] Vester, F. & v. Hesler, A.: «Das Sensitivitätsmodell. Regionale Planungsgemeinschaft Untermain (Hrsg.), Frankfurt 1980
- [6] Vester, F.: «Neuland des Denkens – Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter». Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1980
- Jantsch, E.: «Die Selbstorganisation des Universums – Vom Urknall zum menschlichen Geist». Hanser-Verlag, München 1979
- [7] Vester, F.: «Nahrung heute und morgen». Steilige Hörfunkreihe des Bayerischen Rundfunks. TR-Verlagsunion, München 1980
- [8] Stern, H. et al.: «Rettet die Wildtiere – wir brauchen sie» (vgl. dort «Das grosse Gleichgewicht»). Pro Natur-Verlag, Frankfurt 1980
- [9] Westman, W.E.: «How much are natures services worth?». Science, 197:960, 1977
- [10] Vester, F.: «Phänomen Stress». Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1976
- [11] Vester, F.: «Denken lernen vergessen». Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1975
- [12] Vester, F.: «Das Ei des Kolumbus – ein Energiebilderbuch». Kösel-Verlag, München 1979
- [13] Dürr, H.P., München
- [14] vgl. Anm. 1, Exponat 25: Kybernetische Wahrnehmung
- [15] vgl. Anm. 1, Exponat 10: Negative Rückkoppelung
- [16] vgl. Anm. 3, Kap. 16: Energielösungen
- [17] Broda, E.: «Erfindungen der lebenden Zelle – zwölf epochale und bisher nicht nachgeahmte Prinzipien». Naturwiss. Rundschau, 31:356, 1978
- [18] Schief, A.: «Bionik – Technisches Peilgerät nach dem Bau der Stechmücken». Umschau in Wiss. und Technik, 72:721, 1972
- [19] vgl. Jetter, U. in: «Märkte im Wandel», Bd. 8 «Energie/Kernenergie». Spiegel-Verlag, Hamburg 1979, sowie «Statistik der Energiewirtschaft 1976/77», S. 29

## Produktionssteuerung auf Baustellen

Von Oldrich Stradal und Markus Gehri, Zürich

Es wird ein am IBETH entworfenes System der Produktionssteuerung auf der Baustelle zur Diskussion gestellt. Das weiter geschilderte System der operativen Steuerung ist keine neue Erfindung, auf manchen Baustellen wird ähnliches benützt. Wir wollen jedoch folgende neue Aspekte erwähnen: Es soll auf die Wirksamkeit des formalisierten Systems hingewiesen werden. Das Verfahren ist als komplexes System mit einer Delegation von Verantwortung und Pflichten formuliert, was zu einer Motivation auf allen Stufen beiträgt. Das System ist flexibel, existierende Informationssysteme können angeknüpft werden, z.B. Lohnwesen, Kostenrechnung. Das Konzept und die Formulare sind jetzt für eine manuelle Bearbeitung vorbereitet, jedoch schon so, dass eine Computerbenützung möglich ist.

### Vorbemerkung

Die heutige Steuerung der Bauproduktion basiert meistens auf Unterlagen und Information aus dem *Rechnungswesen*. Diese sind zwar meist gut aufgebaut, doch kommen die Ergebnisse für eine zeitlich unmittelbare Steuerung zu spät, so dass sie nur für eine längerfristige Steuerung benützt werden können. Deshalb ist der Bauführer auf den meisten Baustellen auf eine *improvisierte* Steuerung angewiesen. So arbeitet er heute oft nicht als Dirigent eines Orchesters, vielmehr muss er versuchen, bereits begangene Fehler, Verspätungen, Unwirtschaftlichkeiten zu beseitigen. Die zeitlich unmittelbare (tägliche) Steuerung ist jedoch nicht nur Sache des Bauführers; gerade auf der Ausführungs-

stufung ist es notwendig, dass jeder Teilnehmer am Bauprozess seinen Teil der Steuerung übernimmt: Der Polier, der Vorarbeiter, die Versorgung der Baustelle usw.

### Grundzüge der operativen Steuerung auf Baustellen

#### Zweck der Steuerung

Die Steuerung soll:

- Tag für Tag jeder Arbeitergruppe das Leistungsbild, die aufgewendete Arbeit und die Termineinhaltung zeigen,
- in wöchentlichen Intervallen ein Mass der Wirtschaftlichkeit angeben,
- eine Delegation von Entscheidungs-

befugnissen und Verantwortung ermöglichen,

- menschliche Gesichtspunkte bei der Steuerung berücksichtigen,
- die Abweichungen, die zu sofortigen Massnahmen zwingen, aufzeigen.

#### Die Informationselemente

Informationselemente sind die Elemente des Bauprozesses, die es uns erlauben, die vom System benötigten Informationen zu erhalten. In unserem Fall sind dies: *Arbeiter- und Maschinenstunden* (Effektivstunden, bezahlte und unbezahlte Verluststunden), *Leistung in physikalischen Einheiten* (m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, Stücke) und *Termine*.

Die Informationselemente erscheinen in Form von *Vorgabewerten* (Planwerte) als Information nach unten und in Form von *Ergebnissen* (Ist-Werte) als Information nach oben.

Sie haben folgende Eigenschaften:

- sie sind dem Arbeiter und dem Polier verständlich, deshalb ermöglichen sie auch eine *Diskussion* bei der Arbeitsanleitung und bei der Ergebnisanalyse,
- sie ermöglichen es, die *Wirtschaftlichkeit* kurzfristig zu beurteilen,
- sie ermöglichen eine *Vorgabe* der Aufgaben und eine Sammlung der Daten über die Arbeitsergebnisse innerhalb kurzer Zeitperioden,
- durch ihre Verständlichkeit ermöglichen sie die *Selbstkontrolle* des Arbeiters, der Arbeitergruppe, des Poliers und schliesslich auch des Bauführers.