

Zeitschrift: Schweizer Monatshefte : Zeitschrift für Politik, Wirtschaft, Kultur
Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Monatshefte
Band: 55 (1975-1976)
Heft: 4: Wird die Schweiz unregierbar?

Artikel: Systemwissenschaft
Autor: Müller, Roland
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-163088>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

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

Systemwissenschaft

Herkunft und Grundprobleme

«Wer in einem Lande den Fortschritt der Wissenschaft fördern will, muss *diese* Wissenschaften vordringlich fördern, denn sie bezeichnen gleichsam eine *neue Bewusstseinsstufe*.» Diesen programmatischen Satz äusserte bereits 1969 der bekannte Physiker und Philosoph Carl-Friedrich von Weizsäcker¹, und er meinte mit «diesen Wissenschaften» die Strukturwissenschaften, worunter er neben Logik und Mathematik diejenigen Wissenschaften versteht, von denen im folgenden die Rede sein wird.

Im selben Jahr äusserte der deutsche Ministerialdirigent Peter Menke-Glückert an einem internationalen Symposium für Zukunftsfragen, «Systems 69», in München den Satz: «System ist für die heutigen Wirtschafts- und Sozialwissenschaften ein ebenso wichtiger *Schlüsselbegriff* wie für die Physik Masse und Energie².»

Und schliesslich lauten von den neun Sätzen, welche der über 200seitige erste Band des Forschungsberichtes des Schweizerischen Wissenschaftsrates 1973 den «Struktur- oder allgemeinen Systemwissenschaften» widmet, zwei: «Sie stellen zum Teil eine *neue Betrachtungsweise* dar; auf der andern Seite liefern sie für alle Realwissenschaften ein *formalanalytisches Arbeitsinstrument*. Es wird behauptet, dass die allgemeinen Systemwissenschaften eine ähnlich zentrale Rolle für die Entwicklung der Realwissenschaften spielen werden wie bisher die Mathematik³.»

Diesen Aussagen können wir entnehmen, dass die Systemwissenschaften eine grosse Bedeutung für die Entwicklung der übrigen Wissenschaften haben und nicht nur eine neue Betrachtungsweise und methodische Basis, sondern geradezu eine neue Bewusstseinsstufe darstellen. Ihr gemeinsamer Gegenstand sind die «*Systeme*», ein Begriff, der in den letzten Jahrzehnten eine ungeahnte Verbreitung gefunden hat, so sehr, dass es heute kaum mehr ein Objekt gibt, das nicht als System bezeichnet werden kann.

Doch was sind nun diese neuen Wissenschaften, von denen Carl-Friedrich von Weizsäcker gesprochen hat? Sind es mehrere Wissenschaften, oder gibt es nur eine, «die» Systemwissenschaft? Kann eine Betrachtungsweise überhaupt eine Wissenschaft sein? Ja, was ist überhaupt eine Wissenschaft? Ist sie etwa gerade nichts anderes als eine *besondere Betrachtungsweise*,

etwa im Unterschied zur Kunst, zur Religion, zu Handwerk und Gewerbe, zum pragmatisch-intuitiven Vorgehen oder zur Meditation?

Jedenfalls ist Wissenschaft eine ungemein weitschichtige und auch folgenreiche Angelegenheit. Dabei haben wir noch nicht unterschieden zwischen «der» Wissenschaft und den Wissenschaften. Je nach Unterteilung sind davon immerhin *drei bis fünf Dutzend sogenannte Disziplinen oder Fächer* zu zählen, wobei wiederum selten deutlich ist, was sind nun Grund- und was nur Teildisziplinen, was Grundlagenwissenschaften und was nur Hilfswissenschaften, von der Gruppierung zu Human-, Geistes-, Sozial-, Natur-, Formal-, Real-, induktiven, experimentellen, empirischen usw. Wissenschaften ganz zu schweigen.

Wo und was ist die Systemwissenschaft?

Irgendwo in diesem Geflecht soll sich nun auch die «Systemwissenschaft» befinden. Oder ist sie überall zuhause? Ergibt sich aus der Summe der System-Ansätze in den vielen Einzelwissenschaften so etwas wie eine Systemwissenschaft als *Überwissenschaft*, oder verfügt jede Einzeldisziplin über eine eigene Systemwissenschaft als *Hilfswissenschaft*? Oder sind es nur einzelne Systemtheorien, System-Methodiken oder gar nur Ansätze zu Theorien oder Verfahrensvorschlägen?

Immerhin: Wenn auch die von den System-Ansätzen verwendeten Terminologien keineswegs einheitlich sind und das, was jeweils als «System» aufgefasst wird, weder ein Gleiches ist, noch auf dieselbe Weise gekennzeichnet wird, so lässt es sich aufgrund der desungeachtet vorliegenden ähnlichen Betrachtungs- und Vorgehensweisen verantworten, von *einer* Systemwissenschaft zu sprechen, von *einer* Disziplin, die trotz ihres jungen Alters und der damit verbundenen Unsicherheit ihrer Selbstdefinition als leidlich *eigenständig* gelten kann. Dies durchaus in Analogie etwa zur Mathematik oder Physik, die, auch wenn sie in der Ökonomie oder Technik, in der Soziologie oder Archäologie «verwendet» werden, durchaus «Mathematik» und «Physik» bleiben. Auch die Psychologie verliert ihren sie kennzeichnenden Disziplincharakter nicht, wenn sie sich als physiologische oder pädagogische, klinische oder forensische in anderen Disziplinen etabliert oder in Betriebs- und Arbeitspsychologie, Sozial- und Tier-, Entwicklungs- und Tiefenpsychologie aufgespalten hat.

Bleibt die Frage: Ist nun diese Systemwissenschaft eine Über-, eine Grundlagen- oder bloss Hilfswissenschaft, wo hat sie ihren Standort im «System» der Wissenschaften und wodurch zeichnet sie sich als Wissenschaft aus?

Die Bedeutung der Systemwissenschaft hat sich in den letzten paar Jahrzehnten für die einzelnen anderen Wissenschaften je verschieden, im allgemeinen aber als wesentlich herausgestellt. Die *Betrachtung* von komplexen Gebilden als – vorwiegend offene, vermaschte und geregelte – Systeme und die darauf beruhende *Methodik des Problemlösens* hat sich als vielversprechend erwiesen, wenn auch manche Ungereimtheiten keinesfalls gering eingeschätzt werden dürfen. Die Tendenz geht vermutlich tatsächlich in die Richtung, die der Schweizerische Wissenschaftsrat angetönt hat, wenn er von der «*zentralen Rolle*» der Systemwissenschaft spricht, was diese sowohl als Hilfs- wie auch als grundlegende Wissenschaft verstehen lässt. Ihr Ort im Kosmos der Wissenschaften ist damit gewissermassen *freischwebend*, analog etwa demjenigen, wie erwähnt, der Mathematik oder gar – der Philosophie. Mit einem englischen Ausdruck könnte man sie als «*Interscience*» bezeichnen. Ja, mit einiger Vorsicht könnte man sogar behaupten, die Systemwissenschaft habe die *Philosophie* – aus der sie zu einem guten Teil herausgewachsen ist – in zahlreichen ihrer Funktionen *ersetzt*, beispielsweise was den vielgerühmten «*Blick auf das Ganze*», das Streben nach Überblick und Totalität, die «*Anstrengung des Begriffs*» (Hegel) und das Bemühen um Systematik im Vorgehen betrifft.

Genau mit diesen Bemühungen sind wichtige Kennzeichen der Systemwissenschaft genannt, nämlich das Bestreben:

- Einen Problembereich in möglichst *umfassender* Betrachtung und Berücksichtigung aller wesentlichen Vorgänge und Einflussfaktoren zu bearbeiten;
- eine möglichst *universell*, das heisst in den verschiedensten Wissensgebieten verwendbare Terminologie zu schaffen und auszubauen;
- sich einer sauberen und *strengen* Methodik zu befleissigen und
- die gewonnenen Erkenntnisse in einer möglichst *einheitlichen* und *übergreifenden* Theorie zusammenzubringen.

Die Herkunft aus der Philosophie

Dass dieses mehrfache Bestreben tatsächlich einen philosophischen Hintergrund hat, zeigt sich zumindest bei der «*Allgemeinen Systemtheorie*», englisch: «*General Systems Theory*», die von dem nach dem Zweiten Weltkrieg nach Nordamerika emigrierten Wiener Biologen Ludwig von Bertalanffy begründet wurde. Eine seiner frühesten Publikation (1928) widmete er Nikolaus von Kues. Bertalanffy fand viele Ideen in den Schriften dieses 500 Jahre vor ihm geborenen Denkers – den manche als ersten Philosophen

der Neuzeit und Begründer der deutschen Philosophie betrachten – und kam in späteren Arbeiten immer wieder auf ihn zurück. Nicht ohne Grund standen auch die ersten programmatischen Aufsätze von Bertalanffy, dem Philosophen C. G. Hempel sowie von R. E. Bass und H. Jonas über die «General Systems Theory» 1951 unter dem verbindenden Titel: «*A New Approach to the Unity of Science*⁴.» Sechs Jahre später bezeichnete Bertalanffy seine Allgemeine Systemtheorie als «*Weg zu einer neuen Mathesis universalis*⁵», also zu einer universalen, vorwiegend formalen Wissenschaft, einschliesslich Logik und Mathematik.

«Einheit der Wissenschaft» und formale Universalwissenschaft, das klingt anspruchsvoll. Die Bemühungen hierum lassen sich weit in die Geschichte zurückverfolgen. Es sei nur erinnert an die «ars combinatoria», «ars magna» oder «scientia generalis», nach ihrem Begründer, dem spanischen Scholastiker *Raymundus Lullus* (1235–1315) auch «Lullische Kunst» genannt, oder die davon angeregte, von *Leibniz* 400 Jahre später angestrebte «characteristica universalis», eine Art Begriffsschrift oder symbolische Logik, die unter Anwendung des «calculus ratiocinator», also von bestimmten Regeln, zusammen mit der Mathematik und Mechanik die «Mathesis universalis» ergibt. Der Lullische Wunsch, aus wenigen evidenten Grundbegriffen oder Zeichen (Indices, Daten) und deren Kombinationen alle übrigen Wahrheiten und damit auch alle Einzelwissenschaften aufzubauen, wurde vor allem in den dreissiger Jahren unseres Jahrhunderts wieder virulent, als der sogenannte *Wiener Kreis* (Schlick, Carnap, Neurath) mit seiner Forderung nach einer «*Einheitswissenschaft*» auftrat und versuchte, Forschungen und Ergebnisse der Einzelwissenschaften miteinander zu verbinden und mit Hilfe eines Formelsystems (Wissenschaftslogik) in Einklang zu bringen. 1935 fand an der Sorbonne in Paris sogar ein – im Jahr zuvor in Prag vorbereiteter – internationaler Kongress für «Einheit der Wissenschaft» statt. Die Angelegenheit nahm aber keinen rechten Fortgang. So könnte es also durchaus sein, dass nun die «General Systems Theory» als *neuer Ansatz einen gangbareren Weg* zeigt, und zwar eben über den Schlüsselbegriff «System». Es wäre natürlich allzu einfach, zu behaupten, da heutzutage beinahe alle Wissenschaften «Systeme» zu untersuchen beginnen, seien sie plötzlich allesamt zu Systemwissenschaften geworden. Dennoch ist diese Betrachtung der bisherigen einzelwissenschaftlichen Gegenstände *als* System ein derart auffallendes und in seiner Verbreitung wohl noch nie dagewesenes Phänomen, dass man sicher von einer realen Chance der Zusammenführung aller Wissenschaften, von einem «Approach to the Unity of Science» sprechen kann.

Der Begründer einer, wie es zuerst scheinen möchte, ganz andern Systemtheorie, der Ingenieur Karl Küpfmüller, schreibt am Anfang seiner «*System-*

theorie der elektrischen Nachrichtenübertragung» (1949): «Die Systemtheorie beantwortet in übersichtlicher Weise alle Grundfragen der verschiedenen Teilgebiete der Nachrichtenübertragung, so dass sich damit gleichzeitig ein Überblick über die gesamte Nachrichtentechnik ergibt.» Mit der Systemtheorie «lässt sich das Wesentliche der Vorgänge erkennen⁶».

Die dritte Hauptwurzel schliesslich der Systemwissenschaft, ebenfalls in den vierziger Jahren entwickelt, stellen *Input-Output-Analyse* (W. W. Leontief, 1941), die *Theorie der neuronalen Netzwerke* (W. McCulloch, W. Pitts, 1943), *Zukunftsforschung* (O. K. Flechtheim, 1943–1945), *Spieltheorie* (J. v. Neumann, O. Morgenstern, 1944), *Stabilitäts- und Anpassungstheorie* (W. Ross Ashby, 1945–1947), *Kybernetik* (N. Wiener, 1948), *Informationstheorie* (Cl. Shannon, W. Weaver, 1948), *Morphologie* (F. Zwicky, 1948), *das Reafferenzprinzip* (E. von Holst, H. Mittelstaedt, 1950) und die *Entscheidungs-Theorie* (H. A. Simon, 1945–1947; A. Wald, 1950) sowie *Operational Research*, *Systemanalyse* und *Systems Engineering* dar. Letztere drei verfahrensorientierte Betrachtungsweisen wurden im militärischen Bereich entwickelt. Das gilt zum Teil auch für die Zukunftsforschung und Kybernetik.

Am Vorabend des Ersten Weltkriegs

Seltsamerweise zeigen diese drei Hauptwurzeln der modernen Systemwissenschaft bereits kurz vor dem Ersten Weltkrieg einen ersten kräftigen Entwicklungsknoten.

1. Den *Organismus als System* betrachten der Arzt und Erkenntnistheoretiker Berthold Kern («Das Problem des Lebens», 1909) und der Philosoph Nicolai Hartmann («Philosophische Grundfragen der Biologie», 1912). *Homöostatische Prozesse* beschrieb L. J. Henderson («The Fitness of the Environment», 1913), und mit Untersuchungen über das stroboskopische Sehen begründete 1911 Max Wertheimer die *Gestalttheorie*. 1913 erschienen Karl Bühlers Monographie über «Die Gestaltwahrnehmungen» und Wolfgang Köhlers «Gestaltprobleme und Gestalttheorie». Ferner erschienen 1909 J. J. von Uexkülls Untersuchungen über «*Umwelt und Innenwelt der Tiere*», 1912 Hans Drieschs «*Ordnungslehre*» und 1914 Wilhelm Roux' «*Selbstregulation*».
2. «Wohl die wichtigste Erfindung nach der Elektronenröhre (Lee de Forest und Robert von Lieben, 1906) war die des *Rückkoppelungsprinzips* im Jahre 1913, für welche die Priorität nicht ganz klar ist. Alexander Meissner benutzte im März 1913 gasgefüllte Lieben-Röhren zur Erzeugung hochfrequenter Wechselströme durch induktive Rückkoppelung

und meldete am 9. April 1913 darauf ein Patent an. Am gleichen Tag meldete E. Reiss ein USA-Patent auf Rückkoppelung zur Niederfrequenzverstärkung an. Hierbei blieb ein österreichisches Patent von S. Strauss aus dem Jahre 1912 unbeachtet. Andererseits wird berichtet, dass im Jahre 1913 in England Ch. S. Franklin und H. J. Round und in den USA E. H. Armstrong und J. Langmuir die Rückkoppelung gefunden hätten. Es bleibe hier unentschieden, wer die Priorität im juristischen Sinne beanspruchen kann, es sei jedoch hier bemerkt, dass nach einer gewissen physikalisch-technischen Vorgeschichte *die Zeit für bestimmte Erfindungen offensichtlich reif* und es dann mehr eine Frage des Zufalls ist, in welchem der verschiedenen Köpfe der entscheidende Gedanke formuliert wird» (Karl Steinbuch⁷).

3. Mit Fragen der *Betriebsführung* befassten sich Frederick W. Taylor («Principles of Scientific Management», 1911; deutsch 1913), das Ehepaar Gilbreth und Henri Fayol (Allgemeine Prinzipien der Betriebsführung, 1916; deutsch «Allgemeine und industrielle Verwaltung», 1929). 1913 führte Henry Ford bekanntlich die *Fliessbandproduktion* ein. Der Begründer der *Betriebspsychologie*, Hugo Münsterberg, veröffentlichte 1912 «Psychologie und Wirtschaftsleben» (engl.: «Psychology and Industrial Efficiency», 1913) und 1914 seine «Grundzüge der Psychotechnik». 1914 erschienen auch von Friedrich von Wieser die «Theorie der gesellschaftlichen Wirtschaft» und von *Othmar Spann* die «Gesellschaftslehre».

Der Weg zur allgemeinen Systemtheorie

Nach dem Ersten Weltkrieg entfaltete sich auf allen diesen Gebieten eine rege Aktivität. *Steuerungs- und Regelungsvorgänge* wurden nicht nur in der Biologie, Psychologie, Physiologie, Neurologie – u. a. durch die Schweizer W. R. Hess und A. v. Muralt –, sondern auch in der Volkswirtschafts- und Organisationslehre sowie in der Nachrichtentechnik (Verstärker, Netzwerksynthese), in geringerem Masse auch schon in der Maschinenteknik untersucht. Die *Thermodynamik* erfuhr in Richtung «offene Systeme» und «irreversible Prozesse» zahlreiche Ausweitungen, der *Informationsbegriff* wurde eingeführt, Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik, Mengenlehre, Topologie usw. erfuhren ungeahnte Aufschwünge, und die *mathematische Behandlung von Problemen* fasste in den verschiedensten Forschungsbereichen Fuss. Anfang der dreissiger Jahre bezeichnete A. V. Hill das *Fliessgleichgewicht* in offenen Systemen als «steady state», begann Vannevar Bush mit der Entwicklung *mechanischer Integrieranlagen*, entwickelte H. L. Hazen am MIT

seine «*Theorie der Servomechanismen*» und entwarf der Mathematiker John Maynard Keynes *Modelle für die Nationalökonomie*, während in der Betriebswirtschaft die «*Human Relations*» analysiert und gefördert wurden.

Zur selben Zeit begann Ludwig von Bertalanffy sein Konzept einer allgemeinen Systemtheorie zu entwickeln. Zuerst bewegte er sich dabei im Bereich der Biologie. Er ging dabei von folgenden Prinzipien aus:

- «Betrachtung des lebenden Systems als eines *Ganzen* im Gegensatz zu bloss analytischer und summativer Methodik;
- *dynamische* Betrachtungsweisen im Gegensatz zu einer statischen oder Maschinen-Theorie des Organismus;
- der Grundsatz, dass die Organismen *primär aktive* und nicht reaktive Systeme sind⁸.» Daraus ergibt sich:

«Da der fundamentale Charakter eines Lebewesens in seiner *Organisation* liegt, kann die übliche Untersuchung von Einzelteilen und Einzelprozessen keine vollständige Erklärung des Lebensphänomens angeben. Vielmehr müssen die *Gesetze lebender Systeme* auf allen Niveaus der Organisation untersucht werden. Wir nennen diese Auffassung, betrachtet als eine Forschungsmaxime, organismische Biologie und, als ein Versuch zur Erklärung, die *Systemtheorie des Organismus*⁹.»

In diesem Zitat aus der «*Kritischen Theorie der Formbildung*» (1928) kommt wohl zum erstenmal überhaupt das Wort «Systemtheorie» vor. In seiner «*Theoretischen Biologie*» (1932) schreibt er ganz ähnlich, es gehe um die *Vereinheitlichung* der biologischen Theoriebildung auf dem Boden der organismischen Anschauung. Ziel sei, «die Ordnungsgesetzlichkeiten zu erkennen, in welchen die Teile und Teilprozesse (des Organismus) zusammengefügt sind, und die eben das für das Leben Charakteristische ausmachen» (V). «Wir möchten den Versuch zur Überwindung von Mechanismus und Vitalismus als Forschungsmethode <organismische Biologie> und als Versuch einer Lebensklärung <Systemtheorie des Lebens> nennen (81). Anschliessend fällt dann die markante Feststellung: *Lebens-eigenschaften sind Systemeigenschaften*.

Bertalanffy blieb jedoch dabei nicht stehen. Vielmehr war seine Absicht, eine «allgemeine Systemlehre als übergreifende Wissenschaft¹⁰», eine Theorie «von Systemen überhaupt¹¹» zu entwickeln. Doch, so berichtet er¹², das intellektuelle Klima der dreissiger Jahre sei nicht günstig gewesen für theoretische Ideen. Schon seine Bemühungen um eine «theoretische Biologie» seien *auf Widerstand gestossen*; erst recht aber der «sehr abstrakte Vorschlag einer allgemeinen Systemtheorie». So trug er seine diesbezüglichen Vorstellungen ab 1937 einmal mündlich vor (zuerst in Charles

Morris' Philosophie-Seminar an der Universität von Chicago). Erst nach dem Zweiten Weltkrieg konnte er die ersten Aufsätze drucken lassen. Dabei ergab sich, dass unterdessen eine ansehnliche Zahl von Forschern auf ganz verschiedenen Gebieten, und zum Teil unabhängig voneinander, *zu ähnlichen Theorien, Modellvorstellungen oder gar Spekulationen gelangt* waren. Es lag also doch etwas in der Luft! So wurde denn zum Beispiel 1954 als Gruppe innerhalb der «American Association for the Advancement of Science» die «Society for the Advancement of General Systems Theory» gegründet, die sich später «*Society for General Systems Research*» (Washington D.C.) nannte und seit 1956 ein vielbeachtetes Jahrbuch herausgibt. Die «*Association Internationale de Cybernétique*» wurde erst 1957 in Namur gegründet (Vierteljahresschrift «*Cybernetica*»). Im selben Jahr fand auch die erste *internationale Konferenz über Operational Research* in Oxford (GB) statt und wurde in der Bundesrepublik Deutschland der «*Arbeitskreis Operational Research*» (AKOR) gegründet.

Worum es bei diesen Bemühungen geht, sei nochmals mit einem frühen Zitat von Bertalanffy erläutert:

«Es gibt Modelle, Prinzipien und Gesetze, die für allgemeine Systeme oder Unterklassen von solchen gelten, unabhängig von der besonderen Art der Systeme, der Natur ihrer Komponenten und der Beziehungen oder Kräfte zwischen diesen. Wir fordern daher einen *neuen Wissenschaftszweig*, genannt Allgemeine Systemtheorie. Die Allgemeine Systemtheorie ist ein logisch-mathematisches Gebiet, dessen Aufgabe *die Formulierung und Ableitung jener allgemeinen Prinzipien* ist, die für «Systeme» schlechthin gelten. Auf diesem Wege sind exakte Formulierungen von Systemeigenschaften möglich, wie zum Beispiel *Ganzheit und Summe, Differenzierung, progressive Mechanisierung, Zentralisierung, hierarchische Ordnung, Finalität und Äquifinalität* und so fort; das heisst Charakteristiken, die in allen Wissenschaften vorkommen, die sich mit Systemen beschäftigen und so deren logische Homologie bedingen¹³.»

Operations Research

Nun macht die *Systemtheorie* aber noch keine Wissenschaft aus; es fehlt zumindest eines: *die Praxis*. Eine solche stellen einerseits die Elektro-, insbesondere Nachrichtentechnik, andererseits Kybernetik, Operations Research, Systemanalyse und Systems Engineering dar. Wie es zur Kybernetik kam, schildert Norbert Wiener plastisch in seinem gleichnamigen Buch (1948), wobei deutlich wird, wie eng die Biologie, vor allem Physiologie und Neurologie mit Technik – und Mathematik – in Verbindung gebracht wer-

den können: In beiden Bereichen geht es um *Ordnung und Organisation, Koordination und Kontrolle, Differenzierung und Zentralisierung, Rückkopplung und Zielgerichtetheit*.

Wie es zum Operations Research kam, skizzieren Russel L. Ackoff und Maurice W. Sasienski in ihren «Grundzügen der Operationsforschung» (1970). Der Grund für das Auftauchen und die Notwendigkeit des Operations Research lag in der zunehmenden Aufteilung der seit Mitte des 19. Jahrhunderts infolge der Mechanisierung der Produktion rasch wachsenden einzelnen Industrieunternehmen. *Funktionsteilungen* hatten die Gliederung von Unternehmen in Abteilungen und später Unterabteilungen zur Folge. Gleichzeitig wuchs für die «Geschäfts»-Leitung das Problem der Organisation und Koordination der Abteilungen resp. Aufgaben oder Funktionen sowie ihrer Ziele und Mittel.

«Militärische Organisationen hatten aus den gleichen Gründen eine ähnliche organisatorische Entwicklung erlebt wie die Industrie. Die Entwicklung neuer Technologien und das allgemeine Wachstum erforderten in steigendem Masse die *Teilung und Spezialisierung der Leitungsaufgaben* ... Der hauptsächlichste Unterschied zwischen der evolutionären Entwicklung der militärischen Leitungsfunktionen und dem industriellen Gegenstück ergab sich in den zwanzig Jahren zwischen dem Ende des Ersten Weltkriegs und dem Anfang des Zweiten Weltkriegs. Während dieser Zeit wurde die militärische Technologie schneller entwickelt als sie wirksam in die militärische Taktik und Strategie übernommen werden konnte. Es nimmt also wenig wunder, dass sich die leitenden britischen Militärs *bei Beginn der deutschen Luftangriffe auf Grossbritannien* um die Hilfe der Wissenschaftler bemühten. Insbesondere suchten sie *Hilfe bei der Einbeziehung des neu entwickelten Radars in die Taktik und Strategie der Luftverteidigung*. In den Jahren 1939 und 1940 wurden diese Aufgaben mit beträchtlichem Erfolg von kleinen Gruppen von Wissenschaftlern bearbeitet, die aus vielen verschiedenen Disziplinen kamen. Ihr Erfolg liess das Interesse wachsen, und es traten bei den anderen westlichen Alliierten ebenfalls solche Gruppen von Wissenschaftlern auf, so in den Vereinigten Staaten, in Kanada und in Frankreich¹⁴.»

Diese Beratungstätigkeit nannte man Operations Research, aber auch etwa Systems Analysis, Systems Evaluation, Systems Research oder Management Science. Während nach dem Krieg die Operations Research-Spezialisten in Grossbritannien rasch für den *zivilen Wiederaufbau* eingesetzt wurden – vor allem in den Geschäftsleitungen der verstaatlichten Grundstoffindustrie –, blieben sie in den USA im Dienste der *Streitkräfte*, da einerseits die Ausgaben für die militärische Forschung erhöht wurden, andererseits weder Wiederaufbau notwendig war noch Verstaatlichungen

stattfanden. Erst Anfang der fünfziger Jahre begann die Industrie sie aufzunehmen, um die sich anbahnende *Automation* und den Einsatz der eben entwickelten *elektronischen Rechenmaschinen* bewältigen zu können. Durch den Koreakrieg und das damit verstärkte Bestreben nach höherer Produktivität unterstützt, breitete sich Operations Research rasch über die ganzen USA aus. In Kontinentaleuropa hinkte die Entwicklung einige Jahre hinterdrein.

Das Vorgehen von Operations Research und Systemanalyse

Was ist nun das Besondere an dieser Beratungstätigkeit? Alexander King vom britischen Department of Scientific and Industrial Research schrieb 1956 darüber:

«In Grossbritannien und später auch in den Vereinigten Staaten wurden kleine Gruppen von Wissenschaftlern den Befehlsstellen der bewaffneten Streitkräfte als Berater in Fragen der Einsatzforschung zugeteilt. Durch eine *genaue Beschreibung* der Verhältnisse und zwar – soweit möglich – *in fest umrissenen Begriffen*, durch *Formulierung genauer Probleme*, *Analysierung der Wirkung von verschiedenen Veränderlichen* und die *Erprobung des Nutzens von Alternativlösungen* waren sie in der Lage, *Ratschläge* zu erteilen, auf deren Grundlage *Entscheidungen* von grösster Bedeutung getroffen wurden. Diese Verfahrensweisen werden heute den Bedürfnissen der Friedenswirtschaft angepasst¹⁵.»

Das ist eine recht treffliche Beschreibung des Vorgehens. Was darüber hinaus bedeutsam ist, das ist die *geplante Gemeinschaftsarbeit*, die im Zweiten Weltkrieg sehr rasch ungeahnte Ausmasse annahm, man denke nur an das Projekt Manhattan – ein erstes, klassisch gewordenes Beispiel der sogenannten «Grossforschung» – oder an die Bemühungen in der Flugzeugtechnik oder in der Entwicklung der elektronischen Rechenmaschinen. Über die «interdisziplinäre» Arbeit im Bereich der Kybernetik gibt wiederum Norbert Wiener in seinem gleichnamigen Buch einen farbigen Bericht. In den fünfziger Jahren nannte man dies gerne «Team-work».

Bleiben wir noch kurz bei dieser «vergleichsweisen neuen geistigen Bewegung». Der englische Wissenschaftsjournalist Nigel Calder schreibt darüber in seinem Buch «Technopolis» (1971)¹⁶, nachdem er ihre Entstehung in Zusammenhang mit Operations Research, Spieltheorie, Einsatz von Computern und «Think Tanks» (Denkfabriken wie die Rand-Corporation in Santa Monica) geschildert hat, die Systemanalyse sei eine wichtige *Denkhilfe*, die heute bis in die Spitzen der Regierung gelange. Sie sei jedoch noch

keine richtige Wissenschaft, vielmehr eine «neue, spekulative Regierungskunst». Sie bedeute im Prinzip «ständige Vorausschau auf sich ändernde Möglichkeiten und Bedürfnisse. Mit ihrer Hilfe lassen sich Theorien der betroffenen Systeme entwickeln und Alternativprogramme vergleichen, ehe Beschlüsse über eine bestimmte Politik oder den Etat gefasst werden».

Calder weist darauf hin, dass vor allem drei Punkte zu beachten sind:

1. «Die Modelle der Systemanalytiker sind Theorien – und überdies vereinfachte Theorien.»
2. «Die Systemanalyse kann einen starken Druck zugunsten gesellschaftlicher Konformität ausüben. Je umfassender man plant und je mehr <optimalisiert> wird ..., um so grösser ist der Bereich, in dem den Staatsbürgern gesagt wird, was sie tun sollen oder müssen.»
3. «Die Systemanalyse hat erst vor kurzem begonnen, sich mit den allgemeinen menschlichen Bedürfnissen, Dringlichkeitsordnungen, Werten und Meinungen zu befassen. Vielmehr geht sie bei diesen Gelegenheiten von grosszügigen Annahmen aus. Häufig fehlen auch Informationen über grundlegende <Sozialindikatoren> wie Fertigkeiten, Kenntnisse und Gesundheit der Bevölkerung, ihre Interessen und die Beschaffenheit ihrer Umwelt.»

Gerade dieser letzte Punkt ist von zentraler Bedeutung beispielsweise für die Entwicklungshilfe. Was hilft es, ohne genaue Kenntnisse dieser Faktoren, am Schreibtisch Strategien auszuarbeiten, die sich im Feld als völlig undurchführbar erweisen und weder den Eigenheiten der betreffenden Länder und Regionen, der dortigen Regierungen, Macht- und einzelnen Bevölkerungsgruppen noch den hygienischen, bildungsmässigen, ökonomischen und klimatischen usw. Gegebenheiten Rechnung tragen?

Wie unterscheidet sich nun «System Analysis» von «Systems Engineering», zu deutsch Systemtechnik oder Systemplanung?

Nach Calder betrifft Systems Engineering die «ganzheitliche Betrachtung eines Ingenieurprojekts». Man habe das schon betrieben, noch ehe es einen Namen dafür gab; besonders die Architekten seien schon lange damit vertraut gewesen. Der Systemingenieur müsse sich um den Entwurf und das Funktionieren eines Projekts kümmern, Hindernisse und Begrenzungen erforschen und sich vergewissern, welche Wissenschaft und welche Technologie dem Projekt in einer neuen komplexen Situation zur Verfügung stehen. Als Beispiele nennt er die Nachrichtenübermittlung via Satelliten, den Einsatz von Computern im Schulunterricht oder die Entwicklung eines Systems öffentlicher Verkehrsmittel, wobei, wie bei der Systemanalyse,

zusehends die Berücksichtigung von gesellschaftlichen Zielen und die Befriedigung menschlicher, auch individuell geprägter Bedürfnisse in den Vordergrund treten.

Kybernetik

Erstaunlicherweise hatte es die Kybernetik – mit Ausnahme der Informations-, Entscheidungs- und Automatentheorien sowie der Theorie der logischen oder neuronalen Netzwerke – anfänglich schwerer, sich durchzusetzen. Heinz Zemanek gibt in «Informationen über Information» (1969)¹⁷ eine kurze Schilderung: «Was ist passiert, nachdem 1948 Wieners Buch <Cybernetics> erschienen war? Es fanden in Amerika einige Tagungen der Macy-Foundation statt, in denen das Wort <Kybernetik> öfters benützt wurde. Dann aber verschwand das Wort aus der amerikanischen Öffentlichkeit. In Europa wird Wieners Buch etwas später gelesen. Ich kann mich erinnern, wie ich es 1951 in die Hand bekommen habe: Es war interessant, was Wiener schrieb, und es war lustig zu lesen. Aber was Kybernetik ist, liess es eigentlich offen. Es ist das Verdienst von Organisationen wie der Association Internationale de Cybernétique in Namur, dass die Kybernetik in Europa akzeptiert wurde. Sie kam dadurch in Schwung, dass man in Namur *nicht sehr kritisch* war, dass man das Niveau der vorgelegten Vorträge so gut wie gar nicht prüfte. Es wurden zwischen 1000 und 1500 Seiten Vorträge fast wahllos gedruckt. Dennoch: Die Auswirkungen waren letztlich gut. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Idee der Kybernetik einem *Bedürfnis* entspricht, wobei die Entwicklung in merkwürdigen Wellen-Bewegungen verläuft. Es werden oft recht schlichte Ergebnisse *mit grossem Enthusiasmus* verkündet und enden dann in einer gewissen *Enttäuschung*.»

In Europa hatte die Kybernetik in den fünfziger Jahren einen negativen Beiklang. «Man betrachtete sie als eine *unsolide Abart* der Wissenschaft, die ein richtiger Lehrstuhlinhaber eigentlich nicht vertreten dürfte.» Einzig in Frankreich fasste sie rasch und nachhaltig Fuss, nicht zuletzt in Verbindung mit dem Bau von Computern (F. Couffignal), der Futurologie (Jean Fourestié) und der ästhetischen Informationstheorie (Abraham A. Moles). Verdienste um die Popularisierung erwarben sich Julien Loeb (1951), Pierre de Latil (1952), Albert Ducrocq (1952), G. T. Guilbaud (1954), Vitold Belevitch (1956) und Georges Hartmann (1956).

Russland begann zwar sehr früh mit dem Computerbau, doch «die ersten Reaktionen auf die Kybernetik waren äusserst negativ», schreibt Zemanek. «Der Umschwung ging interessanterweise von den Philosophen aus. Die

Physiker hatten sich zwar schon früher dafür interessiert, aber für sie gab es zunächst gar keine Möglichkeit, kybernetische Forschungen durchzusetzen. Sie mussten warten, bis die Kybernetik ein fester Bestandteil des sowjetrussischen Denkens geworden war.» Ähnliches gilt übrigens auch für die DDR, die zuerst russische Werke übersetzte (zum Beispiel A. I. Kinichins «Arbeiten zur Informationstheorie»), bis sie in Georg Klaus («Kybernetik in philosophischer Sicht», 1961) einen eigenen Promoter fand. Erst nach der Anerkennung der Arbeiten von A. I. Kinichin, A. und I. Jaglom («Wahrscheinlichkeit und Information», 1957; deutsch 1960), A. A. Ljapunow («Problemy Kibernetiki», 1958 ff.), J. A. Poletajew und W. Solodownikow wurden in Russland Institute für Kybernetik gegründet; dasjenige von W. M. Gluschkow («Theorie abstrakter Automaten», deutsch 1963) soll 1968 bereits 1500 wissenschaftliche Mitglieder gehabt haben.

Worum es in der Kybernetik geht, lässt sich entweder in einem Satz oder mit einem ganzen Buch beantworten. Der Satz entstammt – wie könnte es anders sein – der Einführung von Wieners «Kybernetik» und lautet: «Wir haben beschlossen, *das ganze Gebiet der Regelung und Nachrichtentheorie*, ob in der Maschine oder im Tier, mit dem Namen «Kybernetik» zu benennen¹⁸.» (Daher heisst der Untertitel des Buches auch: «Control and Communication in the Animal and the Machine.» Den Beginn der Entwicklung dieses «Fachs» setzt Wiener auf das Jahr 1942 an; er spricht auch schon von «der *neuen Wissenschaft Kybernetik*¹⁹»). Das erwähnte Buch heisst «Was ist Kybernetik?» (1967), stammt von Felix von Cube und gibt auf die Frage auf 290 Seiten erschöpfend Auskunft. Für die Systemwissenschaften fehlt bislang eine vergleichbare Zusammenstellung. In dieser Hinsicht täuscht der bisher einzige deutsche Titel «Systemwissenschaft» (Lothar Czayka, 1974)²⁰.

Systemforschung

Zu den ersten *Förderern* von Informationstheorie und Kybernetik in den fünfziger Jahren sind für Grossbritannien Colin Cherry, Stafford Beer, Gordon Pask und Frank H. George, für die USA neben Wiener und Neumann Y. Bar-Hillel, Léon Brillouin, Heinz von Foerster, Edmund C. Berkeley, Henry Quastler, Stanford Goldman und G. A. Miller, für die Bundesrepublik Deutschland Horst Mittelstaedt, R. Feldtkeller und Karl Küpfmüller, Winfried Oppelt und W. Meyer-Eppler, für Österreich Heinz Zemanek und Adolf Adam zu nennen. A. M. Turing, J. Z. Young und A. M. Uttley befassten sich vorwiegend mit logischen und neurologischen Problemen. C. West Churchman und Russel L. Ackoff machten sich wie P. M.

Morse ihren Namen auch mit grundlegenden Werken über Operations Research, D. P. Campell und Harold Chestnut über Servomechanismen und Systems Engineering, Norman N. Barish über Systemanalyse, Herbert A. Simon, O. J. Smith und Kenneth E. Boulding über Verwaltungs- und Wirtschaftsprobleme, Karl W. Deutsch und David Easton über das politische System.

Bemerkenswert ist, dass W. Ross Ashbys legendäres «Design for a Brain» (1952) bis heute nicht, seine «Introduction to Cybernetics» (1956) erst 1974 *ins Deutsche übersetzt* wurde. Während Wieners «The Human Use of Human Beings» (1950), John Diebolds «Automation – The Advent of the Automatic Factory» (1952) und Neumanns «The Computer and the Brain» (1958) bereits zwei, H. S. Tsiens «Engineering Cybernetics» (1953) und Beers «Cybernetics and Management» (1959) drei, Churchmans «Introduction to Operations Research» (1957) vier, John G. Truxals «Automatic Feedback Control System Synthesis» (1955) fünf, Cherrys «On Human Communication» (1957) sechs und William Grey Walters «The Living Brain» (1953) acht Jahre später auf Deutsch vorlagen, dauerte es bei Wieners «Kybernetik» 15, bei der «Spieltheorie» von Neumann und Morgenstern und bei Anatol Rapoport's «Operationaler Philosophie» gar 17 Jahre. Die wichtigen Werke von Leontief, McCulloch und Pitts, Shannon und Weaver, Pask, George, Boulding, Easton usw. sind überhaupt nicht auf Deutsch erhältlich, wie es denn auch bis auf den heutigen Tag keine einzige genuine Darstellung der «General Systems Theory» in deutscher Sprache gibt (dabei umfasst eine Literaturliste hierüber bereits mehrere hundert Titel auf Englisch).

Dieses gewaltige Übersetzungsdefizit wäre noch kein Anlass zur Besorgnis, wenn im deutschsprachigen Raum wenigstens entsprechende *Forschungen* stattfänden. Wie sieht es damit aus? Über die «Systemforschung in der Bundesrepublik Deutschland» rapportierte 1972 Erich Zahn im Auftrag der Stiftung Volkswagenwerk, welche diese Forschungsrichtung «als einen Schwerpunkt in ihr Förderungsprogramm aufgenommen hat, um im Rahmen ihrer Möglichkeiten zu einer *systemorientierten Erforschung von Problemen insbesondere im sozio-ökonomischen Bereich* anzuregen⁵». Besondere Unterstützung erfuhren dabei etwa die Projekte des «Club of Rome», in Deutschland an der Technischen Universität Hannover (Prof. Eduard Pestel), in den USA am MIT (Dennis Meadows) und am Systems Research Center an der Case Western Reserve University in Cleveland, Ohio (Prof. M. D. Mesarović). Zahn, selbst Mitarbeiter an den «Limits to Growth» – in zwei Jahren in zwanzig Sprachen übersetzt! –, verzeichnet etwa *ein halbes Hundert Institute*, an denen in Deutschland auf diesen Gebieten geforscht wird mit Arbeitsgebieten und Lehrveranstaltungen. Als

einziges ausländisches erwähnt er das «International Institute for Applied Systems Analysis» auf *Schloss Laxenburg bei Wien*, ein in seiner Art einziges Unternehmen, vereinigt es doch in seinem Patronat und Mitarbeiterstab wissenschaftliche Akademien und Forscher aus Ost (UdSSR, DDR, Tschechoslowakei, Bulgarien) und West (USA, GB, F, I, D, Japan und Kanada). Die Schweiz berücksichtigt Zahn nicht; immerhin fallen die Namen Paul Dubach und Hans Ulrich.

Wie steht es mit der Schweiz?

Der erstere Name soll für uns ein Hinweis sein auf die 1970 in Zürich gegründete «*Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung*», deren Sekretär Dubach ist und in deren Schosse einiges geleistet wird. Über die Vorstufen gibt die kleine Schrift «*Zukunftsforschung in der Schweiz*» (1970) von Gerhard Kocher und Bruno Fritsch Auskunft. Zur Gründung des darin geforderten «*Instituts für Zukunftsforschung*» ist es allerdings bis heute nicht gekommen, ebensowenig zu einem für Friedens- oder Konfliktforschung, geschweige denn zu einem Institut für Systemstudien oder dergleichen. Nicht einmal die vom Schweizerischen Wissenschaftsrat in seinem Forschungsbericht 1973 empfohlene «*Studiengruppe zur Abklärung der Bedeutung und des Standes der allgemeinen Systemwissenschaften in der Schweiz*» konnte gebildet werden (dasselbe betrifft auch die Studiengruppe für die *Wissenschaftsforschung*, in deren Rahmen der Wissenschaftsrat die Systemwissenschaften zu Recht gestellt haben möchte). Leider fristet auch die *Morphologie* des Glarner Astrophysikers Fritz Zwicky nur ein Randdasein.

Immerhin, und darauf weist der Name Hans Ulrich hin, hat die Schweiz das sogenannte «*St. Galler Management-Modell*» aufzuweisen, das sich des Systemansatzes und der damit verbundenen kybernetischen Betrachtungsweisen bedient und auf dessen Grundlage seit 1973 am «*Management-Zentrum St. Gallen*» – getragen durch grosszügige Unterstützung namhafter Schweizer Firmen – systemorientierte Kurse in einem reichhaltigen Programm durchgeführt werden.

Erfreulicherweise wird – wenn auch häufig erst in jüngster Zeit – dem Systemansatz auch in *zahlreichen Hochschulinstituten* Rechnung getragen, so an denjenigen für Betriebswirtschaft oder -wissenschaft und Wirtschaftsforschung, für Automation oder Automatik, Elektronik, Mess- und Regelungstechnik, Operations Research und Mathematik. Gemeinsam von der ETH und Universität Zürich wird das Institut für Biomedizinische Technik getragen. Aus dem Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung

an der ETHZ sind die «Landesplanerischen Leitbilder» (1966–1972) bekannt geworden, aus der «Arbeitsgruppe Perspektivstudien» an der Hochschule St. Gallen die Berichte unter dem Namen ihres Leiters Prof. F. Kneschaurek (1968–1972). Während das «St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung» und das «Interdisziplinäre Forschungszentrum für die Gesundheit», St. Gallen, hauptsächlich für Privatwirtschaft und Behörden Studien ausarbeiten, sind die Ergebnisse der 1970 ins Leben gerufenen «Prospektivkonferenz» der Neuen Helvetischen Gesellschaft (NHG) der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden («Anno 709 p. R.», 1973). Systembetrachtung findet schliesslich auch ihren Niederschlag in *privatwirtschaftlichen Institutionen* wie Prognos (Basel), Battelle (Genf), Metron (Brugg), Barbe (Zürich), Basler & Hofmann (Zürich), Gherzi (Zürich), Digitron (Brugg bei Biel) usw. Freilich gilt in vielen Fällen, was Gerhard Kocher bei der Zukunftsforschung beklagt: Es herrscht eine *Isoliertheit* der Untersuchungen. «Die einzelnen Autoren arbeiten punktuell. Jeder beginnt von Null an. Eine gegenseitige Kommunikation gibt es kaum. Es ist eine verzettelte und zum grössten Teil nebenamtliche Forschung. Die meisten Autoren sind gezwungen, auch ihnen fremde Gebiete einzubeziehen. Es fehlt bei uns noch der Grundstock zuverlässiger Einzeluntersuchungen. Für ein Gesamtbild ist es noch viel zu früh²¹.»

Angesichts der im vorangehenden beinahe nur in Stichworten angedeuteten beachtlichen Geschichte des Systemdenkens und der ausgedehnten Forschungsarbeiten seit nunmehr etwa 65 resp. 35 Jahren ist diese Lage, zumal was die Schweiz betrifft, doch etwas bedauerlich. Es könnte aber dennoch ein *Anstoss* sein, das in einzelnen Sektoren durchaus gepflegte ganzheitliche Denken dergestalt auszubauen, dass diese (also gar nicht so) «neue Betrachtungsweise» in der Verbindung von Theorie und Praxis tatsächlich den Status einer Wissenschaft erhält, das heisst nicht nur einer «Kunde» im Sinne des «Schon-davon-gehört-Habens», sondern einer *Institution*, eines schweizerischen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen *Faktums*, vergleichbar etwa der Schweizer Medizin und Psychologie, Chemie, Biochemie und Maschinenteknik.

Der finanzielle Aufwand dürfte allerdings beträchtlich sein, wenn man folgende, bereits schon veraltete Angaben bedenkt:

— 1970 wurden von den 17 000 wissenschaftlichen Forschungsstellen in den USA 600 als «*Denktanks*» betrachtet. Ihr Personalbestand reichte von einem Dutzend bis zu 3000 Personen (Rand-Corporation: 1000; Battelle weltweit: 7000). Die Firma Arthur D. Little erhielt jährlich mehr als 30 000 Anfragen, die Booze, Allen and Hamilton Inc. 1300 Forschungsaufträge von 900 Klienten. Die Jahresumsätze erreichten teilweise 30 bis

- 60 Mio Dollar; das Stanford Research Institute hatte 1969 ein Einkommen von 25 Mio Dollar aus Militäraufträgen. Seit 1948 hatte die Rand-Corporation über 11 000 Bücher und Berichte verfasst.
- Das 1970 gegründete Industrie-Institut zur Erforschung technologischer Entwicklungslinien (ITE) in Hannover rechnete am Anfang mit 25 Mitarbeitern und einem Jahresetat von 1,3 Mio DM.
 - Die «Studiengruppe für Systemforschung e. V.», Heidelberg – aus einer bereits 1957 gegründeten Arbeitsgruppe hervorgegangen und schon zwei Jahre später durch ein Bundesministerium gefördert –, verfügte 1970 über 100 Mitarbeiter (davon 56 wissenschaftliche) und einen Haushalt von 3,1 Mio DM.
 - Für die Schweiz besonders interessant mag sein, dass das in Genf ansässige Battelle-Institut (1974: über 600 Mitarbeiter, davon gut 250 Forscher; Budget beinahe 50 Mio Franken) keine 20 Prozent seiner Aufträge von Schweizer Industrien und Organen erhält.

¹Das 198. Jahrzehnt. Hamburg: Wegner, 1969, 46 (später dtv). – ²Systems 69. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1970, 53. – ³Forschungsbericht, Band 1, 1973, 127. – ⁴Human Biology 23 (1951) 302–361. – ⁵Deutsche Universitätszeitung 12 (1957) 5/6, 8–12. – ⁶Karl Küpfmüller: Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung, Stuttgart: Hirzel, 1949, Vorwort und 6. – ⁷Karl Steinbuch: Die informierte Gesellschaft. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch, 1968, 112f. (zuerst 1966). – ⁸L. v. Bertalanffy: ... aber vom Menschen wissen wir nichts. Düsseldorf: Econ, 1970, 14. – ⁹L. v. Bertalanffy: Vorläufer und Begründer der Systemtheorie. In H. Kurzrock (Hg.): Systemtheorie. Berlin: Colloquium-Verlag, 1972, 20. – ¹⁰L. v. Bertalanffy: Das biologische Weltbild. Bern: Francke, 1949, 13. – ¹¹Siehe 8, Seite 114. – ¹²Siehe 8, Seiten 114f., 198. – ¹³Siehe 9, Seite 21 (auch in F. Händle, St. Jensen

(Hg.): Systemtheorie und Systemtechnik. München: Nymphenburger Texte zur Wissenschaft, 1974, 13f.). – ¹⁴R. L. Ackoff, M. W. Sasieni: Operations Research; Grundzüge der Operationsforschung. Akademie-Verlag. Stuttgart: Kunst und Wissen, 1970, 4f. (engl. 1968). – ¹⁵Automation. London: Her Majesty's Stationery Office, 1956. – ¹⁶Nigel Calder: Technopolis. Düsseldorf: Econ, 1971, 202ff. (engl. 1969). – ¹⁷Hoimar von Ditfurth (Hg.): Informationen über Information, 1969; als Fischer Taschenbuch, 1971, 130f. – ¹⁸Norbert Wiener: Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch, 1968, 32 (zuerst 1973). – ¹⁹Siehe 18, Seite 50. – ²⁰Lothar Czayka: Systemwissenschaft. Uni-Taschenbuch 185, Pullach: Verlag Dokumentation. – ²¹G. Kocher, B. Fritsch: Zukunftsforschung in der Schweiz. Bern: Haupt, 1970, 19.