



Engelbert Schramm

**Genese und „Verschwinden“
der Kybernetik**

Ein Literaturbericht

Engelbert Schramm

Genese und „Verschwinden“ der Kybernetik

Ein Literaturbericht

Zu diesem Text

Die Entwicklung der Kybernetik bietet in einer wissenschaftsgeschichtlichen Betrachtung ein erstaunliches „Auf und Ab“. Während es bis in die siebziger Jahre den Anschein hatte, als würde sich die Kybernetik stürmisch entwickeln und als eine Art Leitwissenschaft des Informationszeitalters etablieren, wird heute kaum noch Bezug auf die Kybernetik genommen.

Obgleich die Kybernetik einen programmatischen „Kern“ – und damit eine Art disziplinäres Paradigma – besitzt, konnte sie sich nicht als Disziplin ausbilden. Wieso hat sie sich nicht dauerhaft als interdisziplinäres wissenschaftliches Fach im akademischen Betrieb verankern können? Wo die Gründe hierfür liegen, möchte dieses Papier thesenhaft beleuchten. Denn mit den bisherigen Modellvorstellungen der Wissenschaftsforschung lassen sich derartige Entwicklungsverläufe nicht befriedigend erklären. Die sich angesichts knapper Kassen wandelnde Wissenschaftspolitik macht es darüber hinaus erforderlich, neue tragfähige Entwicklungsmodelle zu erarbeiten.

About this text

The development of cybernetics is an “up and down”, challenging the historian of science. After a short and rapid rise in the 1940’s and 1950’s, cybernetics became popular and seemed to be the central science of the information age. But in the meantime cyberneticians have failed to secure specific professorships and departments in academic institutions; very few academic programs in cybernetic exist. Despite a programmatic core (and thus a kind of disciplinary paradigm), cybernetics has not been able to establish itself as a scientific discipline. A diversity of reasons discussed in literature is referred to in this paper.

Models of disciplinary development being used in theory of science do not include development cases such as that of cybernetics. The production of an alternative model is also required for analysing the effects of small budget science policy limiting (and cancelling) differentiations of some disciplines in academic institutions.

ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 23
ISSN 1436-3534

Engelbert Schramm

Genese und „Verschwinden“ der Kybernetik

Ein Literaturbericht

Herausgeber:
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 2005

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Entwicklung der Kybernetik	8
2.1	Kybernetische Vorläufer	8
2.2	Fachübergreifender Austausch	9
2.3	Frühe Popularisierung	14
2.4	Höhepunkt der Entwicklung	16
3	Gegenwärtiger Stand der Kybernetik	17
4	Erklärungen für das „Verschwinden“ der Kybernetik	18
4.1	Probleme von Inter-Disziplinen	19
4.2	Die „Ehe“ von Kybernetik und Systemtheorie	19
4.3	Selbstorganisation – neue konkurrierende Entwicklungen	20
4.4	Konkurrenzen im kybernetischen Lager	22
4.5	Rasante Beeinflussung und Differenzierung unterschiedlichster Disziplinen	23
4.6	Veränderungen in der staatlichen Wissenschaftsförderung	23
4.7	Die Komplexitätsfalle	26
4.8	Schulbildung oder eigene Disziplin	27
5	Kybernetik zweiter Ordnung	28
6	Ausblick	30
7	Literatur	32
	Anhang: Vorläufige Bibliographie zur Geschichte von Kybernetik und Systemwissenschaften	37

1 Einleitung

Noch vor zwanzig Jahren konnte man gut begründet den Eindruck haben, als entwickle sich mit der Kybernetik eine neue Leitwissenschaft (vgl. etwa Becker 1984). Heute lässt sich feststellen, dass diese Vermutung der weiteren Wissenschaftsgeschichte nicht standgehalten hat. Die „Kybernetik – wo ist sie geblieben?“ fragt nicht nur der kybernetisch orientierte Physiker und Schriftsteller Herbert W. Franke (1999). Nur noch vereinzelt wird heute auf Kybernetik Bezug genommen – dies gilt für die Wissenschaften, wo es kaum noch Lehrstühle und Forschungseinrichtungen gibt, die sich programmatisch in eine kybernetische Tradition stellen, und noch stärker für den öffentlichen Diskurs.¹ „Die Geschichte der klassischen Kybernetik blieb eine Episode“ (Meister/Lettkemann 2004).

Diese Skizze beschäftigt sich mit dem aufregenden „Auf und Ab“ in der Entwicklung der Kybernetik. Üblicherweise werden in der Wissenschaftsforschung Prozesse der Entwicklung wissenschaftlicher Großkonzepte und disziplinärer Kerne im wesentlichen immer noch mit dem Modell einer Fortschrittsgeschichte und Innendifferenzierung gefasst: Wissenschaftliche Meta-Ansätze entstehen, werden verstetigt, differenzieren sich weiter aus – doch sie verschwinden nicht wieder (vgl. etwa Stichweh 1988). Es ist daher reizvoll, zu überlegen, wie das beobachtbare Auflösen des kybernetischen Paradigmas (und damit eines quasi-disziplinären Kerns) beschrieben und erklärt werden kann und ob sich daraus Folgerungen für die Wissenschaftsforschung ergeben.

Die in diesem Diskussionspapier vorgestellten Thesen und Aussagen sind im Wesentlichen nicht anhand von speziellen Primärquellen erarbeitet worden, sondern beruhen weitgehend auf der Lektüre und Interpretation von Standardwerken und historiographischen Untersuchungen sowie der Erarbeitung einer (vorläufigen, insbesondere das deutsch- und das englischsprachige Schrifttum berücksichtigenden) Bibliographie zur Entwicklung von Kybernetik und Systemtheorie (die als Anhang beigelegt ist).

Die hier veröffentlichten Überlegungen sind durch eine naturwissenschaftlich orientierte Bestandsaufnahme von wasserwirtschaftlichen bzw. ökologisch relevanten Regulationsvorstellungen (vgl. Schramm 2005) im Verbundvorhaben netWORKS angestoßen worden; die Entfaltung des Begriffs einer „sozial-ökologischen Regulation“ (vgl. Hummel/Kluge 2004) und konzeptionelle Arbeiten zur Neuausrichtung des Forschungsschwerpunkts Wissenschaft im ISOE haben ebenfalls einen inspirierenden Kontext bei der Abfassung der Skizze dargestellt.²

¹ Beispielsweise werden in der Wasserwirtschaft seit mehr als zehn Jahren nicht mehr systematisch Regelungsvorgänge erörtert (vgl. Zielke et al. 1992); kaum noch wird in systemischen Beratungsansätzen Bezug auf die klassische Kybernetik genommen (vgl. zuletzt Fuchs 1994).

² Für ermunternde Diskussionen möchte ich mich insbesondere bei meinen Kollegen Thomas Jahn, Egon Becker, Stefan Liehr und Florian Keil bedanken. Albert Müller danke ich für die großzügige Überlassung von Literatur zu Heinz von Foerster; Lars Bluma, Achim Lotz, Sharon Kingsland und

2 Entwicklung der Kybernetik

2.1 Kybernetische Vorläufer

In den neuzeitlichen Wissenschaften ist es ein übliches Spiel, dass sich Disziplinen durch historische Vorläufer und einen möglichst langen geschichtlichen Vorlauf legitimieren. Auch zur Kybernetik lässt sich eine derartige, bereits in der griechischen Antike beginnende Vorgeschichte konstruieren: Spezielle Flüssigkeitsstandsregler (Heron von Alexandria, 300 v. Chr., wie sie seit dem 18. Jahrhundert auch zur Zuflussregelung von Leitungswasser in den Wasservorratsbehältern von Stadthäusern in Belgien eingesetzt wurden), die Pendeluhr (Christiaan Huygens, 1656), das Sicherheitsventil für Dampfmaschinen und später dann deren Fliehkraftregler (Denis Papin, 1681; James Watt, 1784), Geschwindigkeitsregler für Windmühlen (zunächst Gottfried Wilhelm Leibniz, 1686) waren längst bekannt (vgl. Mayr 1969, 1987: 226–236). Seit dem späten 19. Jahrhundert kamen in der Elektrotechnik Regelungen für Turbinen und Generatoren auf. Diese Anwendungen haben zwar „wie kein anderes Mittel dazu beigetragen, die Ingenieure und die allgemeine Bevölkerung mit dem Konzept der Selbstregulierung bekannt zu machen“ (Mayr 1987: 231). Doch noch existierte das Konzept nicht in Reinform, sondern wurde in den unterschiedlichen Anwendungen jeweils kontextspezifisch gefasst und blieb so auf diese begrenzt. Weder gab es bis ins frühe 20. Jahrhundert Möglichkeiten zur Verallgemeinerung dieser Regelungsansätze oder zu einer Übertragung in andere Gegenstandsbereiche, noch bestand die Notwendigkeit hierzu.

Erst der Physiker Hermann Schmidt (1894–1968) erkannte aufgrund seiner Tätigkeit im Deutschen Reichspatentamt, dass „von etwa 1940 an die Regelungstechnik als Schwerpunkt der technischen Entwicklung nicht mehr zu übersehen war“ (zit. n. Dittmann 1999/2000, vgl. auch Segal/Dittmann 1997). In mehr als einem Drittel der Patente spielten am Ende der 1930er Jahre Regelungsvorgänge eine Rolle. Doch da die unterschiedlichen Branchen und Anwendungsbereiche verschiedene Begriffe und symbolische Notierungen verwendeten, fehlte es an einer einheitlichen Beschreibung bzw. einem gemeinsamen Verständnis.

Schmidt begriff die Regelung erstmals als grundlegendes Problem aller technischen Bereiche. Er verfasste daher eine Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regeltechnik; darin betonte er, dass die Regelung nicht nur ein technisches Grundproblem, sondern von allgemeinem Interesse sei. Er forderte die Entwicklung einer „allgemeinen Regelungskunde“, „in der sich alle regeltechnischen Aufgaben zu einer Einheit verbinden“ (n. Sachsse 1974: 2).

Dabei blieb er nicht bei der Regelung in der Technik stehen; vielmehr ging er davon aus, dass ein Transfer technisch-verallgemeinerter Anschauungen auch in nicht-

Stuart Umbleby haben wichtige Hinweise gegeben. Die Veröffentlichung basiert teilweise auf Ergebnissen des netWORKS-Vorhabens, das das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderzeichen **07VPS08B** finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt alleine beim Autor.

technische Bereiche wie Biologie³ und Medizin sinnvoll sein könnte. Außerdem sah er gesellschaftliche Anwendungen: „Auch der Staat kann hinsichtlich mancher seiner Äußerungen schematisch als Regler des freien Kräftespiels angesehen werden, z.B. in der geregelten Wirtschaft bei der Festsetzung von Preisen, die den sich aus Angebot und Nachfrage ergebenden Schwankungen durch den regelnden Eingriff des Staates entzogen sind“ (zit. n. Dittmann 1999/2000).⁴

Die Vorgeschichte der Kybernetik wird – vielleicht mit der Ausnahme der Rolle von Hermann Schmidt (der fast ausschließlich im deutschen Sprachraum gewürdigt wird) – in mehr oder weniger gleicher Weise erzählt. Dies hängt wesentlich damit zusammen, dass Norbert Wiener bereits in seiner Begründung der Kybernetik (1948), die an weiten Stellen einen Einführungscharakter hatte, wesentliche Vorläufer benannte und ihren Beitrag einordnete. Dabei geht er teilweise über eine Legitimationsgeschichte hinaus; seine Haltung kann (bei allem US-amerikanischen Pragmatismus) durchaus als historisch kritisch gewürdigt werden. Der von ihm eingenommene Blickwinkel auf die Vorgeschichte wurde auch von anderen Autoren immer wieder aufgenommen (und letztlich durch Mayr 1969, 1987 bestätigt und differenziert).⁵

Neubewertungen der Vor- und Frühgeschichte der Kybernetik werden zwar erforderlich, insbesondere wenn theoretische Aspekte hinzutreten, beispielsweise wenn die Rolle des Informationsbegriffs oder die verwendete Mathematik historisch besser ausgeleuchtet werden sollen. Zentrale Beiträge – etwa zur Entwicklung des Informationsbegriffs – hatte aber bereits Wiener in seinen Arbeiten (auch im internationalen Vergleich) adäquat eingeordnet, wobei er auch die internationalen Entwicklungen, z.B. die Beiträge aus der UdSSR, angemessen berücksichtigte. Zur Zeit des Kalten Krieges sollte sich das als gute Voraussetzung für eine Rezeption der Kybernetik auch im damaligen Ostblock erweisen (vgl. Segal 2001, Umpleby 1987).

2.2 Fachübergreifender Austausch

Manches von dem, was heute für typisch kybernetisch gehalten wird, war längst bekannt, als in den 1940er Jahren die Kybernetik und ihre funktionalistische Be-

³ Bei seinen Untersuchungen willkürlicher Bewegungen erkannte der Zoologe Richard Wagner (1893-1970) bereits 1925 die Analogie zu technischen Regelkreisen und entlehnte für die Wirkungsführung bei den Vorderhirnganglienzellen den Begriff der Rückkopplung aus der Elektrotechnik (vgl. Hassenstein 1960).

⁴ Diese gesellschaftlichen Schlussfolgerungen sind durchaus ideologiebehaftet. Dabei ist zu bedenken, dass sie in der NS-Gesellschaft geäußert werden. Daher ist teilweise auch der Verdacht geäußert worden, dass die Kybernetik totalitäre Elemente enthalte.

⁵ Für die Begründung von Spezialgebieten (z.B. die biologische Kybernetik) wurde diese Betrachtung der Vorgeschichte noch weiter ausgebaut (vgl. Canguilhem 1979, Hassenstein 1960, Rothschild 1972).

trachtungsweise entwickelt wurden: Die Anschauung von der selbsttätigen Regelung war in den Ingenieurwissenschaften, insbesondere in der Elektrotechnik, stark entwickelt, rudimentär aber sogar in der Tierphysiologie vorhanden. Ferner gab es „bereits die verschiedenartigsten Einrichtungen zur Signal- und Nachrichtenübertragung; und seit Jahrhunderten hatten sich Erfinder bemüht, brauchbare Rechenmaschinen zu ersinnen und zu bauen. Doch fehlte bis 1948 die Erkenntnis des inneren Zusammenhangs zwischen den genannten Fachgebieten“ (Hassenstein 1970: 56).

Die Kybernetik ist besonders durch die rüstungsbezogenen Forschungsarbeiten des Mathematikers Norbert Wiens (1894–1964) während des zweiten Weltkrieges angestoßen worden (vgl. Galison 1997, Wiener 1962, 1992: 28–44). Insbesondere seine Arbeiten zur Verbesserung der Fliegerabwehr machten Untersuchungen erforderlich, die auf einer fächerübergreifenden Zusammenarbeit von Technik, Medizin und Mathematik beruhten. Diese interdisziplinäre Tätigkeit war zwar entscheidend, fand jedoch bei aller Intensität in einem sowohl finanziell als auch personell recht bescheidenen Rahmen statt.

Wiener hatte zugleich „mit einer ungewöhnlichen mathematischen Begabung rasch den allgemeinen Umfang des Problems erkannt und fand bei der Bearbeitung eine wesentliche Unterstützung durch die in schneller Entwicklung begriffenen elektronischen Rechenmaschinen“ (Sachsse 1974: 2). Auch die Notwendigkeit der Rauschfilterung war Wiener schon früh im Weltkrieg bewusst (vgl. Galison 1997), also bereits vor der Entwicklung des mathematischen Informationsbegriffs durch Claude Shannon, die als einer der zentralen Voraussetzungen für die Kybernetik zu werten ist.⁶ Wiener hat im Übrigen selbst Beiträge zu dieser statistischen Auffassung von Information (Nachrichtemengen) geleistet, sodass er sich sogar als Mitverfasser des statistisch-technischen Informationsbegriffs fühlte (vgl. Wiener 1962: 227ff.).

Nicht die sich vor allem im Atombombenprojekt, aber auch in anderen Vorhaben der US-amerikanischen Rüstungsforschung entwickelnde Arbeit von Großforschungseinrichtungen – die „Big Science“ –, sondern die fachübergreifende und letztlich transdisziplinäre Zusammenarbeit führte nach Ansicht Wiens zu den wesentlichen Innovationen: „So wertvoll das große Laboratorium ist, so arbeitet es doch am wirkungsvollsten bei der Entwicklung bereits vorliegender Ideen und am schlechtesten und unwirtschaftlichsten bei neuen Ideen. Dass es uns während des

⁶ Es ist daher kaum verwunderlich, dass gerade die mathematische Informationstheorie von Shannon (und Weaver), die dieses Problem adäquat behandelt, und ihr Informationsbegriff die essentiellen Voraussetzungen für die Begründung kybernetischen Denkens bildeten. „Regelung beruht wesentlich auf der Weitergabe von Nachrichten, die den Zustand des Systems ändern.“ (Wiener 1958: 14). Die Übermittlung von Information ist charakteristisch für kybernetische Regelungsprozesse; Information ist auch das Element zur Universalisierung der Kybernetik in verschiedene Wissenschafts- bzw. Forschungszweige: „Das Gemeinsame der heute zur Kybernetik gerechneten Wissensrichtungen liegt darin, daß sie sich mit Signalen und Nachrichten befassen“ (Hassenstein 1970: 56).

Krieges so große Dienste leistete, lag daran, daß wir zu jener Zeit einen riesigen Bestand wissenschaftlicher Ideen aus der Vergangenheit hatten, der bis dahin noch nicht für erfinderische Zwecke benutzt worden war. Schon beginnt dieser Vorrat abzunehmen. Um ihn zu ergänzen, benötigen wir eine Reichweite der Gedanken, die wirklich die verschiedenen Wissenschaften vereinigt, und zwar bei einer Gruppe von Menschen, die auf ihren besonderen Fachgebieten gründlich ausgebildet worden sind, jedoch auch auf benachbarten Gebieten entsprechende Kenntnisse besitzen.“ (Wiener 1958: 45f.)⁷ Ein solcher disziplinär nicht fixierter Personenkreis war auch an der Ausbildung der Kybernetik in Folge der Wiener'schen Rüstungsforschung beteiligt.

Bereits im zweiten Weltkrieg kam es zu ersten verallgemeinernden Diskussionen mit anderen Forschungsteams, „die an dem interessiert waren, was wir nun Kybernetik nennen“ (Wiener 1992: 43). Dieses Treffen fand auf Initiative von Howard H. Aiken (1900–1973), John von Neumann (1903–1957) und Wiener statt: „Eine Gruppe von Leuten, die an Kommunikationstechnik, an der Technik der Rechenmaschinen, an der Technik der Kontrollvorrichtungen, an der Mathematik der Zeitreihen in der Statistik sowie an Kommunikations- und Kontrollaspekten des Nervensystems interessiert sind, ist zu dem vorläufigen Schluß gekommen, daß die Beziehungen zwischen diesen Forschungsbereichen derart eng geworden sind, daß ein Zusammenreffen (...) in hohem Maße wünschenswert geworden ist.“ (Einladungsbrief vom 4.12.1944 n. Galison 1997). Das Treffen in Princeton, an dem Fernmeldeingenieure, Mathematiker und Physiologen teilnahmen, wurde unterschiedlich genutzt; während Wiener die Programmatik vorantreiben wollte und den Rückkopplungsmechanismus betonte, ging es von Neumann alleine um das Aufteilen der damaligen rüstungsbezogenen Entwicklungsarbeiten unter den verschiedenen Gruppen (vgl. Galison 1997). Nach Wieners Eindruck war die Zeit für eine Programmentwicklung reif, da die Fachleute der unterschiedlichen Gebiete begannen, „dieselbe Sprache zu sprechen“, wobei das Vokabular „Ausdrücke des Fernmeldeingenieurs, des Servomechanismusfachmannes, des Rechengerateexperten und des Neurophysiologen enthielt.“ Beispielsweise fand nach Erinnerung Wieners bei allen die Vorstellung „der Speicherung später zu verwendender Informationen“ Interesse, „und alle waren sich einig, daß das Wort ‚Gedächtnis‘, wie es von Neurophysiologen und Psychologen verwendet wird, ein passender Ausdruck für den gesamten Bereich dieser verschiedenen Gebiete sei. Alle waren sich auch einig, daß der Ausdruck ‚Feedback‘, der aus der Elektronentechnik stammt und von der Servomechanik übernommen worden war, sich zur Beschreibung von Phänomenen in lebenden Organismen ebenso gut eignet wie bei Maschinen. Alle stellten fest, dass es zweckmäßig sei, Informationen nach der Zahl von Ja's und Nein's zu messen“ (Wiener 1962: 233). Wiener wertet daher den zwanglosen fachlichen Austausch auf diesem Treffen im Nachhinein als

⁷ Daneben forderte Wiener (1958: 46) auch strukturelle Veränderungen in der Forschungspolitik und im staatlichen Wissensmanagement, z.B. Einrichtungen, die Erfindungen mit öffentlichem Interesse der Öffentlichkeit leicht zugänglich machen können.

entscheidend und als den „Geburtstag der neuen Wissenschaft der Kybernetik“ (Wiener 1962: 233).

Die Kybernetik konnte sich aber als disziplinübergreifendes Feld erst aufgrund der sog. Macy-Konferenzen etablieren (vgl. Heim 1991, Müller 2000): Während der späten 1940er und frühen 1950er Jahre unterstützte die Josiah-Macy-Stiftung⁸ eine Serie von internationalen (bereits transatlantischen), fachübergreifenden Konferenzen, die in New York abgehalten und von dem US-amerikanischen Neuropsychologen Warren McCulloch (1892–1962) initiiert und geleitet wurden. „Der Kern unserer Treffen war die Gruppe gewesen, die in Princeton 1944 versammelt war, aber die Doktoren McCulloch und Fremont-Smith hatten richtig die psychologischen und soziologischen Beziehungen des Themas erkannt und der Gruppe eine Anzahl von führenden Psychologen, Soziologen und Anthropologen hinzugeladen.“ (Wiener 1992: 47)⁹

An den Konferenzen nahmen letztlich Forscherinnen und Forscher aus sehr unterschiedlichen Disziplinen teil – Philosophie, Mathematik, Physik, Elektrotechnik, Neuropsychologie, Biophysik, Verhaltensforschung, Ökologie, Soziologie, Psychiatrie, Psychologie und Anthropologie. Unter den regelmäßigen TeilnehmerInnen waren u.a. Norbert Wiener, John von Neumann, Margaret Mead (1901–1978), Gregory Bateson (1904–1980), Kurt Lewin (1890–1947), Julian H. Bigelow (1913–2003), G. Evelyn Hutchinson (1903–1991), Walter Pitts (1923–1969), Paul F. Lazarsfeld (1901–1976) und Heinz von Foerster (1911–2002). Neben einer nach Möglichkeit zu allen Treffen eingeladenen Kerngruppe von insgesamt 27 Personen, gab es über die Jahre verteilt noch 43 Gäste. Diese Gäste, zu denen beispielsweise Claude E. Shannon, Max Delbrück oder Erik H. Erikson, aber auch der britische Psychiater W. Ross Ashby (1903–1972) gehörten, wurden nur zu bestimmten Treffen aufgrund der jeweiligen Thematik eingeladen (vgl. Heims 1991: 285f.).

Ein besonderes Kennzeichen der Macy-Konferenzen war die dort gepflegte dialogische Erörterung der Vorträge (vgl. Foerster/Bröcker 2002: 162f.): „Der Gedanke war, eine Gruppe von mäßigem Umfang zusammenzubekommen, etwa 20 nicht überschreitend, und zwar von Wissenschaftlern verschiedener verwandter Gebiete, und diese an zwei aufeinanderfolgenden Tagen für ganztägige Folgen zwangloser Vorträge, Diskussionen und gemeinsamer Mahlzeiten zusammenzuhalten, bis sie die Gelegenheit gehabt hatten, ihre Gegensätzlichkeiten gründlich zu erörtern und im gemeinsamen Denken Fortschritte zu machen.“ (Wiener 1992: 47)

⁸ Zur Themenwahl der Macy-Stiftung vgl. Foerster/Bröcker 2002: 165f.

⁹ Die eingeladenen Sozialwissenschaftler bzw. Psychologen und die Biologen waren bereits im Mai 1942 anlässlich eines ebenfalls von der Macy-Stiftung veranstalteten Tagung zum Thema „zerebrale Inhibition“ aufeinander getroffen. Dort stellte u.a. Rosenblueth einige der in den Untersuchungen mit Wiener und Bigelow gemachten Ergebnisse vor, was andere TeilnehmerInnen (z.B. Margaret Mead) stark beeindruckte (vgl. Heims 1991: 14f.).

Die ersten Macy-Konferenzen sind nicht dauerhaft dokumentiert worden; erst die nach dem Erscheinen von Wieners Einführungstext stattfindenden Konferenzen wurden in ausführlicher Weise veröffentlicht (vgl. Pias 2003); dabei wurden zumeist sowohl die Vorträge als auch die Diskussionen erfasst. Da sich auch im Archiv der Macy-Stiftung nur wenige auswertbare Materialien zusätzlich zu den veröffentlichten Konferenzberichten erhalten haben, ist vermutlich kaum mehr möglich zu klären, welche Beiträge und Debatten der frühen Konferenzen grundlegend für Wieners Darstellung der Kybernetik waren (vgl. Heims 1991: 18, 26).

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Macy-Konferenz betrachteten sich zunächst nicht als Personen, die eine neue Wissenschaft schufen, oder die eine wirkliche „Cybernetics Group“ (wie der Titel der Monographie von Heims 1991 nahelegen könnte) bildeten. Gemeinsam war ihnen vielmehr das Interesse an einer Erforschung von Regelungsprozessen, bei denen Rückkopplungsphänomene bzw. die sie verursachende „zirkuläre Kausalität“ eine Rolle spielten. Derartige Regelungsvorgänge kamen in unterschiedlichen Bereichen, in der Elektrotechnik, in der Biologie, in der Gesellschaft, aber auch in Mensch-Maschine-Systemen vor. Die betrachteten Kreis- und Rückkopplungsprozesse spielten sich also in extrem unterschiedlichen Kontexten ab, und alle Teilnehmer mussten eine Bereitschaft zum fachübergreifenden Austausch und Lernen mitbringen.

Wieners Konzept einer selbstkorrigierenden „Black Box“ half zwar bereits vorher, Gemeinsamkeiten in unterschiedlichen Bereichen zu verstehen und heuristisch zu nutzen (vgl. Gallison 1997). Eine formalisiertere Beschreibung des Rückkopplungsmechanismus war aber erforderlich, damit es zu einem erfolgreichen Konzepttransfer aus den Technik- und Natur- in die Sozialwissenschaften kommen konnte. Hierfür waren die bereits in Princeton erzielten konzeptionellen Einigungen bezüglich der Verwendung der Begriffe ‚Gedächtnis‘ und ‚Rückkopplung‘ sowie einer gemeinsamen (statisch geprägten) Informationsvorstellung grundlegend, reichten aber noch nicht aus. Vielmehr war für den Konzepttransfer ein gut fassliches Modell in verallgemeinerter Sprache erforderlich, in das die Spezialbegriffe der verschiedenen Disziplinen für Regelungsvorgänge übertragen werden konnten: Für selbsttätige Regelungen sollte ein ‚Rezeptor‘ (Sinnesorgan, Messinstrument, Fühlglied usw.) Auswirkungen des ändernden Einflusses registrieren; außerdem sollte ein ‚Effektor‘ (Ausführungsorgan, Stellglied) vorhanden sein, der durch seine unmittelbare Wirkung den ändernden Einfluss kompensieren kann. Effektor und Rezeptor sollten durch eine signalübertragende Leitung (Nervennetz, usw.) verbunden sein.

Erst die Veröffentlichung zur sechsten Macy-Konferenz 1949 (mehrere Monate nach dem Erscheinen von Wieners Buch) führte das Wort Kybernetik im Titel – auf Initiative von Foersters, der darin *nach* Teilnahme an der Konferenz (als er um die Herausgeberschaft der Proceedings angegangen wurde) eine Möglichkeit sah, die Diskussionen zu vereinheitlichen und besser aufeinander zu beziehen (vgl. Foerster/Bröcker 2002: 162).

2.3 Frühe Popularisierung

Für eine breitere Rezeption des kybernetischen Ansatzes ist – im Wechselspiel mit den Macy-Konferenzen und der dort erfolgten Öffnung für den kybernetischen Ansatz – die Einführung von Wiener (1992) ausschlaggebend, die 1948 gleichzeitig in Europa und den USA erschien. Dieses Buch wurde zwar 1961 um zwei Kapitel „Über lernende und sich selbst reproduzierende Maschinen“ und „Gehirnwellen und selbstorganisierende Systeme“ erweitert, aber ansonsten offenbar – mit Ausnahme einer Korrektur von Fehlern – nicht überarbeitet.

Sowohl aus zeitgenössischer als auch aus heutiger Sicht ist es erstaunlich, dass Wieners grundlegende Darstellung der Kybernetik, die doch teilweise in einer recht „sperrigen“ Sprache abgefasst ist, zu einem wissenschaftlichen Bestseller werden konnte, der über mehrere Jahrzehnte nachgefragt wurde. Letztlich handelt es sich über weite Strecken um ein Fachbuch, das auf mathematischen Formalismen aufgebaut ist und zudem mit dem bescheideneren Anspruch auftritt, „das Ergebnis eines Arbeitsprogramms dar[zulegen], das gemeinsam mit Dr. Arturo Rosenblueth ... unternommen wurde“ (Wiener 1992: 25) und daraus programmatische Überlegungen für eine neue Wissenschaft Kybernetik ableitet.

Didaktische Funktionsmodelle der Kybernetik, auf denen sowohl die Abstraktion aus Anwendungsbereichen als auch die Übertragbarkeit in andere Anwendungszusammenhänge aufbauen könnte, fehlen in dem Buch noch völlig: Die ‚Black Box‘ (die für das regulierte System steht) ebenso wie das dieses System regulierende System mit seinen ‚Rezeptoren‘, ‚Effektoren‘ und Informationsnetzen.

Die gemeinsam auf der Macy-Konferenz entwickelten (fächerübergreifenden) Sprechweisen alleine reichte aber für den öffentlichkeitswirksamen Siegeszug der Kybernetik ohnehin noch nicht aus. Einheitlichkeit wurde vielmehr in einem hohen Maße durch die kybernetischen Funktionsschemata hergestellt, die auf den Blockschaltbildern der Elektrotechnik aufbauten, aber stärker formalisiert und mit anderen graphischen Symbolen versehen wurden (vgl. Hassenstein 1970: 21f.). Bluma (2002) macht plausibel, dass entsprechende Blockdiagramme in disziplinübergreifenden F & E-Projekten seit den 1950er Jahren eine wissensintegrierende Funktion erfüllen können. Zugleich erlaubten diese Schemata aber auch, mit Hilfe der Blockschaltmethode eine mathematische Modellierung des Regelungsprozesses vorzubereiten (vgl. auch Klaus/Liebscher 1976: 135ff.): Die Betrachtung der Regelung mit Hilfe von Signalflussplänen und insbesondere die Identifikation von Verzweigungsstellen, Additionsstellen, Multiplikationsstellen und Divisionsstellen gestattet sogar die direkte Verwendung der resultierenden Blockschaltbilder bei Modellrechnungen auf (damals noch weitgehend üblichen) Analogrechnern.

Die beiden hier erwähnten Aspekte einer gemeinsamen Sprache und einer gemeinsamen formellen Darstellungsweise werden bisher in der Forschung zur Genese der Kybernetik ebenso wenig verfolgt wie die Frage der unterschiedlichen Modellie-

rungs- und Rechentechniken. Daher lassen sich aus der ausgewerteten historiographischen Literatur keine Hinweise entnehmen, wie und aufgrund welcher Ursachen und Bedingungen sich in der Kybernetik die Blockdiagramme und nicht die zunächst auch gebräuchlichen Signalflussmodelle, die eigentlich kybernetischen Fragestellungen näher standen, durchsetzten. Es ist jedoch zu vermuten, dass die durch Systemtheoretiker üblich werdende breite Anwendung derartiger Blockschaltdiagramme, die mit Erfolg auch für öffentliche Darstellungen benutzt wurden (vgl. Bluma 2002), spätestens seit der zweiten Hälfte der 1950er Jahre auf die kybernetische Forschung und ihre Darstellung ausstrahlte.

Die seit den 1960er Jahren eng mit der Kybernetik assoziierten Blockdiagramme spielten zumindest im ersten Jahrzehnt dieses Forschungszweiges noch keine Rolle: Wiener (1958, 1992) arbeitet, wo er auf Abbildungen zurückgreift, noch ohne Signalflussbilder und ebenso ohne Rezeptoren und Effektoren (diese Begriffe sind im Einleitungstext von 1948 auch noch nicht systematisch eingeführt – vgl. etwa Wiener 1992: 146 –, wohl aber bei Wiener 1958).¹⁰ Kybernetisch orientierte Schemata elektrischer Schaltungen, die allerdings noch nicht den für die Blockdiagramme hohen Grad funktioneller Abstraktion aufwiesen, spielten hingegen in den frühen ökologischen Lehrbüchern von Howard T. Odum eine relevante Rolle nicht alleine für die Textorganisation. Vermutlich erleichterten sie die zeitgenössische Rezeption der frühen Systemökologie ganz erheblich (vgl. Taylor/Blum 1992).

Es ist in der wissenschaftshistorischen Literatur bisher noch nicht aufgearbeitet, wieso die Kybernetik in extrem rascher Zeit auch jenseits der unmittelbaren Anwendungsfelder bekannt und populär wurde. Es ist zu vermuten, dass hierfür die hohe Relevanz der Anwendungen (z.B. bezogen auf die Durchsetzung von Computern und auf die Automatisierung von Fabrikarbeit) maßgeblich war.

Vermutlich hat die Kybernetik aber auch von ihrer Koppelung mit dem Informationsbegriff profitiert, mit dem jenseits von Materie- und Energiemodellen eine neue Sicht auf die Welt möglich wurde und der aufgrund seiner semantischen Bezeichnung als Information (statt als Nachrichtenmenge) eine sehr große Resonanzfähigkeit aufwies.¹¹

¹⁰ Erst die Monographie „Introduction to Cybernetics“ von Ross Ashby erfüllt 1956 echte Qualitäten einer Einführung; auch dieses Buch ist aber eher mathematisch-technisch verfasst und verfügt noch nicht systematisch über die kybernetischen Blockschaltmodelle (vgl. Ashby 1957: 234).

¹¹ Vgl. hierzu exemplarisch die durch eine Debatte zwischen Bernd-Olaf Küppers und Peter Janich losgetretene Diskussion zum biologischen Informationsbegriff in der Zeitschrift Ethik und Sozialwissenschaften 9(3)(1998).

2.4 Höhepunkt der Entwicklung

In den 1950er und 1960er Jahren bildete insbesondere das ‚Massachusetts Institute of Technology‘ ein Zentrum der kybernetischen Forschung: Der Mathematiker Walter Pitts überzeugte 1952 den Neurophysiologen McCulloch, mit seiner gesamten Forschungsgruppe ans MIT zu wechseln. „In this famous melting pot, ideas boiled. From one research group to another the vocabularies of engineering and physiology were used interchangeably. Little by little the basics of a common language of cybernetics was created: learning, regulation, adaptation, self-organization, perception, memory. Influenced by the ideas of Bigelow, McCulloch developed an artificial retina in collaboration with Louis Sutro of the laboratory of instrumentation at MIT“ (de Rosnay 2000). An den hierfür grundlegenden empirischen Arbeiten, die am Froschaugen durchgeführt wurden, und deren theoretischer Interpretation¹² waren 1959 neben den Genannten auch die Zoologen Jerome Y. Lettvin (*1920) und Humberto Maturana (*1928) beteiligt.

In der MIT-Forschung wurden zunehmend bio-kybernetische Maschinen eingesetzt, die bestimmte Funktionen von Lebewesen übernehmen sollten, um mit Hilfe dieser Modelle die Informationsverarbeitung im Organismus besser zu verstehen. Dies führte sowohl zur Entstehung der Bionik und der Robotik als auch zu der der Künstlichen-Intelligenz-Forschung (vgl. de Rosnay 2000).

Daneben wurde auch der Einsatz schnellerer Rechner (mit Magnetspeichern) am MIT vorangetrieben. Daran war seit 1951 auch Jay Forrester (*1918) beteiligt. „As head of the Lincoln Laboratory, Forrester was assigned by the Air Force in 1952 to coordinate the implementation of an alert and defense system, the SAGE system, using radar and computers for the first time. Its mission was to detect and prevent possible attack on American territory by enemy rockets. Forrester realized the importance of the systemic approach in the conception and control of complex organizations involving men and machines in “real time”: the machines had to be capable of making vital decisions *as the information arrived*.“ (de Rosnay 2000).

In den frühen 1960er Jahren entwickelte Forrester als Professor an der Sloan School of Management des MIT die „Industrial Dynamics“. Dabei wurden Industriefirmen als kybernetische Systeme gefasst; Ziel war die Simulation und Prognose ihres Verhaltens. Später hat Forrester dann „Urban Dynamics“ als neues Anwendungsgebiet für Probleme der Stadtentwicklung entwickelt und verallgemeinernd die Systemdynamik, die die modellistische Grundlage für die Meadows-Studie der „Grenzen des Wachstums“ bildete (de Rosnay 2000).

Andere Einrichtungen in den USA konkurrierten mit dem MIT in der Entwicklung der Kybernetik; hier ist insbesondere das Biological Computers Laboratorium (BCL)

¹² Der klassische Aufsatz „What the Frog’s Eye Tells the Frog’s Brain“ dieser Autoren wurde 1959 zunächst in den „Proceedings of the Institute of Radio Engineering“ des MIT veröffentlicht.

zu nennen, das heute als „der erste und vermutlich für lange Zeit der letzte Versuch der Institutionalisierung eines inter- *und* transdisziplinären Wissenschaftsansatzes, der hier auch sehr ernsthaft und erfolgreich umgesetzt worden ist,“ charakterisiert wird (Goldammer 1998).¹³ Auch in anderen Ländern wurden spezielle Institutionen – etwa in der alten Bundesrepublik das Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik – gegründet, um den Anschluss an die amerikanische Entwicklung zu halten.

Bis in die 1970er Jahre hat sich die Kybernetik aus den Anfängen der 1940er Jahre zu einem international kräftig wachsenden Forschungszweig entwickelt. Sachsse (1974: 2f.) ordnet der Kybernetik die folgenden Hauptarbeitsgebiete zu:¹⁴

- Steuer- und Regelungskunde bzw. Mess- und Regeltechnik,
- Nachrichtentechnik,
- Technik datenverarbeitender Maschinen,
- Biologische Kybernetik,
- Soziokybernetik,
- Formal-operationale Wissenschaften (z.B. Informationstheorie, Schaltalgebra, System- und Modelltheorie, Spieltheorie, Theorie der Entscheidungen).

Die für die regelungstechnische Praxis – sei es im Umfeld der Informationstechnik, der metallverarbeitenden Industrie, der chemischen Verfahrenstechnik, der Medizintechnik oder auch der Hydrologie – relevanten Innovationsschübe basierten, so lässt sich von heute aus feststellen, auf der Anwendung kybernetischer Konzepte und insbesondere auf der Schaffung oder Nutzbarmachung neuer Klassen mathematischer Modelle. Durch Einsatz damals unkonventioneller mathematischer Methoden konnten reale Prozesse, die man mit den zuvor üblichen Mitteln noch nicht beherrschte, in gewünschter Weise reguliert, die unvermeidlichen Störungen ausgeglichen und aufgetretene Fehler entdeckt werden.

3 Gegenwärtiger Stand der Kybernetik

Verglichen mit dieser Blütezeit in den späten 1950er und den 1960er Jahren sind heute kybernetische Ansätze in vielen wissenschaftlichen Feldern kaum noch leicht zu identifizieren. So machte Achim Lotz (mdl. Mitteilung) bei seiner Literaturrecherche für das Verbundprojekt netWORKS in unterschiedlichen Bereichen der biologischen und geographischen Ökologie die Erfahrung, dass sich dort avancierte und von der Kybernetik deutlich beeinflusste Regulationsvorstellungen kaum finden ließen.

¹³ Goldammer versteht unter Transdisziplinarität als eine sich ausbildende gemeinsame wissenschaftliche Rationalität, die insofern die interdisziplinäre Vorgehensweise ergänzen kann.

¹⁴ Die Kognitionswissenschaften, die Künstliche-Intelligenz-Forschung und die ebenfalls seit den späten 1950er Jahren direkt aus der kybernetischen Forschung entstandene Robotik erwähnt Sachsse in der Aufzählung noch nicht als eigene Forschungsfelder.

„Schaut man sich heute an, wo Kybernetik noch pur vorkommt, so handelt es sich bestenfalls um Rudimente“ (Völz 2002). Diese Bewertung einer ehemaligen Führungsperson aus dem Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der DDR gilt nicht nur für eine um die Kybernetik zentrierte Forschung, sondern in ähnlicher Weise auch für einen öffentlichkeitswirksamen kybernetischen Diskurs: „Die Kybernetik hat nach ihren (weltanschaulichen) Erfolgen in den sechziger Jahren in den letzten Jahrzehnten nur ein Schattendasein gefristet. ... Intellektuellen Appeal hatte sie allenfalls noch als „Kybernetik zweiter Ordnung“, wie sie der Konstruktivist Heinz von Foerster zu begründen versucht“ (Neuhaus 2001). Teilweise ist heute sogar überhaupt nicht mehr von Kybernetik die Rede; stattdessen wird dann von „Regelungs- und Steuerungstheorie“ gesprochen (Reinschke 2003).

Völz (2002) weist darauf hin, dass es „eine Vielzahl von Disziplinen (gibt), die fortführen, was mit der Kybernetik und Regelungs-Steuerungstechnik eingeleitet wurde.“¹⁵ Seit ihren Begründungen hat die Kybernetik (ähnlich wie übrigens auch die Systemtheorie) mit letztlich nur geringem Erfolg um eine akademische Anerkennung gerungen: Mit wenigen Ausnahmen haben es Forscherinnen und Forscher, die an kybernetischen Grundlagen arbeiteten, nicht vermocht, ihren Platz in akademischen Einrichtungen zu finden oder gar sich eine entsprechende Lehrkanzel zu schaffen (vgl. Joslyn/Heylighen 1992); vielmehr mussten sie in bereits etablierten oder im Gefolge der Kybernetik entstehenden Fachrichtungen (z.B. Automationstechnik, Robotik, Künstliche-Intelligenz-Forschung, Mustererkennung usw.) Unterschlupf finden. Ansonsten ist die kybernetische Grundlagenforschung weitgehend „in der Regelungstechnik und in der Systemtheorie“ (Niehaus 2001) aufgegangen. „Very few academic programs in Cybernetics and Systems Science exist, and those working in the new disciplines described above seem to have forgotten their cybernetic predecessors“ (Joslyn/Heylighen 1992). Beispielsweise entstehen heute am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik keine Grundlagenarbeiten mehr, die eine kybernetische Programmatik weitertreiben oder auch nur den Regelungsbegriff über alle Felder der Biologie universalisieren (z.B. auf der Grundlage einer Kybernetik zweiter Ordnung).

4 Erklärungen für das „Verschwinden“ der Kybernetik

Vereinzelte wird im kybernetischen Diskurs mittlerweile die Frage aufgeworfen, was die Gründe dafür sind „that cybernetics does not get the popularity it deserves“ (Joslyn/Heylighen 1992). Sie wird aber bisher in der Wissenschaftsforschung nicht systematisch beantwortet (vgl. auch Meister/Lettkemann 2004). Es ist offensichtlich, dass ein ganzes Bündel von Perspektiven aufgenommen werden muss, um eine befriedigende Antwort für das „Abtauchen“ der Kybernetik zu finden.

¹⁵ Meister/Lettkemann (2004) fassen diese Entwicklungen als „neue Kybernetik“ (mit dem „niedlichen Computer“ als ihrem Gegenstand) zusammen und stellen sie recht schematisch einer „klassischen Kybernetik“ mit universalistischem und öffentlichkeitswirksamen Anspruch gegenüber.

4.1 Probleme von Inter-Disziplinen

Ein wichtiger Grund für das Scheitern der akademischen Verankerung der Kybernetik liegt in ihrer interdisziplinären Natur: „What distinguishes cyberneticians from researchers in the previously mentioned areas is that the former stubbornly stick to their objective of building general, domain independent theories, whereas the latter focus on very specific applications: expert systems, psychotherapy, thermodynamics, pattern recognition, etc. General integration remains too abstract, and is not sufficiently successful to be really appreciated.“ (Joslyn/Heylighen 1992).

Von Ausnahmen abgesehen, werden Forscherinnen und Forscher im kybernetischen Feld in einer herkömmlichen Disziplin ausgebildet (z.B. Biologie, Betriebswirtschaftslehre, Psychologie) und widmen sich dann Problemen in diesem oder einem einzigen oder wenigen anderen Gebieten. „Thus their exposure to Cybernetics and Systems Science concepts and theory tends to be somewhat ad hoc and specific to the two or three fields they apply themselves to“ (Joslyn/Heylighen 1992).

Heterogene und fachübergreifende Kooperationen, wie sie im zweiten Weltkrieg erforderlich waren, „gingen mit dem Wegfall der Kriegslabors verloren, wodurch sich die Protagonisten <eines interdisziplinären kybernetischen Forschungsprogramms, E.S.> auf ihre Herkunftsdisziplinen zurückgeworfen fanden.“ Der interdisziplinäre, universalistisch bzw. einheitswissenschaftlich überhöhte Anspruch der Kybernetik sei nie verwirklicht worden; bereits in den fünfziger Jahren hätte sich „die kybernetische Grundunternehmung in mehrere Forschungsunternehmungen zerstreut, und zwar ziemlich genau entlang der ... vier ‚cluster‘“ von Disziplinen, aus denen die an den Macy-Konferenzen Teilnehmenden gekommen sind (Meister/Lettkemann 2004).

4.2 Die „Ehe“ von Kybernetik und Systemtheorie

Die technischen Zweige der Kybernetik (Regelungstechnik, Automationstechnik), ihre apparativen Grundlagen und die Systemwissenschaft sowie deren formal-operative Grundlagen werden getrennt wahrgenommen und in unterschiedlichen scientific communities (mit weitgehend getrennten Publikationsorganen) weitergeführt. In der Rezeption dieser Fachöffentlichkeiten – teilweise aber auch in der der Wissenschaftsgeschichte – wird übersehen, dass die führenden Köpfe von Kybernetik und von Systemtheorie sich seit den Macy-Konferenzen immer wieder austauschten.

„Paralleling the work of the teams of Wiener and McCulloch at MIT, another group tried to utilize cybernetics on a wider scope. This was the Society of Systems Research, created in 1954 and led by the biologist Ludwig von Bertalanffy“ (de Rosnay 2000). Ross Ashby und einige andere Kybernetiker traten frühzeitig in die Gesellschaft ein. Kybernetik und Systemtheorie wurden als zwei parallisierbare Zugänge

betrachtet; so galt die Kybernetik auch als „die wichtigste Systemwissenschaft ‚mechanistischer Richtung‘“ (Bertalanffy 1970: 116).¹⁶

Die durch Ludwig von Bertalanffy (1901–1972) formulierte Allgemeine Systemtheorie war an die Kybernetik anschlussfähig, soweit in ihr (wie das insbesondere für den Spezialfall lebender Systeme gilt) das Prinzip der Selbstregulation eine wichtige Rolle spielte. Bertalanffy (1976) selbst sah die Kybernetik als konkurrierenden und spezielleren Ansatz: Einerseits betrachtete er das Rückkopplungsmodell als nur einen Typus eines selbstregulierten Systems, und zwar eines recht speziellen Typs (1970: 119). Andererseits sind für ihn Regulationen nur *ein* einheitsstiftendes Moment, während die Allgemeine Systemtheorie noch weitere Möglichkeiten zur Unifikation böte. Daher sind für Bertalanffy die kybernetischen Betrachtungen und ihre Regelkreise auch nur „ein spezieller Fall allgemeiner Systeme, die durch die Anwesenheit von Zwangsbedingungen gekennzeichnet sind, welche den Prozeß auf dem Wege zirkulärer Kausalität selbstregulierend machen. Die Konzeption eines ‚allgemeinen Systems‘ ist im Vergleich umfassender“; so beschreibe die Allgemeine Systemtheorie „Wechselwirkungen zwischen vielen Variablen, Erhaltung im Wechsel der Teile, Wachstum, fortschreitende Differenzierung, Mechanisierung und Zentralisierung, Erhöhung des Organisationsniveaus und Ähnliches“ (Bertalanffy 1970: 122).

Allgemeine Systemtheorie und Kybernetik wurden in den 1950er bis 1970er Jahren von Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen aufgegriffen. Dabei gab es Forscher, die in beiden Feldern zentrale Beiträge lieferten: Bereits Ashby (1957) zeigte, dass die kybernetische und systemorientierte Denkweise für ihre Disziplinen wichtige Strukturierungsgrundlagen und Einsichten vermittelt. Heinz von Foerster initiierte bzw. organisierte 1959/1960 wichtige Konferenzen, die Probleme der Systemtheorie – und insbesondere die damals neue Fragestellung der selbstorganisierenden Systeme – fokussierten (vgl. Paslack 1991, Foerster/Bröcker 2002: 222, 227f.). Das Prinzip des „order from noise“ wurde dabei letztlich aus der eher kybernetischen Arbeit von Foersters in die Selbstorganisationsphysik transferiert (vgl. Foerster/Bröcker 2002: 222–225).

4.3 Selbstorganisation – neue konkurrierende Entwicklungen

Mit Krohn & Küppers (1990a) lassen sich sieben, z.T. voneinander unabhängige Entwicklungsstränge unterscheiden, die grundlegend für die Herausbildung des Selbstorganisationsparadigmas sind. Sie können hier nur kurz genannt werden:

¹⁶ Mechanistisch meint hier, dass das kybernetische Modell „einen ‚Mechanismus‘, d.h. strukturelle Anordnungen voraussetzt. In behavioristischer Betrachtung ist es das vertraute S-R- oder S-O-R- (Stimulus-Organismus-Response) Schema, dem eine Rückkopplungsschleife angefügt ist, sodass das System selbstregulierend wird. Im Gegensatz dazu sind ‚allgemeine Systeme‘ nicht-mechanistisch in dem Sinne, dass das regulatorische Verhalten nicht durch strukturelle oder ‚Maschinen‘-Bedingungen bestimmt ist, sondern durch das Wechselspiel von Kräften innerhalb des Systems“ (Bertalanffy 1970: 119).

1. „Order from noise“

Heinz von Foerster zeigte mit Hilfe von Shannons Informationstheorie, dass die Ordnung in einem System sowohl durch den Import von Ordnung aus der Umwelt wachsen kann als auch durch Störungen. Dieser erste Strang einer Selbstorganisationstheorie baut auf den im Elektrolysebad entstehenden „whiskers“ von Gordon Pask (1928–1996) auf (vgl. Foerster/Bröcker 2002: 222).

2. Dissipative Strukturen

Der Physikochemiker Ilya Prigogine (1917–2003) und seine Mitarbeiter/innen erweiterten die klassische Thermodynamik für Zustände im oder nahe des thermodynamischen Gleichgewichts um Aussagen über das Verhalten von Systemen fern vom thermodynamischen Gleichgewicht. Dabei bauen offene Systeme unter Energiezufuhr und Transport von Entropie in die Umgebung „dissipative Strukturen“ auf.

3. Synergetik

Am Beispiel des Lasers konnte der Physiker Hermann Haken (*1927) mit seinen Mitarbeitern das Herausbilden von geordneten Strukturen aufgrund von kooperativen, internen Wechselwirkungen zeigen. Er übertrug das Prinzip auf andere physikalische, aber auch chemische, biologische, soziale und psychologische Systeme.

4. Autokatalytische Hyperzyklen

Dem Biochemiker Manfred Eigen (*1927) und dem Physiker Peter Schuster (*1941) zufolge ist die Entstehung des Lebens als Prozess einer präbiotischen Evolution geprägt durch das Zusammenwirken von verschiedenen autokatalytischen Prozessen, die ihre Anpassung an die Umwelt selbst optimieren und im Rahmen von übergeordneten Prozessen, den „Hyperzyklen“, stattfinden.

5. Autopoiesis und Selbstreferentialität

Die Neurobiologen Humberto Maturana und Francisco Varela (1946–2001) definierten Lebewesen als „autopoietische Systeme“, also Systeme, die ihre Komponenten durch das Netzwerk der Operationen herstellen, das durch diese Komponenten definiert ist, und die die dazu benötigten Informationen in dieser zirkulären Informationen selbst finden.

6. Resilientes Ökosystemverhalten und Koevolution

Laut dem Zoologen Crawford S. Holling (*1930) können Ökosysteme bei starken Störungen durch interne Strukturveränderungen (Resilienz) elastisch antworten und auch in neue Zustände übergehen.

7. Deterministisches Chaos

Chaotisches Verhalten liegt vor, wenn sehr kleine Änderungen der Anfangsbedingungen ein massives Anwachsen von Störungen bewirken bzw. Abweichungen des aufgrund der Anfangsbedingungen berechneten Verhaltens vom beobachteten Verhalten im Laufe der Zeit beträchtlich zunehmen. Der Meteorologe Edward N. Lorenz

(*1917) hatte eher zufällig die Empfindlichkeit von Konvektionssystemen wie dem Wetter vom Anfangswert entdeckt und konnte zeigen, dass die chaotischen Systemzustände auch eine Art Ordnung im Sinn von regelmäßiger Unregelmäßigkeit besitzen. Mit Hilfe der durch den Mathematiker Benoit B. Mandelbrot (*1924) entwickelten fraktalen Geometrie lassen sich komplexe Strukturen dynamischer Systeme beschreiben.

Die Selbstorganisationsanschauung wirkte aber zunächst eher untergründig; sie konnte erst Mitte der 1970er Jahre als eigenständiges Paradigma begriffen werden. In den frühen 1960er Jahren hatten Konferenzen und Tagungen zur Bionik sicherlich eine stärker anziehende Wirkung – sowohl auf den Mainstream der Kybernetiker als auch auf den Mainstream der Systemtheoretiker. „Bionik diente als weitgespanntes catchword, unter dem die Versuche zusammengefasst wurden, biologische Prozesse zu analysieren, zu formalisieren und auf Rechnern zu implementieren.“ (Müller 2000).

Bereits 1967 interpretierte Bertalanffy (1970: 133ff.) einige der damals erst in vorläufiger Ausprägung befindlichen Selbstorganisationsansätze als kongruent mit der Allgemeinen Systemtheorie. Analoge Deutungen aus dem kybernetischen Diskurs, die eine Resonanzfähigkeit von Kybernetik und Selbstorganisationstheorie hätten vorbereiten können, sind offenbar unterblieben. Das hat dazu beigetragen, dass die Kybernetik von der neueren systemwissenschaftlichen Entwicklung „abgehängt“ werden konnte.

4.4 Konkurrenzen im kybernetischen Lager

Bereits 1956 auf einer Konferenz an der Dartmouth University deutete sich eine Spaltung der Kybernetiker in unterschiedliche Lager an: „The engineers felt they had made significant progress in programming computers to emulate some aspects of human intelligence. They preferred to proceed on the basis on somewhat ad hoc assumptions about the nature of intelligence, human or machine. The neurophysiologists and philosophers preferred to continue their research on neurophysiology.“ (Umpleby 2003). So kam es zur Ausbildung eines eigenen Forschungsfelds Künstliche Intelligenz. „From this time forwards the fields of artificial intelligence and cybernetics developed largely independently in terms of communication among researchers.“ (Umpleby 2003).

Insbesondere die Geschichte des BCL, das von Foerster gründete und leitete, macht deutlich, dass innerhalb der Kybernetik selbst eine harte Konkurrenz vorhanden war: Kybernetiker aus dem MIT sorgten bei der Begutachtung von Forschungsanträgen dafür, dass die Kollegen aus dem BCL schlechter oder gar nicht „bedient“ wurden (vgl. Müller 2000). Andererseits wurde am BCL auch ein Teil der Entwicklungen aus dem MIT abgelehnt, z.B. die Bündelung von Forschung unter dem Konzept einer „Artificial Intelligence“ (von Foerster/Müller/Müller 2001, von Foerster/Broecker 2002).

4.5 Rasante Beeinflussung und Differenzierung unterschiedlichster Disziplinen

In der Fachliteratur zwar nur vereinzelt vertreten, ist die folgende Sichtweise zur Abrundung des Bildes erforderlich: Die kybernetische Denkweise beeinflusst bis heute eine Vielzahl von Forschungszweigen, die sich in den letzten 40 Jahren ausdifferenziert haben – von der Informatik über die verschiedenen Ansätze der Selbstorganisationsforschung bis hin zur Künstlichen-Intelligenz- bzw. Künstliches-Leben-Forschung. Dies „kann nur so interpretiert werden, die Kybernetik ist insbesondere mit den Zweigen der Informations- und Systemtheorietechnik so umfangreich geworden, dass sie als Wissenschaftszweig zu groß geworden ist. So wie es keinen Lehrstuhl für Natur- oder Geisteswissenschaft gibt, kann (es) auch keinen mehr für Kybernetik geben. Um erfolgreiche wissenschaftliche Arbeit leisten zu können, hat eine Einengung des Gebietes zu erfolgen. Die Kybernetik lebt daher um so mehr, nur ist sie nicht mehr so stark im Bewusstsein der Öffentlichkeit wie vor etwa 20 Jahren“ (Völz 2002).

4.6 Veränderungen in der staatlichen Wissenschaftsförderung

In den 1950er und 1960er Jahren wurden kybernetische und systemwissenschaftliche Forschung sehr breit unterstützt. „Die Sponsoren und die Agenturen, die gefunden haben, das müssen wir weitermachen, das müssen wir unterstützen, haben damals schon gesehen, da ist unglaublich viel Neues da, da sind sehr viele interessante Sachen da“ (Foerster/Müller/Müller 2001). Nach den Erinnerungen Heinz von Foersters ist dieses kybernetische Verständnis der US-amerikanischen Forschungsförderung und eine starke Unterstützung durch diese in den frühen 1970er Jahren „abgeklungen“ (Foerster/Müller/Müller 2001).

Im zweiten Weltkrieg und den beiden anschließenden Jahrzehnten profitierten die amerikanischen Forschungseinrichtungen und insbesondere die Hochschulen von einer großzügigen „Kanonen- und Butter-Politik“: Fördergelder des Bundes (aus dem Rüstungsetat) flossen reichlich, um angewandte, aber auch Grundlagenforschung zu finanzieren (Spears 1996, vgl. auch Forman 1987, Leslie 1993, Umpleby 2003). Beispielsweise konnte Heinrich von Foerster 1957 mit einem kaum vorbereiteten Besuch im „Office of Naval Research“ des Pentagon (offenbar ohne einen schriftlichen Forschungsplan vorzulegen) eine Anschubfinanzierung seines Biological Computer Laboratory an der University of Illinois (Urbana-Champaign) erreichen.¹⁷ Schon zuvor war es ihm gelungen, in ähnlicher Weise die Sicherung des Electron Tube Laboratory der gleichen Universität zu erreichen, obwohl sein Vorgänger keine Berichte verfasst und an das Pentagon verschickt hatte (vgl. Foerster/Broecker 2002: 196f.).¹⁸

¹⁷ Als einzige Vorbereitung führt von Foerster ein empfehlendes Telefonat von Warren McCulloch im „Naval Office“ an.

¹⁸ In den 1960er Jahren wurde das BCL auch – und zwar hauptsächlich – durch das „Air Force Office of Scientific Research“ gefördert (vgl. Umpleby 2003, Müller 2000).

„Vor dem Hintergrund der Oppositionsbewegung gegen den Vietnamkrieg und der militärischen Einbettung der Universitäten“ in die Rüstung hat 1972 die Nixon-Regierung das sog. Mansfield Amendment verabschiedet: Es sah eine bessere Kontrolle staatlicher Gelder vor; insbesondere war eine „direkte und offensichtliche“ Beziehung zwischen der geförderten Forschung und ihrer militärischen Anwendung nachzuweisen (Spear 1996). Die sich anschließende Evaluierung der Militärs führte insbesondere in jenen Bereichen der Kybernetik, die sich rüstungsfern entwickelt hatten und das eingestanden¹⁹, zu einer erheblichen Finanzierungskrise. Beispielsweise fand von Foerster keine Möglichkeit eines Finanzierungsersatzes. Das neu aufgelegte Programm „Research Applied to National Needs“ der National Science Foundation fokussierte nämlich bei disziplinübergreifender Forschung zu stark auf Anwendungsbezüge. Außerdem gab es keine personelle Überschneidung zu den Netzwerken, die innerhalb der Forschungsförderung des Pentagon mit der BCL-Forschung vertraut waren und hatten daher nicht den nötigen Hintergrund, um Forschung in diesem Feld beurteilen zu können. Das betraf insbesondere die – als Reaktion auf die Kybernetik zweiter Ordnung – geplante Neuausrichtung des BCL in Richtung auf Kognitionswissenschaften und „experimentelle Epistemologie“ (vgl. Umpleby 2003). Damit führte das Mansfield-Amendment indirekt dazu, dass mit von Foersters Pensionierung (1976) das BCL seine Arbeit einstellte (vgl. Müller 2000, Umpleby 2003). Aus dem zeitlichen Abstand beurteilt, hatte das Mansfield-Amendment auch allgemeiner die unbeabsichtigte Wirkung „of curtailing basic research in cybernetics in the U.S. and increasing funding for artificial intelligence and robotics, particularly if the research had a plausible link to a military mission“ (Umpleby 2003).²⁰

Im internationalen Vergleich wird deutlich, dass eine entsprechende Wirkung aber nicht alleine auf Veränderungen der staatlichen Förderpolitik in den USA zurückzuführen ist. Auch in den beiden deutschen Staaten spielte eine kybernetische Grundlagenforschung ab der zweiten Hälfte der 1970er Jahre – nach der Ausdifferenzierung der Computertechnologie – keine eigenständige Rolle mehr. Kybernetische Methoden waren nur noch in speziellen Anwendungen gefragt (z.B. Bauwesen, Verkehrsplanung).

¹⁹ Während von Foerster in der Evaluation des Pentagon die militärischen Einsatzmöglichkeiten für die am BCL betriebene Forschung verneinte, haben Forscher anderer Forschungsinstitutionen eine andere Strategie gefahren: „They imagined a variety of futuristic electronic and robotic devices on battlefields. These science fiction-like descriptions proved to be quite popular in Washington, DC. The funding agencies within DOD used them to request more research funds from the Congress. The members of Congress were favorably inclined. They reasoned that the more automated the battlefield was, the fewer soldiers/voters would be killed or wounded“ (Umpleby 2003).

²⁰ Politisch-moralisch war der Umgang von Foersters mit den Evaluationsverfahren einwandfrei, bezogen auf die Sicherung des von ihm gegründeten BCL aber naiv. Es könnte Sinn machen, das Verhalten von ihm und den von Umpleby erwähnten anderen Kybernetikern genauer zu untersuchen, um daraus empirisch gesicherte Rückschlüsse hinsichtlich eines sowohl auf Verstetigung als auch auf kurzfristige Sicherung gerichteten Verhaltens in derartigen Evaluationsverfahren zu ziehen.

Diese Wende erstaunt insbesondere für die DDR, wo sich Georg Klaus (1912–1974) mit seiner Lesart der Kybernetik um eine Reformulierung des dialektischen Materialismus und zugleich um eine Optimierung der staatlichen Steuerung der ökonomischen Prozesse bemühte. Die Kybernetik wurde zunächst – ähnlich wie auch in der UdSSR – seitens der Staatsführung ideologisch dazu ins Feld geführt, um das geplante „Neue Ökonomische System“ zu legitimieren (vgl. Segal 2001). Doch 1969 führten verschiedene Ursachen dazu, dass die Kybernetik ihre Vormachtstellung verlor.

Einerseits kamen entsprechende Anwendungen der Kybernetik in direkte Konkurrenz mit der offiziellen Staatsideologie. Einige der DDR-Kybernetiker waren dazu übergegangen, die Kybernetik direkt auf die Gesellschaft anzuwenden und diese „nicht mehr ‚vom marxistischen Klassenstandpunkt aus‘ zu betrachten, sondern nur noch als objektive Struktur, als sich selbst regulierendes System.“ Der Klaus-Schüler Heinz Liebscher etwa schrieb sinngemäß, „dass die Gesellschaft auf allen ihren Entwicklungsstufen stets ein solches System gewesen ist und dass es sich bei Klassenkämpfen immer nur um die ‚innere Störung‘ des Systems gehandelt hat. Das war für die SED Grund zum Einschreiten.“ („Die Welt“ vom 12.5.1969 nach <http://www.heinzliebscher.de/Publikationen/FREMD~1.html>)

Andererseits lieferte Herbert Hörz zufolge die kybernetische Forschung selbst aufgrund ihrer von den gemachten Versprechungen abweichenden Ergebnisse wichtige Gründe für eine Verringerung der Förderung: „Die auf die Kybernetik gesetzten Hoffnungen erfüllten sich nicht. Illusionen zerbrachen. Einige Kollegen hatten mit der Bionik große Projekte geplant, die revolutionierend für die Pharmaindustrie sein sollten. Es gab lange Diskussionen und viele Versprechungen, die dann nicht eingehalten wurden. Es wurde solide Arbeit geleistet, doch gab es auch Scharlatanerie und Großsprecherei.“ (Hörz nach Neuhaus 2001)

Seitens der DDR-Wissenschaftspolitik wurde beides seit dem 8. Parteitag der SED bzw. der Entmachtung Ulbrichts ausgenutzt, um eine politische bzw. sozioökonomisch ausgerichtete Kybernetik zu kritisieren. Angeblich – so das Ergebnis von Aufarbeitungen eines Teils der damals beteiligten DDR-Intelligenzia – wurde auch eine kybernetische Grundlagenforschung kaum noch weiter gefördert (vgl. Neuhaus 2001, zurückhaltender Segal 2001).²¹ Tatsächlich erschienen jedoch einschlägige

²¹ Der Verweis auf die Ergebnisse des 8. SED-Parteitags in der Einleitung zu „Kybernetik und Weltanschauung“ (Gudermuth/Kriesel 1973) und das Honnecker-Zitat dort ist daher nicht als symbolische Pflichtübung, sondern als bewusste Begrenzung und Entmachtung zu lesen: ‚Die Anwendung der Kybernetik darf hier keineswegs dazu führen, das ökonomische System des Sozialismus im Sinne eines bloßen Steuerungs- und Regelungsmechanismus zu handhaben oder auszulegen‘ [E. Honecker]. Vielmehr muß die moderne Kybernetik in enger Verbindung mit der marxistisch-leninistischen Gesellschaftstheorie Entwicklungsprozesse abbilden und zugleich stimulieren, deren richtungsweisende Ziele vorzugeben vordringlichste Aufgabe der Partei der Arbeiterklasse ist (n. Reinschke).“ Letztlich führte in der DDR seit der Mitte der 1970er Jahre nur noch eine „technische Kybernetik“ (die im Wesentlichen der Informatik des Westens entsprach) eine „Nischenexistenz“ (Neuhaus 2001).

Veröffentlichungen von Georg Klaus und seinen Mitarbeitern auch nach dem Sturz von Ulbricht, wenn auch zum Teil nicht mehr in den zentralen Reihen (sondern mit der Funktion der Ideologiekritik; vgl. Segal 2001). Es ist nicht geklärt, wieweit die folgende Erklärung alleine zutreffend ist; sie ist aber sicherlich teilweise richtig: „Eigentlich ging es bei der politisch-ideologischen Kritik an der Kybernetik m.E. nicht in erster Linie um die Wissenschaft, sondern die Kritiker Ulbrichts suchten nach einem Hebel, um ihn von der Macht zu entfernen, da boten sich die Missverhältnisse zwischen den großen Versprechungen und den geringen Resultaten geradezu für diejenigen an, die mit neuen Wissenschaften sowieso nicht viel zu tun haben wollten.“ (Hörz nach Neuhaus 2001)

Anders sah die Entwicklung möglicherweise – trotz ähnlicher Parteitagebschlüsse der KPdSU – in der UdSSR aus; in der GUS existieren noch bis heute kybernetische Forschungsinstitute, in denen möglicherweise und mit bescheidenerem Anspruch an die kybernetische Blütezeit angeschlossen werden kann. Auch dort waren aber „Institutionalisierungserfolge der Kybernetikbewegung nur auf einer mittleren Ebene des Wissenschaftsbetriebes zu erzielen“ (Meister/Lettkemann 2004).

4.7 Die Komplexitätsfalle

Der Trend ging seit den 1970er Jahren von der Erforschung einfacher Systeme mit wenig komplexen Regulationen zu solchen mit hochkomplex vermaschten Regelsystemen. „Einerseits werden immer größere, komplexere Prozesse in Industrie, Landwirtschaft und nahezu allen anderen volkswirtschaftlichen Bereichen gebildet und geleitet; andererseits nehmen die industriellen, ökonomischen, gesellschaftlichen und ökologischen Verflechtungen zwischen verschiedenen Prozessen zu. Diese Tendenzen, verbunden mit der Beschränkung der benötigten Ressourcen und der raschen Abnahme vieler Rohstoffe, erfordern, dass immer größere Prozesse im Sinn hoher Effektivität, sparsamen Rohstoffverbrauchs und zeitlich weit vorausschauender Erhaltung und Entfaltung günstiger Bedingungen optimal geplant, entwickelt und gesteuert bzw. geleitet werden.“ (Reinisch 1996: 407) Aufgrund des großen Umfangs der Probleme, der Vielzahl und Verschiedenartigkeit der Prozesse und der möglichen Eingriffe, der Vielzahl der Kriterien zur Beurteilung (die zudem häufig kaum zu quantifizieren sind) sowie der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Weiterentwicklung lassen sich derartige Systeme nicht mehr auf konventionelle Regelungsprobleme reduzieren. Vielmehr mussten unterschiedliche Methoden kombiniert werden, die im Rahmen angewandter Systemwissenschaften ausgearbeitet werden – neben die Kybernetik treten nun operations research, Systemanalyse und Simulation, die auf unterschiedlichen mathematischen Verfahren und Rechentechniken basieren. Es ist nicht gelungen, in der Kybernetik für diese Probleme ein einheitliches Dach aufzubauen, zumal noch weitere Verfahrensweisen – z.B. Zerlegungsmethoden

in Teilsysteme für deren dezentrale Steuerung (vgl. Reinisch 1996) – erforderlich werden.²²

4.8 Schulbildung oder eigene Disziplin

„Die Tatsache, dass die Kybernetik in der BRD nur ein Schattendasein geführt hat und heute praktisch sang- und klanglos verschwunden ist, liegt zweifelsohne auch an der fehlenden methodologischen Begründung für ein derartiges Gebiet.“ (Goldammer 1998) Die von Goldammer hier angeführten Anstrengungen des Philosophen Gotthard Günther (1900–1984) wurden aber nicht als entsprechende Begründungen wahrgenommen, sondern weitgehend ignoriert.

Letztlich ist dem Urteil Hagners (2001: 431) zuzustimmen: „Die Kybernetik wurde nicht eigentlich zu einer Disziplin im Sinne des 19. Jahrhunderts, sondern sie bildete einen Diskurs, der sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts quer durch die verschiedensten natur- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen zog“. Möglicherweise ist eine solche Entwicklungsvorstellung derzeit für wissenschaftliche Ansätze, die quer zu den Disziplinen gegründet werden und in der Lage sind, Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen neu bündeln zu können, generell wahrscheinlicher als die traditionelle Orientierung an einer disziplinären Entwicklung.²³ Diese Entwicklungsvorstellung könnte auch eine gewisse Relevanz für die sozial-ökologische Forschung bzw. für verwandte Ansätze haben (vgl. auch Becker 2003).

Egal, ob diese Vermutung die Sachverhalte gut trifft und damit eine angemessene Beschreibung darstellt, kann an dieser Stelle festgehalten werden: Mit einer solchen Ausgangsthese lassen sich wissenschaftliche Entwicklungen vermutlich gut analysieren. Die Fragestellung, ob es Bifurkationen zwischen einer disziplinären Entwicklung einerseits und einer Stabilisierung relevanter Querschnitts-Diskurse andererseits gibt, erlaubt eine Neuordnung von Daten, Sachverhalten und Befunden der Wissenschaftsforschung. Sie erlaubt zudem, den Blick darauf zu richten, welche der beiden Organisationsformen angemessener ist und politisch gefördert werden sollte. Insofern lassen sich mit ihrer Hilfe neue Problemstellungen für eine Science Policy Research gewinnen.

²² Probleme mit der Komplexität zeigten sich auch bei Vesters Versuch einer kybernetischen Sensitivitätsanalyse für den Umlandverband Frankfurt am Main (die letztlich nicht veröffentlicht wurde).

²³ Im Feld der Kybernetik existiert bis heute eine Vielzahl von Zeitschriften, in denen zum großen Teil interdisziplinäre Ergebnisse veröffentlicht werden. Erst mit Hilfe einer in diesem Bereich vorgenommenen Zeitschriftenanalyse ließe sich überprüfen, ob die Beurteilung Hagners der Kybernetik als Diskurs quer zu den Disziplinen auch das Publikationswesen in diesen kybernetischen Organen gut beschreibt. Dabei wäre auch zu fragen, ob der programmatische „Kern“ der Kybernetik ausreichend für eine Stabilisierung dieses Diskurses bzw. einer disziplinären Identität war und ist (vgl. auch Becker/Jahn/Wehling 1993).

5 Kybernetik zweiter Ordnung

Aus der Kybernetik heraus ist seit den späten 1960er Jahren, insbesondere aber seit 1974, in einer Art Revisionsbewegung, die auch einen Teil der Kritiken an der kybernetischen Forschung und ihren Ansprüchen²⁴ berücksichtigte, eine „Kybernetik zweiter Ordnung“ entstanden (Foerster/Bröcker 2002: 251ff., Umpleby 1991).²⁵ Diese betont die Autonomie der Systeme (gegenüber den Aspekten einer Steuerbarkeit) und rechnet mit dem Eigensinn der zu modellierenden Sachverhalte. Insbesondere ist sie aber eine „cybernetics of cybernetics“, also ein metawissenschaftlicher bzw. selbstreflexiver Ansatz, der eine Reflexion der Kybernetik mit den Mitteln der Kybernetik erfordert (Foerster/Bröcker 2002: 56, 251f.).

Damit thematisiert sie auch die Rolle des Beobachters bzw. des Modelleurs (vgl. Heylighen/Joslyn 2001a): An die Stelle der „Beobachtung beobachteter Systeme“ tritt die Kybernetik „beobachtender Systeme“. Diese Kybernetik zweiter Ordnung fragt auch nach den Zwecken des Modelleurs (statt nur nach den Zwecken des Modells) und nach den Interaktionen zwischen Beobachter und beobachtetem System (Umpleby 1991). „Diese grundlegende epistemologische Wendung lässt sich dadurch verdeutlichen, dass man sich einerseits als unabhängigen Beobachter sieht, der die an ihm vorüberziehende Welt betrachtet; oder dass man sich andererseits als einen beteiligten Akteur betrachtet, der selber eine Rolle in dem Drama zwischenmenschlicher Beziehungen, dem Drama des Gebens und Nehmens, in der Zirkularität menschlicher Beziehungen spielt“ (von Foerster 1963, S. 64f.). Insofern erlaubt dieser epistemologische Wechsel auch den Aufbau einer veränderten Wissenschaftstheorie (Umpleby 1990).

Die Kybernetik zweiter Ordnung spielt bisher eine im kybernetischen Diskurs hybride Rolle: Innerhalb des „radikal-konstruktivistischen“ Teildiskurses trägt sie entscheidend bei, wird dort aber der konstruktivistischen Doktrin untergeordnet und kaum eigenständig behandelt. Soweit es einen kybernetischen Grundlagendialog überhaupt noch gibt, spielt dort die Kybernetik zweiter Ordnung eine marginale Rolle. Zusammenfassende Darstellungen der Kybernetik zweiter Ordnung – jenseits der Monographien von Foerstern – existieren nicht.²⁶ Andererseits wird betont, dass

²⁴ Dies betrifft insbesondere die Kritik am instrumentell verengten Gegenstandsverständnis der Kybernetik.

²⁵ Für eine noch zu schreibende Wissenschaftsgeschichte dieser Kybernetik zweiter Ordnung wird es nicht zu vernachlässigen sein, dass einige ihrer Schlüsselpublikationen – etwa „Cybernetics of Cybernetics or the Control of Control and the Communication of Communication“ – aus neuartigen Lehrveranstaltungen entstanden sind, die auf die Partizipation der Studentinnen und Studenten an der Forschung zielten.

²⁶ Auch in Veröffentlichungen von Autoren, die sich zur Kybernetik zweiter Ordnung zählen, werden unterschiedliche Punkte als Charakteristikum hervorgehoben. Damit wird deutlich, dass es die Kybernetik zweiter Ordnung als einheitliche, monolithische Theorie nicht gibt. Vielmehr handelt es sich um ein transdisziplinäres Feld, in das ähnlich wie im radikal-konstruktivistischen Diskurs Erkenntnisse aus unterschiedlichen Disziplinen, wie z.B. der Philosophie, Sozialwissenschaft, Psychologie, Neurowissenschaften usw. hineinfließen, aber meta-kybernetisch aufeinander bezogen werden.

die Kernpunkte der Kybernetik zweiter Ordnung mittlerweile im kybernetischen Diskurs akzeptiert seien (vgl. Heylighen/Joslyn 2001b).

Von Seiten der Propagandisten einer Kybernetik zweiter Ordnung wurde immer auf den paradigmatischen und insbesondere epistemologischen Bruch zwischen der Kybernetik erster und zweiter Ordnung verwiesen; die Unterschiede wurden von ihnen sehr stark betont. Das hat möglicherweise zu einer „overemphasis of the novelty of their ‚second order‘ approach“ (Heylighen/Joslyn 2001b) geführt; Meister/Lettkemann (2004) sprechen sogar von einer „epistemologischen Überhöhung“. Es ist zusätzlich festzustellen, dass die Kybernetik zweiter Ordnung in einer großen personellen Kontinuität zur Kybernetik erster Ordnung steht. Viele Forscher, die zur Herausbildung der Kybernetik erster Ordnung beigetragen haben (Ashby, Bateson, von Foerster, Mead, McCulloch, Pask, Varela), werden heute auch mit der Kybernetik zweiter Ordnung in Verbindung gebracht. Schon daher ist kritisch zu hinterfragen, ob es sich tatsächlich um zwei unterschiedliche Ausprägungen der Kybernetik handelt oder um eine Umsortierung im kybernetischen Diskurs, die Heinz von Foerster mit ehemaligen Mitstreitern aus dem BCL initiiert hat.

Ob die mit der Kybernetik zweiter Ordnung verbundene Absetzbewegung zu einer Stärkung oder zu einer Schwächung des kybernetischen Diskurses geführt hat, ist noch genauer mit Methoden der Wissenschaftsforschung zu untersuchen. Entsprechende Kommunikationsstrategien zur Durchsetzung von Schulen sind im Allgemeinen riskant. Dies belegt auch das Beispiel der Kybernetik zweiter Ordnung – populär geworden ist nicht diese, sondern der Diskurs um den radikalen Konstruktivismus.

Mittlerweile werfen führende Vertreter einer Kybernetik zweiter Ordnung auch die Frage auf, ob die bisherige Kybernetik zweiter Ordnung nicht gesellschaftswissenschaftlich teilweise blind sei (und als „biologische Kybernetik“ – in Abgrenzung von einer „technischen Kybernetik“ = Kybernetik erster Ordnung – funktioniere), sodass überhaupt erst noch eine „soziale Kybernetik“ zu entwickeln sei (vgl. Umleby 2001).

Möglicherweise würde es eine solche fortentwickelte Kybernetik zweiter Ordnung gestatten, mit ihrer Hilfe auch modellistische Grundlagen einer sozial-ökologischen Forschung zu konzipieren und das skizzierte Konzept einer sozial-ökologischen Regulation (Hummel/Kluge 2004) vollständig zu entfalten.

Der heuristische Stellenwert der Kybernetik zweiter Ordnung wird immer noch unterschätzt: Dabei ist es mit ihrer Hilfe möglich, neuere Entwicklungen – beispielsweise Kooperationsprozesse zwischen Wasser- und Landwirtschaft – kritisch zu hinterfragen, soweit hier weiterhin noch ein klassisches Steuerungsverständnis zugrunde gelegt wird. Aus der Perspektive der Kybernetik zweiter Ordnung werden Landwirte nicht mehr als passive Akteure eines von der Wasserwirtschaft initiierten Regelkreises aufgefasst, sondern werden zu aktiven Akteuren, die den Regelkreis

mitgestalten. Insofern wird die Betrachtung an entscheidender Stelle realitätsnah. In gleicher Weise kommt die Rolle der Wasserwirtschaft und der von ihr beschäftigten Modelleure in den analytischen Blick. Letztlich kann berücksichtigt werden, dass es in derartigen Kooperationsvorhaben zu einem hohen Grad von Partizipation kommen wird und die Regulationsmaßnahmen und die Ziele nicht von einer Seite vorgegeben werden können, sondern sich in einem adaptiven Prozess ergebnisorientiert verändern (vgl. Liehr im Erscheinen).

6 Ausblick

Die Kybernetik hat sich trotz Vorhandenseins eines programmatischen „Kerns“ (und damit einer Art disziplinären Paradigmas; vgl. hierzu Lakatos 1982, sowie Masterman 1970 in Präzisierung von Kuhn 1979) aus unterschiedlichen Gründen nicht zu einer Disziplin ausgebildet. Ähnlicher ist auch für die Allgemeine Systemtheorie trotz Ausbildung eines starken Paradigmas eine disziplinäre Verankerung und Entwicklung unterblieben. Möglicherweise hat der interdisziplinäre Anspruch in beiden Fällen restriktiv gewirkt und mit dazu beigetragen, dass die Etablierung als Disziplin ausgeblieben ist, obwohl relevante Merkmale einer Disziplin gegeben waren. Ähnlich wie bei der Kybernetik konnte auch bei der Systemtheorie eine Etablierung zunächst sehr stark über Fachgesellschaften stattfinden (wobei es hohe Durchlässigkeiten zwischen den Fachgesellschaften von Kybernetik und Systemtheorie gegeben hat).

Mit dem bisher in der Wissenschaftsforschung gebräuchlichen Fortschrittsmodell (disziplinäre Fortentwicklung und Binnendifferenzierung) lässt sich weder der extra-disziplinäre Sonderweg der beiden „Brückwissenschaften“ fassen noch das „Auf und Ab“ in der Entwicklung der Kybernetik. Dieses Fortschrittsmodell der Wissenschaftsforschung war bis vor wenigen Jahren relativ gut in Einklang mit der Forschungspolitik: Wenn Disziplinen einmal an einer Hochschule Eingang gefunden hatten, so wurden sie weiter differenziert (Berufung von Hochschullehrern für die diversen Subdisziplinen und schließlich auch für Spezialgebiete), aber nicht wieder zurückgebaut. In einer Zeit, in der Fachbereiche (und damit Disziplinen) an Hochschulen zusammengelegt oder sogar völlig aufgegeben werden, müssen in den verschiedenen Zweigen der Wissenschaftsforschung Modelle entwickelt werden, die besser als das „bestandssichernde“ Modell der disziplinären Fortentwicklung und Binnendifferenzierung solche Prozesse fassen und kritisch reflektieren können.

Soweit es sich um eher „wissenschaftsinterne“ Entwicklungen handelt, lassen sie sich mit Hilfe des in die Wissenschaftsforschung bereits länger eingeführten Selbstorganisationskonzeptes begreifen. Dazu müsste allerdings dieses Konzept gegenüber seiner bisherigen Verwendung (vgl. Krohn/Küppers 1989, 1990b, Stichweh 1987, 1990) modifiziert werden. Ähnlich wie in den naturwissenschaftlichen Konzepten von Selbstorganisation müsste es dann darum gehen, hiermit insbesondere die Ausbildung von Strukturen bei Erhöhung eines Selbstorganisationsgrades zu erfassen. Auch für die Beschreibung von Situationen, wo eine Strukturiertheit abnimmt (oder

aber teilweise überlagert wird), wie dies für die Kybernetik seit etwa zwei Jahrzehnten der Fall ist, kann es Sinn machen, u.a. auf das Selbstorganisationskonzept zurückzugreifen. Denn Strukturen erhalten sich keineswegs auf Dauer, sondern können sich – beispielsweise in Verjüngungssituationen – auch verändern. Die Sprechweise von Selbstorganisation setzt keineswegs voraus, dass der Selbstorganisationsgrad immer gleich bleibend hoch (oder gar ansteigend) sein muss. Vielmehr lässt sich auch ein oszillierender Selbstorganisationsgrad denken und damit Situationen, die sich mit denen der Kybernetik vergleichen lassen.

Allerdings wird das Selbstorganisationskonzept hier noch durch andere Konzepte ergänzt werden müssen (z.B. jenes der Evolution oder jenes von kontinuierlicher Erneuerung). Insbesondere ist aber auch deutlich, dass disziplinäre und interdisziplinäre Entwicklungen nicht alleine selbstorganisiert ablaufen, sondern auch von „außen“ (z.B. durch die Forschungspolitik) beeinflusst werden. Die mit dem Selbstorganisationskonzept angelegte Dichotomie („Selbstregulation“ vs. „Fremdsteuerung“) lässt sich möglicherweise auch überwinden, in dem bei der Analyse die Perspektive der Kybernetik zweiter Ordnung eingenommen wird.

Wissenschaftshistorisch erscheint es lohnend, die hier skizzierten Hypothesen über das Verschwinden der Kybernetik genauer zu untersuchen. Dabei könnte dann auch ein Modell entwickelt werden, dass einen solchen oszillierenden Entwicklungsprozess besser fasst als die bisher üblichen Fortschrittsmodelle der Wissenschaftsforschung.

7 Literatur

- Becker, Egon (1984): Natur als Politik? In: Thomas Kluge (Hg.): Grüne Politik. Der Stand einer Auseinandersetzung. Frankfurt am Main: S. Fischer, 109–122
- Becker, Egon (2003): Soziale Ökologie: Konturen und Konzepte einer neuen Wissenschaft. In: Gunda Matschonat/Alexander Gerber (Hg.): Wissenschaftstheoretische Perspektiven für die Umweltwissenschaften. Weikersheim: Margraf Publishers, 165–195
- Becker, Egon/Thomas Jahn/Peter Wehling (1993): Grenzüberschreitungen. Konzepttransfers und Wissenschaftsdynamik. In: Egon Becker (Hg.): Jahrbuch 2 für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main: iko, 35–55
- Bertalanffy, Ludwig von (1970): ... aber vom Menschen wissen wir nichts. Robots, Men and Minds. Düsseldorf, Wien: Econ (amer. 1967)
- Bluma, Lars (2002): Das Blockdiagramm und die „Systemingenieure“. Eine Visualisierungspraxis zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit in der US-amerikanischen Nachkriegszeit. NTM. (Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaft, Technik und Medizin) N.S., 10, 247–260
- Canguilhem, Georges (1979): Die Herausbildung des Konzeptes der biologischen Regulation im 18. und 19. Jahrhundert. In: Wolf Lepenies (Hg.): Georges Canguilhem, Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie: Gesammelte Aufsätze. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 89–109 (frz. 197?)
- Cinquin, Olivier/Jacques Demongeot (2002): Positive and Negative Feedback: Striking a Balance Between Necessary Antagonists. Journal of Theoretical Biology 216(2): 229–241
- DeAngelis, Donald L., Wilfried M. Post & Curtis C. Travis (1986). Positive Feedback In Natural Systems. Berlin, Heidelberg usw.: Springer = Biomathematics 15
- Dent, Eric B./Stuart Umpleby (1998): Underlying Assumptions of Several Traditions in Systems Theory and Cybernetics. In: Robert Trappl (Hg.): Cybernetics and Systems. '98, Wien: Austrian Society for Cybernetic Studies: 513–518
- Dittmann, Frank (1999–2000): Aspects of the Early History of Cybernetics in Germany. Transactions of the Newcomen Society 71, 143–154
- Flechtner, Hans Joachim (1969): Grundbegriffe der Kybernetik. Eine Einführung. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (4. Aufl.)
- Foerster, Heinz von (1973): On Constructing a Reality, in: Wolfgang F. E. Preiser, (Hg.): Environmental Design Research, Vol. 2, Stroudberg, 35–46
- Foerster, Heinz von (1993): KybernEthik. Berlin: Merve
- Foerster, Heinz von/Monika Bröcker (2002): Teil der Welt. Fraktale einer Ethik. Ein Drama in drei Akten. Heidelberg: Carl von Auer
- Foerster, Heinz von/Albert Müller/Karl H. Müller (2001): Rück- und Vorschauen. In: Albert Müller, Karl H. Müller, Friedrich Stadler (Hg.): Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft. Kulturelle Wurzeln und Ergebnisse. Heinz von Foerster gewidmet. Wien, New York (Sonderband der Veröffentlichungen des Instituts Wiener Kreis), 229–242. (2. Aufl.)

- Forman, Paul (1987): Behind Quantum Electronics: National Security as a Basis for Physical Research in the United States, 1940–1960. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 18: 149–229
- Franke, Herbert W. (1999): Kybernetik: Wo ist sie geblieben? *Telepolis* 21.1.1999 <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/co/2608/1.html>
- Fuchs, Jürgen (Hg., 1994): Das biokybernetische Modell: Unternehmen als Organismen. Wiesbaden: Gabler (2. Aufl.; erste Aufl. 1992)
- Galison, Peter (1994): The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision. *Critical Inquiry* 21 (1994): 228–265. dt. als: Die Ontologie des Feindes: Norbert Wiener und die Vision der Kybernetik. In: Michael Hagner (Hg., 2001): *Ansichten der Wissenschaftsgeschichte*. Frankfurt a.M.: Fischer, 433–485
- Glanville, Ranulph (1998): A (Cybernetic) Musing: The Gestation of Second Order Cybernetics, 1968–1975 – A Personal Account. In: *Cybernetics & Human Knowing* 5 (2)
- Gudermuth, Peter/Werner Kriesel (1973): *Kybernetik und Weltanschauung: Probleme, Streitfragen und Ergebnisse der modernen Kybernetik*. Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag
- Hagner, Michael (Hg., 2001): *Ansichten der Wissenschaftsgeschichte*. Frankfurt am Main: Fischer
- Hassenstein, Bernhard (1960): Die bisherige Rolle der Kybernetik in der biologischen Forschung. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 13: 349–355, 373–382, 418–424
- Hassenstein, Bernhard (1970). *Biologische Kybernetik: eine elementare Einführung*. Heidelberg, Quelle & Meyer. (3. Aufl)
- Heims, Steve J. (1991): *The Cybernetics Group, 1946–1953: Constructing a Social Science for Postwar America*. Cambridge, Ma.: MIT Press
- Henn, Volker (1969): Materialien zur Vorgeschichte der Kybernetik. In: *Studium Generale: Zeitschrift für interdisziplinäre Studien* 22 (2): 164–190
- Heylighen, Francis/ Cliff Joslyn (2001a): Cybernetics And Second Order Cybernetics. In: R.A. Meyers (Hg.): *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. Vol. 4 (3rd ed.), New York: Academic Press, New York, 155–170
- Heylighen, Francis/ Cliff Joslyn (2001b): Second-Order Cybernetics. *Principia Cybernetica Net* <http://pespmc1.vub.ac.be/SECORCYB.html>
- Hummel, Diana/Thomas Kluge (2004b): *Sozial-ökologische Regulationen*. netWORKS-Papers, H. 9, Berlin
- Huston, Michael/Donald DeAngelis/Wilfried Post (1988): New Computer Models Unify Ecological Theory. *BioScience* 38: 682–691
- Janich, Peter (1992). Die methodische Ordnung von Konstruktionen. Der Radikale Konstruktivismus aus der Sicht des Erlanger Konstruktivismus. In Schmidt, S. J. (Hg.). *Kognition und Gesellschaft: Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus* 2. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 24–41
- Joslyn, Cliff/Francis Heylighen (1992): Cybernetics and Systems Science in Academics. *Principia Cybernetica Net*. <http://pespmc1.vub.ac.be/CYBSACAD.html>

- Kay, Lily E. (2001): Wer schrieb das Buch des Lebens? Information und Transformation der Molekularbiologie. In: Michael Hagner (Hg., 2001): Ansichten der Wissenschaftsgeschichte. Frankfurt am Main: Fischer, 489–523
- Kment, Hans (1957): Das Problem biologischer Regelung und seine Geschichte in medizinischer Sicht (Teil 1 u. 2). Münchener Medizinische Wochenschrift 1957 (14, 15): 99
- Klaus, Georg/Heinz Liebscher (Hg., 1976): Wörterbuch der Kybernetik. Berlin (DDR): Dietz (4. Aufl.)
- Klüver, Jürgen (1990): Auf der Suche nach dem Kaninchen von Fibonacci oder: Wie geschlossen ist das Wissenschaftssystem. In: Wolfgang Krohn/Günter Küppers (Hg.): Selbstorganisation: Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 201–229
- Krohn, Wolfgang/Günter Küppers (1989): Die Selbstorganisation der Wissenschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- Krohn, Wolfgang/Günter Küppers (1990a): Vorwort. In: Diess. (Hg.) Selbstorganisation: Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg: 1–17
- Krohn, Wolfgang/Günter Küppers (1990b): Wissenschaft als selbstorganisierendes System. Eine neue Sicht alter Probleme. In: Wolfgang Krohn/Günter Küppers (Hg.): Selbstorganisation: Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 303–328
- Kuhn, Thomas S. (1979): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen 2., rev. und um das Postskriptum von 1969 erg. Aufl. Frankfurt a.M.: Suhrkamp (4. Aufl.)
- Lakatos, Imre (1982): Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg (engl. 1977)
- Leslie, Stuart W. (1993): The Cold War and American Science: The Military Industrial Complex at MIT and Stanford. New York: Columbia
- Locker, Alfred (1995). Metatheoretische Kritik des Radikalen Konstruktivismus und der Autopoiesis-Theorie. In Hans Rudi Fischer (Hg.): Die Wirklichkeit des Konstruktivismus: Zur Auseinandersetzung um ein neues Paradigma. Heidelberg: Carl Auer, 329–348
- Liehr, Stefan (im Erscheinen): Decision Support-Systeme in partizipativen, sozial-ökologischen Regulationsprozessen. Eine Betrachtung aus kybernetischer Perspektive. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 25
- Masterman, Margaret (1970): The Nature of a Paradigm. In: Imre Lakatos, Allan Musgrave (Hg.): Criticism and The Growth of Knowledge. Cambridge: Cambridge University Press, 59–91. (orig. 1965)
- Mayr, Otto (1969): Zur Frühgeschichte der technischen Regelungen. München: Oldenbourg
- Mayr, Otto (1987): Uhrwerk und Waage. Autorität, Freiheit und technische Systeme in der frühen Neuzeit. München: Beck (amerik. 1986)
- Meister, Martin/Eric Lettkemann (2004): Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter. Zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik. In: Jörg Strübing et al. (Hg.): Kooperation im Niemandsland. Neue Perspek-

- tiven auf Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik. Opladen: Leske & Budrich, 105–136
- Müller, Albert (2000): Eine kurze Geschichte des BCL. Heinz von Foerster und das Biological Computer Laboratory. Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaft 11: 9–30
- Neuhaus, Wolfgang (2001): Kybernetik – ein Hype von vorgestern. Die Gesellschaft für Kybernetik blickte zurück auf die Kybernetik in der DDR. Telepolis 18.12.2001. <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/lis/11355/1.html>
- Nowotny, Helga/Albert Müller (1996): Hybride Wissenschaften. Wissenschaftsforschung und Wissenschaftsgeschichte. Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften 7(1): 119–133
- Reinisch, Karl (1996): Analyse und Synthese kontinuierlicher Regelungs- und Steuerungssysteme. Berlin: Verlag Technik
- Reinschke, Kurt (2003): Regelungstheorie entstand aus transdisziplinärer Sicht. <http://www.tu-dresden.de/zit/docs/reinschke.doc>
- Rössler, Otto E. (1992): Endophysik: Die Welt des inneren Beobachters. Berlin: Merve
- Rosnay, Joel de (2000): History of Cybernetics and Systems Science. Principia Cybernetics Web. <http://pespmc1.vub.ac.be/BSHIST.html>
- Rothschuh, Karl E. (1972): Historische Wurzeln der Vorstellung einer selbsttätigen informationsgesteuerten biologischen Regelung. Nova Acta Leopoldina 37(1): 206, 91–106
- Sachsse, Hans (1974): Einführung in die Kybernetik unter besonderer Berücksichtigung von technischen und kybernetischen Wirkungsgefügen. Reinbeck b. Hamburg: Rowohlt/Vieweg
- Schramm, Engelbert (2005): Physische Aspekte sozial-ökologischer Regulation. Naturwissenschaftliche Grundlagen einer zukunftsfähigen Wasserbewirtschaftung. Erscheint als netWORKS-Papers
- Segal, Jerome (2001): Kybernetik in der DDR – Begegnung mit der marxistischen Ideologie. Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technik und der Technikwissenschaften 27: 47–75
- Segal, Jerome (2002): Die Kybernetik in den 50er Jahren. Internationales Kolloquium des Kollegs Friedrich Nietzsche der Stiftung Weimarer Klassik und der Fakultät Medien der Bauhaus-Universität Weimar „Politik der Kälte: die fünfziger Jahre“. <http://kybernetik.free.fr/> (30.4.2004)
- Segal, Jerome/Frank Dittmann (1997): Hermann Schmidt (1894–1968) et la theorie generale de la regulation. Une cybernetique allemande en 1940? In: Annals of Science 54: 547–565
- Spear, Bruce (1996): Die Forschungsuniversität, der freie Markt und die Entdemokratisierung der höheren Bildung in den USA. PROKLA. Zeitschrift für kritische Sozialwissenschaft 104: <http://staff-www.uni-marburg.de/~rillingr/wpl/texte/spear.htm>
- Stichweh, Rudolf (1987): Die Autopoiesis der Wissenschaft. In: Dirk Baecker et al. (Hg.): Theorie als Passion. Niklas Luhmann zum 60. Geburtstag. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 447–481

- Stichweh, Rudolf (1988): Differenzierung des Wissenschaftssystems. In: Renate Mayntz et al. (Hg.) Differenzierung und Verselbständigung: zur Entwicklung gesellschaftlicher Teilsysteme. Frankfurt am Main, New York: Campus, 45–115
- Stichweh, Rudolf (1990): Selbstorganisation in der Entstehung des modernen Wissenschaftssystems. In: Wolfgang Krohn/Günter Küppers (Hg.): Selbstorganisation. Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 265–277
- Taylor, Peter/Ann S. Blum J. (1991): Ecosystems as Circuits: Diagrams and the Limits of Physical Analogies. *Biology & Philosophy* 6: 275–294
- Umpleby, Stuart (1990): The Science of Cybernetics and the Cybernetics of Science. *Cybernetics and Systems* 21(1): 109–121
- Umpleby, Stuart (1991): Strategies for Winning Acceptance of Second Order Cybernetics. In: George E. Lasker (ed.) *Proceedings of the International Symposium on Systems Research, Informatics and Cybernetics*. Baden-Baden, Germany, August 12–18, 1991. http://www.gwu.edu/~umpleby/Strategies_2nd_Cyb.txt
- Umpleby, Stuart (2001): What Comes after Second Order Cybernetics? *Cybernetics and Human Knowing* 8 (3) 87–89
- Umpleby, Stuart (2003): Heinz von Foerster and the Mansfield Amendment. *Cybernetics and Human Knowing* 10 (3–4), 187–189
- Völz, Horst (2002): Kybernetik. (Materialien zur Vorlesung SS 2002.) <http://www2.kommwiss.fu-berlin.de/~voelz/pdf/Kybernetik.pdf> (26.4.2004)
- Wiener, Norbert (1958): *Mensch und Menschmaschine*. Berlin (W): Ullstein. (amerik. 1950)
- Wiener, Norbert (1962): *Mathematik – mein Leben*. Düsseldorf, Wien: Econ. (amerik. 1961)
- Wiener, Norbert (1992): *Kybernetik: Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*. Düsseldorf, Wien, New York, Moskau: Econ (amerik. 1948/1961; dt. 1963)
- Zielke, Werner et al. (Hg., 1992): *Steuerung in der Wasserwirtschaft: Ergebnisse eines fünfjährigen Schwerpunktprogramms*. Weinheim, Basel, Cambridge, New York: VCH

Anhang: Vorläufige Bibliographie zur Geschichte von Kybernetik und Systemwissenschaften

- Abraham, Ralph H./Yoshisuke Ueda (2001): *The Chaos Avantgarde. Memories of the Early Days of Chaos Theory*. Singapur: World Scientific = World Scientific Series on Nonlinear Science, Series A – Vol. 39
- Abraham, Ralph H. (in Vorbereitung): *The Genesis of Complexity*. In: Alfonso Montuori (Hg.): *Advances in Systems Theory, Complexity and the Human Sciences*. Cresskill NJ: Hampton Press
- Adolph, E.F. (1961): *Early Concepts of Physiological Regulations*. *Physiological Reviews* 41: 737–770
- Arbib, Michael A. (1987) *A Historical Perspective [on Cybernetics]*. In Michael A. Arbib, *Brains, Machines, and Mathematics*. New York: Springer Kap. 1 (2. Aufl.)
- Ashby, W. Ross (1957): *An Introduction to Cybernetics*. London: Chapman & Hall (2. Aufl.) <http://pespmc1.vub.ac.be/ASHBB00K.html>
- Aspray, William (1985): *The Scientific Conceptualization of Information: A Survey*. *Annals of the History of Computing* 7(2): 117–140
- Aspray, William (1990): *John von Neumann and the Origins of Modern Computation*. Cambridge Ma.
- Aspray, William F. (1994). *The History of Computing within the History of Information Technology*. *History and Technology*, 11(1):7–19
- Bale, Lawrence S. (1995): *Gregory Bateson, Cybernetics and the Social/Behavioral Sciences*. *Cybernetics & Human Knowing* 3(1): 27–45
- Bateson, Mary Catherine (1993): *With a Daughter's Eye: A Memoir of Margaret Mead and Gregory Bateson*. New York: Harper (orig. 1984)
- Bennett, Stuart (1979): *A History of Control Engineering, 1930–1955*. Stevenage (U.K.): P. Peregrinus on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London
- Bertalanffy, Ludwig von (1970): ... aber vom Menschen wissen wir nichts. *Robots, Men and Minds*. Düsseldorf, Wien: Econ (amer. 1967)
- Bertalanffy, Ludwig von (1972): *The History and Status of General Systems Theory*. In: G.J. Klir (Hg.): *Trends in General Systems Theory*. New York/London: Wiley
- Bertalanffy, Ludwig von (1975): *Perspectives on General System Theory*. *Scientific-Philosophical Studies*. New York: Braziller
- Black, Harold S. (1977): *Inventing the Negative Feedback Amplifier*. *IEEE Spectrum* 14(12): 54–60
- Bluma, Lars (1998): *Die Kybernetik als Bricolage*. (unveröfftl. Vortrag Ruhr-Universität Bochum Oberseminar Technikgeschichte 1987/88). <http://www.ruhr-uni-bochum.de/technikhist/kybernetik.doc>
- Bluma, Lars (2002): *Das Blockdiagramm und die „Systemingenieure“*. Eine Visualisierungspraxis zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit in der US-amerikanischen Nachkriegszeit. *Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin NTM N.S.* 10 (4), 247–260
- Bluma, Lars (2005): *Norbert Wiener und die Entstehung der Kybernetik im Zweiten Weltkrieg*. Eine historische Fallstudie zur Verbindung von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft. Münster: Lit-Verlag

- Bowker, Geoffrey C. (1993): How to be Universal: Some Cybernetic Strategies, 1943–70. *Social Studies of Science* 23: 107–127
- Bowles, Mark D. (1996): U.S. Technological Enthusiasm and British Technological Skepticism in the Age of the Analog Brain. *Annals of the History of Computing* 18(4)
- Bowles, Mark D. (2000): Liquifying Information: Controlling the Flood in the Cold War and Beyond. In: Miriam R. Levin (Hg.): *Cultures of control*. Amsterdam: Harwood Academic, 225ff.
- Breidbach, Olaf (1997): *Die Materialisierung des Ichs. Zur Geschichte der Hirnforschung im 19. und 20. Jahrhundert*, Frankfurt am Main 1997
- Burke, Colin (1994): *Information and Secrecy. Vannevar Bush, Ultra and the Other Memex*. Metuchen: Scarecrow
- Bush, Vannevar (1990): *Science – The Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research [1945]*. Washington, D. C.: National Science Foundation
- Calvino, Italo (1984): *Kybernetik und Gespenster: Überlegungen zu Literatur und Gesellschaft*. München, Wien: Hanser
- Campbell-Kelly, Martin W. F. Aspray (1996): *Computer: A History of the Information Machine*. New York: Basic Books
- Canguilhem, Georges (1979): Die Herausbildung des Konzeptes der biologischen Regulation im 18. und 19. Jahrhundert. In: Wolf Lepenies (Hg.): *Georges Canguilhem, Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie: Gesammelte Aufsätze*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 89–109. (frz. 197?)
- Ceruzzi, Paul E. (1989): Electronics Technology and Computer Science, 1940–1975: A Coevolution. *Annals of the History of Computing* 10(4): 257–275
- Ceruzzi, Paul E. (1998): *A History of Modern Computing*. Cambridge, Mass: MIT Press
- Cohen, I. Bernard (1999): *Howard Aiken: Portrait of a Computer Pioneer*, Cambridge, Mass.: MIT Press
- Cohen, I. Bernard/Robert V. Campbell/Gregory W. Welch (ed., 1999): *Makin' Numbers: Howard Aiken and the Computer*, Cambridge; Mass., London: MIT Press
- Cordeschi, Roberto (1991): The Discovery of the Artificial. Some Protocybernetic Developments 1930–1940, *Artificial Intelligence and Society* 5: 218–238. Reprinted in *Artificial Intelligence: Critical Concepts* (ed. R.L. Chrisley), vol. 1, Routledge, London and New York, 2000
- Cordeschi, Roberto (1994): La cibernetica e l'intelligenza artificiale, in *La filosofia degli automi* (a cura di V. Somenzi e R. Cordeschi), Bollati Boringhieri, Torino.
- Cordeschi, Roberto (2000): Early-connectionism machines. *Artificial Intelligence and Society* 14: 314–330
- Cordeschi, Roberto (ca. 2002): *The discovery of the artificial: behavior, mind, and machines before and beyond cybernetics*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers

- Cordeschi, Roberto/G. Tamburrini (2001) *Intelligenza Artificiale: la storia e le idee*, in *Intelligenza Artificiale. Manuale per le discipline della comunicazione* (a cura di E. Burattini e R. Cordeschi), Carocci, Roma
- Cortada, James W. (1990): *A Bibliographic Guide to the History of Computing, Computers, and the Information Processing Industry*, 6 Bibliographies And Indexes in Science and Technology. New York: Greenwood Press
- Cortada, James W. (1996): *A Bibliographic Guide to the History of Computer Applications, 1950–1990*, 10 Bibliographies And Indexes in Science and Technology. New York: Greenwood Press
- Cortada, James W. (1996): *Second Bibliographic Guide to the History of Computing, Computers, and the Information Processing Industry*, 9 Bibliographies And Indexes in Science and Technology. New York: Greenwood Press
- Crevier, Daniel (1994): *Eine schöne neue Welt? Die aufregende Geschichte der künstlichen Intelligenz*. Düsseldorf: Econ (amer. 1993)
- Davidson, Mark (1983): *Uncommon Sense: The Life and Thought of Ludwig von Bertalanffy (1901–1972), Father of General Systems Theory*. Los Angeles: Tarcher
- DeAngelis, Donald L., Wilfried M. Post & Curtis C. Travis (1986). *Positive Feedback In Natural Systems*. Berlin, Heidelberg usw.: Springer = *Biomathematics* 15
- Dent, Eric B./Stuart Umpleby (1998): *Underlying Assumptions of Several Traditions in Systems Theory and Cybernetics*. In: Robert Trappl (Hg.): *Cybernetics and Systems*. '98, Wien: Austrian Society for Cybernetic Studies: 513–518.
- Dittmann, Frank (1995) *Zur Entwicklung der „Allgemeinen Regelungskunde“ in Deutschland*. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden*, 44 (1995), 88–94
- Dittmann, Frank (1999–2000): *Aspects of the Early History of Cybernetics in Germany*. In: *Transactions of the Newcomen Society*, 71, 143–154
- Dupuy, Jean-Pierre (1994): *Aux origines des science cognitives*, Paris: La Découverte. (amerik. 2000 als *The Mechanization of the Mind: On the Origins of Cognitive Science*. Princeton University Press)
- Earle, Liza (2001): *Donella H. Meadows (1941–2001)*.
<http://www.mtholyoke.edu/proj/cel/ref/women/meadows.shtml>
- Eckert, Michael/Helmut Schubert (1986): *Kristalle, Elektronen, Transistoren: Von der Gelehrtenstube zur Industrieforschung*. Reinbek: Rowohlt = *Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik* 25
- Edwards, Paul N. (1997): *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*. Cambridge, Ma.
- Edwards, Paul N. (1998): *Virtual Machines, Virtual Infrastructures: The New Historiography of Information Technology*. *Isis*, 89: 93–99
- Ellis, David (1992): *Paradigms and proto-paradigms in information retrieval research*. In: P. Vakkari, P./B. Cronin, B. (eds.): *Conceptions of Library and Information Science*. London, New York: Taylor Graham, 165–186
- Emmeche, Claus (1994): *Das lebende Spiel: Wie die Natur Formen erzeugt* Reinbek bei Hamburg: Rowolt Taschenbuch Verlag (dän. 1991)

- Ensmenger, Nathan (2004): Power to the People: Toward a Social History of Computing. IEE Annals of the History of Computing 26(1): 94–96
- Eurich, Claus (1991): Tödliche Signale: Die kriegerische Geschichte der Informationstechnik von der Antike bis zum Jahr 2000. Frankfurt am Main: Luchterhand
- Evans, Christopher (1983): Conversation: Jay W. Forrester. IEE Annals of the History of Computing 5(3): 297–301
- Evans, Christopher (1983): Reliability of Components (Interview with Jay W. Forrester). IEE Annals of the History of Computing 5(4): 399–401
- Eveleigh, Virgil. W. (1972): Introduction to Control Systems Design. New York: McGraw-Hill
- Fagen, M.D. (ed., 1978): A History of Engineering and Science in the Bell System. National Service in War and Peace (1925–1975. Vol. 2. Murray Hill, N.J.: Bell Telephone Laboratories, Inc.
- Faulstich, Peter (1989): Technik und Symbolik: Über die Geschichte der Simulationsmaschinen. Kassel: Gesamthochschule Kassel Kontaktstelle für Wiss. Weiterbildung
- Flechtner, Hans Joachim (1969): Grundbegriffe der Kybernetik. Eine Einführung. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (4. Aufl.)
- Foerster, Heinz von (1973): On Constructing a Reality, in: Wolfgang F. E. Preiser, (Hg.): Environmental Design Research, Vol. 2, Stroudberg, 35–46
- Foerster, Heinz von (Hg., 1995) Cybernetics of Cybernetics or the Control of Control and the Communication of Communication, Minneapolis (2. Aufl.)
- Foerster, Heinz von (2003): Zirkuläre Kausalität: Die Anfänge einer Epistemologie der Verantwortung. In Claus Pias (Hg.): Cybernetics – Kybernetik. The Macy Conferences 1946–1953. Transactions/Protokolle. Zürich, Bern: Diaphanes, 19–26 (amer. 1982)
- Foerster, Heinz von/Monika Bröcker (2002): Teil der Welt. Fraktale einer Ethik. Ein Drama in drei Akten. Heidelberg: Carl von Auer
- Foerster, Heinz von, mit Albert Müller & Karl H. Müller (2001): Rück- und Vorschauen. In: Albert Müller, Karl H. Müller, Friedrich Stadler (Hg.): Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft. Kulturelle Wurzeln und Ergebnisse. Heinz von Foerster gewidmet. Wien u. New York (Sonderband der Veröffentlichungen des Instituts Wiener Kreis), 229–242. (2. Aufl.)
- Forman, Paul (1987): Behind Quantum Electronics: National Security as a Basis for Physical Research in the United States, 1940–1960. Historical Studies in the Physical and Biological Sciences 18: 149–229
- Forrester, Jay W. (1992): From the Ranch to System Dynamics: An Autobiography, In: Arthur G. Bedeian (Hg.): Management Laureates: A Collection of Autobiographical Essays. Volume 1 of 3. Greenwich, CT: JAI Press.
<http://web.mit.edu/sdg/www/D-4197-3.JWF.Ranch%20to%20SD.pdf> (10.1.2005)
- Francois, Charles (1999): Systemics And Cybernetics in a Historical Perspective. In: Systems Research and Behavioral Science, 16, 203–219

- Frank, Helmar (1994): Vor 100 Jahren wurden die zwei Väter der Kybernetik geboren. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften, 35 (1994), 173–174
- Franke, Herbert W. (1999): Kybernetik: Wo ist sie geblieben? Telepolis 21.1.1999 <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/co/2608/1.html>
- Fuchs-Kittowski, Klaus/Piotrowski, Siegfried (Hg., 2004): Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften: Georg Klaus zum 90. Geburtstag. Gemeinsames Kolloquium der Leibniz-Sozietät und der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik im November 2002 in Berlin. Trafo-Verlag = Abhandlungen der Leibniz-Sozietät 11
- Gerovitch, Slava (1991): Cybernetics, Synergetics, Artificial Intelligence: Models of Self-Organization. In: Aleksandr Pechenkin (Hg.): Metaphysics and Ideology in the History of Science. Moskau: Nauka, 115–27 (russ.)
- Gerovitch, Slava (1994): On the Classical and Non-Classical Conceptions of Self-Organization in Cybernetics. Conceptions of Self-Organization in Artificial Intelligence Research. In: Aleksandr Pechenkin (Hg.): Conceptions of Self-Organization: The Emergence of a New Pattern of Scientific Thought. Moskau: Nauka, 62–82. (russ.)
- Gerovitch, Slava (2000): Striving for 'Optimal Control': Soviet Cybernetics as a 'Science of Government'. In Miriam R. Levin (Hrsg.), Cultures of Control, Amsterdam, S. 247–264
- Gerovitch, Slava (2000): Striving for 'Optimal Control': Soviet Cybernetics as a 'Science of Government'. In Miriam R. Levin (Hg.): Cultures of Control, Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 247–264
- Gerovitch, Slava (2001) 'Russian Scandals': Soviet Readings of American Cybernetics in the Early Years of the Cold War. The Russian Review 60 (4): 545–68
- Gerovitch, Slava (2001) 'Mathematical Machines' of the Cold War: Soviet Computing, American Cybernetics and Ideological Disputes in the Early 1950s. Social Studies of Science 31(2): 253–87
- Gerovitch, Slava (2002): From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics. MIT Press
- Gerovitch, Slava/David A. Mindell/Jérôme Ségala (2003): From Communications Engineering to Communications Science: Cybernetics and Information Theory in the United States, France, and the Soviet Union. In Mark Walker (Hg.) Science and Ideology: A Comparative History, London and New York: Routledge, 66–96
- Galison, Peter (1994): The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision. Critical Inquiry 21 (1994): 228–265. dt. als: Die Ontologie des Feindes: Norbert Wiener und die Vision der Kybernetik. In: Michael Hagner (Hg., 2001) Ansichten der Wissenschaftsgeschichte. Frankfurt am Main: Fischer, 433–485
- Glanville, Ranulph (1996): Robin McKinnon-Wood and Gordon Pask: A Lifelong Conversation. Cybernetics & Human Knowing 3 (4)

- Glanville, Ranulph (1998): A (Cybernetic) Musing: The Gestation of Second Order Cybernetics, 1968–1975 – A Personal Account. *Cybernetics & Human Knowing* 5 (2)
- Glaserfeld, Ernst von (1992): Why I Consider Myself a Cybernetician. *Cybernetics and Human Knowing* 1(1)
- Gudermuth, Peter/Werner Kriesel (1973): *Kybernetik und Weltanschauung: Probleme, Streitfragen und Ergebnisse der modernen Kybernetik*. Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag
- Grössing, Gerhard/Joseph Hartmann/Werner Korn/Albert Müller (2001): *Heinz von Foerster 90*. Wien: edition echoraum
- Hagemeyer, Friedrich-Wilhelm (1979): *Die Entstehung von Informationskonzepten in der Nachrichtentechnik: Eine Fallstudie zur Theoriebildung in der Technik in Industrie- und Kriegsforschung*. Dissertation: FU Berlin, Fachbereich 11
- Hagner, Michael (Hg., 2001) *Ansichten der Wissenschaftsgeschichte*. Frankfurt am Main: Fischer
- Hambden, Roger/Allenna Leonard (Hg., 1994): *How Many Grapes Went into the Wine: Stafford Beer on the Art and Science of Holistic Management*. Chichester, London: Wiley
- Haken, Hermann (1990). *Synergetik: Eine Einführung. Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie*. Berlin, Heidelberg usw.: Springer. (3. Aufl.)
- Haraway, Donna (1991): *A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century*, dt. in: Donna Haraway (1995): *Die Neuerfindung der Natur – Primaten, Cyborgs und Frauen*. Frankfurt am Main, New York: Campus Verlag
- Hassenstein, Bernhard (1960): Die bisherige Rolle der Kybernetik in der biologischen Forschung: Teil I bis 3. In: *Naturwissenschaftliche Rundschau* 13: 349–355, 373–382, 418–424
- Hayles, N. Katherine (1994): *Boundary Disputes. Homeostasis, Reflexivity, and the Foundations of Cybernetics*, in: *Configurations* 2 (3): 441–467
- Hayles, N. Katherine (1999): *How we Became Posthuman. Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago, London: University of Chicago Press
- Hayles, N. Katherine: *Liberal Subjectivity Imperiled: Norbert Wiener and Cybernetic Anxiety*. <http://englishwww.humnet.ucla.edu/faculty/hayles/wiener.htm>
- Heims, Steve J. (1980): *John von Neumann and Norbert Wiener: From Mathematics to the Technologies of Life and Death*. Cambridge, Ma.: MIT Press
- Heims, Steve J. (1991): *The Cybernetics Group, 1946–1953: Constructing a Social Science for Postwar America*. Cambridge, Ma.: MIT Press
- Heintz, Bettina (1993). *Die Herrschaft der Regel: Zur Grundlagengeschichte des Computers*. Campus, Frankfurt und New York
- Hellige, Hans Dieter (1992). *Militärische Einflüsse auf Leitbilder, Lösungsmuster und Entwicklungsrichtungen der Computerkommunikation*. *Technikgeschichte*, 59(4): 371–401

- Hellige, Hans Dieter (1996): Technikleitbilder auf dem Prüfstand: Leitbild-Assessment aus der Sicht der Informatik- und Computergeschichte. Berlin: Edition Sigma
- Hellige, Hans Dieter H. Petzold, (1994). Leitbilder der Informatik- und Computer-Entwicklung. Bremen: Artec
- Hellige, Hans Dieter (Hg., 2004): Geschichten der Informatik: Visionen, Paradigmen, Leitmotive. Berlin, Heidelberg, New York usw.: Springer
- Henn, Volker (1969): Materialien zur Vorgeschichte der Kybernetik. *Studium Generale: Zeitschrift für interdisziplinäre Studien* 22 (2): 164–190
- Henn, Volker (1971): The History of Cybernetics in the XIXth Century. In: *Zeichenerkennung durch biologische und technische Systeme*, Tagungsbericht des 4. Kongresses der deutschen Gesellschaft für Kybernetik, TU Berlin, 6.–9. April 1970 (Berlin, Heidelberg, New York, 1971)
- Heylighen, Francis/ Cliff Joslyn (2001a): Cybernetics And Second Order Cybernetics. In: R.A. Meyers (Hg.): *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. Vol. 4 (3rd ed.), New York: Academic Press, New York, 155–170
- Heylighen, Francis/ Cliff Joslyn (2001b): Second-Order Cybernetics. *Principia Cybernetica Net*. <http://pespmc1.vub.ac.be/SECORCYB.html>
- Holloway, David (1974): Innovation in Science – The Case of Cybernetics in the Soviet Union. *Science Studies* 4, 299–337
- Howard, Jane: Margaret Mead (1984): *A Life*. New York: Simon & Schuster
- Hughes, Agathe C./Thomas P. Hughes (eds., 2000): *Systems, Experts and Computers. The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*. Cambridge, Mass./London: MIT-Press
- Huston, Michael/Donald DeAngelis/Wilfried Post (1988): New Computer Models Unify Ecological Theory. *BioScience* 38: 682–691
- Hutchinson, G. Evelyn (1979): *The Kindly Fruits of the Earth: The Development of an Embryo Ecologist*. Yale University Press, New Haven
- Ilgands, Hans Joachim (1984): Norbert Wiener. Leipzig: Teubner = Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner 45
- Joslyn, Cliff/Francis Heylighen (1992): Cybernetics and Systems Science in Academics. *Principia Cybernetica Net*. <http://pespmc1.vub.ac.be/CYBSACAD.html>
- Kaiser, Walter (1995). Grundlagenwissen und technische Anwendung – eine kritische historische Betrachtung. In: Erich Zahn (Hg.): *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 33–56
- Kay, Lily E. (1997): Cybernetics, Information, Life: The Emergence of Scriptural Representations of Heredity, *Configurations* 5, 23–91
- Kay, Lily E. (2001): Wer schrieb das Buch des Lebens? Information und Transformation der Molekularbiologie. In: Michael Hagner (Hg., 2001) *Ansichten der Wissenschaftsgeschichte*. Frankfurt am Main: Fischer, 489–523
- Keller, Evelyn Fox (1995): *The Body of a New Machine: Situating the Organism Between the Telegraph and the Computer*. In: diess. (Hg.) *Refiguring Life: Metaphors of Twentieth-Century Biology*. New York: Columbia University Press.

- (dt. 1998: Das Leben neu denken. Metaphern der Biologie im 20. Jahrhundert. München)
- Kelly, Kevin (1994): Out of Control: The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World. New York: Addison-Wesley. (Dt: Das Ende der Kontrolle: Die Biologische Wende in Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Mannheim: Bollman 1997)
- Kingsland, Sharon (in Vorbereitung): The Beauty of the World: Evelyn Hutchinson's Vision of Science
- Kment, Hans (1957): Das Problem biologischer Regelung und seine Geschichte in medizinischer Sicht (Teil 1 u. 2). In: Münchener Medizinische Wochenschrift 1957 (14, 15) 99
- Klaus, Georg/Heinz Liebscher (Hg., 1976): Wörterbuch der Kybernetik. Berlin (DDR): Dietz (4. Aufl.)
- Krämer, Sybille (1988): Symbolische Maschinen. Die Idee der Formalisierung im geschichtlichen Abriß. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1988
- Krohn, Wolfgang/Günter Küppers/Rainer Paslack (1987): Selbstorganisation – Zur Genese und Entwicklung einer wissenschaftlichen Revolution. In: Siegfried J. Schmidt (Hg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- Kurzweil, Raymond (1993): KI: Das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz. München und Wien: Hanser (amer. 1992)
- Lee, Yuk Wing (1964): Contributions of Norbert Wiener to Linear Theory and Nonlinear Theory in Engineering. In: Selected Papers of Norbert Wiener. Cambridge Mass: MIT-Press, 17–34
- Legendi, Tamás/Tibor Szentivanyi (Hg., 1983): Leben und Werk von John von Neumann: Ein zusammenfassender Überblick. Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut
- Leppin, Lars/Tom Schnabel (1999): Studienarbeit: Informatik und Rechenarbeit in der DDR. http://robotron.informatik.hu-berlin.de/studienarbeit/psfile/informatik_ddr.ps (3.5.2004)
- Leslie, Stuart W. (1993): The Cold War and American Science: The Military Industrial Complex at MIT and Stanford. New York: Columbia
- Lévy, Pierre (1995): Die Erfindung des Computers. In: Michel Serres (Hg.): Elemente einer Geschichte der Wissenschaften. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 904–944
- Liebscher, Heinz (1995): Fremd- oder Selbstregulation? Systemisches Denken in der DDR zwischen Wissenschaft und Ideologie. Münster: LIT-Verlag
- Lilley, Dorothy/Donald W. Trice (1989): A History of Information Science 1945–1985. San Diego: Academic Press
- Lindner, Rudolf/Bertram Wohak, Holger Zeltwanger (1984): Planen, Entscheiden, Herrschen: Vom Rechnen zur elektronischen Datenverarbeitung. Reinbek: Rowohlt. = Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik 15
- MacKenzie, Donald (1990): Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance. Cambridge, Mass: MIT Press

- Mahoney, Michael S. (1990): Cybernetics and Information Technology. In: Robert C. Olby, Geoffrey N. Cantor, John R. Christie, and Martin J.S. Hodge (Hg.): *Companion to the History of Modern Science*. London, New York: Routledge, Chap.34
- Masani, Pesi R. (1990): Norbert Wiener, 1894–1964. Basel
- Masani, Pesi R./ R.S. Philips (1985): *Antiaircraft Fire-Control and the Emergence of Cybernetics*. In: Norbert Wiener, *Collected Works with Commentaries*. Vol. 4. Cambridge, Ma.: MIT-Press, 141–179
- Maturana, Humberto R. (1991): The Origin of the Theory of Autopoietic Systems, in: Hans Rudi Fischer, Hg., *Autopoiesis. Eine Theorie im Brennpunkt der Kritik*, Heidelberg, 121–124
- Maturana, Humberto R./Bernhard Pörksen (2002): *Vom Sein zum Tun: Die Ursprünge der Biologie des Erkennens*. Heidelberg: Carl von Auer
- Mayr, Otto (1969): *Zur Frühgeschichte der technischen Regelungen*. München: Oldenbourg
- Mayr, Otto (1971): Maxwell and the Origins of Cybernetics. *Isis* 26: 425–444
- Mayr, Otto (1987): *Uhrwerk und Waage. Autorität, Freiheit und technische Systeme in der frühen Neuzeit*. München: Beck (amerik. 1986)
- McCorduck, Pamela (1987): *Denkmaschinen: Die Geschichte der künstlichen Intelligenz*. Haar bei München: Markt & Technik (amerik. 1979)
- McCulloch, Warren S. (1989): *Collected Works of Warren S. McCulloch*. (Rook McCulloch, Hg.). Salinas CA: Intersystem Publications
- Mead, Margaret (1978): *Brombeerblüten im Winter: ein befreites Leben*. Reinbek b. Hamburg: Rowohlt (amerik. 1972)
- Meadows, Arthur Jack (Ed.) (1987): *The origins of information science*. London: Taylor Graham
- Medler, David A. (1998): A brief history of connectionism. *Neural Computing Surveys* 1(2): 18–72
- Meister, Martin/Eric Lettkemann (2004): Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter. Zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik. In: Jörg Strübing et al. (Hg.): *Kooperation im Niemandsland. Neue Perspektiven auf Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik*. Opladen: Leske & Budrich, 105–136
- Mindell, David A. (1996): 'Datum for its Own Annihilation': Feedback, Control, and Computing, 1916–1945 (Ph.D., MIT, 1996), Chapter 9
- Mindell, David A. (2000): Beasts and Systems: Taming and Stability in the History of Control. In: Miriam R. Levin (Hg.): *Technology and Control*. London: Harwood Academic Publishers; Abingdon: Marston; New York & Taylor & Francis, 205–24
- Mindell, David A. (2000): Opening Black's Box: Rethinking Feedback's Myth of Origin, *Technology and Culture* 41: 405–34
- Mindell, David A. (2000) *Automation's Finest Hour: Radar and System Integration in World War II*. In: Thomas P. Hughes/Agatha Hughes (Hg.): *Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*, MIT Press: 27–56

- Mindell, David A. (2002): *Between Human and Machine: Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*. Johns Hopkins University Press
- Müller, Albert (2000): Eine kurze Geschichte des BCL. Heinz von Foerster und das Biological Computer Laboratory. *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaft* 11: 9–30
- Müller, Albert (2003): Heinz von Foerster's Archives. *Cybernetics and Human Knowing* 10 (3–4): 67–72
- Müller, Roland (1988): *Geschichte des Systemdenkens und des Systembegriffs*. <http://www.muellerscience.com/SPEZIALITAETEN/System/systemgesch.htm>
- Müller, Roland (ca. 2000): *Die Anfänge der Systemwissenschaft. Literatur 1940–1960 deutsch*. http://www.muellerscience.com/SPEZIALITAETEN/System/Lit_Systemwissenschaft1940-1960_dt.htm
- Myers, Brad A. (1998). A Brief History of Human-Computer Interaction Technology. *Interactions*, 5(2): 44–54
- Nash, Michael (1989): *Computers, automation, and cybernetics at the Hagley Museum and Library Wilmington, Del.: The Museum*
- Neuhaus, Wolfgang (2001): Kybernetik – ein Hype von vorgestern. Die Gesellschaft für Kybernetik blickte zurück auf die Kybernetik in der DDR. *Telepolis* 18.12.2001. <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/lis/11355/1.html>
- Noble, David F. (1981): *Maschinen gegen Menschen. Die Entwicklung numerisch gesteuerter Rechenmaschinen*. Stuttgart: Alektor-Verlag
- Noble, David F. (1986): *Forces of Production. A Social History of Industrial Automation*. New York
- Nyce, James M./Paul Kahn (1989). Innovation, Pragmatism, and Technological Continuity: Vannevar Bush's Memex. *Journal of the American Society for Information Science*, 40(3): 214–220
- Nyce, James M./Paul Kahn (eds., 1991): *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Boston, Mass.: Academic Press 1991
- Owens, Larry (1989): *Mathematicians at War: Warren Weaver and the Applied Mathematical Panel, 1942–1945*. In: David E. Rowe/John McCleary (ed.): *The History of Modern Mathematics*, vol. 2: *Institutions and Applications*. Boston usw.: Academic Press, 287–305
- Owens, Larry (1994): The Counterproductive Management of Science in the Second World War: Vannevar Bush and the Office of Scientific Research and Development. *Business History Review* 68 (1994): 515–576
- Pagels, Heinz R. (1988): *The Dreams of Reason. The Computer and the Rise of the Sciences of Complexity*. New York: Simon and Schuster
- Paslack, Rainer (1991): *Urgeschichte der Selbstorganisation. Zur Archäologie eines wissenschaftlichen Paradigmas*, Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg
- Paslack, Rainer/Peter Knost (1990): *Zur Geschichte der Selbstorganisationsforschung: ideengeschichtliche Einführung und Bibliographie*. Bielefeld: Kleine.
- Pias, Claus (Hg., 2003): *Cybernetics – Kybernetik. The Macy Conferences 1946–1953. Transactions/Protokolle*. Zürich, Bern: Diaphanes. (urspr. 1949–1953, hg. von v. Foerster et al.)

- Pias, Claus (Hg., in Vorbereitung): *Cybernetics – Kybernetik. The Macy-Conferences 1946–1953. Band 2. Documents/Dokumente*. Zürich, Bern: Diaphanes
- Pickering, Andy (1995): *Cyborg History and the World War II Regime. Perspectives on Science* 3(1): 1–48
- Rammert, Werner (1995): *Von der Kinematik zur Informatik: Konzeptuelle Wurzeln der Hochtechnologien im sozialen Kontext*. In: Werner Rammert (Hg.): *Soziologie und künstliche Intelligenz. Produkte und Probleme einer Hochtechnologie* Frankfurt am Main, New York: Campus, 65–110
- Rammert, Werner et al. (1998): *Wissensmaschinen. Soziale Konstruktion eines technischen Mediums. Das Beispiel Expertensysteme*. Frankfurt am Main, New York: Campus
- Reinschke, Kurt (2003): *Regelungstheorie entstand aus transdisziplinärer Sicht*. <http://www.tu-dresden.de/zit/docs/reinschke.doc>
- Richards, Pamela Spence (1988). *Information Science in Wartime: Pioneer Documentation Activities in World War II*. *Journal of the American Society for Information Science* 39(5): 301–306
- Rosnay, Joel de (2000): *History of Cybernetics and Systems Science. Principia Cybernetics Web*. <http://pespmc1.vub.ac.be/BSHIST.html>
- Rörentrop, Klaus (1970): *Zur Entwicklung der Regelungstechnik*. *Technikgeschichte*, 37: 65–81
- Rörentrop, Klaus (1971): *Entwicklung der modernen Regelungstechnik*. München, Wien: Oldenbourg
- Rothschuh, Karl E. (1972): *Historische Wurzeln der Vorstellung einer selbsttätigen informationsgesteuerten biologischen Regelung*. In: *Nova Acta Leopoldina* 37(1): 206, 91–106
- Sachsse, Hans (1974): *Einführung in die Kybernetik unter besonderer Berücksichtigung von technischen und kybernetischen Wirkungsgefügen*. Reinbeck b. Hamburg: Rowohlt/Vieweg
- Ségal, Jérôme (1997): *L'introduction de la cybernetique en R.D.A. rencontres avec l'ideologie marxiste*. In: D. Hoffmann, B. Severyns, R.G. Stokes (Hg.): *Science, Technology and Political Change. Proceedings of the XXth International Congress of History of Science (Liège, 20–26 July 1997), Volume I*. Brepols, Turnhout, 67–80
- Ségal, Jérôme (2001): *Kybernetik in der DDR – Begegnung mit der marxistischen Ideologie*. In: *Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technik und der Technikwissenschaften* 27: 47–75
- Ségal, Jérôme (2002): *Die Kybernetik in den 50er Jahren*. Internationales Kolloquium des Kollegs Friedrich Nietzsche der Stiftung Weimarer Klassik und der Fakultät Medien der Bauhaus-Universität Weimar "Politik der Kälte: die fünfziger Jahre". <http://kybernetik.free.fr/> (30.4.2004)
- Ségal, Jérôme (2003): *Le Zéro et le Un: Histoire de la notion scientifique d'information*. Paris: Syllepse

- Ségal, Jérôme/Frank Dittmann (1997): Hermann Schmidt (1894–1968) et la theorie generale de la regulation. Une cybernetique allemande en 1940? In: *Annals of Science*, 54, 547–565
- Shurkin, Joel (1984): *Engines of the Mind: A History of the Computer*. New York: Washington Square
- Siefkes, Dirk (Hg., 1998): *Sozialgeschichte der Informatik. Kulturelle Praktiken und Orientierungen*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag
- Spear, Bruce (1996): Die Forschungsuniversität, der freie Markt und die Entdemokratisierung der höheren Bildung in den USA, in: *PROKLA. Zeitschrift für kritische Sozialwissenschaft* 104: (<http://staff-www.uni-marburg.de/~rillingr/wpl/texte/spear.htm>)
- Taylor, Peter J. (1988): Technocratic Optimism, H. T. Odum, and the Partial Transformation of Ecological Metaphor after World War II. In: *Journal of the History of Biology* 21: 213–244
- Taylor, Peter/Ann S. Blum J. (1991): Ecosystems as Circuits: Diagrams and the Limits of Physical Analogies. In: *Biology & Philosophy* 6: 275–294
- Trask, Maurice (1971): *The story of cybernetics*. London: Studio Vista.
- Umpleby, Stuart A. (1987) American and Soviet Discussions of the Foundations of Cybernetics and General Systems Theory. *Cybernetics and Systems*, 18, 177–193
- Umpleby, Stuart A. (1990) The Scientific Revolution in Demography. *Population and Environment*, Spring 1990: 159–174
- Umpleby, Stuart (1994): The cybernetics of conceptual systems. Paper prepared for the Institute for Advanced Studies, Vienna, Austria
- Umpleby, Stuart (2003): Heinz von Foerster and the Mansfield Amendment. In: *Cybernetics and Human Knowing* 10 (3–4), 187–189
- Varela, Francisco J. (1990): *Kognitionswissenschaft – Kognitionstechnik. Eine Skizze aktueller Perspektiven*, Frankfurt am Main 1990
- Vorndran, Edgar P. (1986): *Entwicklungsgeschichte des Computers: Eine kurzgefasste Geschichte der Rechen- u. Datentechnik*. Berlin (West), Offenbach: VDE-Verlag (2. Aufl.)
- Vogl, Joseph (in Vorbereitung): Regierung und Regelkreis. Historisches Vorspiel, in: Claus Pias (Hg.): *Zeit der Kybernetik*, München
- Walker, Stephen F. (1992): A brief history of connectionism and its psychological implications. In Clark, A. and Lutz, R. (Hg.) *Connectionism in Context*. Berlin: Springer-Verlag, 123–144
- Weaver, Warren (1970): *Scene of Change. A Lifetime in American Science*. New York: Scribner
- Wermter, Stefan (2001): Jean-Pierre Dupuy: The Mechanization of Mind. On the Origin of Cognitive Science (Rezension). *Journal of Cognitive Systems Research* 2: 291–295
- Weinberger, George Martin (ca. 1985): *Soviet cybernetic technology: A timeline, researcher's data base, and guide to professional literature from early first generation through third generation*. Lanham, MD: University Press of America

- Wiener, Norbert (1958): Mensch und Menschmaschine. Berlin (W): Ullstein (amerik. 1950)
- Wiener, Norbert (1958): My connection with cybernetics. Its origin and its future. *Cybernetica* 1: 1–14
- Wiener, Norbert (1962): Mathematik – mein Leben. Düsseldorf, Wien: Econ (amerik. 1961)
- Wiener, Norbert (1967): Beginn und Aufstieg der Kybernetik. In: Grundfragen der Kybernetik. Forschung und Information. Schriftenreihe der RIAS-Funkuniversität – Berlin: Colloquium, 9–13
- Wiener, Norbert (1992): Kybernetik: Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine. Düsseldorf, Wien, New York, Moskau: Econ (amerik. 1948/1961; dt. 1963)
- Wiesner, Jerome B. (1979): Vannevar Bush: March 11, 1890–June 28, 1974 . Bibliographic Memoirs of the National Academy of Sciences, 50(8): 89–117
- Wildes, Karl L./Nilo A. Lindgren (1985): A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882–1982. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Willeke, Stefan (1995): Die Technokratiebewegung in Nordamerika und Deutschland zwischen den Weltkriegen. Frankfurt am Main, New York: Peter Lang
- Wimsatt, William C. (1971) Some Problems with the Concept of Feedback. Boston Studies in the Philosophy of Science 8: 241–256
- Zachary, G. Pascal (1997): Endless Frontier: Vannevar Bush. Engineer of the American Century. New York: Free Press
- Zoller, Peter (1982): John v. Neumann, der Begründer des Software-Industrie. Kultur und Technik 6 (1), 42–49
- Zweckbronner, Gerhard (1987): Vom Fliehkraftregler zur Kybernetik. *Ferrum* 58: 22–28

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung

Das ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung ist ein unabhängiges, transdisziplinäres Forschungsinstitut in Frankfurt am Main. Wir entwickeln sozial-ökologische Konzepte für eine nachhaltige Entwicklung. Durch unsere Forschung liefern wir fundierte Entscheidungsgrundlagen für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft. Zu den Forschungsthemen gehören Wasser, Energie, Klimaschutz, Mobilität, Urbane Räume, Biodiversität und sozial-ökologische Systeme.

Unsere Informationsangebote:

<http://www.isoe.de>

<http://www.isoe.de/medien/newsletter>

<https://twitter.com/isoewikom>