SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter: zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik

Lettkemann, Eric; Meister, Martin

Veröffentlichungsversion / Published Version
Arbeitspapier / working paper

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Lettkemann, E., & Meister, M. (2003). *Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter: zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik.* (TUTS - Working Papers, 8-2003). Berlin: Technische Universität Berlin, Fak. VI Planen, Bauen, Umwelt, Institut für Soziologie Fachgebiet Techniksoziologie. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-11697

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Basic Digital Peer Publishing-Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den DiPP-Lizenzen finden Sie hier:
http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/

Terms of use:
This document is made available under a Basic Digital Peer Publishing Licence. For more Information see:
http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Technische Universität Berlin
Technology Studies

Eric Lettkemann[*] / Martin Meister[*]

[*] *Technische Universität Berlin, Institut für Soziologie*

Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter
Zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik

Technical University Technology Studies
Working Papers

TUTS-WP-8-2003

Institut für Soziologie

Herausgeber:

Fachgebiet Techniksoziologie
Prof. Dr. Werner Rammert

Technische Universität Berlin
Institut für Soziologie
Franklinstraße 28/29
10587 Berlin

Sekretariat Rosemarie Walter

E-Mail: rosemarie.walter@tu-berlin.de

Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter.
Zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik*

Eric Lettkemann/Martin Meister

Multidisziplinäre oder transdisziplinäre Kooperation sind viel versprechend und riskant zugleich. Sie werden eingegangen, da sie eine produktive Nutzung der Differenzen zwischen disziplin- und bereichsspezifischen Zugangsweisen versprechen. Zugleich sind sie riskant, denn sie setzen die wechselseitige Erwartung voraus, dass alle Beteiligten mehr als nur ihre kurzfristigen Gewinnchancen verfolgen. In der alltagsweltlichen wie der sozialwissenschaftlichen Einstellung wird daher mit großer Selbstverständlichkeit davon ausgegangen, dass ein zusätzliches Element erforderlich ist: ein gemeinsamer Bezugpunkt, der die Verschränkung der wechselseitigen Erwartungen stabilisiert und so die bestehenden Differenzen langfristig überbrückt, ohne auf deren vollständige Auflösung abzuzielen.[1]

Wenn nach der Form solcher Kooperation stiftender Bezugspunkte gefragt wird, so wird mit fast ebenso großer Selbstverständlichkeit davon ausgegangen, dass sie zunächst ausgehandelte und dann geteilte Zielvorstellungen sind. Wenn inter- oder transdisziplinäre Kooperation untersucht oder ihre Fruchtbarkeit abgeschätzt wird, dann wird typischerweise danach gefragt, ob der gemeinsame Bezugspunkt hinreichend präzise formuliert ist, und danach, ob alle Beteiligten das Ziel der gemeinsamen Unternehmung in ähnlicher Weise auszudrücken vermögen. Zudem wird abgeschätzt, ob der gemeinsame Bezugspunkt eine wechselseitige Bezugnahe ‚auf Augenhöhe' ermöglicht, denn in modernen, d.h. arbeitsteilig segmentierten und von religiösen Integrationsinstanzen emanzipierten Gesellschaften kann die Anleitung durch eine sich überordnende Disziplin oder Gruppe kein Erfolg versprechendes Kooperationsmodell sein.

Die empirischen Studien der „science and technology studies" (STS) haben eine Vielzahl von Indizien gesammelt, die für eine Erweiterung dieser Annahmen über Kooperation stiftende Bezugspunkte gesammelt. So hat sich herausgestellt, dass auch ganz vage konzeptionelle Ähnlichkeiten (vgl. etwa *Schulz-Schaeffer* 2002 zu bloßer „Problemähnlichkeit") oder zunächst diffuse Zukunftsversprechen (vgl. *Bender* im Erscheinen) durchaus einen langfristig bindenden Bezugspunkt darstellen können. Und den „right tools for the job" (*Clarke & Fujimura* 1992) ist eine eigenständige Rolle beim Zustandekommen wie bei der Aufrechterhaltung von Kooperationsbeziehungen zugewiesen worden. Solche im landläufigen Sinne nichtkognitive Elemente tauchen in den konkreten Rekonstruktionen als materielle Dinge wie beispielsweise Proben, Forschungsinstrumente inklusive Software oder standardisierte Verfahren (vgl. etwa den Begriff der „Metrologie" bei *Latour* 1987: 249ff) auf und auf einer abstrakteren Ebene als vermittelnde (*Star* & *Griesemer* 1989) oder „sich entfaltende Objekte" (*Knorr-Cetina* 1999; *Merz* 1999), deren koordinierende Wirksamkeit ebenfalls jenseits der rein sprachlichen Verständigung angesiedelt wird. Im Lichte dieser empirischen Befunde muss die Selbstverständlichkeit, mit der Kooperation stiftende Bezugspunkte auf präzise Leitvorstellungen und natürlichsprachliche Kommunikation zurück geführt werden, als eine Idealisierung erscheinen. Der Weg zu einem realistischeren Bild von Kooperationen müsste dann bei einer Sammlung der

---

* Erscheint in gekürzter Fassung in: Jörg *Strübing*, Ingo *Schulz-Schaeffer*, Martin *Meister*, Jochen *Gläser*, (Hg.) 2003, *Kooperation im Niemandsland. Neue Perspektiven auf die Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik*, Leske + Budrich: Opladen.

[1] Gemeint ist also nicht das bloße Bedienen von äußeren Zwängen oder marktschreierischen Slogans (wie sie oft mit der heute so üblichen Forderung nach einer interdisziplinären Vorgehensweise verbunden sind), und ebenso wenig all jene Formen von Zusammenarbeit, die absehbar auf neue Subdisziplin oder „speciality" (*Whitley* 1974) hinaus laufen (vgl. zu einer entsprechenden Unterscheidung von „dissipativer" und „heterogener Kooperation" *Shinn & Joerges* im Erscheinen).

grundverschiedenen Formen von Bezugspunkten ansetzen, und anschließend danach fragen, wie heterogene Entitäten (Theoreme, vage Leitvorstelllungen, Verfahren, materielle Dinge etc.) zu einem tragfähigen Bezugspunkt verzahnt werden (etwa im Sinne einer „package“ bei *Fujimura* 1992).[2]

Dagegen ist die Annahme, dass sich die Kooperationspartner ‚auf Augenhöhe‘ begegnen müssen, bislang eher selten zum Thema der STS geworden. Das liegt wohl daran, dass der Forschungsansatz auf Mikroprozesse der Aushandlung und Durchsetzung fokussiert und somit eine Rekonstruktion (oder eine entlarvende Dekonstruktion) von translokalen Prozessen auch gar nicht zu erwarten ist. Hier liegt eine Einseitigkeit der STS, denn universalistische, d.h. dem Anspruch nach viele oder sogar alle Disziplinen übergreifende Theorien können auch heute konkrete Kooperationsprojekte motivieren und stabilisieren – Beispiele wie Evolutions- und Selbstorganisationstheorie, deterministisches Chaos oder dissipative Strukturen zeigen, dass es sich dabei um mehr als nur die letzten Ausläufer des Einheitsideals des Wiener Kreises (vgl. *Galison & Stump* 1996) handelt.

Die Kybernetik ist ein prominentes Beispiel für den Einfluss universalistischer Theorien in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Wer sich heute in die Labors oder auf die Konferenzen der Hightech-Wissenschaften (etwa KI, Robotik, Hirnforschung) begibt, wird bei Protagonisten aus ganz verschiedenen Disziplinen eine auffällig starke Bezugnahme auf kybernetische Ideen feststellen. Damit sind nicht all die modischen Begrifflichkeiten gemeint, die heute mit dem Präfix „cyber“ beginnen, sondern ein seit nahezu sechzig Jahren bestehender Strang von Theoriebildung und technischer Konstruktion, dessen Ursprungsort (die amerikanischen Labors des Zweiten Weltkrieges) und namensgebendes Manifest (*Wiener* <1948>1963) in den 1940er Jahren liegen. Bei der heutigen Bezugnahme auf die Kybernetik ist eine fast schon verklärende Nostalgie auffällig, die eine Ursprungssituation intensiver disziplinübergreifender Zusammenarbeit stilisiert, wie sie unter den Bedingungen des modernen, d.h. disziplinär ausdifferenzierten Wissenschaftssystems gar nicht mehr möglich scheint. Wenn *Pickering* (2000: 413) feststellt: „there is a kind of a seductive mystery or glamour that attaches to [cybernetics]“, so umschreibt er diese offensichtliche Andersartigkeit der Kybernetik – einen universalistischen Bezugspunkt, der auf eine ganz zwanglose Weise einer Vielzahl von Kooperationen einen übergreifenden Rahmen geben konnte, aber dennoch beispiellos produktiv gewesen ist – schließlich entstammen dieser Ursprungssituation Konzepte und erste Realisierungen von künstlichen neuronalen Netzen, künstlichem Leben oder interaktiven Mensch-Maschine-Systemen, um nur einige der heute (wieder) so vertrauten Stichworte zu nennen.

Vor diesem Hintergrund erscheint es nicht verwunderlich, dass sich auch die Wissenschaftsforschung in den letzten Jahren verstärkt dem Thema Kybernetik zugewandt hat. Nach eher vereinzelten Untersuchungen, die die Kybernetik etwa als einen „scientific subject complex“ (*Apter* 1972) oder als das Ergebnis enger personaler Netzwerke (*Heims* 1991) interpretiert haben, folgen auch einige der neueren Untersuchungen den eher ‚traditionellen’ Erklärungsmustern der STS, etwa der Abfolge aufeinander aufbauender Paradigmen (*Hayles* 1994) oder der „Verfestigung“ eines über Jahrzehnte weiterwirkenden transdisziplinären Leitbildes (so *Rammert* 1995 zur Konstitution von „Hochtechnologien“). Bei anderen Untersuchungen, deren Tiefenschärfe gewiss nicht geringer ist, geht die Rekonstruktion nicht so sauber auf; zudem wird der Kooperation stiftende Bezugspunkt auf

---

[2] Jedes Vorhaben einer empirisch gesättigten Klassifikation von Kooperation stiftenden Bezugspunkten müsste wohl auf mindestens zwei verschiedenen Achsen operieren. Neben der Unterscheidung der relevanten Entitäten müssten sicherlich auch unterschiedliche Kooperationsmodi unterschieden werden, denn Verständigung wie Übersetzung zwischen Disziplinen oder Gruppen kann sich nicht nur natürlichsprachlich, sondern auch im Medium von Artefakten (z.B. Verfahren oder Software) vollziehen, und eine stabile transdisziplinäre Bezugnahme kann auch durch dauerhafte Tauschbeziehungen entstehen (vgl. dazu *Galison* 1997b).

höchst unterschiedlichen Ebenen angesiedelt. So endet die Untersuchung von universalistischen Durchsetzungsstrategien bei *Bowker* (1993) in der bloßen Gegenüberstellung einer „imperialistischen“ und einer „vermittelnden“ Rhetorik. *Galison* (1997a) stellt in seiner sehr detaillierten Rekonstruktion auf die Besonderheiten der Entstehungssituation ab, und spricht von einem „historischen Momentum“. Andere Studien weichen dagegen auf den Makrokontext aus, wenn sie die Wirksamkeit kybernetischer Ideen für den US-amerikanischen (vgl. zum Kontext des „world war II - regimes“ *Edwards* 1996 und *Pickering* 1995) und für den sowjetischen Kontext (*Gerovitch* 2002) verorten. Mitunter werden auch Akteursmotivationen heraus gearbeitet, die gänzlich jenseits des Wissenschaftssystems liegen, so etwa bei *Kay* (2001) eine „Poetik“ der einfachen Modellierung oder bei *Hayward* (2001) eine reduktionismuskritische Konzeption der „großen Gefühle“. *Pickering* (2001) hat diese Akteursmotivationen auf die Formel eines generellen Antimodernismus der Kybernetik gebracht, der auf eine Überwindung der modernen Arbeitsteilung abziele, und er hat daran anschließend (Pickering 2002) die Kybernetik nicht mehr als Gegenstand, sondern als Vorbild für die STS behandelt.

Auch wenn die Leitfragen und Thesen dieser Untersuchungen unterschiedlich sind, so rücken sie doch alle den Universalismus der klassischen Kybernetik ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Weiter reichen die Gemeinsamkeiten jedoch nicht, wie bereits der kursorische Überblick zeigt. Das kann als ein Indiz dafür gelesen werden, dass sich auch die sozialwissenschaftliche Rekonstruktion dem schillernden oder „glamourösen“ Charakter der Kybernetik nicht entziehen kann, oder jenen zumindest bislang nicht zu entzaubern vermag. Dies wird besonders deutlich, wenn nach der Tradierung des kybernetischen Denk- bzw. Konstruktionsstils gefragt wird. Zwar wird durchgängig eine platte sozialkonstruktivistische Sichtweise abgelehnt, der zufolge die heutige Bezugnahme auf die Kybernetik die bloße ‚Erfindung‘ einer Traditionslinie für heutige legitimierende Zwecke darstellt. Die sozialen Mechanismen und auch die Zeiträume der Tradierung dieses Universalismus werden aber vollkommen unterschiedlich konzeptualisiert.

Wir wollen in unserem Beitrag den Vorschlag machen, den Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik auf indirektem Wege zu entschlüsseln. Anstelle des Versuches einer Systematisierung der vorliegenden Studien folgen wir der Akteurswahrnehmung, wonach wir Zeitzeugen einer tatsächlichen Renaissance kybernetischen Denkens sind. Mit dieser bewussten (und deshalb durchaus vorläufigen) Setzung geht eine Verschiebung der Fragestellung einher, denn dann ist erst zu klären, warum die kybernetischen Kooperationen über mehrere Jahrzehnte ‚verschwunden‘ oder zumindest marginalisiert worden sind, und wie und wo sie dennoch tradiert werden konnten. Den Schlüssel zu einer Beantwortung dieser Fragen sehen wir in „exemplarischen Geräten” spezifisch kybernetischer Provenienz. Denn diese Geräte sind so konstruiert, dass sie zugleich ganz konkrete Operationen ausführen und Fokus hochgeneralisierter Überlegungen sein können. Daraus ergibt sich, so unsere These, ihre Fähigkeit, die prinzipielle Möglichkeit und bis zu einem gewissen Grad sogar den Zwang zur Kooperation zu verkörpern.

Da wir nach der Tradierung des kybernetischen Universalismus fragen ist unser Beitrag nicht durchgängig chronologisch aufgebaut. Wir skizzieren zunächst die Ursprungssituation, wobei wir auf das immer wieder genannte exemplarische Gerät der frühen Kybernetik fokussieren: die intelligente Flugabwehrkanone (1.). Sodann referieren wir einige Erklärungsmöglichkeiten für das ‚Verschwinden‘ der kybernetischen Kooperationen (2.). Anschließend springen wir in die Jetztzeit, um an einigen Beispielen zu illustrieren, dass die heutige Bezugnahme auf die Kybernetik zwar genau den gleichen universalistischen Motiven folgt wie ihre klassische Vorgängerin, ihre Verkörperung aber in einem ganz und gar unkriegerischen Gerät findet: dem niedlichen Roboter (3.). Erst auf dieser Grundlage lässt sich die Frage nach der Tradierung der Kybernetik in aller Schärfe stellen. Der kritische Durchgang durch die bestehenden Erklärungsangebote öffnet dann den Raum für die

Formulierung und Illustration unseres eigenen Interpretationsangebotes, das besagt, dass der kybernetische Universalismus in einer Traditionslinie spielerischer Gerätschaften gleichsam ‚überwintern' konnte (4.). Den Abschluss bildet eine vorsichtige Verallgemeinerung (5.).

1. Die intelligente Flugabwehrkanone als exemplarisches Gerät der klassischen Kybernetik

So unterschiedlich die sozialwissenschaftlichen Rekonstruktionen der Kybernetik gelagert sind, so stimmen sie doch darin überein, dass deren Ursprungsort die Labors der amerikanischen Militärforschung des Zweiten Weltkrieges sind (besonders das MIT). Bis dahin bestenfalls sporadisch aufeinander bezogene Entwicklungen aus Naturwissenschaften, Mathematik, Nachrichtentechnik sowie frühem Computerbau wurden in dieser historischen Ausnahmesituation aufs engste miteinander gekoppelt. Orientiert an der ebenso dringlichen wie vagen Zielstellung, intelligente und damit dem Feind überlegene Waffensysteme zu konzeptualisieren und zu realisieren, entstanden ungewöhnlich intensive Kooperationen, die im folgenden Jahrzehnt eine ebenso ungewöhnliche Wirksamkeit entfalten sollten.[3] In diesem Kontext nahmen auch die Kybernetiker ihre gemeinsame Arbeit auf.

Ausgangspunkt war der Kriegsbeitrag des Mathematikers Norbert Wiener und seines Assistenten, des Elektrotechnikers Julian Bigelow. Ihr Vorhaben bestand in der Konstruktion einer neuartigen, weil mit Eigenintelligenz ausgestatteten Flugabwehrkanone. Dieser „antiaircraft(AA)-predictor" sollte in der Lage sein, den zukünftigen Kurs eines angreifenden Bombers zu prognostizieren, und damit eine Art von vorausschauendem Verhalten maschinell zu realisieren. Im Gegensatz zur seinerzeit bestehenden Flugabwehrtechnologie stützten Wiener und Bigelow ihre Berechnungen nicht auf die Annahme eines mechanisch-kausalen Wirkungszusammenhanges, der die gegenwärtige Flugbahn geradlinig in die Zukunft extrapolierte. Stattdessen legten sie dem Artilleriefeuer ein mathematisches Selektionsschema zugrunde, das aus den statistischen Mustern der vorausgehenden Kursabweichungen einen realzeitlichen Schluss auf die wahrscheinlichen Bewegungen des Feindflugzeuges ermöglichen sollte. Die antizipativen Fähigkeiten dieses speziellen Apparates wurden als eine Ausprägung der beständigen „Rückkoppelung" mit der Umwelt thematisiert, also der generellen Eigenschaft eines „Servomechanismus"[4] zur Selbstadaption.

Der unmittelbare wissenschaftliche wie militärische Erfolg des „AA-predictors" musste allerdings schon nach wenigen Monaten stark relativiert werden – er konnte in Laborversuchen mit einfacheren geometrischen Voraussagemaschinen, die auf bereits existierender Artillerietechnik aufbauten, nicht konkurrieren. Dennoch wurden die zukunftsoffenen Alternativkonzeptionen, für die dieses Gerät exemplarisch stand, als so viel versprechend betrachtet, dass sie in den letzten Kriegs- und den unmittelbaren Nachkriegsjahren zum Kooperation stiftenden Bezugspunkt einer ganze Reihe von Projekten werden konnte. Als Ergebnisse dieser interdisziplinären Kooperationen sind vor allem Entwicklungen auf den Gebieten des Computerbaus (z.B. neuronale Netze, beginnend mit

---

[3] Aus den Labors der US-amerikanischen Militärforschung stammen eine ganze Reihe weiterer Innovationen, die der Kybernetik häufig schon personell eng verwandt waren. Zu nennen sind Operations-Research und Spieltheorie (vgl. *Edwards* 1996 und *Pickering* 1995), Nachrichten- und Informationstechnik (vgl. *Rammert* 1995), Radartechnologie sowie der gesamte Bereich der Computersimulation (*Galison* 1997b: 689ff) bis hin zu Globalprognosen und Wettervorhersage (vgl. *Edwards* 2001).

[4] Damit knüpften Wiener und Bigelow an ältere reglungstechnische Studien selbststeuernder Geräte an, wie z.B. den Thermostaten. Diese Servomechanismen sind mit ihrer Umwelt rückgekoppelt, d.h. sie messen den Ist-Zustand (z.B. die tatsächliche Zimmertemperatur) und beeinflussen diesen soweit (z.B. durch Erwärmung oder Abkühlung) bis ein voreingestellter Soll-Zustand (z.B. gewünschte Zimmertemperatur) erreicht wird. Ein solcher Mechanismus soll den Schwankungen der Umweltbedingungen entgegen wirken (negative Rückkopplung), kann sie in Ausnahmefällen aber auch verstärken (positive Rückkopplung).

McCulloch & Pitts 1943), der Physiologie (z.B. Theorie des Reflexbogens) und der Medizintechnik (z.B. Sensorprothetik) bekannt. Entscheidend für alle diese Kooperationen war keineswegs der unmittelbare Erfolg. Ausschlaggebend war vielmehr, dass die Kybernetiker die Konzeption ihrer Gerätschaften zu Prototypen eines neuen Weltverständnisses erhoben (vgl. dazu besonders *Galison* 1997a), und so ungewöhnlich starke Investitionen in eine noch ganz unklare Zukunft motivieren konnten. Wiener und seine Kollegen jedenfalls zogen aus ihren Kriegsarbeiten die Erkenntnis oder zukunftsweisende ‚Lehre', die Theorie der Servomechanik auf eine Vielzahl von Problemstellungen anzuwenden, insbesondere auch auf die Beschreibung biologischen Verhaltens und menschlichen Handelns. Im Umkehrschluss übertrugen sie die entsprechenden teleologischen Deutungen dieser Handlungen auf analoge maschinelle Funktionen und gingen dazu über, das Zusammenspiel von Menschen und Maschinen als die beiden Elemente eines einzigen „Regelkreises" aufzufassen. Dies waren die entscheidenden Schritte zu einer Universaltheorie, die sich von der Idee einer Gleichwertigkeit der funktionalen Eigenschaften technischer und organischer (und später auch sozialer) Systeme leiten ließ.

Bevor wir auf das weitere historische Schicksal der klassischen Kybernetik eingehen, wollen wir drei handlungsleitende Motivationen des kybernetischen Universalismus knapp umreißen. Denn bereits in dieser frühen Phase sind schon alle Ingredienzien dieses Universalismus versammelt.

„Bottom-up"-Universalismus

Bereits in den frühen Jahren war die Beschreibung von zwar innovativen, aber im Kern doch vergleichsweise einfachen und sehr ‚hardwarenahen' Gerätschaften wie dem „AA-predictor" mit weit reichenden Erklärungsansprüchen verbunden. Und mehr noch: Diese Geräte wurden in einer (im Pickeringenschen Sinne) tatsächlich vormodern anmutenden Weise als erste Demonstratoren eines Gegenstands unabhängigen Prinzips verstanden, und zwar der Fähigkeit, auf „real-world"-Probleme ohne Zeitverzögerung und dennoch intelligent reagieren zu können – wie Organismen und besonders auch Menschen. So wurde die Antizipation des Kurses eines Feindflugzeuges nicht nur als ein vorausschauendes, sondern auch als ein „zweckgerichtetes" Verhalten interpretiert, und mehr noch als das Verfolgen einer „Intention" im vollen Wortsinne. Die Flugabwehrkanone erscheint dann als maschinelle Realisierung von „Teleologie" (so die Begriffswahl bei *Rosenblueth et al.* 1943), und somit als ein Instrument zur Erforschung von epistemologischen Fragen, besonders der Psychologie und Soziologie. Vom zu jener Zeit bereits formulierten Turingtest und all den späteren Debatten um die künstliche Intelligenz unterschied sich diese kybernetische Universalisierungsbewegung in ihrer Richtung und im Bemessungsmaßstab. Es wurde gerade nicht bei Simulation oder Bau von hochentwickelten kognitiven Fähigkeiten (wie etwa dem Schachspiel) angesetzt, sondern der Nachbau von Gehirnen sollte bei einfachen und quasi ‚tieferliegenden' Verhaltenseigenschaften beginnen. Nichts lag den frühen Kybernetikern ferner als ein ontischer Vergleich zwischen maschineller und spezifisch menschlicher Intelligenz. Die Übertragung von maschinellen auf organismische, menschliche und schließlich soziale Systemeigenschaften wurde vielmehr als ein gradueller Übergang[5] verstanden, dem dann allerdings keine substanzielle Grenze im Wege stand. Aus diesem Grunde sprechen wir von einem „bottom-up"-Universalismus.

Mit der Zunahme kybernetischer Ansätze und Gerätschaften in ganz unterschiedlichen Bereichen ging eine entsprechende Ausweitung des Geltungsbereiches der kybernetischen

[5] Diese Herangehensweise erfährt erstaunlicherweise heute in einem gänzlich anderen, aber ebenso KI-kritischen Zusammenhang eine Wiederkehr als Frage nach der „Gradualisierung der Handlungsträgerschaft" von Menschen wie technischen Artefakten (vgl. *Rammert & Schulz-Schaeffer* 2002, besonders S. 43ff), allerdings ohne einen Bezug auf die Kybernetik.

Beschreibungs- und Konstruktionssprache einher. So wurden das Gehirn als ein Analogrechner (*McCulloch & Pitts* 1943; *Ashby* 1952), die Sprechakte des Menschen als das Senden von elektrischen Signalen (*Weaver & Shannon* 1949), sowie das Leben als „Homöostase“ bzw. „Ordnung“, der Tod dagegen als „Entropie“ interpretiert (*Wiener* <1949>1952). Die erste Synthese der Kybernetik wurde dann auch unter dem bezeichnenden Titel „Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine“ (*Wiener* <1948>1963) vorgestellt.

Mensch-Maschine-Symbiose

Ein Gerät wie der „AA-predictor“ ließ Menschen und Maschinen aber nicht nur als im Prinzip gleichberechtigte Arten rückgekoppelter und damit ordnungsstiftender Systeme erscheinen, sondern Schütze und Apparatur mussten auch über ein- und ausgehende Nachrichten gegenseitig gekoppelt werden, um eine optimale Gesamtfunktionalität zu erreichen. Der nahe liegende Schluss war, die Grenze des betrachteten Systems zu erweitern. Als ein zur Selbstadaption fähiger Servomechanismus wurde nicht mehr länger das isolierte Gerät, sondern das Gesamtsystem aus der Kanone selbst, der Kalkulationsapparatatur, der Sensorik (d.h. den Geräten zur Messung von Geschwindigkeit und Position des Feindflugzeugs) sowie des menschlichen Schützen betrachtet. Die menschliche Komponente – der Kanonier – wird damit zu einem, allerdings zu einem irreduziblen Element unter mehreren in der Rückkoppelungsschleife: „the human in the loop.“ Dieser Ansatz einer Art wechselseitiger Intelligenzverstärkung von spezifisch menschlichen Fähigkeiten (wie Intuition und Improvisation) und spezifisch maschinellen Fähigkeiten (wie Geschwindigkeit und Präzision) ist sicherlich durch den Kontext der zeithistorisch-militärischen Entwicklungen bedingt, besonders durch die selbst hochgradig interdisziplinäre Entwicklung des Radars (*Mindell* 2001). Radarsysteme hatten bereits seit den 1930er Jahren die produktive Einpassung des Menschen in die maschinellen Schaltkreise zum Ziel, und nicht eine rein maschinelle Automatisierung und damit Ersetzung des Menschen.[6] Auch wenn die spezifisch kybernetische Ausprägung dieser holistischen Denkweise unseres Wissens erst deutlich nach der klassischen Phase der Kybernetik als „Symbiose“ (*Licklider* 1960) auf den Begriff gebracht wurde,[7] und zwar ebenfalls im militärischen Kontext, so ist er doch bereits am

---

[6] Die ausführliche historische Rekonstruktion von *Mindell* 2002 weist auf eine Vielzahl von ingenieurialen Entwicklungsprojekten seit dem ersten Weltkrieg hin, in denen das menschliche Personal (zumeist Soldaten) als integraler Bestandteil von Rückkoppelungsketten modelliert wurden: „In each of these settings, according to varying institutional goals and local engineering cultures ... the human operator was not a universal person but an ideal type that engineers created (consciously or unconsciously) as they designed machinery – sometimes an unskilled drone, a creative officer, or a belligerent enemy (ebd: 8). Dabei gilt besonders für die Entwicklung des Radars: “All of these studies articulated analogies between human operators and servomechanisms and saw the human –machine combination as a feedback-system” (ebd: 285). Wiener selbst waren diese Arbeiten seit den dreißiger Jahren aus seiner eigenen Tätigkeit am MIT bekannt. Mindells wissenschaftshistorisches Argument läuft darauf hinaus, den Vorläuferkonzeptionen der technisch-militärischen Praktiker gegenüber Wieners später formulierten Prioritätsansprüchen zu historischer Gerechtigkeit zu verhelfen.

[7] Licklider war in den 1960er Jahren Direktor des „Information Processing Techniques Office“ (IPTO) der „Advanced Research Projects Agency“ (ARPA) des Pentagon. Der Aufsatz von 1960 gilt in der Computergeschichte als die programmatische Vision des „interactive computing“, das durch die von Licklider initiierten Forschungsprogramme in den folgenden Jahren umgesetzt wurde – mit Ergebnissen wie dem Internet, intuitiven Steuerungsgeräten (die Maus) sowie semi-autonomer Militärtechnik. Der Aufsatz beginnt mit den Begriffen einer „cooperative interaction“ zwischen den „human and the electronic members of the partnership“. Ganz im Sinne des kybernetischen Universalismus sollten beide Bestandteile zum Vorteil der Gesamtfunktionalität gekoppelt werden, ohne ihre jeweilige Spezifik (ihre ontische Verschiedenheit) aufzuheben: “In the anticipated symbiotic partnership, men will set the goals, formulate the hypotheses, determine the criteria, and perform the evaluations. Computing machines will do the routinizable work that must be done to prepare the way for insights and decisions in technical and scientific thinking” (*Licklider* 1960 : 4).

Beginn der Kybernetik angelegt. Wiener selbst hatte rückgekoppelte „Mensch-Maschine-Systeme“ als eine Art ‚Spezies übergreifendes‘ Gesamtsystem begriffen,[8] und Lickliders „Symbiose“-Begriff wurde unmittelbar durch Wiener angestoßen. Und auch einige der frühen kybernetischen Gerätschaften, mit denen etwa Versuche zur Sensorprothetik durchgeführt wurden, waren getragen vom Geist einer positiven Verstärkung der menschlichen Sinneswahrnehmungen durch Einbindung in eine adaptive Rückkoppelungsschleife. Als prototypisches Gerät dieser Entwicklungslinie kann Wieners Hörhilfe für Taubstumme angesehen werden, das akustische Signale in Reize für den Tastsinn umwandelte (siehe Abb. 1).

Abb. 1: „Norbert Wiener with hearing aid, 1949” (*Heims* 1980: 224)

An diesem Punkt scheint es möglich, ein erstes Zwischenfazit zu ziehen. Erst der Zusammenhang zwischen dem „bottom-up“-Universalismus und dem „Symbiose“-Gedanken konnte eine allumfassende Beschreibungs- und Konstruktionssprache begründen, der sich kaum ein Gegenstand und kaum eine Problemstellung zu entziehen schien. So sahen das auch die Protagonisten der klassischen Kybernetik, und diese universalistische Sprache konnte wie gesehen tatsächlich zum Kooperation stiftenden Bezugspunkt für eine ungewöhnlich breite Palette von Kooperationsprojekten werden. Dabei ist auf den ersten Blick zu erkennen, dass beide Richtungen auf ein und demselben Vokabular basierten, der Beschreibung in Begriffen von „Rückkoppelung” und „Informationsverarbeitung”. Konzeptionell wiesen beide Richtungen jedoch auf vollkommen unterschiedliche Herangehensweisen: Während der „bottom-up”-Universalismus auf eine Nivellierung der Unterschiede zwischen Maschinen, Organismen und Menschen hinaus läuft (und genau darauf hat sich die wissenschaftshistorische und – soziologische Literatur konzentriert), so weist der „Symbiose”-Gedanke in genau die entgegengesetzte Richtung – denn hier wird das

[8] Wiener selbst hat in seinen frühen Hauptwerken häufig von Mensch-Maschine-Systemen gesprochen, und zwar in einer im Latourschen Sinne „symmetrischen“ Weise. So bemerkt er etwa über die Signalanlage an einer Eisenbahnstrecke: „Notice that in this system there is a human link in the chain of the transmission and return of information in what we shall from now on call the chain of feedback. […] There are, however, feedback chains in which no human element intervenes” (*Wiener* <1948>1963: 96). Das Stichwort „Symbiose“ und die Bezeichnung als “Mischsysteme” fällt aber erst in *Wiener* <1964>1965.

Zusammenspiel unterschiedlicher Entitäten für die Gesamtfunktionalität einer übergeordneten Einheit betont, und damit zwangsläufig gerade die Differenz zwischen Maschinen, Organismen und Menschen zum Ausgangspunkt gemacht. So gesehen erscheint dieser Universalismus als Bezugspunkt für inter- und transdisziplinäre Kooperation reichlich vage, wenn nicht aporetisch – ein weiterer Hinweis auf den schillernd-„glamourösen" Charakter der klassischen Kybernetik.

Eine nahe liegende Erklärung für diese produktive Vagheit bietet sich an, wenn die Perspektive von der internen Rekonstruktion auf die Frage nach der sozialen Funktion des Universalismus umgestellt wird, und nach dessen sozialer Wirksamkeit ganz unabhängig von der inhaltlicher Kohärenz gefragt wird. Ganz auf dieser Linie hat *Bowker* vorgeschlagen, die kybernetische Universalsprache als ein rhetorisches Durchsetzungsinstrument zu verstehen, mit dessen Hilfe eine umfassende Deutungs- und Anleitungshegemonie (sowie prosaischer eine entsprechende Höhe der Fördermittel) angestrebt wurde (*Bowker* 1993). Er identifiziert am historischen Material zwei sehr unterschiedliche, auf die Durchsetzung ihrer Interessen gerichtete rhetorische Strategien der Kybernetiker:

- Die vermittelnde Rhetorik zielte Bowker zufolge auf die Bestätigung der jeweiligen Arbeiten durch Kooperationspartner aus anderen Disziplinen, also auf Vermehrung der eigenen wissenschaftliche Reputation durch die Mobilisierung von externer Unterstützung. Bowker bezeichnet das als einen „triangulation effect" (ebd: 114), durch den die Legitimität der eigenen Ansprüche durch Bezug auf fremde Kontexte quasi ‚geliehen' wird.
- Als eine „imperialistische" Rhetorik (ebd: 117) bezeichnet Bowker dagegen das Ziel, alles Kontextuelle durch eine umfassend und zugleich hermetisch angelegte Metasprache zu beseitigen. Die hegemoniale Wirkung dieser Strategie wird auf indirektem Wege erzielt: Das Erlernen der Theoriesprache bedeutet eine so starke Investition, dass es schier unmöglich wird, sich von der einmal mühsam angeeigneten Terminologie wieder zu lösen, und zwar selbst dann, wenn dies inhaltlich angezeigt wäre. Dieses sozialpsychologische Hemmnis bezeichnet Bowker als den „Parsons effect".[9] Worte und Konzepte sind freilich nie neutral, sondern präformieren Frage- und Problemstellungen: „Anyone tapping into the network of words used by cybernetics would be tapping in the network of problems that cyberneticians were aiming to solve" (ebd.).

Bowkers Analyse gibt allerdings keine Auskunft darüber, wie diese beiden, ihrer Grundintention und ihrem Effekt nach entgegengesetzten Rhetoriken zusammen hängen. Er endet mit der bewusst widersprüchlichen Begrifflichkeit eines „distributed passage point" (ebd: 123), also einer Ironisierung von Standardvorstellungen der STS. Auch seine Auflösung nach der sozialen Funktion des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik kann also deren schillernd-„glamourösen" Charakter nicht erklären, geschweige denn auf soziologischem Wege entzaubern. Dabei scheint uns das Problem zu sein, dass Bowker – wie so viele Wissenschaftssoziologen und -historiker – jenes letzte Interesse oder Motiv, das hinter einem derart unbändigen ‚Willen zur Durchsetzung' stand, gar nicht zu lokalisieren versucht. Die Frage nach dem Motiv des kybernetischen Universalismus führt ein weiteres und letztes Mal zum exemplarischen Gerät der klassischen Kybernetik und damit zur Kriegssituation zurück.

---

[9] Es handelt sich selbstverständlich um eine ironische Anspielung auf das komplexe Theoriegerüst des amerikanischen Soziologen Talcott Parsons. Hierzulande wäre der Terminus „Luhmann-Effekt" in Anlehnung an Parsons berühmten deutschen Schüler wohl eine angemessenere Übersetzung.

„Manichäische“ und „augustinische“ Teufel: (quasi-)religiös motivierte Innovation

Das Motiv für die Konstruktion des „AA-predictors“ ist zunächst ganz offensichtlich. Wiener selbst hatte wenige Tage nach dem „Tag des Adlers“ (so der deutsche Euphemismus für die Bombardierung englischer Städte) darum gebeten, als Vertreter einer so esoterischen Wissenschaft wie der Mathematik einen Kriegbeitrag leisten zu dürfen (vgl. zu Details der Historie *Galison* 1997a). Der nationalsozialistische Militärapparat erschienen ihm – wie vielen Zeitgenossen – als Verkörperung einer historisch einmaligen Verbindung von äußerster Brutalität mit nüchtern-kalkulierender Berechnung. Paradigmatisch für diesen Feind stand der Bomberpilot, ein aktiv-kalkulierender Gegner, der seine Strategien und Bewegungen denen seines Gegenübers anpassen konnte. Um diesen „Teufel“ bekämpfen zu können galt es, seine kalte Antizipation (seine List und Tücke) auf wissenschaftlichem Wege noch zu übertrumpfen – auf dem Wege einer neuartigen, protokybernetischen Unternehmung. Der Bezugspunkt transdisziplinärer Zusammenarbeit war also zunächst ein kollektives Feindbild, und damit zeitgenössischer Natur – und zeitgebundene Konzeptionen ändern sich rasch mit den Umständen, wie nicht zuletzt die Geschichte des Zweiten Weltkrieges zeigt. Das Feindbild der Kybernetiker war jedoch von Beginn an einer Universalisierung, oder wie Galison sagt: einer „Totalisierung“ (ebd: 285), unterworfen, die aus dem konkreten Feind eine umfassendere und zugleich abstraktere Inkarnation des Bösen in der Welt schlechthin machte. Zum Bezugspunkt der avisierten Kooperationen wurde ein quasireligiöser Dualismus, und die Kybernetiker sahen sich entsprechend auf einer Art Kreuzzug gegen all jene Kräfte, die Wiener selbst später auf den Begriff der „manichäischen Teufel“ (<1949>1952) gebracht hat. Die konzeptionellen Vagheiten oder sogar Widersprüchlichkeiten, die oben angesprochen wurden, fielen gegenüber der Dringlichkeit und Unbedingtheit der kollektiven Aufgabe nicht mehr ins Gewicht. Galison fasst die Teilschritte dieser zahlreiche Gegenstandsbereiche erfassenden „Universalisierungsbewegung“ so zusammen:

> „In dieser [kriegsbedingten] Vorstellung verschmolz der feindliche Pilot derart mit der Maschine, dass die Grenze zwischen Mensch und Nicht-Mensch verwischt wurde. Bei der Bekämpfung dieses kybernetischen Feindes begannen Wiener und sein Team, sich auch die Alliierte Flugabwehr wie einen Feind vorzustellen, und es war nur ein kleiner Schritt vom Aufgeben der Unterscheidung zwischen Menschlichem und Nichtmenschlichem bei den Alliierten bis hin zum Verschwimmen der Grenze zwischen Mensch und Maschine überhaupt. In der kybernetischen Vorstellung der 40er Jahre wurde der servomechanische Feind zum Prototyp für die menschliche Physiologie und schließlich für alles Menschliche. Später, in einem letzten Schritt der Totalisierung, machte Wiener die Kybernetik zu einer Philosophie der Natur, in der die Natur selbst zu einem unfassbaren, doch passiven Feind wurde – dem augustinischen Teufel.“ (*Galison* 1997a: 285)

Mit dem Begriff des „augustinischen Teufels“ bezeichnete Wiener also die passiv-blinden Naturkräfte der Irrationalität und des Zufalls, besonders aber die Entropie – einen buchstäblich allumfassender Feind. Der mit diesem Wandel des Hauptfeindes verbundene letzte Totalisierungsschritt trat unmittelbar nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges ein, und ist wiederum nur aus den Zeitumständen erklärbar. Wie so viele, und oft gerade die emigrierten Wissenschaftler waren auch die führenden Kybernetiker zutiefst erschrocken über die (selbst)zerstörerischen Waffen, an deren Entwicklung sie selbst aktiv partizipiert hatten; Fokus und Sinnbild dafür war der Einsatz der Atombomben gegen Japan. Ihre Konsequenz aus diesem Erschrecken bestand nun nicht in moralisierendem Protest oder dem Ausstieg aus dem militärisch-wissenschaftlichen Komplex (wenngleich etwa Wiener durchaus damit kokettierte). Vergleichbar einigen prominenten Mitgliedern des „Manhattan-Project“ (etwa Bohr und Szillard) versuchten sie vielmehr, Antworten durch eine Erweiterung jener Grundkonzepte zu formulieren, mit denen sie bereits ihren Kriegsbetrag, also den Kampf gegen den „manichäischen Teufel“, bestritten hatten.

Wie sehr diese Universalisierungsbewegung auch nach dem zweiten Weltkrieg zeitgenössisch motiviert war,[10] wird schlaglichtartig deutlich an Wieners Rede von einer „Welt von Belsen und Hiroshima“ (vgl. *Galison* 1997a: 309), mit deren Problemlagen man sich nunmehr kollektiv auseinander zu setzen habe. Das Arsenal kybernetischer Grundkonzepte sollte in diesem neuen Zeitalter verwendet werden, um die im Kriege offen zutage getretenen menschenverschuldeten Gefahren des hochtechnologischen Zeitalters ebenso einer wissenschaftlich fundierten Lösung zuzuführen wie Technik und Wissenschaft auf die Lösung der letzten Geheimnisse der Natur orientieren. Die Dringlichkeit und die quasireligiöse Unbedingtheit einer kooperativen Lösung war also durch die Zeitumstände motiviert – was in der historischen Situation auch die auseinander strebenden Ingredienzien dieses Universalismus zusammen halten konnte. Doch damit stellt sich eine unmittelbare Folgefrage: Wie konnte es gelingen, das Außergewöhnlich-Dringliche in einen normalen Bearbeitungsprozess zu überführen? Oder anders gefragt: Wie konnte die letztlich zeitgenössische Motivation auf Dauer gestellt werden?

2. Etablierungsbemühungen und Zerstreuung der klassischen Kybernetik

In ihrer „augustinischen“ Phase, also in den unmittelbaren Nachkriegsjahren, war die Situation der Kybernetik durch drei Bedingungen gekennzeichnet.

Erstens wurde mit der „Totalisierung“ des Feindbildes die thematische Reichweite der kollektiven Gesamtunternehmung noch erheblich ausgeweitet. Der avisierte Bereich kybernetisch angeleiteter inter- und transdisziplinärer Kooperationsprojekte lässt sich ganz grob in die folgenden Linien untergliedern: Störungsfreie Kommunikation und Rückkoppelung wurden als Grundlagen der Globalplanung (nicht zuletzt für eine Politikberatung mit dem Ziel der Vermeidung apokalyptischer Atomkriege) und einer rationalen Anleitung von nationalen Politiken und Ökonomien betrachtet[11] – was die ausdrückliche Einbeziehung der Humanwissenschaften erforderlich machte. Kommunikationstheorie und Rückkoppelungsmodelle wurden aber auch als Grundlage der ganz handfesten Entwicklung neuartiger Informationstechnologien sowie der Entschlüsselung der Geheimnisse des Gehirns mit Hilfe neuronaler Netze verstanden.

Zweitens hatte sich mit der Veränderung der politischen Motivation auch der Charakter des Kooperation stiftenden Bezugspunktes verändert. Denn mit dem Wechsel von einem konkret fassbaren (die Pilot-Flugzeug-Strategie-Einheit der Achsenmächte) zu einem

---

[10] Das komplizierte, oft tragische und mitunter auch komische Zusammenspiel von wissenschaftlichen Konzeptualisierungen und zeitgenössischen Erfahrungen erscheint uns zentral für jedweden Versuch einer Entschlüsselung universalistischer Motive. Denn wenn ein einziges unwandelbares Motiv unterstellt wird, so muss gerade die Analyse religionsähnlicher Denkgebäude beklagenswert oberflächlich bleiben. Wenn etwa *Noble* (1998: 191ff) die Kybernetik in eine ungebrochene christliche Traditionslinie der „Erlösung“ (durch Schaffung von „Unsterblichkeit“ oder den Menschen evolutionär überlegenen „Superwesen“) stellt, und ebenso ungebrochen zur Vorläuferin der Visionen der KI-Forschung erklärt, so nivelliert er nicht nur konstitutive Unterschiede zwischen Kybernetik, KI und der „neuen KI“, etwa der von ihm genannten „artificial life“-Forschung. Er macht (wie wohl jede rein geisteswissenschaftliche Rekonstruktion) die Geschichte auch rationaler als sie tatsächlich war – und negiert so die oft widersprüchliche, nicht selten tragische, immer aber sozial folgenreiche Verstrickung der Protagonisten in ihren jeweiligen Zeitkontext.

[11] Die unmittelbare Assoziation von rationaler Selbstorganisation und störungsfreier Kommunikation mit den liberalen Idealen eines selbstbestimmten Lebens und der freien Rede stellt einen deutlichen Unterschied dar zu den (proto)kybernetischen Ideen einer „Allgemeinen Regelkreislehre,“ wie sie während des Zweiten Weltkrieges in Deutschland entwickelt wurde. Zwar ging es auch den deutschen Wissenschaftlern um eine Optimierung der Kriegsmaschinen, doch dabei richteten sich ihre Anstrengungen allein gegen die „augustinischen“ Feinde der Wehrmacht (*Borck* 2000). Im Gegensatz zu ihren amerikanischen Kollegen bezogen die deutschen Regelungstechniker die politische Motivation ihrer Arbeit auch keineswegs aus einem universalistischen Motiv, sondern aus der Technokratiebewegung (so zumindest Dittmann 1999).

abstrakter gedachten Feind (Ordnung aus dem menschenverursachtem wie natürlichem Chaos zu schaffen) war die inhaltliche ‚Färbung' dieses Bezugspunktes nicht länger aggressiv-militärisch, sondern zutiefst friedlich gemeint – allerdings unter Beibehaltung oder sogar Steigerung seiner dualistischen Form. An den globalen Erlösungsvorstellungen und der forcierten Dringlichkeit, unverzüglich die letzten Fragen der Menschheit und der Natur anzugehen, wird die Kontinuität zur Kriegssituation in der Form des kybernetischen Denkens offensichtlich. Die Auswirkung auf den vielfach geäußerten Willen zur Kooperation war entsprechend: Disziplinär gebundene Forschungs- und Konstruktionsaktivitäten wurden harsch kritisiert, und die traditionelle Trennung von natur-, technik- und humanwissenschaftlichen Forschungen wurde als ein zu überwindender akademischen Irrweg gebrandmarkt.

Allerdings ging drittens mit dem Wegfall der Kriegslabors auch das quasi ‚natürliche' institutionelle Zentrum der kybernetischen Kooperationen verloren – Orte wie Wieners AAP-Labor oder etwa das „Radar Lab" verschwanden, und damit war die Funktion des transdisziplinären „system integrator" (*Mindell* 2002: 59) vakant, und die Protagonisten auf ihre Herkunftsdisziplinen zurück geworfen.

Wenn diese drei Aspekte der unmittelbaren Nachkriegssituation zusammen betrachtet werden, so wird offenkundig, dass sich die kybernetische Gesamtunternehmung in einer äußerst prekären Lage befand. Der gesteigerte und gegenstandsübergreifende Universalismus musste, im Zusammenspiel mit einer Rhetorik der Dringlichkeit und Erlösung sowie dem gleichzeitigen Wegfall der institutionellen Kristallisationspunkte, als eine arge ‚Überdehnung' der Ansprüche erscheinen. Entsprechend erschien es auch den Protagonisten so, dass dem Kooperation stiftenden Bezugspunkt, obwohl nun voll entwickelt, sowohl die Bodenhaftung als auch der Boden selbst entzogen worden war. Der Erfolg von konkreten Kooperationsprojekten mit zugleich wissenschaftlicher, technologischer wie gesellschaftspolitischer Zielstellung schien recht unwahrscheinlich geworden zu sein. Die naheliegende Reaktion war die Forderung nach einer soliden und dauerhaften Institutionalisierung kybernetischer Forschungen. Wieners namensgebendes Manifest muss zumindest auch in diesem Lichte gelesen werden – der dringliche Appell für die Einrichtung eines interdisziplinären, „alle Wissenschaften umfassenden Institutes" wird an prominenter Stelle erhoben (Wiener <1948>1963: 28f), und die einzelnen Kapitel des Buches können auch als Skizze zukünftiger Institutsabteilungen verstanden werden.

Ein solches „alle Wissenschaften umfassendes" kybernetisches Institut hat nie existiert.[12] Die kybernetische Gesamtunternehmung nahm vielmehr jene Institutionalisierungsform an, die modernen Bedingungen, in denen sich heterogene Akteure ‚auf Augenhöhe' zu begegnen haben, viel angemessener erscheint – die Form des personalen Netzwerkes mit gelegentlichen Treffen, also einem ganz schwachen Institutionalisierungsgrad. Wiener war es bereits bis Kriegsende gelungen, auf der Basis seiner weit reichenden Visionen eine Reihe von Mitstreitern zu gewinnen, die er von der Relevanz seiner Forschung für ihre jeweiligen Fachgebiete überzeugte. Zwischen 1946 und 1953 wurden dann insgesamt zehn interdisziplinäre Treffen, die sogenannten „Macy-Konferenzen", veranstaltet, an denen jeweils zwanzig bis dreißig geladene Wissenschaftler teilnahmen (siehe z.B. Abb. 2).

---

[12] In *Galison* 1998 wird die Kybernetik als eine von mehreren wissenschaftlich-technologischen Entwicklungen beschrieben, durch die das ‚alteuropäische' Programm einer „Einheit der Wissenschaften" (exemplifiziert am Wiener Kreis) einer „Amerikanisierung" unterworfen wurde. Dabei werden Verbünde von transdisziplinären Großlabors als institutionelle Orte für neuartige „Interdisziplinen" wie etwa Psychoaktustik, Biophysik, Informationstechnik und neuronale Netze genannt, und es wird heraus gearbeitet, in welch hohem Maße Vereinheitlichungsideen und Begriffe der Kybernetik eine wesentliche Inspirationsquelle dieser Entwicklungen waren. Mehr aber auch nicht – die Kybernetik fügt sich ganz ausdrücklich nicht der Beschreibung institutionalisierter „Interdisziplinen." Hier oszilliert Galisons Begrifflichkeit zwischen der „Americanization of unity" und dem Befund einer fundamentalen „disunity of science" (vgl. *Galison* 1997b).

Abb. 2: „Participants of the Tenth Conference on Cybernetics, April 22-24, 1953, Princeton, N.J. Sponsored by the Josiah Macy, Jr., Foundation." (nach: http://www.asc-cybernetics.org/foundations/history/Macy10Photo.htm [16.09.03])[13]

Die „Macy-Konferenzen" sind heute Legende, da sie eine inspirierende Wirkung für ganz unterschiedliche Disziplinen bzw. Forschungsrichtungen entfaltet haben, obwohl – oder wahrscheinlich gerade weil – sie nur schwach institutionalisiert waren. *Heims* (1991) hat vier „cluster" dieses personalen Netzwerkes unterschieden: Neben Mathematikern (Norbert Wiener, John von Neumann) und Logikern (Walter Pitts) waren Ingenieure (Julian Bigelow, Claude Shannon) sowie Neurobiologen (Rafael Lorente de Nó, Arturo Rosenblueth) und Neuropsychologen (Warren McCulloch) beteiligt; als vierter „cluster" wurden nun auch um Sozialwissenschaftler (z.B. Margaret Mead, Gregory Bateson) hinzu gezogen, sowie disziplinär schwer zuordenbare Gäste von außerhalb der USA (z.B. Ross Ashby, Grey Walter). Weiter gehende Institutionalisierungsvorschläge blieben bloße Absichtserklärungen, und spätestens um die Mitte der 1950er Jahre war die kybernetische Gesamtunternehmung in mehrere Forschungsrichtungen zerfalle und zwar ziemlich genau entlang der genannten vier „cluster". Dabei fanden keine spektakulären Richtungsstreitigkeiten, Häresien oder Kämpfe um Ressourcen statt, wie es für eine institutionalisierte Normalwissenschaft typisch wäre. Das Verschwinden der klassischen Kybernetik bis etwa Mitte der 1960er Jahre erfolgte vielmehr in Form einer fortschreitenden Zerstreuung.

Wie die Entstehung der Kybernetik wurde auch deren konzeptionelle wie institutionelle Zerstreuung zum Gegenstand einer Reihe wissenschaftshistorischer und -soziologischer Analysen, wobei einige der bekanntesten Interpretationsschemata der STS zur Anwendung kamen. Was für die Rekonstruktionsversuche der Kybernetik ganz generell gilt, wird auch am Aspekt ihrer Zerstreuung augenfällig: Die Lesarten sind überaus unterschiedlich in Hinsicht auf Schwerpunktsetzungen und sozio-historische Thesen. Exemplarisch seien drei Positionen knapp skizziert.

Einige Wissenschaftshistoriker tendieren zu einer Position, der zufolge gerade ein gesteigerter und entgrenzter Universalismus, wie derjenige der Kybernetik, wenig über die tatsächlichen zeitgenössischen Forschungen und Arbeitsprozesse aussagt, und im wesentlichen lediglich der Beförderung des eigenen ‚Nachruhmes' dient. So kommt *Mindell* (2002) bei seinem Versuch, die heute weitgehend vergessene Vorgeschichte von Rückkoppelung und „Mensch-Maschine-Symbiose" anhand der Entwicklung des Radars seit

[13] Das Foto zeigt folgende Personen (von links nach rechts). Erste Reihe: T.C. Schneirla, Y. Bar-Hillel, Margaret Mead, Warren S. McCulloch, Jan Droogleever-Fortuyn, Yuen Ren Chao, W. Grey Walter, Vahe E. Amassian; zweite Reihe: Leonard J. Savage, Janet Freed Lynch, Gerhardt von Bonin, Lawrence S. Kubie, Lawrence K. Frank, Henry Quastler, Donald G. Marquis, Heinrich Klüver, F.S.C. Northrop; dritte Reihe: Peggy Kubie, Henry Brosin, Gregory Bateson, Frank Fremont-Smith, John R. Bowman, G.E. Hutchinson, Hans Lukas Teuber, Julian H. Bigelow, Claude Shannon, Walter Pitts, Heinz von Foerster.

den 1920er Jahren detailliert zu rekonstruieren, zu folgendem Urteil über die zeitgenössische Rolle der Kybernetik:

> „Wiener gave Cybernetics an intellectual, scientific trajectory, divorced from the traditions of technical practice from which it sprang. Wiener's reformulation had ideological implications, especially in light of his own estrangement from military research" (ebd: 286f).

Das kann als eine Kritik an einer ebenso abstrakten wie folgenreichen Überhöhung der Grundlagenkonzepte gelesen werden: Die universalistische Selbstinterpretation der Kybernetik mag kurzfristig funktioniert haben, und zwar nicht zuletzt als Bezugspunkt konkreter Kooperationsprojekte, aber langfristig wurde damit die im Kern ingenieuriale Praxis quasi von ihrem Substrat entfremdet. Der Kollaps der kybernetischen Gesamtunternehmung, insbesondere der letztlich ingenieurialen Idee des „human in the loop," erscheint somit selbstverschuldet, als Konsequenz einer selbstgerechten Anbiederung an die Philosophie.

Auch der Versucht, die interne Entwicklung der Kybernetik in der Kuhnschen Begrifflichkeit von „Paradigmenwechseln" zu fassen, scheint zu einer verblüffend ähnlichen Schlussfolgerung zu führen. So kann etwa die Diagnose eines ‚reflexive turn' der Kybernetik (*Hayles* 1994) – die zweite Generation von Kybernetikern orientierte sich an von Foersters Grundentscheidung, den Beobachter selbst zum Bestandteil des betrachteten Rückkoppelungssystems zu machen – durchaus plausibel als ein interner Grund für die Zerstreuung der Kybernetik dingfest gemacht werden. Kevin Kelly, der Herausgeber des Kultmagazins „Wired", hat diesen Schritt auf die Metaebene als Ursache für den Kollaps des Kooperation stiftenden Bezugspunktes der Kybernetik ausgezeichnet:

> „In 1960 Heinz von Foerster made the brilliant suggestion that a refreshing view of social systems could be had by including the observer of the system as part of a larger metasystem. He framed his observation as Second Order Cybernetics, or the system of observing systems […] But ‚putting the observer into the system' fell into an infinite regress when therapists video-taped patients and then sociologists taped therapists watching the tape of the patients and then taped themselves watching the therapists" (*Kelly* 1994: 453f).

Dieser einmal angestoßene infinite Regress brachte, so Kellys Lesart, den kybernetischen Universalismus auf die schiefe Bahn – mit der gleichsam philosophischen Konzentration auf Metakonzepte wurde die praktische, konstruierende Seite der Kybernetik abgespalten und dem klassischen Aufgabenfeld (und der ebenso klassischen Mentalität) der Ingenieure überlassen.

Die größte Deutungsmacht, ja sogar eine Art ‚kanonischer' Charakter, ist aus heutiger Sicht wohl jener Interpretation zuzusprechen, die auf die paradigmatische Ablösung der Forschungen zu neuronalen Netzen in den 1950er Jahren fokussiert, also einer der avanciertesten Entwicklungen aus dem unmittelbaren Umfeld der klassischen Kybernetik. Diese Interpretation besagt im Kern, dass es den Vertretern eines damals neuen Paradigmas – der symbolischen KI in Assoziation mit dem Digitalcomputer – jenseits aller inhaltlichen oder technologischen Gründe gelang, die entscheidenden finanziellen und institutionellen Ressourcen für sich zu akquirieren, und so den neuronal-analogen, der Hirnforschung assoziierten Forschungspfad zu verdrängen. Diese retrospektive Interpretation aus dem Feld selbst wurde in den STS als Prozess der „sozialen Schließung der Debatte" in einer offenen Entscheidungssituation rekonstruiert (*Olazaran* 1996), wobei besonders eine Rhetorik der Diskreditierung überzogener universalistischer Ansprüche heraus gestellt wurde. Die maßgeblichen Vertreter der symbolischen KI, Marvin Minsky und Seymour Papert, argumentierten, dass die Arbeit an den so genannten „Perzeptrons," einer Weiterentwicklung des neuronale Netze-Ansatzes durch Frank Rosenblatt, gemessen an den eigenen Ansprüchen der Netze-Forscher scheitern müssten. Tatsächlich waren die Ankündigungen von Rosenblatt und seinen Mitarbeitern, neuronale Netze mit einer dem menschlichen Gehirn vergleichbaren Lernfähigkeit zu entwickeln, auf dem technologischen Stand des Netzwerkbaus der 50er Jahre

nicht zu realisieren. Minsky und Papert konnten dieses Unmöglichkeitspostulat auch mathematisch untermauern und sich mit Hilfe dieser rhetorischen Strategie die alleinige Unterstützung ihrer eigenen Arbeiten durch die amerikanische Militärforschung (ARPA) sichern – insofern besteht hier eine weit gehende Kongruenz zwischen der Legende des Feldes (*Papert* 1988: 1) und der distanzierten sozialwissenschaftlichen Rekonstruktion. Eine Normalisierung dieser wichtigen Fortführung des kybernetischen Ansatzes oder gar dessen Überführung in eine Disziplin wurde dieser Sichtweise zufolge quasi von Außen desavouiert (vgl. z.B. *Edwards* 1996: 239 ff, *Guice* 1998, *Olazaran* 1996).[14]

Alle diese Interpretationen, so unterschiedlich sie gelagert sind, diagnostizieren eine Art Entfremdung der Kybernetik von der Praxis, auch und gerade von ihrer eigenen Konstruktionspraxis. Sei es der übersteigerte Wille zur Konstruktion von Nachruhm, die als Reflexivität getarnte Nabelschau oder die durch eigene Ansprüche zumindest mitverursachte Niederlage im Kampf der Paradigmen – in allen diesen Interpretationen firmiert der ins maßlose übersteigerte Universalismus der Nachkriegsjahre als ein, wenn nicht der entscheidende Faktor für die Zerstreuung der klassischen Kybernetik. Anstatt wie intendiert die kybernetischen Kooperationen auf Dauer zu stellen, führte – so all die Interpretationen – gerade der Universalismus, besonders in seiner dualistisch-quasireligiösen Ausprägung, zur Spaltung der kybernetischen Gesamtunternehmung spätestens seit Beginn der 1960er Jahre entlang der etablierten disziplinären Grenzziehungen.

Dabei wird mit dieser einhelligen Bewertung keineswegs übersehen, dass gerade die „augustinische“ Phase des kybernetischen Universalismus in wissenschafts- und technikhistorischer Hinsicht von ungewöhnlich großem Einfluss gewesen ist. Das wird am exponentiellen Anstieg der als „kybernetisch“ gelabelten Publikationen in den USA und Großbritannien (vgl. *Apter* 1972) ebenso deutlich wie an der Diffusion systemtheoretischen Konzeptionen in eine Vielzahl von Disziplinen (vgl. etwa *Kreibich* 1986: Kap.5). Die rein konstruktive Seite der Kybernetik fand dauerhaft Eingang in die Ingenieurwissenschaften, und sie hat eine populärwissenschaftliche Wirkung wie kaum ein anderes Forschungsprogramm entfaltet (vgl. etwa *Hayles* 1999 und *Warrick* 1980). Insofern ist die bedeutsame Rolle der klassischen Kybernetik in der Technik- und Wissenschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts unstrittig. Doch diese Rolle scheint begrenzt auf die einer Inspirationsquelle. Als eine kollektive Gesamtunternehmung, deren Zusammenhalt durch einen universalistischen Bezugspunkt konstituiert wird, konnte die klassische Kybernetik nicht auf Dauer gestellt werden. Im distanzierten Rückblick kann das nicht verwundern, denn unter Bedingungen moderner Normalität (und nicht der Ausnahmesituation des Krieges) ist eine folgenreiche Verstetigung von disziplin- und wissenschaftsübergreifender Dringlichkeit und dualistischen Freund-Feind-Denkens nicht zu erwarten. Die Geschichte der klassischen Kybernetik jedenfalls blieb eine Episode.

3. Der niedliche Roboter als exemplarisches Gerät der aktuellen Wiederauflage der Kybernetik

Vor dem Hintergrund des Entstehungskontextes wie des historischen Schicksals der klassischen Kybernetik muss die gegenwärtige Wiederauflage des kybernetischen Universalismus Erstaunen auslösen. Wir wollen diese Wiederauflage zunächst an einem zwar

[14] Wie in den meisten Fällen der Wissenschaftsgeschichte lag auch dieser Fall komplizierter als er in der Rekonstruktion erscheint. So betrachteten Minsky und Papert den symbolischen Ansatz in den 50ern noch als eine „Tochter der Kybernetik,“ die parallel zur „Zwillingstochter“ der neuronalen Netze entstanden war (Papert 1988: 1) und damit Wieners Erbe fortführe. Dass eine weitaus größere geistesgeschichtliche Nähe der symbolischen KI zu den Arbeiten des Mathematikers Alan Turing bestand, wurde den frühen Vertretern dieses Paradigmas erst später bewusst.

prononcierten, in der grundsätzlichen Anlage aber durchaus typischen Beispiel veranschaulichen, bevor wir uns systematischer der Protagonistenperspektive zuwenden.

In einem zusammenfassenden Aufsatz erläutert die Forschungsgruppe um die Computerwissenschaftlerin Kerstin Dautenhahn das interdisziplinäre Kooperationsprojekt AURORA, dessen Zielstellung die Entwicklung einer neuartigen Behandlungsmethode für Autismus bei Kindern mit Hilfe „sozial intelligenter" bzw. „sozial interaktiver Roboter" (vgl. zu diesen Begrifflichkeiten *Dautenhahn* 2001 und *Fong et al.* 2003) ist. Im Text wird zunächst der ganz konkrete Forschungsansatz erläutert:

> „Children with autism have severe difficulties in social understanding and social interaction, e.g. they have difficulty in coordinating and synchronizing their own activities with the activities of others. Moreover, imaginative skills [...] are impaired or absent. The project investigates in 'play-like' situations interaction dynamics between human and robot. The robot is seen as a social mediator that can encourage children with autism to take the initiative in 'playing' with the robot, a skill that is necessary in interactions with humans" (*Mitchell et al.* 2000: 9f).

Dieses Projekt ist nicht nur vom Problemzuschnitt her ungewöhnlich, sondern die Projektgruppe ist auch ungewöhnlich heterogen – neben Informatik bzw. KI-Forschung sind Maschinenbau sowie Pädagogik und Psychologie beteiligt. Die Sinnhaftigkeit des gesamten Vorgehens wird durch den Rückbezug auf das historische Vorbild plausibilisiert, und der Roboter selbst, also der Kristallisationspunkt für die konkrete Projektkooperation, in den Kontext eines breit angelegten Universalismus gestellt. Die folgenden Textpassagen schließen unmittelbar an die Beschreibung von Ansatz und technischer Umsetzung des Projektes an:

> „The dynamics and situatedness of this interaction, together with the individual embodiment of robot and child, are exploited in a bottom-up approach in order to guide the children towards coordinated interaction and 'imitation games'. [...]
>
> The project demonstrates how a behavior-oriented control approach which is widely used in artificial life robotics research, can be exploited in the application domain of rehabilitation where the 'human-in-the loop' is part of the design process. [...]
>
> It has been shown that communication and interaction, important aspects of cybernetics, facilitate faster learning in robotics, and [...] might improve education and rehabilitation. Following Wiener's original vision, in contrast to disciplines such as biological sciences, computer science or engineering [...] cybernetics successfully studies artificial life across all its domains" (ebd: 10f).

In diesen Passagen wird nicht nur der Rückbezug auf die Kybernetik explizit, sondern es lassen sich unschwer jene drei Ingredienzien identifizieren, die wir oben als die wesentlichen Bestandteile des Universalismus der klassischen Kybernetik gekennzeichnet hatten: Der „bottom-up"-Ansatz und die „Mensch-Maschine-Symbiose" werden explizit genannt, und auch die scharfe Polemik gegen die etablierten Disziplintrennungen verweist auf eine typische rhetorische Figur der klassischen Kybernetik. Damit positioniert sich diese Forschung sozusagen ‚unmittelbar zu Gott', oder, weniger metaphorisch gesprochen, als Alternative zur modernen, eben disziplinär segmentierten Wissenschaft. Entsprechend wird das Einzelprojekt in den Kontext einer breiten interdisziplinären Gesamtunternehmung gestellt, deren Ausrichtung natur-, technik- und sozialwissenschaftliche Fragestellungen übergreift. In einem Überblicksaufsatz findet sich die folgende Kartierung der Disziplinen und Forschungsrichtungen, die zur Entwicklung von „sozialen" bzw. „sozial interaktiven Robotern" beitragen:

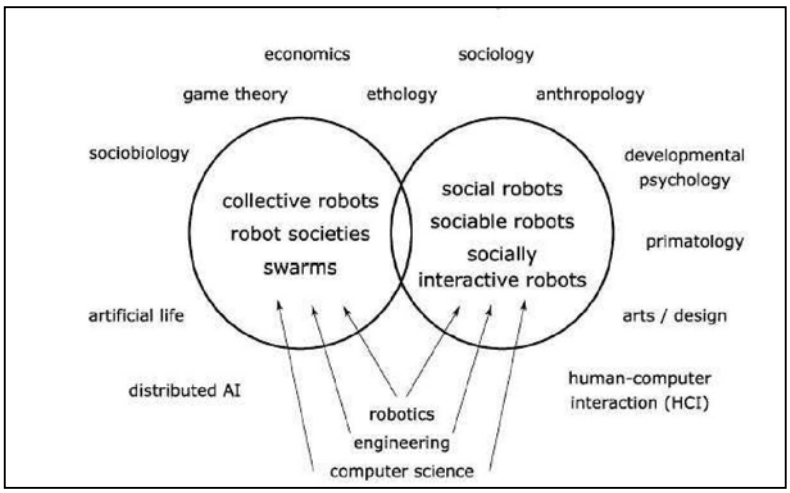

Abb. 3: „Fields of major impact" (*Fong et al.* 2003: 145)

Der historische Rückbezug aktualisiert also das gesamte ‚Paket' des klassischen kybernetischen Universalismus, inklusive des damit verbundenen ‚Willens zur Kooperation'. Allerdings wird an der Zielstellung und Wortwahl des geschilderten Beispielprojektes auch der entscheidende inhaltliche Unterschied zur „manichäischen" wie zur „augustinischen" Phase der klassischen Kybernetik sehr deutlich: Hier soll weder ein aktiv kalkulierender Feind noch die allgemeine, Natur und Gesellschaft übergreifende Tendenz zur Entropie bekämpft werden. Vielmehr sollen sich Roboter, Patient und die spezifischen Fertigkeiten der beteiligten Einzeldisziplinen nach Maßgabe einer übergeordneten – eben universalistischen – Gesamtorientierung wechselseitig und zum Wohle aller Beteiligten ergänzen. Genau diesen Unterschied versuchen wir mit der Metapher vom ‚niedlichen Roboter' zu markieren.

Doch welchen Status hat der historische Rückbezug? Zum Zweck einer ersten Annäherung an diese Frage lassen sich zwei grundsätzliche Möglichkeiten unterscheiden, die höchst unterschiedliche Auswirkungen auf die Stiftung wie die Verstetigung von Kooperationsbeziehungen haben. Die erste Möglichkeit besteht darin, dass es sich um ein Verhältnis der Diskontinuität zwischen der klassischen Kybernetik und ihrer aktuellen Wiederauflage handelt. Eine solche echte Renaissance wird von einem der Klassiker der modernen Historik definiert als die „unmittelbare Begegnung [...] zwischen einer aufwachsenden Kultur und dem ‚Phantom' ihres längst verstobenen Elters" (*Toynbee* 1979: 310). Eine Renaissance kann durch quasi ‚geborgte' Autorität, wie das namensgebende Beispiel der Wende vom Spätmittelalter zur Neuzeit zeigt, durchaus Investitionen in eine unklare kollektive Zukunft motivieren, und ungewöhnlichen Kooperationsbeziehungen durch den Hinweis auf vergangene Größe eine dauerhafte Legitimationsgrundlage verleihen. Die Klassiker müssen allerdings sorgsam gepflegt werden, etwa durch exegetische Anstrengungen, was ebenso wie die Einbettung des ‚toten' Gedankengebäudes in die laufende Praxis aufwändige Kanonisierungsbemühungen erfordert, um aus dem „Phantom" einen funktionierenden bereichsübergreifenden Bezugspunkt überhaupt erst zu konstruieren.

Ganz anders gelagert ist die zweite Möglichkeit, der zufolge der historische Rückbezug nichts anderes ist als der Verweis auf eine tatsächlich bestehende Kontinuitätslinie, die, wie im Falle der Kybernetik, auch dann orientierend wirken könnte, wenn sie eine Zeitlang marginalisiert war oder schlichtweg nicht im Fokus der Aufmerksamkeit stand. Sich auf eine bestehende Traditionslinie zu beziehen bedeutet ganz generell eine Entlastung, denn an Stelle von systematischer Begründung kann darauf verwiesen werden, dass das historische Vorbild in der Praxis bis in die Gegenwart hinein reicht – durch eine Kette von Lehrer-Schüler-Beziehungen, durch typische Denk- und Argumentationsfiguren, durch exemplarische Verfahren und Geräte usw. Damit der Rückbezug zu einem anerkannten bereichsübergreifenden Bezugspunkt werden kann, muss

dann allerdings in eine Rehabilitierung der angerufenen Traditionslinie investiert werden: Es muss plausibel werden, weshalb die Marginalisierung dieser Linie kein Ergebnis wissenschaftlich-technischen Fortschrittes, sondern ein Fehler war; und es muss plausibel werden, weshalb die Wiederaufnahme der marginalisierten Denkweisen und Praktiken gerade zum aktuellen Zeitpunkt angebracht erscheint.

Der Status des Rückbezuges auf die klassische Kybernetik

Wenn wir der Protagonistenperspektive folgen, so lässt sich zunächst feststellen, dass die Kybernetik seit etwa Mitte der 1980er Jahre in einer ganzen Reihe von interdisziplinären Ansätzen ganz explizit als die historische Vorläuferin schlechthin gekennzeichnet worden ist.[15] Gemeinsam ist allen diesen Ansätzen, dass sie sich massiv von der symbolischen KI bzw. dem Kognitivismus abwandten. Zu nennen sind hier etwa Entwicklungen im Umfeld der Neuronale Netze-Forschung, etwa die „computational neuroscience“ (*Churchland & Senjowsky* 1991). So feierte Michael Arbib, ein Schüler McCullochs, die Neuauflage seines Lehrbuchs „Brains, Machines, and Mathematics“ als zweiten Siegeszug der Kybernetik auf dem Feld der KI-Forschung:

> „This is a book whose time has come - again. The first edition (published by McGraw-Hill in 1964) was written in 1962, and it celebrated a number of approaches to developing an automata theory that could provide insights into the processing of brainlike machines, making it accessible to readers with no more than college freshman's knowledge of mathematics. The book introduced many readers to aspects of cybernetics - the study of computation and control in animal and machine” (*Arbib* 1987: vii).

Aber auch Stichworte wie „realweltfähige Automaten“ und „selbstorganisierende Systeme“ in der „Artificial Life“-Forschung, besonders aber die oben am Beispiel illustrierte Herangehensweise der „neuen” Robotik verdeutlichen dieses Wiederauftauchen.[16] Zur Unterscheidung von der herkömmlichen Robotik und der „kognitivistischen KI“ haben sich Begrifflichkeiten wie „verhaltensbasierter Ansatz“ und „autonome Agenten“ eingebürgert (vgl. etwa *Arkin* 1998, *Brooks* 2002, *Murphy* 2000, *Sharkey* 1997). Damit ist gemeint, dass nicht länger überdimensionierte, abstrakt kalkulierende ‚Computergehirne‘ für beliebige ‚Körper‘ konstruiert werden sollen, sondern einfache, dafür aber „verkörperte“ und in ihrer jeweiligen Umwelt „situierte“ Roboterkreaturen. Und genau hier setzt der historische Rückbezug der Protagonisten auf die klassische Kybernetik an. Wenn etwa Rodney Brooks, der Papst der „neuen Robotik”, mit großer historischer Geste eine „artificial life route to artificial intelligence“ (*Steels & Brooks* 1994) skizziert, so beruft er sich auch auf eine „early history of the new AI“ (*Brooks* 1999), deren Traditionslinie bis zu den Robotergerätschaften der klassischen Kybernetik reicht. Dabei werden zwei Vorläufer genannt: Die aus den späten 1940er Jahren stammenden elektromechanischen Schildkröten von Grey Walter, einem der Gastteilnehmer der Macy-Konferenzen; und die „kybernetischen Wesen“ aus Valentino Braitenbergs bekannten Gedankenexperimenten (*Braitenberg* <1984>1993). Mit beiden Apparaturen sollte demonstriert werden, dass sich aus einfachsten Rückkoppelungsmechanismen und der direkten Integration von Sensorinformationen ein so komplexes, d.h. nicht vorhersehbares und adaptives Maschinenverhalten erzeugen lässt, dass biologische oder psychologische Interpretationen dieses Verhaltens möglich werden.

---

[15] Dies wird auch in einigen sozialwissenschaftlichen Rekonstruktionen betont (etwa bei *Edwards* 1996: 327ff; *Heims* 1991: 273ff; *Noble* 1998: 209ff; *Turkle* 1995: 238ff.

[16] Wir können hier nicht darauf eingehen, ob sich analoge historische Rückbezüge auf die klassische Kybernetik auch in Bereichen wie der Kommunikationstechnologie, der Spieltheorie (v.a. der kybernetisch inspirierten Unternehmensberatung) oder der Thematisierung der „Mensch-Maschine-Symbiose“ in der „Virtual Reality“-Technologie (vgl. etwa die historischen Beiträge in *Benedikt* 1992) finden lassen.

Diese explizite Selbstverortung in einer über mehrere Dekaden verschütteten oder zumindest marginalisierten Linie universalistischen Denkens ist zwar häufig, bleibt jedoch in hohem Maße unsystematisch: Die verwendeten historischen Beispiele für Vorgängeransätze variieren von Autor zu Autor, und Beiträge über die „Pioniere“ (etwa *Holland* 1997 zu Grey Walter) tauchen nur vereinzelt in den Programmen der einschlägigen Konferenzzyklen auf. Zudem ist zumindest bislang weder eine Exegese der Vorläufer noch eine dezidierte Ausarbeitung der Traditionslinie publiziert worden. Von einer kanonisierten historischen Erzählung kann also keine Rede sein.

Den wesentlichen Grund für den unsystematischen Charakter der wissenschaftshistorischen Selbstverortung stellt wohl deren argumentative Funktion dar. Denn die Verortung erfolgt ex negativo: Gezeigt werden soll in erster Linie, dass der kognitivistische, vom realen Körper wie von den realweltlichen Einsatzbedingungen eines Roboters abstrahierende Forschungsansatz historisch nicht alternativlos war. So gehört es zur gängigen Folklore im Feld, die Verdrängung einer situierten und „bottom-up”-ansetzenden Vorgehensweise in den 1960er und 1970er Jahren als einen Fehler, als eine unnötige Engführung der „route to artificial intelligence” zu sehen. Mit dieser Engführung wurde dieser Sichtweise zufolge dann auch der disziplinübergreifende Kooperationsimpuls zerschlagen, der der frühen Robotik wie auch den frühen neuronalen Netzen intrinsisch war – der quasi zwangsläufige Bezug der Maschinenintelligenz zu ingenieurialen wie biologischen Fragestellungen wurde so gekappt, und die Protagonisten der „neuen Robotik” schicken sich nunmehr an, diese historische Fehlentwicklung zu korrigieren.

Der historische Rückbezug auf die klassische Kybernetik erfüllt seine argumentative Funktion auf rein illustrativem Wege. An der konkreten Ausführung bestimmter Einzelgeräte soll in Wort und (nahezu immer auch) in Bild die grundsätzliche Sinnhaftigkeit des Gesamtansatzes exemplifiziert werden – oder aber dessen evidente Sinnlosigkeit. So wird typischerweise der Forschungsroboter „Shakey“ von Ende der 1960er Jahre vorgeführt, um ein Gefühl der Absurdität gegenüber einer Robotik zu evozieren, die als Konstruktion von ‚Digitalcomputern mit Rändern‘ angelegt ist.

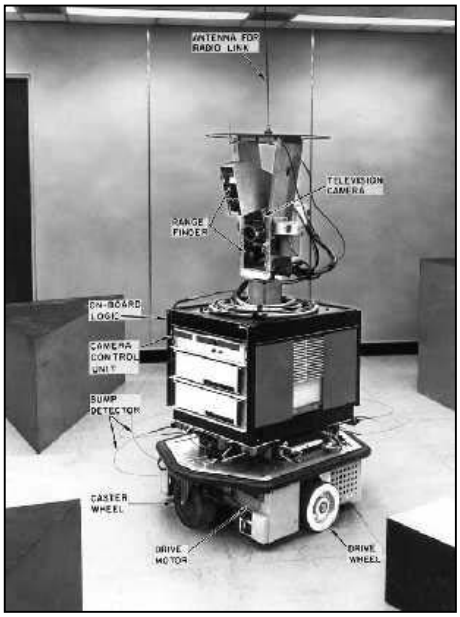

Abb. 4 „Shakey“ (nach: www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/book98/ fig.ch2/Shakey.150.jpg [21.09.03])

Rodney Brooks fasst den Ansatz so zusammen:

> „Shakey, about the size of a small adult, lived in a set of carefully constructed rooms, and sensed large colored blocks and wedges ... Typically, Shakey, so named for the way its camera and transmitter mast shook as it moved, would be commanded to go to a particular room and push a particular colored block to another room ... Eventually Shakey would get to its goal a few meters from where it started and carry out its task – six or eight hours after it started. Most of the time Shakey, the robot shell, sat idle while its remote brain contemplated [...] Shakey was hardly an artificial creature in the way Grey Walter's creations where. It used a completely different approach to being in the world" (*Brooks* 2002: 22f).

Die Botschaft hinter der Schilderung der Funktionsweise der beiden exemplarischen Geräte ist klar: „Shakey" ist störanfällig, von einer grotesken Langsamkeit und zudem nur in einer sorgsam präparierten Umwelt überhaupt zur Aufgabenerfüllung in der Lage. Die „Schildkröten" dagegen waren, obwohl sehr viel einfacher aufgebaut, bereits zwanzig Jahre früher zu realzeitlichem und robustem Verhalten in einer ungekannten Umgebung in der Lage. Da es sich um historische Vorbilder handelt, muss zugleich auch die Investition in Kooperationsprojekte, die um „Shakeys" Nachfahren gruppiert sind, als ein ebenso absurdes oder zumindest zweifelhaftes Unterfangen erscheinen. Durch den Umkehrschluss wird die Investition in den alternativen Entwicklungspfad der zwar im ‚niedlichen' Stadium befindlichen, aber grenzenlos ausbaufähigen Roboter wie etwa Rodney Brooks „Attila" (vgl. Abb. 5) plausibilisiert – einen Entwicklungspfad, der zudem für Themenstellungen der Ingenieurwissenschaften, der Softwareentwicklung, der Hirnforschung, der KI und nicht zuletzt der Biologie viel versprechend erscheint.

Abb. 5: „Attila" (nach: http://www.ai.mit.edu/projects/hannibal/hannibal.html [21.09.03])

Der Rückbezug der heutigen Protagonisten auf die klassische Kybernetik, so lässt sich unsere knappe Skizze zusammen fassen, weist keinerlei Anzeichen von systematischen Kanonisierungsbemühungen und damit für das Vorliegen einer echten Renaissance auf. Dagegen ist es gewiss nicht überinterpretiert, die prominente Rolle von klassischen Geräten wie Grey Walters „Schildkröten" als Bestandteil einer Rehabilitierung zu lesen. Das scheint zusammen mit der expliziten Selbstverortung der Protagonisten in einer alternativen Entwicklungslinie, der „prehistory of the new AI," für das Vorhandensein einer zwar marginalisierten, aber doch vorhandenen Traditionslinie und mithin für eine Kontinuität des kybernetischen Universalismus zu sprechen. Der unsystematische, rein illustrative und mit der Negation argumentierende Charakter dieser Selbstverortung führt allerdings zu dem Verdacht, dass sich in dem Zeitraum bis zur breiten Wiederaufnahme der kybernetischen Ansätze deren Kooperation stiftender Charakter einschneidend verändert hat. Und genau dafür lassen sich eine ganze Reihe von Indizien finden.

Konturen des neuen kybernetischen Universalismus

Ein Indiz für eine gänzlich andere Form von universalistisch begründeten Kooperationen lässt sich bei der Ausarbeitung der konzeptionellen Grundlagen für diese Kooperationen finden. So

hat Ronald Arkin die Fruchtbarkeit von Modellierungsansätzen aus Psychologie, Neurowissenschaften und Ethologie für das Design von Robotersystemen herausgestellt (*Arkin* 1990), wobei er die genannten Disziplinen zum „impact of cybernetics" zusammenfasst. Diese Argumentation dient ihm zunächst als Grundlage für die nun schon bekannte rigide Ablehnung der klassischen KI und Robotik:

> „The strict application of engineering methods without consideration of cybernetic issues is, in our estimation, a mere shot in the dark ... we contend that these methods cannot deal well with the generalities and unpredictabilities of a world that resists pure analytical modeling" (ebd: 1256).

Er warnt allerdings im gleichen Atemzug vor Überverallgemeinerungen:

> „We are also skeptical of pushing too hard in the other direction – that of creating artificial beings that are reproductions of their biological basis" (ebd.), denn: „Our primary goal is not to test out cybernetic theories of control ... but rather to produce more intelligent robotic systems" (ebd: 1245).

Ein solcher pragmatischer, in die jeweilige Fragestellung flexibel eingepasster Ansatz ist neu im Zusammenhang mit dem kybernetischen Universalismus, jedoch typisch für den Umgang mit konzeptionellen Grundentscheidungen in der „neuen Robotik." Fragen wie etwa die nach der biologischen Plausibilität der grundlegenden Konzepte oder die nach der Sinnhaftigkeit von Simulationen für „verkörperte Roboter" werden je nach Begründungserfordernis oder Kooperationssituation entweder als rigide Grundsatzentscheidungen oder aber als philosophische Metafrage jenseits der Praxis behandelt, so dass ein Rückzug auf die jeweils disziplinären Fragestellungen und Standards jederzeit möglich ist. Und ein historischer Rückbezug auf eine lange marginalisierte Linie wie die Kybernetik, der zudem unsystematisch und gleichsam inoffiziell bleibt, scheint für einen solchen Wechsel der Register besonders geeignet zu sein. Insofern finden sich hier konzeptionelle Vagheiten, die in vergleichbarer Weise schon den klassischen kybernetischen Universalismus geprägt haben – diese Vagheiten münden allerdings nicht in eine Dynamik von „Totalisierungsschritten" wie bei der historischen Vorläuferin.

Diesem inoffiziellen Muster der konzeptionellen Grundlegung korrespondiert eine entsprechende institutionelle Rahmung des neuen kybernetischen Universalismus. Denn nicht nur der historische Rückbezug der Robotiker auf die klassische Kybernetik bleibt unsystematisch, sondern auch jene Vereinigungen, die sich der Pflege des kybernetischen Denkens gewidmet haben, produzieren typischerweise unscharfe und für nahezu jede Interpretation offene Deutungsangebote, die sich zudem zu widersprechen scheinen: So weist bereits die jeweilige Basisdefinition von Kybernetik eine Bandbreite auf, die von der engen Bestimmung, die wir auch in diesem Aufsatz zu Grunde gelegt haben, bis hin zu sehr umfassenden Definitionen reicht, die jedwedes systemtheoretische Philosophie mit einbeziehen. Veröffentlicht werden diese Darstellungen nahezu ausschließlich in umfangreichen Internetforen.[17] Dort wird die Festlegung auf eine kanonische Version der Geschichte der Kybernetik ganz bewusst vermieden. So heißt gleich es zu Beginn der „timeline of cybernetics" der *American Society for Cybernetics* (ASC):

> „Unfortunately, assembling a linear timeline for cybernetics is not as straightforward as in the case of other disciples. Cybernetics precipitated out of diverse threads of works fortuitously intersecting during the 1940's. In the ensuing decades, the themes circumscribing cybernetics' original definition diverged again to engender or facilitate the rise of an even greater diversity of fields, labels, and disciplines" (*ASC* 2003).

---

[17] Für unsere Bearbeitung haben sich die Seiten der *American Society for Cybernetics* (http://www.asc-cybernetics.org/index.htm), des *Principia Cybernetica Web* (http://pespmc1.vub.ac.be/CYBSWHAT.html) sowie der britischen Cybernetics Society (http://www.cybsoc.org/about-soc.htm) als besonders nützliche Repositorien erwiesen. Die *World Organisation of Systems and Cybernetics* (WOSC) versteht sich als ein loser Dachverband von 35 verschiedenen Kybernetik-Vereinigungen.

In diesen Zeilen wird der absichtliche Verzicht auf eine einheitliche, damit der Hobby-Archäologie der Enthusiasten entzogenen Version der wissenschafts- und technikhistorischen Zusammenhänge mit Händen greifbar.[18] Der Verzicht auf jedwede Bemühung um Vereinheitlichung wird, um nur ein weiteres Beispiel zu nennen, auch an der Selbstverortung der *Systems, Man and Cybernetics Society* (SMC) der IEEE deutlich, die zu Beginn der 1970er Jahre aus dem Zusammenschluss der *Man-Machine Systems Group* (die wiederum aus der *Human Factors in Electronics Group* hervor gegangen war) und der *Systems Science and Cybernetics Group* entstanden war. Dieser professionelle Zusammenschluss versteht sich, nach dem Worten seines langjährigen Vorsitzenden (und Herausgebers der einflussreichen gleichnamigen „IEEE Transactions"), keineswegs als ein sortierend-vereinheitlichendes und somit paradigmenbildendes Gremium. Als professionspolitischer Erfolg wird vielmehr die systematische Organisation von Gelegenheit ausgewiesen:

> „From the very beginning of this newly formed SMC Group, itself the result of having been within an incubator environment of sorts, has itself become a recognized incubator for new technologies at the cutting edge of engineering" (*Sage* 2000: 12).

Die Organisationsform des neuen kybernetischen Universalismus weist also deutlich strukturiertere Zusammenhänge auf als nur personale Netzwerke mit gelegentlichen Treffen (wie die „Macy-Konferenzen"), doch eine von der weltgeschichtlichen Ausnahmesituation motivierte Forderung nach einem „alle Wissenschaften umfassenden Institut" ist dem neuen kybernetischen Kooperationsimpuls vollkommen fremd. Es handelt sich eher um eine Vielzahl lokaler und häufig neu zusammen gesetzter Kooperationsprojekte, die von einem zwar gepflegten, aber nie autoritativ festgezurrten universalistischen „spirit" (ebd) motiviert sind.

Das letzte und wohl augenfälligste Indiz für den Wandel der kybernetischen Kooperationen sind deren Applikationsfelder. Denn neben den ernsten Anwendungsfeldern der Servicerobotik (wie im Beispiel der Rehabilitation) werden in der Breite vor allem einfache Vehikel als „educational tool" (*Miglino et al.* 1999) eingesetzt. Deren interdisziplinäre Funktion ist in erster Linie die Ausbildung; „teaching powerful ideas with mobile robots" (*Pfeifer* 1996) soll Studierenden verschiedenster Fachbereiche auf spielerische Weise die Einsicht vermitteln, dass verkörperte Intelligenz, wie trickreich sie auch programmiert sein mag, immer an realweltliche Grenzen stößt. Der gleiche Grundgedanke ist im transdisziplinären Kontext der Roboterspielzeuge, etwa der „toys to think with" aus Lego (*Resnick et al.* 1996), zu einem veritablen pädagogischen Konzept ausgearbeitet, das die frühen kybernetischen Vehikel mit lerntheoretischen und konstruktivistischen Konzeptionen auflädt. So kann es nicht verwundern, dass inzwischen mehrere Anleitungen zu Experimenten mit realisierten Braitenberg-Vehikeln in Netz kursieren, und ein Bausatz für mechanische Schildkröten (als „CyBot") auch für Amateure zu erwerben ist.

In einem Zwischenfazit unseres systematischen Blickes auf die Protagonistenperspektive können wir drei Ergebnisse festhalten. Wir haben erstens eine Reihe von Beispielen vorgestellt, wie die Protagonisten den historischen Rückbezug auf die klassische Kybernetik als eine wichtige, wenn nicht konstitutive Motivation und Legitimation für das breite inter- und transdisziplinäre Kooperationsfeld der „neuen Robotik" darstellen. Der unsystematische Charakter dieser Darstellung hatte allerdings den Verdacht erweckt, dass mit der Wiederauflage des kybernetischen Universalismus nicht nur ein inhaltlicher Wandel, der vom Flugabwehrgeschütz zum ‚niedlichen Roboter', einhergeht, sondern dass sich auch die Form dieser Kooperationen und damit auch die Form des Bezugpunktes, der sie stiftet, drastisch gewandelt hat. Und tatsächlich lassen sich, so unser zweites Zwischenergebnis, eine ganze Reihe von Indizien für einen solchen Wandel finden: Die Kooperationen der „neuen

---

[18] Die anschließende „timeline" beginnt, auch das ist typisch, dann mit den alten Griechen, und zwar noch vor Platons Definition von „kybernetike" als Steuermannskunst.

Robotik“ überbrücken zwar die Differenz der Gegenstandsbereiche von Biologie, Psychologie und Ingenieurwissenschaften in einer direkten Weise, doch werden letzte konzeptionelle Festlegungen im Vagen gehalten. Eine konzeptionelle Zuspitzung, die etwa der oben geschilderten Funktion des Teleologie-Begriffs der klassischen Kybernetik vergleichbar wäre, wird heute offenbar bewusst vermieden. Zudem bringt der Universalismus der „neuen Robotik“ sowohl abstrakte, wenn nicht esoterische Fragestellungen („Wie funktioniert das Gehirn?“, oder: „Unter welche Bedingungen können intelligente Systeme überleben und evolvieren?“) als auch ganz handfest-ingenieuriale Fragestellungen („Wie muss ein mechanischer Körper gebaut sein?” oder: „Wie lässt sich die Performanz einer Klasse von Software verbessern?”) dauerhaft zusammen, wie das auch schon in der klassischen Kybernetik der Fall gewesen ist:

> „Weaver and Wiener’s trajectories crossed at a highly abstract level (how to produce a highly general definition of information) and at a highly concrete one (how to calculate a maximally accurate missile path).” (*Bowker* 1993: 109)

So typisch das Überspringen von üblicherweise scharf getrennten epistemologischen Ebenen für den neuen kybernetischen Universalismus ist, so wenig wird die „Totalisierung“ (Galison) der klassischen Kybernetik wiederholt. Vielmehr gemahnt die Nutzung des Universalismus an „horizontale Mediation“[19], denn je nach Situation werden epistemologische Differenzen aufgehoben oder aber zum Zwecke des disziplinären Rückbezuges betont. Diese ‚flexible Unbedingtheit‘ wird, so unsere Vermutung, durch den inoffiziellen Charakter der konzeptionellen Grundlagen, der institutionellen Rahmung wie der wichtigsten Applikationen des neuen kybernetischen Universalismus erst ermöglicht – und ist offenbar für Kooperationen ‚auf Augenhöhe‘ besser geeignet, da sie weder den Frontalangriff auf die moderne Ausdifferenzierung erfordert, noch von den Wechselfällen der Zeitumstände abhängig ist.

Als ein drittes Ergebnis lässt sich festhalten, dass es eine hohe Evidenz für das Vorliegen einer tatsächlichen Traditionslinie von der klassischen zur Kybernetik bis zur “new wave of robotics” gibt. Auf Grund des inoffiziellen, negativistischen und rein illustrativen Charakters des Rückbezuges auf die historischen Vorläufer des ‚niedlichen Roboters‘ ist aus der Protagonistenperspektive allerdings keine ausbaufähige Auskunft darüber zu erwarten, wie die kybernetische Denk- und Handlungspraxis und insbesondere der interdisziplinäre Kooperationsimpuls mehr als zwei Dekaden der Marginalisierung überdauern konnte, und welche Faktoren für seine Aktualisierung unter gänzlich veränderten wissenschaftlichen, technischen und nicht zuletzt sozialen Bedingungen verantwortlich sind. Daher erscheint es uns angebracht, noch einmal zur Perspektive der distanzierten sozialwissenschaftlichen Rekonstruktion zu wechseln – und damit die Orientierung an der Metapher vom ‚niedlichen Roboter‘ endgültig zu verlassen.

Sozialwissenschaftliche Erklärungen des ‚Überwinterns‘ des kybernetischen Universalismus

Wie schon im Falle des so amodern anmutenden Universalismus der klassischen Kybernetik wie im Falle seiner Zerstreuung finden sich in den STS auch eine Reihe von

---

[19] Vgl. *Wise* (1993) zu einer ganz analog aufgebauten Rekonstruktion des transdisziplinären Universalismus der Aufklärung, der sich sowohl auf der horizontalen Ebene der „Mediation“ zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Praxisfeldern wie auf der vertikalen Ebene der Vermittlung von hochabstrakten und ganz konkreten Gegenstandsbestimmungen bewegte. Wise versucht die vertikale Vermittlung als Ineinandergreifen einer Bewegung der „Reifikation“ (v.a. der Herstellung von „Messbarkeit“) und einer gegenläufigen Bewegung der „Idealisierung“ zu fassen. Wir wollen hier offen lassen, ob dieses Konzept sinnvoll auch auf einen Gegenstand wie die Wiederauflage der klassischen Kybernetik angewendet werden könnte.

Interpretationsvorschlägen, die auf die sozialen Kontexte des ‚Überwinters' der Kybernetik abstellen.

Jene Rekonstruktionsansätze, die wir auf Grund der Übereinstimmung mit der Folklore im Feld als ‚kanonisch' bezeichnet haben, verorten das ‚Überwintern' des Kooperationsimpulses der Kybernetik an den Rändern von Disziplinen, die nicht im Zentrum der Ursprungskonstellation standen. Als aussichtsreiche Kandidaten als Träger einer solchen ‚Winterschlafes' der Kybernetik werden etwa die Hirnforschung, die Forschung zu neuronalen Netzen und insbesondere „specialities" wie etwa die „computational neuroscience" genannt:

> „And neural nets were not completely abandoned: a few researchers continued working in this area, but they were displaced from artificial intelligence to other disciplines" (*Olazaran* 1996: 612).

Den Anhängern kybernetischer Ideen gelang es nach Auffassung dieser Interpretation erst im Zuge der radikalen Kostenreduzierung der Computertechnik während der achtziger Jahre und der damit einhergehenden Öffnung des Zugangs zu den entsprechenden forschungsstrategisch bedeutenden Ressourcen, auch in Feldern wie der Maschinenintelligenz wieder Fuß zu fassen (vgl. Olazaran 1996: 642ff).

Eine andere Interpretation stellt darauf ab, dass kybernetische Konzeptionen zwar die Kernbereiche etablierter Forschungen besetzen konnten, aber um den Preis einer visionsfreien, weitgehend implizit bleibenden Reduktion auf das ingenieuriale Feld der Regelungs- und Steuerungstechnik. In diesem Sinne hat Werner Rammert die Kybernetik als wichtigste Grundlage des „hochtechnologischen Paradigmas" der Maschinenkommunikation und -kopplung gekennzeichnet, welches in der Nachkriegszeit das alte Maschinenbauparadigma der Stoff- und Energieumwandlung ablöste:

> „Die gegenwärtigen technologischen Theorien haben sich dementsprechend von Konzepten der Orts- und Formveränderungen von Körpern, der energetischen Umwandlung und der kinematischen Bewegung hin zu Konzepten der Regelung von Prozessen, der Übertragung von Nachrichten und der Verarbeitung von Informationen bewegt. Kybernetik, Informatik und Allgemeine Systemtheorie bilden ihre Grundlagen. Es hat in der Technologie ein Paradigmenwechsel von der Kinematik zur Informatik stattgefunden" (Rammert 1995: 84).

Beschränkt auf die rein technischen Ebene, und damit das Zusammenspiel verschiedener Ingenieursdisziplinen und -kulturen, verlor demzufolge die transklassische Kybernetik die Führungsrolle als Stichwortgeberin der aktuellen bereichsübergreifenden Diskussionen (ebd: 67).

Andere Interpretationen skalieren höher, und verorten die Tradierung kybernetischer Praxis in gesellschaftlichen Teilbereichen, die der Aufmerksamkeit von Wissenschaft wie Öffentlichkeit weitgehend entzogen waren. Paul Edwards hat die Militärforschung als einen solchen Kontext beschrieben (vgl. auch *Friedewald* 2000), der zwar konzeptionell von den Vertretern der symbolischen KI besetzt werden konnte, nicht aber in der Praxis. Solange sich die Automatisierungsträume nicht restlos erfüllten (und das taten sie nicht), blieben menschliche Fähigkeiten notwendiger Bestandteil des Militärapparates. Deshalb blieb die kybernetisch, insbesondere vom Gedanken einer „Mensch-Maschine-Symbiose" inspirierte Forschung in diesem Kontext relevant, da sie, gleichsam aus dem Schatten heraus, die Unzulänglichkeiten der strategischen Großrechner zu korrigieren vermochte (*Edwards* 1996: 264ff). Edwards spricht von zwei Wegen innerhalb der Militärforschung:

> „One was a kind of automation: how to "get man out of the loop" of precision-critical machines, to duplicate and then improve on human prediction and control functions by artificial means. The other was integration: how to incorporate man more smoothly and efficiently into those "loops" where their presence remained necessary – into the chain of command – by analyzing them as mechanisms of the same type and knowable through the same kinds of formalisms as the machines themselves" (ebd: 271).

Erst mit dem Zusammenbruch des Techno-Regimes des Kalten Krieges, so diese Interpretation weiter, dem globalen Übergang von der „closed world" zur „green world", konnten kybernetische Ansätze und entsprechend motivierte Kooperationen wieder freigesetzt und in die zivile Forschung zurück getragen werden (ebd: 303ff, 353ff).

Globale Kontexte stehen auch im Fokus jener wissenschaftshistorischen Erklärungsansätze, die ein geografisches Exil der Kybernetik in politischen Systemen abseits der westlichen Forschungszentren konstatieren. So erlebte die Kybernetik als Universalwissenschaft in den 1960er Jahren eine kurze, aber heftige Blütezeit in der Sowjetunion und ihren Sattelitenstaaten[20] (vgl. *Gerovitch* 2002; zum Fall der DDR vgl. *Segal* 1999). Und die sozialistische Regierung Salvador Allendes beauftragte eine Gruppe um den Kybernetiker Stafford Beer, die chilenische Wirtschaft und Gesellschaft nach kybernetischen Maßstäben neu zu organisieren (vgl. *Pickering* 2001).

So unterschiedlich die knapp referierten sozialwissenschaftlichen Interpretationsvorschläge gelagert sind, so stellen sie doch alle ab auf ein ‚Überwintern' des kybernetischen Universalismus in anderen sozialen Kontexten als denjenigen, die für die Entstehungssituation der Kybernetik kennzeichnend waren. Somit können diese Interpretationen als eine Bestätigung des Befundes gelesen werden, dass der heutige Rückbezug auf die klassische Kybernetik keine echte Renaissance darstellt, sondern eine tatsächlich vorhandenen Traditionslinie reaktualisiert. Welche Faktoren diese Reaktualisierung angestoßen haben, darüber geben die sozialwissenschaftlichen Rekonstruktionen allerdings keine zufriedenstellende Antwort, und eine umfassende, das heißt die Skalierungsebenen (von randständigen Disziplinen über ingenieuriale Paradigmen bis hin zu globalen Kontexten) integrierende Interpretation ist bislang ein Desiderat. Besonders die Frage, wie die Kontinuität der Kybernetik bei gleichzeitigem Wandel ihrer inhaltlichen ‚Färbung' und der Form der durch sie gestifteten Kooperationen erklärt werden kann, lässt sich auf der Grundlage der vorliegenden Studien nur schwer adressieren.

4. Verkörperungen der Kybernetik: Stationen einer Genealogie epistemologischer Spielzeuge

Wenn der heutige Rückbezug auf die klassische Kybernetik nicht auf ‚geborgte Autorität', sondern auf eine tatsächlich vorhandene Kontinuitätslinie verweist, so könnte dies auch auf eine Art rekonstruiert werden, die unseres Wissens bislang noch nicht versucht wurde. Im folgenden wollen wir wenigstens die Eckpunkte eines solchen Versuches skizzieren, der weder auf soziale Kontexte noch auf eine Ideengeschichte von Großkonzepten abstellt, sondern direkt an der Protagonistenperspektive ansetzt und die „prehistory of the new AI" (Brooks) als eine sequentielle Reihe von exemplarischen Geräten betrachtet.

Ein solcher Rekonstruktionsversuch kann an den Begriff des „Exemplars" aus Thomas Kuhns bekanntem „Postskriptum" anschließen: Solche „Musterbeispiele" (*Kuhn* 1976: 199) sind definiert als

> „die konkreten Problemlösungen, die, als Vorbilder oder Beispiele gebraucht, explizite Regeln als Basis für die Lösung der übrigen Probleme der ‚normalen Wissenschaft' ersetzen können" (ebd: 186).

[20] Bis zum Ende der 1950er Jahre galt die Kybernetik jenseits des Eisernen Vorhanges noch als westliche Pseudowissenschaft. Eine Wende löste neben Wieners Auftritt vor der sowjetischen Akademie der Wissenschaften im Jahr 1960 wohl vor allem Nikita Chruschtschows Rede von 1961 aus, in denen dieser die Kybernetik als eine ‚zu fördernden Wissenschaft' bezeichnete. Im Laufe der sechziger Jahre hielt die Kybernetik dann auf breiter Front Einzug in den sowjetischen Machtbereich . Dort gelang den Kybernetikern, was ihren Genossen in den USA verwährt geblieben war: sie konnten sich insbesondere an technischen und philosophischen Instituten etablieren und bereichsübergreifende Periodika gründen (vgl. Apter 1972).

Bei Kuhn selbst auf die Frage des Erlernens von Paradigmen in der Ausbildung bezogen, kann die Verkörperung des Ganzen einer wissenschaftlichen Denk- oder Herangehensweise in „konkreten Beispielen für ihren Gebrauch“ (ebd: 199), so unser Vorschlag, auch auf die verwandte Frage der Tradierung einer paradigmenübergreifenden Konzeption wie der Kybernetik übertragen werden. Dafür müssten wesentliche Stationen einer derartigen Tradierung identifiziert werden, und diese Linie der Verkörperung am exemplarischen Gerät müsste sich bis in die klassische Kybernetik zurück verfolgen lassen.

Die Demonstration der grundlegenden Prinzipien der Kybernetik anhand einfachster servomechanischer Gerätschaften lässt sich tatsächlich bereits bei Wiener selbst finden. Seine mechanische „Motte“ oder „Wanze“ stellte er als einen kleinen dreirädrigen Wagen vor, der durch einen Motor an der Hinterachse angetrieben wurde. Das Vorderrad war über die Lenkstange an ein Paar nach vorn gerichteter Fotozellen gekoppelt, die mittels des Spannungsunterschieds zwischen den Zellen dem Lenkmotor die Richtung einer Lichtquelle anzeigten.

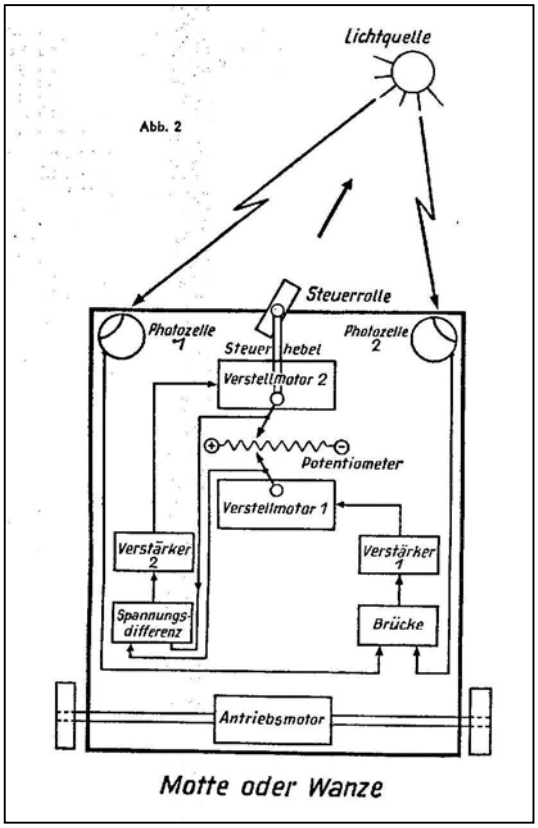

Abb. 6: „Schaltbild zu Wieners Motte/Wanze“ (*Wiener* <1949>1952: 176)

Während dieser Apparat in der einen Einstellung – als „Motte“ – die Nähe des Lichts ansteuerte, entfernte sich der Wagen in der zweiten Einstellung – als „Wanze“ – von der Quelle. Ganz im Geiste der „augustinischen“ Phase der Kybernetik erklärte Wiener diesen primitiven Mechanismus zur maschinellen Realisierung von basalem „Verhalten“, und verglich es unmittelbar mit der Verfolgung von Zwecken:

> „[Es] ist der willentlichen Rückmeldung beim Menschen analog, denn wir nehmen an, dass willentliches Handeln im wesentlichen eine Wahl zwischen Tropismen ist“ (*Wiener* <1949>1952: 175).

Zudem wollte Wiener Störungen des Apparats, die sich aus einer Überlastung des Verstärkers ergaben und sich in einer hin- und herpendelnden Bewegung bemerkbar machten, als ein Analogon zu Nervenstörungen (Tremor) verstanden wissen – womit er die „Motte” auch zur

Untersuchungsplattform für einen Erkenntnisgewinn in der Neuropathologie aufwertete (vgl. ebd: 177). Bereits bei Wiener selbst ist also der Kooperation stiftende Universalismus direkt an das „Exemplar“, d.h. die Roboterapparatur, gekoppelt.

Wiener selbst verweist auf die enge Verwandtschaft seines Demonstrators mit den „mechanischen Schildkröten“ von Grey Walter, eine heute vielfach als Vorläufer zitierte kybernetische Gerätschaft, die wir im vorangegangenen Kapitel bereits angesprochen hatten. Walters Miniaturwagen glichen in ihrem Grundaufbau weitgehend der Wienerschen Konstruktion, waren darüber hinaus aber noch mit Fühlern ausgestattet, die über einen elektrischen Kontakt die Berührung von Hindernissen signalisierten. Zudem waren zwei Geräte – liebevoll „Elsie” und „Elmer” getauft – mechanisch realisiert; beide trugen eine elektrische Lampe, um ihren Zwillingsroboter zu erkennen, was die Herstellung von rudimentärem „Sozialverhalten“ ermöglichte (vgl. *Walter* 1950a; *Walter* 1950b, sowie die umfassende Interpretation *Hayward* 2001). Walter demonstrierte das Verhalten seiner Roboter vielfach, und zwar sowohl für ein wissenschaftliches Fachpublikum als auch für ein Laienpublikum, etwa auf Wissenschaftsausstellungen (siehe Abb. 7).

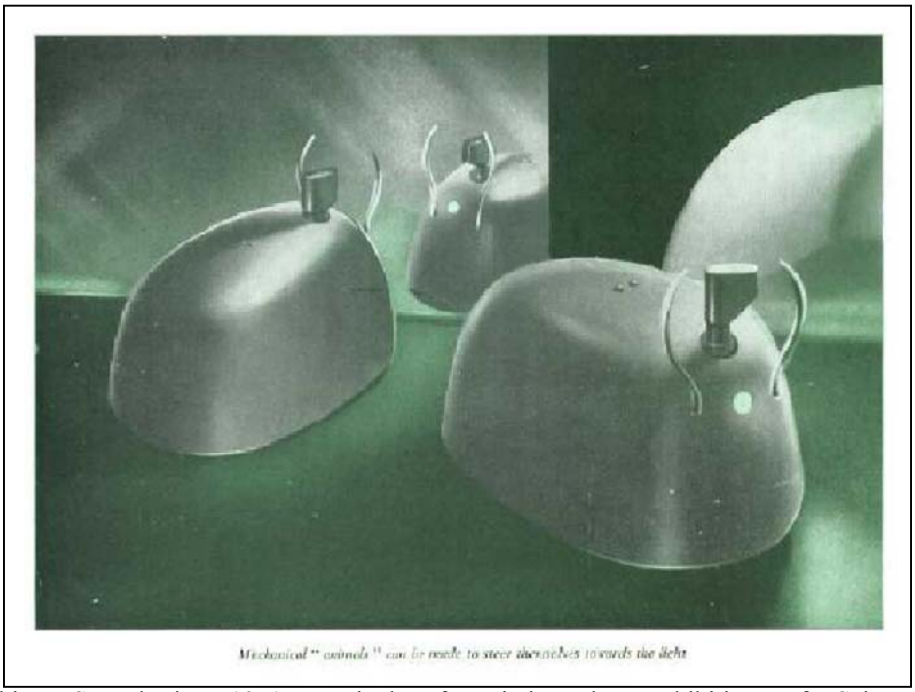

Abb. 7 „Machina Speculatrix, 1951 Festival of Britain, the Exhibition of Science” (nach: http://jwgibbs.cchem.berkeley.edu/science1951/speculatrix.html [24.07.2003])

Die Bezeichnung als „Machina speculatrix“ verweist auf die zahlreichen Analogieschlüsse, die Walter zwischen dem emergenten Maschinenverhalten und der menschlichen Verhaltenspsychologie zog: In Dunkelheit vollführte die Schildkröte zufällige Bewegungen, als würde sie absichtlich etwas „suchen.“ Stieß sie dabei auf ein Hindernis, bog sie ab, als versuchte sie es zu „umgehen.“ Wenn die Schildkröte eine Lichtquelle registrierte, bewegte sie sich wie fest “entschlossen” auf sie zu, und hatte sie den optimalen Einfallswinkel des Lichts gefunden, hielt sie inne als sei sie nun „zufrieden.“ Zwischen zwei gleich starken Lichtquellen positioniert bewegte sich die Schildkröte ständig von der einen zur anderen, ähnlich einem Menschen, der angesichts zweier verlockender Angebote unfähig ist, eine endgültige „Entscheidung“ zu treffen.

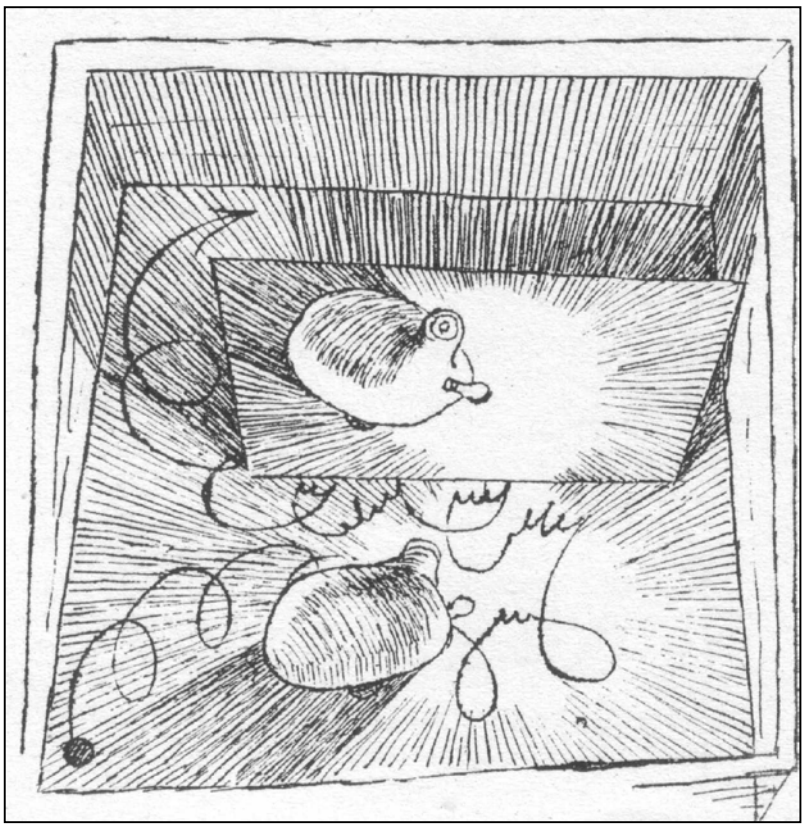

Abb. 8 „Mirror Dance" (*Walter* 1950b: 44)

Wenn zwei Schildkröten einander (an den leuchtenden Lämpchen) erkannten, krochen sie wie von „gegenseitigem Verlangen" getrieben aufeinander zu, und vor einen Spiegel gesetzt, vollführten die Schildkröten, angezogen vom eigenen Licht, gar einen „narzisstisch" anmutenden Tanz (siehe Abb. 8):

> „The creature therefore lingers before a mirror, flickering and jigging like a clumsy Narcissus" (*Walter* 1950a: 93).

Die geschilderten servomechanischen Gerätschaften waren wie gesehen sehr einfach. Sie bestanden aus nur drei miteinander rückgekoppelten Elementen: wahrnehmenden, ausführenden und regelnden Schaltungen. Dennoch kann kein Zweifel daran bestehen, dass sowohl Wiener, das auch disziplinär anerkannte Genie, wie auch Walter, der multidisziplinär interessierte Außenseiter, diese Gerätschaften als prototypische Realisierungen von fundamentalen Verhaltensprinzipien verstanden haben – Prinzipien, die als bruchlos von Maschinen auf Organismen und Menschen übertragbar und mithin als universalistisch verstanden wurden. Ganz auf dieser Linie lassen sich in den 1960er Jahren einige mechanische „Organismen" finden,[21] die eine Brücke bis zur „sensormotorischen Koppelung," die für die „new wave of robotics" der letzten zwei Dekaden so zentral ist, zumindest zu einer wissenschafts- und technikhistorisch plausiblen Annahme machen.

[21] Um nur zwei Beispiele zu nennen: Das Robotervehikel namens „Johns Hopkins Beast" konnte seine Elektromotoren selbständig über das universitäre Stromnetz aufladen und wies damit eine „den meisten Haustieren überlegene Autonomie" auf (*Moravec* 1988: 7, siehe Abb. 9). Und der bundesdeutsche Kybernetiker Karl Steinbuch erwähnte in seiner Liste „kurioser Modelle" u.a. Berkeleys „Eichhörnchen," das zufällig im Raum verstreute Metallkugeln einsammelte, sowie Eichlers „Roboterschildkröten," die den Pawlowschen „bedingten Reflex" nachahmten (*Steinbuch* 1965: 208).

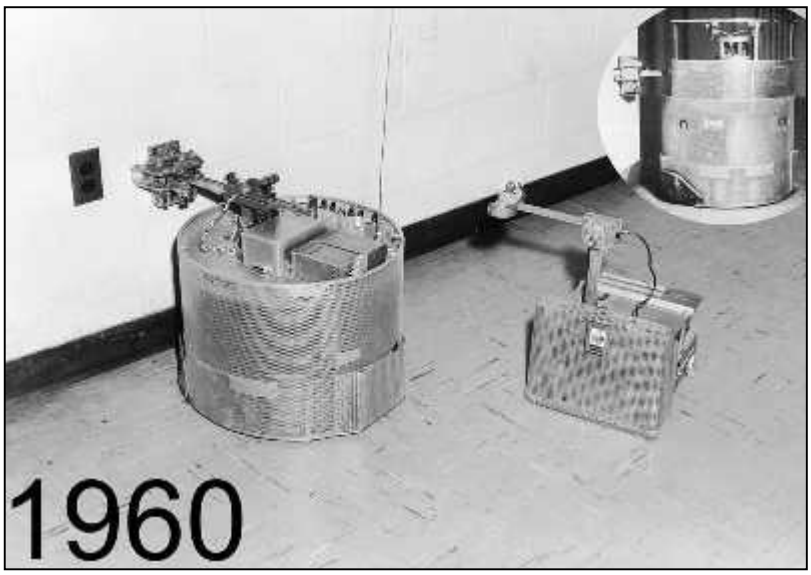

Abb. 9: „Johns Hopkins Beast" (nach: http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/robot.papers/2000/revo.slides/1960.jpg [24.07.2003])

Die Funktion der bislang geschilderten kybernetischen Apparaturen ist zwar nur die Demonstration, doch als „Exemplare" betrachtet, verweisen die mit ihnen verbundenen weit reichenden Erklärungsansprüche auf die oben (Abschnitt 2) geschilderte quasireligiöse Unbedingtheit der klassischen Kybernetik. Gerade diese Unbedingtheit ist aber, so unser Befund, auf dem Weg zur heutigen Robotik relativiert worden – der ‚niedliche Roboter' bildet auf Grund seines inoffiziellen und spielerischen Charakters einen interdisziplinären Bezugspunkt. Damit ergibt sich die Anschlussfrage, ob und wie dieser inhaltliche Wandel ebenfalls durch eine Geschichte der Tradierung am exemplarischen Gerät erklärt werden kann. Dies ist aus unserer Sicht möglich, denn es existiert eine weitere Linie einfacher Robotergeräte, die zwar ebenfalls der Demonstration bereichsübergreifend gültiger Prinzipien dienten, allerdings den spielerisch-unernsten Charakter der Demonstration heraus stellen und daher die Apparate immer mit einem Augenzwinkern darstellen und interpretieren. Auch diese Linie lässt sich bis zur Endphase der klassischen Kybernetik, genauer gesagt: bis zu den Macy-Konferenzen zurück verfolgen.

Als erstes „Exemplar" dieser Linie kann die „elektronische Ratte" betrachtet werden, die Claude Shannon 1952 auf der achten Macy-Konferenz vorführte. In Anlehnung an den altgriechischen Sagenhelden „Theseus" getauft, war diese kybernetische Apparatur in der Lage, das Verhalten einer echten Laborratte im Labyrinth zu imitieren (vgl. zum folgenden *Shannon* <1952>2000: 289ff). Die „Ratte" war ein magnetisiertes, einige Zentimeter langes Stück Stahl auf Rädern, deren Steuerungsmechanismus sie zunächst aufs Geratewohl in ein benachbartes Feld führte, also die Zufallsstrategie des Trial-and-Error imitierte. Stieß die Ratte auf ihrem Wege von einem Quadrat in ein anderes auf ein Hindernis, so schloss sich das entsprechende Relais im Gedächtnisspeicher, d.h. ein Teil des Labyrinthplans wurde ins Gedächtnis eingeprägt. Anschließend setzte die Ratte ihren Weg nach dem Zufallsprinzip fort. Dabei erlebte sie „Erfolge" und „Misserfolge" und prägte sich auf diesem Wege immer mehr Kenntnisse über die Lage der Zwischenwände des Labyrinths ein. Vollkommen zufällig erreichte sie schließlich das Ziel. In diesem Zustand blieben alle Relais geschlossen, so dass der von der Ratte erforschte Teil des Labyrinths im Gedächtnis der Rechenapparatur gespeichert blieb. Wurde die Ratte von neuem in die Ausgangsposition zurückversetzt, bewegte sie sich durch den bereits bekannten Teil des Labyrinths auf kürzestem Weg ins Ziel. Setzte man die Ratte dagegen in ein noch unbekanntes Quadrat, begann sie wieder mit der

zufälligen Suche, bis sie auf eines der bekannten Quadrate gerät, aus dem sie sofort den kürzesten Weg zum Ziel fand.[22]

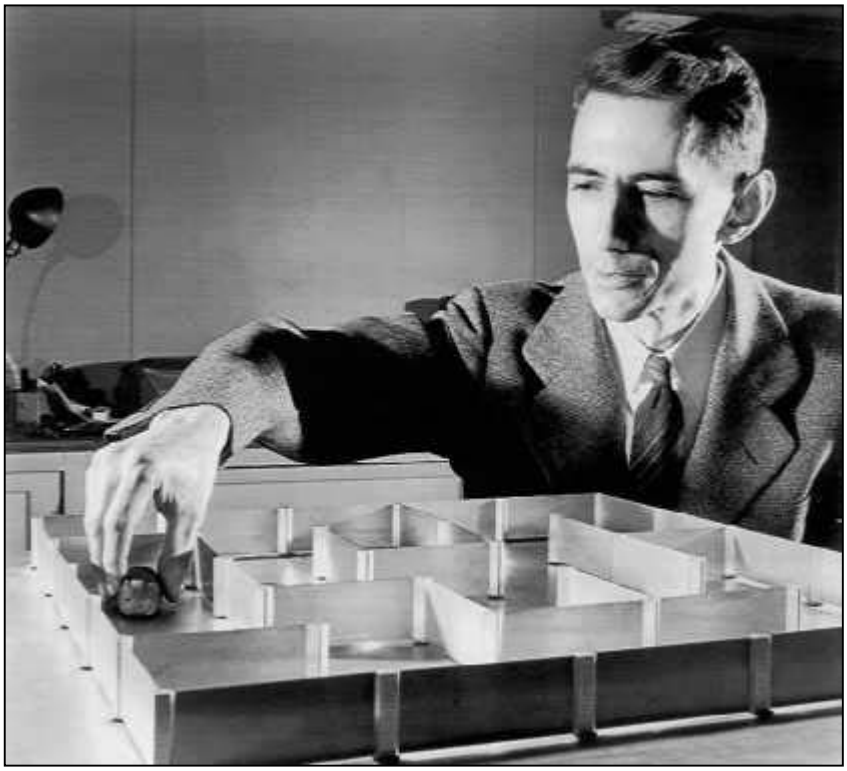

Abb. 10: „Claude Shannon und sein Labyrinth" (nach: http://www.bell-labs.com/news/2001/february/26/1.html [24.07.2003])

Obwohl die „Ratte" ganz offensichtlich eine Parodie der zeitgenössischen Lernexperimente des Behaviorismus war, und Shannons eigentliche Intention in der Automatisierung einer möglichst effizienten Nutzung der Kabelverbindungen zwischen Telefonrelais lag, lud seine Präsentation die versammelten Kybernetiker ein zu zahlreichen Spekulationen über epistemologische Fragen, etwa die Möglichkeit einer servomechanischen Realisierung von Lernmechanismen und Gedächtnisleistungen. So deutete McCulloch das Verhalten der Ratte wie das eines Menschen, „der die Stadt kennt, so dass er von einem Ort zu jedem anderen gehen kann, sich aber nicht immer erinnern kann wie er gegangen ist" (ebd: 298). Solche Gedankenexperimente, die bei aller Schwere der grundlegenden disziplinübergreifenden Konzepte immer ihren spielerischen, oft ironischen Charakter heraus stellten, lassen sich in den folgenden Jahren mehrfach finden. Ein bekanntes Beispiel sind die „fungus eaters" des Psychologen Masanao Toda (1962), eine rein fiktive, aber konsequent durchdachte Robotergesellschaft auf einem fernen Planeten, mit deren Hilfe die Notwendigkeit von verkörpertem Verhalten (Stichwort: Sensomotorik) sowie die Notwendigkeit von Emotion für Sozialität demonstriert wurde. Auf dieses Gedankenkonstrukt wird heute verschiedentlich von Seiten der KI und der Robotik als ein Vorläufer verwiesen (etwa bei *Wehrle* 1994 und *Pfeifer* 1996).

[22] Technisch war das Labyrinth als eine in 5 x 5 Quadrate eingeteilten Tafel realisiert. Dabei wurde die „Ratte" durch das Einwirken eines Magneten, der sich unter der Tafel befand, gesteuert. Dieser war mit einem aus 75 Relais bestehenden Gedächtnisspeicher sowie zwei Motoren für die vertikale bzw. horizontale Bewegung gekoppelt. An den Grenzen der Quadrate wurden Zwischenwände in willkürlicher Ordnung aufgestellt, so dass ein Labyrinth entstand. Auf ein beliebiges Quadrat wurde ein Stecker gesetzt – ein Schalter, der sich schließt, wenn die Ratte das Ziel erreicht hat.

Das einflussreichste Exemplar dieser Linie ironischer Gedankenexperimente sind die „Vehikel“, die der Biokybernetiker Valentin Braitenberg in den 1980er Jahren vorgestellt hat. Dabei wird die Forschungs- und Konstruktionsstrategie, komplexe Verhaltensweisen aus einfachsten Mechanismen schrittweise bis hin zum menschlichen Geist zu synthetisieren, auf die vorläufige Spitze getrieben. Seine „kybernetischen Wesen“ sollten in aufsteigender Reihe Phänomene wie Verhalten, Furcht, Aggression, Liebe, Logik, etc. imitieren können (*Braitenberg* <1984>1993), was er, allerdings nur in loser Analogie und mit pädagogischem Elan und Witz, an Erkenntnissen der Neurophysiologie und -psychologie erläutert. In diesem Buch findet sich die wohl definitive Formulierung des „bottom up“-Universalismus der Kybernetik: das „Gesetz der leichten Synthese und mühevollen Analyse“ beschreibt er wie folgt:

> „Es ist vergnüglich und einfach, kleine Maschinen zu erfinden, die bestimmte Fertigkeiten haben, und es ist auch einigermaßen leicht, das gesamte Verhaltensrepertoire dieser Maschinen zu beobachten – selbst wenn es über das hinausgeht, was wir ursprünglich hineingesteckt hatten [...] Die Analyse [...] ist im allgemeinen schwieriger als die Erfindung [...] da bergauf, im Prozess der Analyse, ein gegebenes Maß an Komplexität unserer geistigen Arbeit mehr Widerstand entgegensetzt, als wenn wir ihm bergab, im Prozess der Erfindung, begegneten“ (ebd.: 29).

Eine solche konstruierende Synthese schreitet bruchlos von einfachem Maschinenverhalten über Intentionalität und Umweltadaption bis hin zu geistigen und sozialen Phänomenen voran, darin dem „AA-predictor“ wie Wieners „Motte“ vergleichbar. Dies wird schon in der Anlage der Schaltpläne der Braitenbergschen Gedankenexperimente sichtbar:

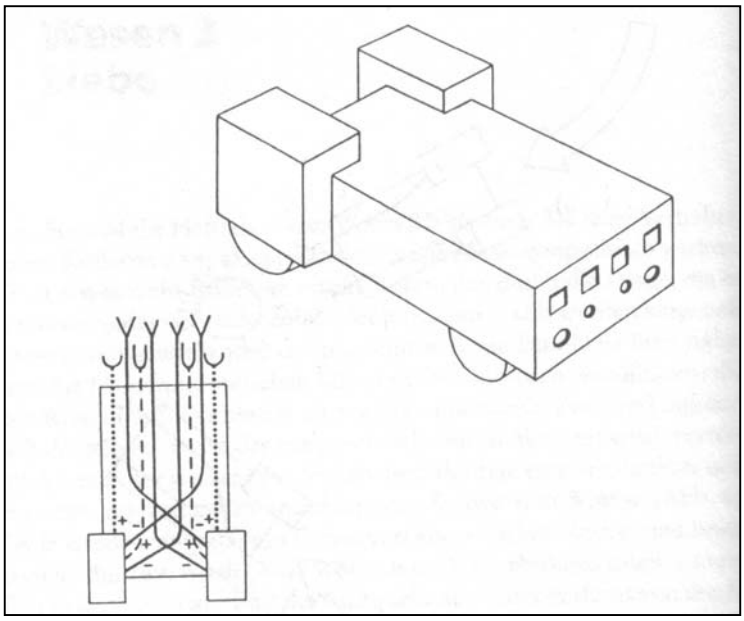

Abb. 11: „Braitenberg-Vehikel“ (*Braitenberg* <1984>1993: 29)

Der Unterschied liegt im Stil der Adressierung unterschiedlicher Fachgemeinschaften und des Laienpublikums, denn diese Art von Gedankenexperimenten bleibt jederzeit als ironischer und inoffizieller Kommentar zur ‚eigentlichen‘ Forschungstätigkeit kenntlich.[23] Aus diesem

[23] Damit wollen wir auch markieren, dass es jedenfalls für die Frage der Tradierung unerheblich ist, ob die „Vehikel“ tatsächlich in Hardware realisiert wurden. Die auf die klassische Kybernetik zurück gehende Forderung nach der „Verkörperung“ von Robotern bedeutet, dass Sensoren und Aktuatoren ein integraler Bestandteil und nicht ein bloßes Anhängsel des ‚Robotergehirnes‘ zu sein haben, und dass das Gerät als Ganzes sich in realzeitlicher Rückkoppelung mit einer echten Umwelt zu verhalten hat. Ob dieses Prinzip in einem konsequenten Gedankenexperiment, in einer geeigneten Simulation oder in Hardware realisiert wird, ist demgegenüber zweitrangig. Ein allzu simples Verständnis von Materialität, das „Verkörperung“ nur mit

Grund haben wir den Begriff der epistemologischen Spielzeuge gewählt, der uns im Zusammenhang mit der Frage nach der Tradierung des kybernetischen Universalismus mehr zu sein scheint als nur eine Metapher.

Inwieweit es möglich ist, die beiden geschilderten Linien der Tradierung an Exemplaren – die der „augustinischen" Schwere und die der ironisierenden Gedankenexperimente – zu einer umfassenden Narration zusammen zu fügen, das muss hier offen bleiben. Erst die Zusammenschau mit einer soziohistorisch geerdeten Geschichte der konzeptionellen Entwicklungen sowie aller relevanten sozialen Kontexte ließe sich eine umfassende Rekonstruktion des ‚Überwinterns' des kybernetischen Universalismus angehen. Ohne den Versuch, die exemplarische Rolle der kybernetischen Gerätschaften als eine eigenständige Größe mit einzubeziehen, muss aus unserer Sicht jede Rekonstruktion des kybernetischen Universalismus fragmentarisch bleiben. Denn im facettenreichen und teilweise unvorhersehbaren Verhaltensrepertoire ihrer Roboterspielzeuge liegt offensichtlich ein Gutteil des Faszinosums der Kybernetik begründet. Sie inspirierten Akademiker wie auch Amateure dazu, grundlegende Problemstellungen auf basale Rückkopplungsmechanismen zu reduzieren, diese in verblüffend einfachen Maschinen zu realisieren, und die Vision disziplinübergreifender Forschungsanstrengungen am Leben zu erhalten. Dass die Demonstration dieser Vehikel neben dem Lösen wissenschaftlicher Rätsel häufig auch der Unterhaltung eines Laienpublikums diente, rückt sie in die Nähe der Jahrmarktsautomaten des 18. und 19. Jh. und unterstreicht noch einmal sinnfällig den schon zitierten antimodernen Glamour der Kybernetik. Unser Vorschlag, zwei Linien der Tradierung am Gerät zu unterscheiden, könnte einen Weg eröffnen, dem schwierigen Problem einer gleichzeitigen Erklärung von Kontinuität und Wandel dieses Kooperation stiftenden Bezugspunktes gerecht zu werden – und damit den glamourösen Charakter der Kybernetik aufzuklären, ohne ihn einfach sozialwissenschaftlich wegzudefinieren.

5. Resümee

Nach dem Durchgang durch die höchst unterschiedlichen Phasen des kybernetischen Universalismus wollen wir nun versuchen, den Ertrag für die Frage nach dem Kooperation stiftenden Charakter dieses Universalismus in systematischer Weise zusammen zu stellen, und einige vorsichtige Generalisierungen zumindest anzudeuten. Bevor wir diesen Versuch beginnen können, gilt es allerdings eine Basisannahme unserer Rekonstruktion kräftig zu unterstreichen, um jedweder Reduktion auf reine Ideen- oder Theoriegeschichte von vornherein einen Riegel vorzuschieben.

Die angeführten empirischen Evidenzen wie auch die referierten Studien aus den STS sprechen entschieden dafür, von einer historischen Diskontinuität zwischen der ‚klassischen' und der ‚neuen' Kybernetik auszugehen. Das ist keineswegs selbstverständlich, denn eine Kontinuitäts- oder Wachstumsthese liegt sowohl den Selbstbeschreibungen der Ingenieurwissenschaften wie auch zahlreichen geisteswissenschaftlichen Abhandlungen zugrunde. Viele der historisch interessierten Ingenieure interpretieren alle Herangehensweisen, die sich irgendwie in das konzeptionelle Duo Systemdenken (resp. „Rückkoppelung") und Informationsverarbeitung einordnen lassen, als bruchlose Weiterentwicklungen der frühen kybernetischen Ansätze; viele geisteswissenschaftliche Arbeiten operieren mit einer sehr weiten und daher unscharfen „Cyber"-Begrifflichkeit, mit der alle Phänomene eines unklarer werdenden Mensch-Maschine-Verhältnisses (von der Prothetik bis zum Internet) in eine einzige kybernetische Traditionslinie gestellt werden (vgl. prototypisch *Hayles* 1999). Hier besteht also eine eigentümlich Konvergenz zwischen der

---

Robotern, die gegen Wände fahren, und mit Gewichten, Ölflecken und Beulen in Verbindung bringt, geht hier – wie generell in der Robotik – weit an der Konzeptions- wie Konstruktionsrealität vorbei.

Konstruktion von Tradition im Feld selbst und der angeblich distanziert-aufklärerischen Begleitforschung; beiden entgeht das spezifische Verhältnis von Kontinuität und Diskontinuität, und damit die Dimension der Sozialität strukturierenden Zeitlichkeit, die wir ins Zentrum unseres Beitrages gestellt haben.

Zu Beginn unseres Beitrages hatten wir drei Annahmen benannt, die in der wissenschaftlichen wie der alltagsweltlichen Einstellung üblicherweise mit Kooperation stiftenden Bezugspunkten verbunden werden. Diese Annahmen besagen, dass solche Bezugspunkte erstens präzise und explizit und zweitens sprachlich formuliert sein müssen, sowie drittens eine Bezugnahme ‚auf Augenhöhe' ermöglichen können müssen. Pickerings Kennzeichnung eines „glamourös-schillernden" Charakters der Kybernetik (*Pickering* 2000: 413) lässt sich nunmehr darauf zurück führen, dass sie diesen üblichen Annahmen auf eine interessante Weise nicht entspricht. Pickerings Auflösung, wonach die Kybernetik ein bezeichnender Fall für die Unangemessenheit einer modernistischen Position ist, scheint uns allerdings viel zu pauschal – der kybernetische Universalismus stellt sich in jeder Entwicklungsphase dieser kollektiven Gesamtunternehmung je unterschiedlich dar.

Ein genauerer Blick auf die unterschiedlichen Entwicklungsphasen der Kybernetik zeigt, dass dieser Universalismus auf eine sehr direkte und eigentümlich ‚untheoretische' Weise ebenso unwahrscheinliche wie ganz konkrete Kooperationsbeziehung stiften konnte – und aktuell noch immer kann.[24] Insofern kann der Universalismus der Kybernetik bezüglich seiner Kooperation stiftenden Funktion als doppelt positioniert beschrieben werden: Dieser Universalismus konnte sowohl auf einer quasi horizontalen Achse zwischen den ‚auf Augenhöhe' kooperierenden Disziplinen als auch auf einer quasi vertikalen Achse zwischen spekulativer Theorie und konkreter Anwendung vermitteln. Diese doppelte Positionierung wurde von den sowjetischen Kybernetikern Anfang der 1960er Jahre explizit gemacht, als Konsequenz der intuitiven (und von politischen Zwängen beförderten) Einsicht, dass Institutionalisierungserfolge der Kybernetikbewegung an den Akademien der Sowjetunion nur auf einer mittleren Ebene des Wissenschaftsbetriebes zu erzielen waren (vgl. *Gerovitch* 2002). Wenn diese Selbstverortung als typisch für die gesamte Kybernetik gelesen wird, dann wird schon grafisch deutlich (siehe Abb. 11), wie sehr sich die Kybernetik einer Interpretation, welche universalistische Ansätze lediglich als ‚über den Wassern schwebende' Metatheorien betrachtet, ganz prinzipiell zu entziehen scheint. Was dies für eine umgekehrte Betrachtung von aktuellen Großtheorien wie Evolutionstheorie, dissipative Strukturen oder deterministisches Chaos bedeutet, soll hier nicht weiter verfolgt werden; eine Analyse nach dem Muster einer Abstraktion und anschließenden Respezifikation für jede einzelne Kooperationsbeziehung (vgl. *Mayntz* 1990)scheint – jedenfalls im Falle der Kybernetik – am Kern der Sache vorbei zu gehen.

[24] Ähnliches lässt sich wohl über die generischen Instrumente sagen, die *Shinn & Joerges* (im Erscheinen) beschrieben haben.

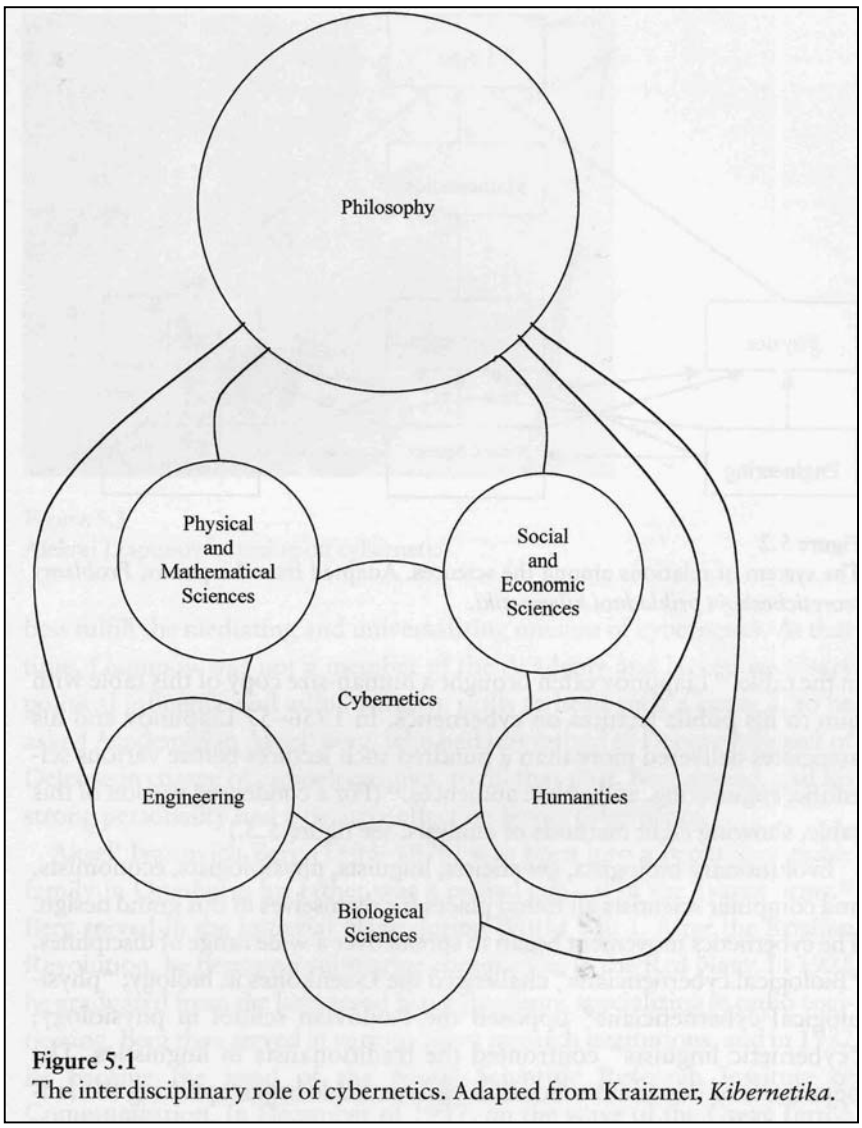

Abb. 12: „Die interdisziplinäre Rolle der Kybernetik“ (*Gerovitch* 2002: 203, nach einer sowjetischen Originalquelle aus den späten 1950er Jahren)

Eine solche weit ausgreifende Form des Universalismus zieht allerdings die unmittelbare Folgefrage nach sich, wie dessen interne Kohärenz gewährleistet werden kann, ohne in den Mühlen disziplinärer Abarbeitung gleichsam zerrieben zu werden. Wie wir am problematischen Verhältnis von „bottom-up“-Universalismus und „Mensch-Maschine-Symbiose“ zu zeigen versucht haben, war der Bezugspunkt der kybernetischen Kooperationen von Anbeginn an von hoher Vagheit geprägt – die generelle Annahme, wonach Kooperation stiftende Bezugspunkt immer präzise formuliert und operationalisiert sein müssen trifft also in diesem Falle nicht zu. Eine dauerhaft produktive und orientierende Funktion, so der nächste Schritt unserer Rekonstruktion, konnte diese Vagheit aber nur entfalten, weil die Protagonisten ihre geteilte zeitgenössische Motivation (die Kriegssituation) zu einem sehr viel abstrakteren, ins Religiöse lappenden Freund-Feind-Dualismus verallgemeinerten – den Kampf gegen den „manichäischen Teufel.“ Da Zeitumstände naturgemäß keine guten Kandidaten für Stabilisierung sind, und sich im Falle des Kriegsendes sogar ganz besonders drastisch geändert haben, erzeugt auch diese ‚Lösung‘ des Vagheits-Problems aus sich heraus ein Folgeproblem: Die Frage, wie sich der gemeinsame Bezugspunkt auf Dauer stellen lässt. Den Versuch der Kybernetiker, Dauerhaftigkeit durch die „Totalisierung“ (Galison) im Kampf gegen den „augustinischen Teufel“ zu erreichen, haben wir als eine Geschichte des Scheiterns interpretiert, wobei wir – abweichend von der historischen Folklore im Feld selbst

– dieses Scheitern nicht auf äußere Widerstände, sondern auf eine interne Steigerungslogik zurück geführt haben. Diese Interpretation könnte über den Fall der Kybernetik hinaus so verstanden werden, dass universalistisch fundierte Kooperationszusammenhänge mit einer inhärenten Gefahr der ‚Überdehnung' der Ansprüche bei gleichzeitiger dualistischer Erstarrung konfrontiert sind.

Die Geschichte der kybernetischen Kooperationen ist mit der Zerstreuung ihrer klassischen Ausgangskonstellation nicht zu Ende. Wir haben an einigen Beispielen zu belegen versucht, dass das Wiederauftauchen kybernetischen Denkens seit Mitte der 1980er Jahre weder als eine rein theoretische Kontinuitätslinie noch als eine Renaissance im engeren Sinne verstanden werden kann. Speziell am ‚niedlichen Roboter', dem exemplarischen Geräte der neuen Kybernetik, wird vielmehr das gesamte „Paket" der Ingredienzien des universalistischen Bezugspunktes in einer vollkommen veränderten Situation aufgerufen, inklusive des darin eingelagerten Willens zu inter- und transdisziplinärer Kooperation. Auch hier liegt eine unmittelbare Folgefrage auf der Hand: Wie konnte dieses gesamte „Paket" samt seiner Potentialität über Jahrzehnte hinweg tradiert werden?

Auf dem Weg zu einer Antwort auf diese Frage haben wir einige bekannte Beispiele von epistemologischen Roboterspielzeugen vorgestellt, die – so unsere Interpretation – als Stationen einer inoffiziellen (und nicht selten obskuren) Traditionslinie kybernetischen Denkens interpretiert werden können. Eine solche Tradierung an exemplarischen Geräten ist über den Fall der Kybernetik hinaus von Interesse, denn dies bedeutet, dass Kooperation stiftende Bezugspunkte auch dann folgenreich tradiert werden können, wenn sowohl die institutionelle Basis wie auch jedwede Form einer elaborierten sprachlichen Ausarbeitung fehlt. Der historische Rückbezug auf eine Linie des verkörperten Universalismus kann dabei auch als ein stabilisierendes Element gedeutet werden, das den Zentrifugalkräften heterogener Kooperationszusammenhänge entgegen wirkt.

Auch diese Interpretation ist freilich im Falle der Geschichte der Kybernetik nicht ohne eine Folgefrage zu haben, denn die beiden exemplarischen Geräte der klassischen und der neuen Kybernetik weisen, bei all den angeführten Gemeinsamkeiten, doch einen gravierenden Unterschied auf: Wieners AA-predictor war ein aggresiv-militärischer Apparat, und als „Symbiose" wurde die zu bekämpfende Gesamtschleife von Pilot, Flugzeug und Berechnungseinheit verstanden; der niedliche Roboter, mit welchen weit reichenden Erlösungsansprüchen er auch belastet wird, ist ein friedliches Vehikel, und die „Symbiose" von behindertem Kind, Roboter und Umwelt dient der ganz handfesten Erhöhung von Heilungschancen und Lebensqualität. Die Folgefrage lautet also: Wie ist dieser Wandel der inhaltlichen ‚Färbung' bei gleichzeitiger Kontinuität der grundlegenden Konzeptionen und Kooperationspotentialitäten zu erklären? Diese Frage ist mit Hilfe von Erklärungsangeboten der STS (und wir vermuten: generell der Sozialwissenschaften) schwer anzugehen, denn Tradierung am Gerät wird üblicherweise als „Verfestigung" im Laufe des Geneseprozesses, als „inscription" (*Latour* 1987) oder als Verfestigung einer auf Instrumente, Zeichensysteme, Akteure und Organisationen „verteilten" Routine (*Hutchins* 1990) behandelt. Daher erscheint es uns als ein echtes Forschungsrätsel, einen inhaltlichen Wandel innerhalb einer gerätebasierten Traditionslinie zu konzeptualisieren – und spätestens an diesem Punkt wird der „schillernd-glamouröse" Charakter der Kybernetik zu einer generellen sozialtheoretischen Herausforderung.

Quellen- und Literaturverzeichnis

Apter, Michael J. 1972, Cybernetics: A case study of a scientific subject-complex. S. 93-116 in: Paul Halmos (Hg.) *The Sociological Review Monograph Vol 18*. Keele University Press: Keele.

Arbib, Michael 1987, *Brains, machines and mathematics*. Springer Verlag: Berlin u.a.

Arkin, Ronald C. 1990, The impact of cybernetics on the design of a mobile robot system - A case study. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 20 (6): 1245-1257.

Arkin, Ronald C. 1998, *Behavior-based robotics*. MIT Press: Cambridge, Mass.

ASC 2003, *American Society of Cybernetics: Foundations - History of Cybernetics. Compiled by Randall Whitaker, March 2003*. Internetdokument unter: http://www.asc-cybernetics.org/foundations/timeline.html (13.04.2003).

Ashby, W. Ross 1952, *Design for a brain*. Chapman & Hall: London.

Bender, Gerd 2003, Heterogenität als Kooperationsproblem: Technikentwicklung in einem Verbundprojekt. Erscheint in: Jörg Strübing, Ingo Schulz-Schaeffer, Martin Meister und Jochen Gläser (Hg.) *Kooperation im Niemandsland. Neue Perspektiven auf Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik*. Leske + Budrich: Opladen.

Benedikt, Michael (Hg.) 1992, *Cyberspace. First steps*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Borck, Cornelius 2000, *Aiming high: Cybernetics in wartime Germany.* Kolloquium, Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, 9. Mai 2000.

Bowker, Geoff 1993, How to be universal: some cybernetic strategies, 1943 - 1970. *Social Studies of Science* 23: 107 - 127.

Braitenberg, Valentin <1984>1993, *Vehikel - Experimente mit kybernetischen Wesen*. Rowohlt: Reinbek.

Brooks, Rodney Allen 1999, *Cambrian intelligence: The early history of the new AI*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Brooks, Rodney Allen 2002, *Flesh and machines: robots and people*. Pantheon Books: New York.

Churchland, Patricia und Terry Senjowsky 1991, *Computational neuroscience*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Clarke, Adele und Joan H. Fujimura (Hg.) 1992, *The right tools for the job: At work in twentieth-century life science*. Princeton University Press: Princeton, N.J.

Dautenhahn, Kerstin 2001, Socially intelligent agents - The human in the loop. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part A: Systems and Humans* 31 (5): 345-348.

Dittmann, Frank 1999, Aspects of the early history of cybernetics in Germany. *Transactions of the Newcomen Society* 71 (1): 143-154.

Edwards, Paul 1996, *The closed world. Computers and the politics of discourse in cold war America*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Edwards, Paul N. 2001, The world in a machine: Origins and impacts of early computerized global systems models. S. 221-254 in: Thomas P. Hughes und Agatha C. Hughes (Hg.), *Systems, experts, and computers. The systems approach in management and engineering, World War II and after*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Fong, Terrence, Illah Nourbakhsh und Kerstin Dautenhahn 2003, A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems* 42: 143–166.

Friedewald, Michael 2000, Konzepte der Mensch-Computer-Kommunikation in den 1960er Jahren: J.C.R. Licklider, Douglas Engelbart und der Computer als Intelligenzverstärker. *Technikgeschichte* 67 (1): 1-24.

Fujimura, Joan 1992, Crafting science: Standardized packages, boundary objects, and 'translation'. S. 168-213 in: Andrew Pickering (Hg.) *Science as practice and culture*. University of Chicago Press: Chicago, Ill.

Galison, Peter und David J. Stump (Hg.) 1996, *The disunity of science. Boundaries, contexts, and power*. Stanford University Press: Stanford, Cal.

Galison, Peter 1997a, Die Ontologie des Feindes. Norbert Wiener und die Vision der Kybernetik. S. 281 - 324 in: Hans-Jörg Rheinberger, Michael Hagner und Bettina Wahrig-Schmidt (Hg.), *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*. Akademie Verlag: Berlin.

Galison, Peter 1997b, *Image and logic. A material culture of microphysics*. University of Chicago Press: Chicago, Ill.

Galison, Peter 1998, The Americanization of unity. *Daedalus* 127 (1): 45-71.

Gerovitch, Slava 2002, *From newspeak to cyberspeak. A history of Soviet Cybernetics*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Guice, Jon 1998, Controversy and the state: Lord ARPA and intelligent computing. *Social Studies of Science* 28 (1): 103 - 138.

Hayles, Katherine 1994, Boundary disputes: Homeostasis, reflexivity, and the foundations of cybernetics. *Configurations* 3: 441 - 467.

Hayles, N. Katherine 1999, *How we became posthuman: Virtual bodies in cybernetics, literature, and informatics*. University of Chicago Press: Chicago, Ill.

Hayward, Rhodri 2001, The tortoise and the love-machine: Grey Walter and the politics of electroencephalography. *Science in Context* 14 (4): 615-641.

Heims, Steve J. 1980, *John von Neumann and Norbert Wiener: From Mathematics to the Technologies of Life and Death.* MIT Press: Cambridge, Mass.

Heims, Steve J. 1991, *The Cybernetics Group 1946-1953. Constructing a social science for postwar America*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Holland, Owen E. 1997, Grey Walter: The pioneer of real artificial life. S. 34-44 in: Christopher Langton (Hg.) *Proceedings of the 5th International Workshop on Artificial Life*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Hutchins, Edwin 1996, *Cognition in the wild*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Kay, Lily E. 2001, From logical neurons to poetic embodiments of mind: Warren McCulloch's project in neuroscience. *Science in Context* 14 (4): 591-614.

Kelly, Kevin 1994, *Out of control: The new biology of machines*. Fourth Estate: London.

Knorr-Cetina, Karin 1999, *Epistemic cultures. How the sciences make knowledge*. Harvard University Press: Cambridge, Mass.

Kreibich, Rolf 1986, *Die Wissenschaftsgesellschaft. Von Gallilei zur High-Tech-Revolution*. Suhrkamp: Frankfurt a.M.

Kuhn, Thomas S. 1976, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Zweite revidierte und um das Postskriptum 1969 ergänzte Auflage*. Suhrkamp: Frankfurt a.M.

Latour, Bruno 1987, *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press: Cambridge, Mass.

Licklider, J.C.R. 1960, Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics* HFE-1: 4-11.

Mayntz, Renate 1990, *The influence of natural science theories on contemporary social science*. Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Discussion-Paper 90/7: Köln.

McCulloch, Warren S. und Walter Pitts 1943, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5: 115-133.

Merz, Martina 1999, Multiplex and unfolding. Computer simulation in particle physics. *Science in Context* 12 (2): 293-316.

Mindell, David A. 2001, Automation's finest hour: Radar and system integration in World War II. S. 27-56 in: Thomas P. Hughes und Agatha C. Hughes (Hg.), *Systems, experts, and computers. The systems approach in management and engineering, World War II and after*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Mindell, David A. 2002, *Between human and machine: Feedback, control, and computing before cybernetics*. The Johns Hopkins University Press: Baltimore Md., London.

Mitchell, R.J., J.M. Bischop, D.A. Keating und K. Dautenhahn 2000, Cybernetic approaches to artificial life. *Künstliche Intelligenz* (1): 5-11.

Moravec, Hans 1988, *Mind children: The future of robot and human intelligence*. Harvard University Press: Cambridge, Mass.

Murphy, Robin R. 2000, *An introduction to AI robotics*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Noble, David F. 1998, *Eiskalte Träume. Die Erlösungsphantasien der Technologen*. Herder Spektrum: Freiburg i. Brsg.

Olazaran, Mikel 1996, A sociological study of the official history of the perceptrons controversy. *Social Studies of Science* 26: 611-659.

Papert, Seymour 1988, One AI or many? S. 1-14 in: Stephen R. Graubard (Hg.) *The artificial intelligence debate*. MIT Press: Cambridge, Mass.

Pfeifer, Rolf 1996, *Building 'Fungus Eaters': Design principles of autonomous agents*. AI Lab, Computer Science Department, University of Zurich, Report Number 96.09: Zürich.

Pickering, Andrew 1995, Cyborg history and the WW II regime. *Perspectives on Science* 3: 1-48.

Pickering, Andrew 2001, *The tortoise against modernity: Cybernetics as science and technology, art and entertainment*. Konferenz 'Experimental Cultures: Configurations of Life Sciences, Art, and Technology', Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, 6.-9. Dezember 2001.

Pickering, Andrew 2002, Cybernetics and the mangle. Ashby, Beer and Pask. *Social Studies of Science* 32 (3): 413-437.

Poletajew, I. A. 1962, *Kybernetik: Kurze Einführung in eine neue Wissenschaft. Hrsg. von Georg Klaus*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften: Berlin.

Rammert, Werner 1995, Von der Kinematik zur Informatik - Konzeptuelle Wurzeln der Hochtechnologien im sozialen Kontext. S. 65-109 in: Werner Rammert (Hg.) *Soziologie und künstliche Intelligenz - Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*. Campus: Frankfurt a.M.

Rammert, Werner und Ingo Schulz-Schaeffer 2002, Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. S. 11-64 in: Werner Rammert und Ingo Schulz-Schaeffer (Hg.), *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*. Campus: Frankfurt a. M.

Rosenblueth, Arturo, Norbert Wiener und Julian Bigelow 1943, Behavior, purpose and teleology. *Philosophy of Science* 10: 18-24.

Sage, Andrew P. 2000, *Complex Systems and the IEEE SMC Society: The Evolution and Interaction of Cybernetics, Systems, Humans, and Organizations*. Internetdokument unter: http://www.isye.gatech.edu/ieee-smc/presentations/SMC2000PlenarySage.pdf (18.10.2000).

Schulz-Schaeffer, Ingo 2002, Innovation durch Konzeptübertragung. Der Rückgriff auf Bekanntes bei der Erzeugung technischer Neuerungen am Beispiel der Multiagentensystem-Forschung. *Zeitschrift für Soziologie* 31 (3): 232-251.

Segal, Jérôme 1999, L'introduction de la cybernétique en RDA: Rencontres avec l'idéologie marxiste. S. 67-80 in: Dieter Hoffmann, Benoît Severyns und Raymond G. Stokes (Hg.), *Science, Technology and Political Change. Proceedings of the XXth International Congress of History of Science, Liège, 20-26 July 1997. Volume 1*. Brepols: Turnhout.

Shannon, Claude E. <1952>2000, Vorführung einer Maschine zur Lösung des Labyrinthproblems. Nach den Transactions 8th Cybernetics Conference, 15.-16. März 1951, New York. S. 289-298 in: Friedrich Kittler, Peter Berz, David Hauptmann und Axel Roch (Hg.), *Claude E. Shannon: Ein/Aus. Ausgewählte Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie*. Brinkmann + Bose: Berlin.

Sharkey, Noel E. 1997, The new wave in robot learning. *Robotics and Autonomous Systems* 22: 179-186.

Shinn, Terry und Berward Joerges 2003, Paradox oder Potenzial. Zur Dynamik heterogener Kooperation. Erscheint in: Jörg Strübing, Ingo Schulz-Schaeffer, Martin Meister und Jochen Gläser (Hg.) *Kooperation im Niemandsland. Neue Perspektiven auf Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik*. Leske + Budrich: Opladen.

Star, Susan Leigh und James R. Griesemer 1989, Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science* 19: 387-420.
Steels, Luc und Rodney Brooks (Hg.) 1994, *The artificial life route to artificial intelligence. Building situated embodied agents*. Lawrence Erlbaum: New Haven.
Steinbuch, Karl 1965, *Automat und Mensch*. 3. Auflage, Springer Verlag: Berlin u.a.

Toda, Masanao 1962, Design of a Fungus-Eater. *Behavioral Science* 7: 164-183.
Toynbee, Arnold J. 1979, *Der Gang der Weltgeschichte. Zweiter Band: Kulturen im Übergang*. Europa Verlag: Zürich.
Turkle, Sherry 1995, *Leben im Netz. Identitaet in Zeiten des Internet*. Rowohlt Verlag: Reinbek bei Hamburg.

Walter, W. Grey 1950a, An imitation of life. *Scientific American* 182 (5): 42-45.
Walter, W. Grey 1950b, An electro-mechanical animal. *Discovery* XI (March): 90-93.
Warrick, Patricia S. 1980, *The cybernetic imagination in science fiction*. MIT Press: Cambridge, Mass.
Weaver, Warren und Claude E. Shannon 1949, *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press: Urbana, Ill.
Wehrle, Thomas 1994, New fungus eater experiments. S. 400-403 in: P. P. Gaussier und J.-D. Nicoud (Hg.), *From perception to action*. IEEE Computer Society Press: Los Alamitos.
Whitley, Richard 1974, Cognitive and social institutionalization of scientific specialities and research areas. S. 69-95 in: Richard Whitley (Hg.) *Social processes of scientific development*. Routledge: London.
Wiener, Norbert <1948>1963, *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*. Econ Verlag: Düsseldorf, Wien.
Wiener, Norbert <1949>1952, *Mensch und Menschmaschine*. Metzner Verlag: Frankfurt a.M., Berlin.
Wiener, Norbert <1964>1965, *Gott & Golem Inc.* Econ Verlag: Düsseldorf, Wien.
Wise, Norton 1993, Mediations: Enlightment balancing acts, or the technologies of rationalism. S. 207-256 in: P. Horwich (Hg.) *World changes. Thomas Kuhn and the nature of science*. Bradford: Cambridge, Mass.